

Plan Climat Air Energie Territorial de la Métropole Européenne de Lille



PLAN
CLIMAT AIR ÉNERGIES
TERRITORIAL

Diagnostic territorial 2018



TABLE DES MATIERES

Introduction	6
1. Situation énergétique du territoire.....	8
1.1 Analyse de la consommation énergétique finale du territoire et de son potentiel de réduction	8
1.1.1 Les données de base du diagnostic des consommations d'énergie du territoire de la MEL	8
1.1.2 Etat des lieux de la consommation énergétique du territoire.....	10
1.2 Les réseaux de distribution, transport et stockage d'électricité, de gaz et de chaleur : enjeux et options de développement.....	37
1.2.1 Etat des lieux des réseaux énergétiques du territoire	37
1.2.2 Projets de réseaux intelligents du territoire	44
1.2.3 Réseau de stockage et de vente de carburant	46
1.3 Facture énergétique du territoire de la MEL et autres données économiques sur l'énergie.....	47
1.3.1 Facture énergétique de la MEL	47
1.3.2 Coûts des différentes énergies.....	49
1.3.3 Achat d'électricité verte.....	49
1.3.4 Tarifs réglementés des ENR	51
2. La production d'énergie renouvelable sur le territoire : état des lieux, potentiels et perspectives	54
2.1 Méthodologie.....	54
2.1.1 Bilan des installations	54
2.1.2 Potentiel de production.....	57
2.2 Production énergétique actuelle et potentiel de développement des énergies renouvelables	58
2.2.1 Production collective à base d'énergie fossile	58
2.2.2 Filières solaires.....	59
2.2.3 Biomasse combustible	78
2.2.4 Géothermie	90
2.2.5 Aérothermie	105
2.2.6 Biogaz	106
2.2.7 Chaleur fatale.....	119
2.2.8 Hydroélectricité.....	135
2.2.9 Éolien.....	138

2.2.10 Bilan de la production d'énergies renouvelables à fin 2016	144
2.2.11 Bilan des gisements théoriques de production d'énergies renouvelables	145
2.3 Analyse du potentiel de développement des énergies renouvelables sur le territoire	147
2.3.1 Hiérarchisation des filières	147
2.3.2 Zones à enjeux	153
3. Bilan des émissions de gaz à effet de serre et de la séquestration carbone du territoire	162
3.1 Bilan des émissions de gaz à effet de serre	162
3.1.1 Etude du WWF France : Le Défi Climatique des Villes, 2018.....	162
3.1.2 Méthodologie du bilan territorial des émissions de gaz à effet de serre	167
3.1.3 Le Bilan de la MEL.....	169
3.2 Estimation de la séquestration carbone du territoire	183
3.2.1 Qu'est-ce-que la séquestration carbone ?.....	183
3.2.2 Estimation n°1 réalisée par l'ADULM (2017).....	184
3.2.3 Estimation n°2 réalisée par Auxilia grâce à l'outil ESPASS (2018)	191
4. Bilan de la qualité de l'air : estimation des polluants atmosphériques ...	192
4.1 Quelques notions préalables sur la qualité de l'air.....	192
4.2 Les polluants atmosphériques sur le territoire de la MEL.....	193
4.2.1 Les oxydes d'azote (Nox) :.....	193
4.2.2 Les particules (PM10 et PM2.5) :.....	196
4.2.3 Le dioxyde de soufre (SO ₂) :.....	200
4.2.4 L'ammoniac (NH ₃) :.....	201
4.2.5 Les composés organiques volatiles (COVnM) :.....	202
4.2.6 L'ozone :.....	204
4.3 Le respect des valeurs réglementaires.....	205
4.4 Vue globale des enjeux de la qualité de l'air sur le territoire de la MEL	206
4.4.1 La carte stratégique de l'air	206
4.4.2 Les secteurs à enjeux du territoire.....	208
4.5 Actualisation du diagnostic de la qualité de l'air avec les données 2015.....	210
4.5.1 Les oxydes d'azote (Nox) :.....	210
4.5.2 Les particules (PM10 et PM2.5) :.....	211
4.5.3 Le dioxyde de soufre (SO ₂) :.....	213

4.5.4 L'ammoniac (NH ₃) :	214
4.5.5 Les composés organiques volatiles (COVnM) :	215

5. Analyse de la vulnérabilité du territoire au changement climatique.....216

5.1 Les aléas climatiques : observations et projections.....	217
5.1.1 Observations 1955 - 2013	217
5.1.2 Projections	219
5.2 Enjeux de vulnérabilité	223
5.2.1 Enjeu n°1 : l'évolution du cycle de l'eau	223
5.2.2 Enjeu n°2 : les impacts sanitaires.....	240
5.2.3 Enjeu n°3 : impacts sur les milieux naturels, la biodiversité et l'agriculture	255
5.2.4 Synthèse des vulnérabilités du territoire de la MEL au changement climatique	261

6. Bilan synthétique du Plan Climat Energie Territorial 2014-2020.....266

Introduction	267
I – Les objectifs 2020 du PCET seront partiellement atteints	269
II – Un plan d'actions largement mis en œuvre et complété par des actions non prévues initialement	270
Axe 1 : engager la transition énergétique	272
Axe 2 : construire une stratégie d'adaptation au changement climatique à l'échelle du territoire.....	273
Axe 3 : élaborer une feuille de route pour préserver et restaurer la qualité de l'air.....	275
Axe 4 : construire une politique d'aménagement des temps de la ville	277
Axe 5 : renforcer la prise en compte des enjeux climat-air-énergie dans l'aménagement durable du territoire.....	278
Axe 6 : accentuer la politique de mobilité durable	279
Axe 7 : généraliser la construction et la réhabilitation durables	280
Axe 8 : favoriser la production et la consommation durables et la compétitivité économique du territoire.....	284
Axe 9 : mobiliser les acteurs concernés par les enjeux climat-énergie vers le passage à l'action.....	287
III – Quelques points d'amélioration à anticiper pour le prochain Plan Climat	291

7. Annexes293

7.1 Annexes relatives à la partie « énergies renouvelables ».....	294
Annexe 1 - Description technique de la filière solaire thermique.....	294
Annexe 2 - Description technique de la filière solaire photovoltaïque	304
Annexe 3 - Description technique de la filière bois énergie	307

Annexe 4 - Description technique de la filière géothermie	312
Annexe 5 - Description technique de la filière Aérothermie.....	314
7.2 Annexes relatives à la partie « séquestration carbone ».....	317
Annexe 6 – Limites et précautions d’utilisation de la base de données occupation du sol de l’ADULM	317
Annexe 7 – Carte de l’occupation du sol du SCOT de Lille Métropole en 2015 (ADULM)	319
Annexe 8 – Nomenclature de l’occupation du sol unidimensionnelle de l’ADULM.....	320
Annexe 9 – Limites et précautions d’utilisation de la base de données diachronique d’occupation du sol en deux dimensions (OCS ^{2D}) sur le Nord et le Pas-de-Calais en 2005 et 2015	321
Annexe 10 – Nomenclature de l’occupation du sol en deux dimensions (OCS ^{2D})	322

Introduction

En application de la *loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte* (loi TECV) du 18 août 2015, la Métropole Européenne de Lille doit mettre à jour son Plan Climat Energie Territorial adopté en 2013 et élaborer un Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET).

Le décret du 28 juin 2016 relatif aux plans climat air énergie territoriaux définit le contenu des PCAET. Le diagnostic territorial doit ainsi porter sur :

- Une estimation des émissions territoriales de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, ainsi qu'une analyse de leurs possibilités de réduction ;
- Une estimation de la séquestration nette de dioxyde de carbone et de ses possibilités de développement, identifiant au moins les sols agricoles et la forêt, en tenant compte des changements d'affectation des terres ; les potentiels de production et d'utilisation additionnelles de biomasse à usages autres qu'alimentaires sont également estimés, afin que puissent être valorisés les bénéfices potentiels en termes d'émissions de gaz à effet de serre, ceci en tenant compte des effets de séquestration et de substitution à des produits dont le cycle de vie est davantage émetteur de tels gaz ;
- Une analyse de la consommation énergétique finale du territoire et du potentiel de réduction de celle-ci ;
- La présentation des réseaux de distribution et de transport d'électricité, de gaz et de chaleur, des enjeux de la distribution d'énergie sur les territoires qu'ils desservent et une analyse des options de développement de ces réseaux ;
- Un état de la production des énergies renouvelables sur le territoire, détaillant les filières de production d'électricité (éolien terrestre, solaire photovoltaïque, solaire thermodynamique, hydraulique, biomasse solide, biogaz, géothermie), de chaleur (biomasse solide, pompes à chaleur, géothermie, solaire thermique, biogaz), de biométhane et de biocarburants, une estimation du potentiel de développement de celles-ci ainsi que du potentiel disponible d'énergie de récupération et de stockage énergétique ;
- Une analyse de la vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique.

Pour chaque élément du diagnostic, le plan climat-air-énergie territorial mentionne les sources de données utilisées.

Par ailleurs, l'arrêté du 4 août 2016 définit les polluants atmosphériques à prendre en compte ainsi que les secteurs d'activité à documenter lors de l'élaboration des plans climat-air-énergie territoriaux.

La liste des polluants atmosphériques à prendre en compte sont les oxydes d'azote (NOx), les particules PM10 et PM2,5 et les composés organiques volatils (COV), ainsi que le dioxyde de soufre (SO2) et l'ammoniac (NH3).

Les secteurs d'activité de référence pour la déclinaison des éléments chiffrés du diagnostic et des objectifs stratégiques et opérationnels du plan climat-air-énergie territorial sont les suivants : résidentiel, tertiaire, transport routier, autres transports, agriculture, déchets, industrie hors branche énergie, branche énergie (hors production d'électricité, de chaleur et de froid pour les émissions de gaz à effet de serre, dont les émissions correspondantes sont comptabilisées au stade de la consommation).

La MEL a élaboré le diagnostic territorial en faisant appel aux ressources suivantes :

- **Bilan des émissions de gaz à effet de serre** : réalisé par le **bureau d'études Auxilia**, avec l'outil ESPASS mis à disposition par l'Observatoire Climat des Hauts de France, utilisant les données d'ATMO Hauts-de-France pour l'année 2015.
- **Estimation de la séquestration carbone** : deux estimations ont été réalisées, l'une par l'**ADULM** (Agence d'Urbanisme de Lille Métropole) et l'autre via l'outil **ESPASS** de l'Observatoire Climat.
- **Bilan des consommations d'énergie et état de la production d'énergies renouvelables, présentation des réseaux de distribution et analyse des possibilités de développement** : réalisé par les **bureaux d'études Artelys et Axenne** dans le cadre d'une étude de planification énergétique, sur la base des données disponibles pour l'année 2016. Un schéma directeur des réseaux de chaleur a également été réalisé par le **bureau SETEC**.
- **Diagnostic de la qualité de l'air** : réalisé par **ATMO Hauts-de-France** en 2017 sur la base de données datant de l'année 2012, avec une actualisation en 2018 sur des données 2015. Certains éléments du bilan territorial de la qualité de l'air 2017 ont également été repris.
- **Diagnostic de vulnérabilité au changement climatique** : réalisé par la MEL en 2017.

La MEL a également participé en 2018 à une étude du **WWF France** sur une **déclinaison possible des objectifs climatiques de l'Accord de Paris de 2015** pour les 10 plus grandes métropoles de France. Un résumé de l'étude, intitulée Le Défi Climatique des Villes, et des éléments concernant la MEL, est inclus dans ce diagnostic.

1. Situation énergétique du territoire

1.1 Analyse de la consommation énergétique finale du territoire et de son potentiel de réduction

1.1.1 Les données de base du diagnostic des consommations d'énergie du territoire de la MEL

La Métropole Européenne de Lille est un Etablissement Public de Coopération Intercommunale (EPCI) créé en 1966 afin de mutualiser un certain nombre de compétences. Le statut de la métropole a significativement évolué suite à la loi MAPTAM (Loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles) et la loi portant nouvelle organisation territoriale de la République (loi NOTRe) de 2015. En particulier, un certain nombre de compétences qui étaient auparavant exercées par les communes, le département, la région et l'Etat lui sont maintenant déléguées. Dans ce cadre, tous les schémas d'aménagement du territoire (PDU, PLU, ...) ainsi que le PCAET (plan climat air énergie territorial) sont de sa responsabilité. Ce dernier est du ressort de la compétence développement durable de la métropole, mais il est en interaction avec de nombreuses autres compétences : énergie, aménagement du territoire, déchets ménagers, habitat et logement, transport et mobilité...

Avec près de 1,2 millions d'habitants, la Métropole Européenne de Lille est la plus peuplée des métropoles de droit commun françaises, et la quatrième en incluant celles à statut particulier¹.

Les chiffres clés de la métropole² :

- 1,2 millions d'habitants
- 510 000 logements
 - 41% d'immeubles
 - 59% de maisons
- 585 000 emplois dont :
 - 85 % dans le tertiaire
 - 14 % dans l'industrie
 - <1% dans l'agriculture

L'occupation du territoire

La Métropole Européenne de Lille est un territoire très fortement urbanisé, en particulier l'axe Lille – Roubaix -Tourcoing, qui forme une zone regroupant la majeure partie de la population du territoire, et qui représente aussi un pôle attracteur important d'activité, dont le rayonnement dépasse les frontières du territoire. Cette

¹ Métropoles du Grand Paris, de Lyon et d'Aix-Marseille

² Source : INSEE

zone urbaine s'étend sans discontinuité de l'autre côté de la frontière belge, et la métropole Européenne de Lille forme avec les arrondissements belges voisins une agglomération transfrontalière de 2,1 millions d'habitants : l'Eurométropole Lille-Kortrijk-Tournai.

Hors de cet axe fortement urbanisé, la métropole comporte aussi de nombreuses communes plus rurales qui font de l'ensemble un territoire divers dont les enjeux varient fortement d'une commune à l'autre. Une constante sur tout le territoire reste la forte artificialisation du paysage. Constituant une des zones les plus denses de France, la place réservée aux espaces naturels et aux forêts reste très limitée (cf. Figure 1). La question de l'occupation des sols est par conséquent un enjeu crucial pour le territoire, la concurrence pouvant s'exercer entre les différents usages restant très forte. Ces enjeux sont pris en compte dans les différents schémas d'aménagement du territoire, en favorisant au maximum le renouvellement urbain par rapport à l'extension.

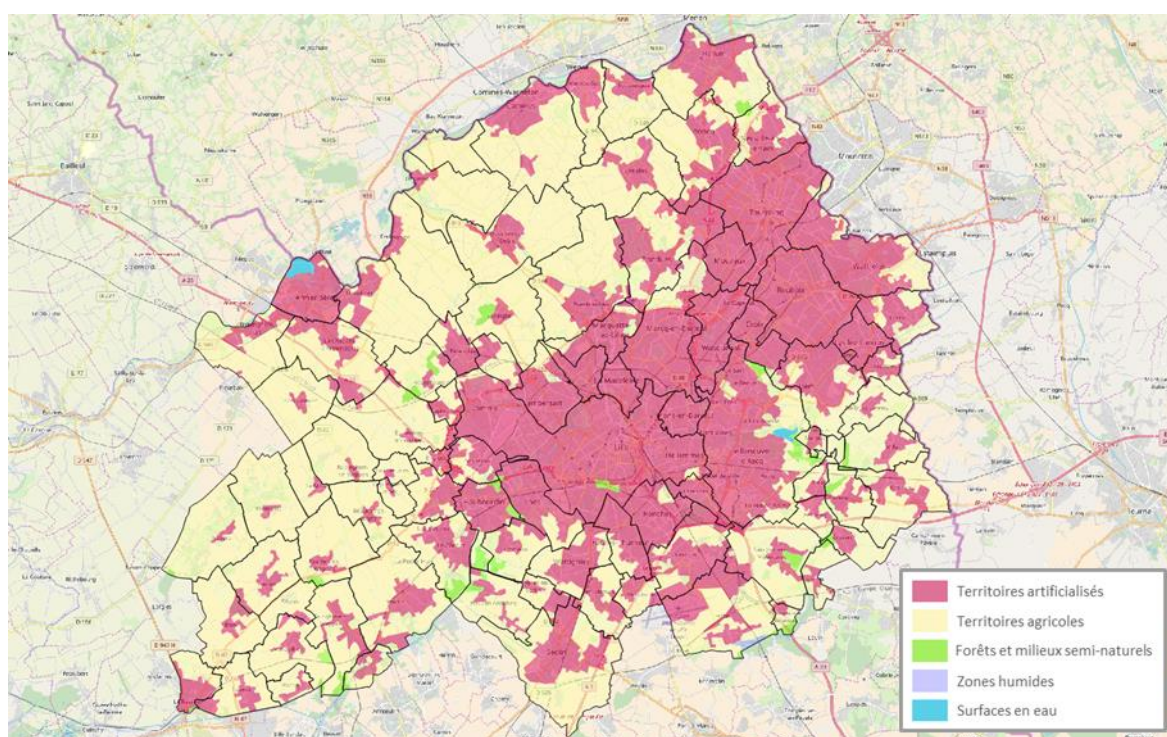


Figure 1 - Occupation des sols de la métropole de Lille (Source : Base CORINE Land Cover)

Répartition des emplois

Malgré une histoire industrielle très riche, en particulier dans le secteur du textile, la métropole Européenne de Lille a de nos jours une activité économique majoritairement tournée vers le tertiaire. 85% des emplois de la métropole sont en effet dans le secteur tertiaire, 14% dans l'industrie et moins de 1% dans l'agriculture.

1.1.2 Etat des lieux de la consommation énergétique du territoire

L'objectif de cette section est de présenter les consommations énergétiques du territoire, dans un premier temps avec un bilan général sur tout le territoire puis une décomposition par secteur.

Ce bilan de consommation est le fruit d'un travail important de collecte, de traitement, et de réconciliation des différents jeux de données. En particulier, les données de consommation réelle récupérées auprès des différents gestionnaires de réseaux ont été complétées par des estimations régionales venant de l'Observatoire Climat Hauts-de-France et d'Atmo Hauts-de-France, puis confrontées à des données statistiques du territoire (recensement des logements, répartition des emplois par zone...). L'objectif de ce travail est de réaliser un inventaire des consommations aussi précis que possible, autant d'un point de vue spatial avec une décomposition infra-communale, que par secteur. Une note méthodologique plus détaillée a été rédigée (*MEL : Modèle énergétique 2016, méthodologie de construction du modèle énergétique*).

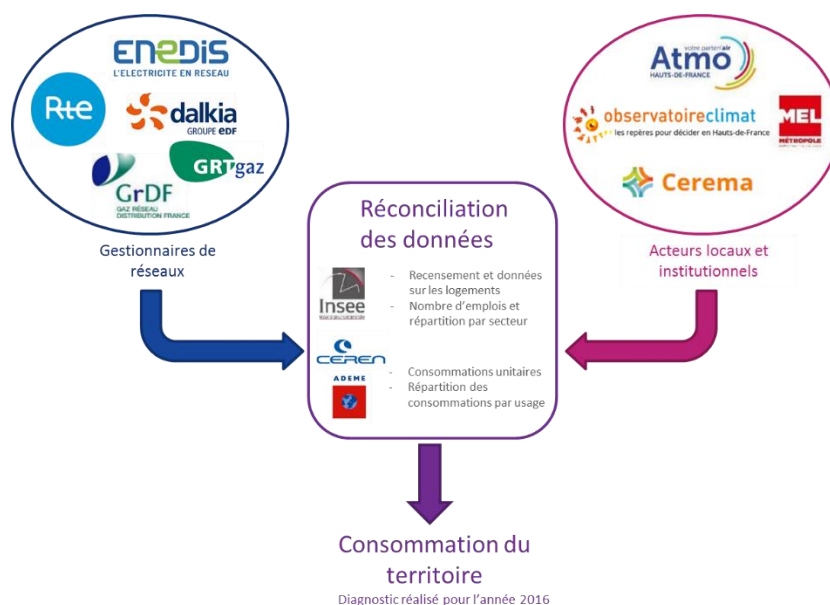


Figure 2 - Processus de réconciliation des données de consommation du territoire

Ce bilan de consommation a été réalisé pour l'année 2016, et recouvre l'intégralité des consommations du territoire de la métropole de Lille. Sauf précision contraire, toutes les consommations présentées par la suite sont en énergie finale, c'est-à-dire la quantité d'énergie utilisée par le consommateur final. Elle correspond à l'énergie mesurée par les compteurs pour les énergies de réseaux (électricité, gaz et chaleur), ainsi qu'à l'énergie facturée par les différents fournisseurs d'énergie (pour les énergies ne transitant pas par des réseaux, comme la biomasse ou le fioul, l'utilisateur est souvent facturé au volume, mais le contenu énergétique permet de le ramener à une consommation énergétique).

Ce bilan de consommation a été réalisé à la maille IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique) créée par l'INSEE pour la diffusion de données à l'échelle infra-communale. On distingue trois types d'IRIS :

- Les IRIS d'habitat : leur population se situe en général entre 1 800 et 5 000 habitants. Ils sont homogènes quant au type d'habitat et leurs limites s'appuient sur les grandes coupures du tissu urbain (voies principales, voies ferrées, cours d'eau...).
- Les IRIS d'activité : ils regroupent plus de 1 000 salariés et comptent au moins deux fois plus d'emplois salariés que de population résidente.
- Les IRIS divers : il s'agit de grandes zones spécifiques peu habitées et ayant une superficie importante (parcs de loisirs, zones portuaires, forêts...).

Bilan global

• Répartition par secteur

La consommation en énergie finale de la métropole de Lille s'élève à 27 TWh. Elle se divise comme suit entre les différents secteurs :

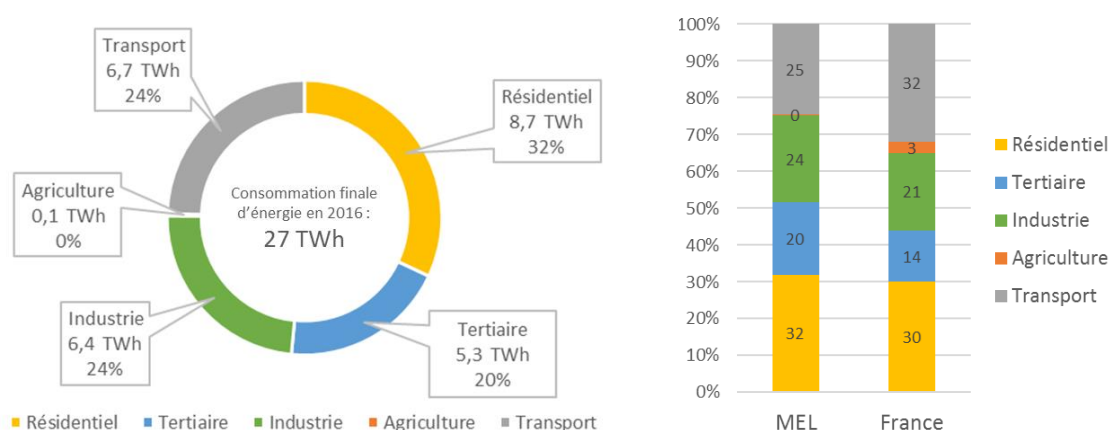


Figure 3

Gauche : Consommation en énergie finale de la MEL

Droite : Répartition par secteur de la consommation en énergie finale de la MEL et de la France

(Source : modèle de consommation Artelys)

La répartition des consommations énergétiques entre les différents secteurs reste similaire à la moyenne nationale. Le territoire de la métropole est fortement urbain, ce qui se traduit par :

- Une consommation plus faible du secteur des transports. Une part plus importante de la marche pour les déplacements, ainsi qu'une offre plus importante de transport en commun permet des consommations énergétiques moindres que la moyenne nationale.
- Une consommation très faible de l'agriculture (inférieur à 1% de la consommation totale du territoire).
- Une part plus importante du secteur tertiaire (20% au lieu de 14%). Cette différence s'explique par la dynamique du secteur tertiaire métropolitain, en particulier sur l'axe Lille – Roubaix – Tourcoing.

- **Répartition par secteur et par énergie**

Comme vu précédemment, la consommation du territoire est divisée de façon à peu près égale entre les quatre secteurs résidentiel, tertiaire, industrie et transport. En revanche, l’approvisionnement énergétique entre les différents secteurs est radicalement différent (Figure 4).

Le gaz représente la majorité des consommations énergétiques du secteur résidentiel, avec plus de 5 TWh consommés en 2016 (environ 60% de la consommation totale du secteur). Cette forte proportion s’explique par la présence du réseau de gaz sur toutes les communes du territoire, ayant conduit à une part importante de logements chauffés au gaz. L’électricité représente aussi une part importante des consommations du secteur, avec 2,1 TWh (25% de la consommation du secteur).

Pour le tertiaire, c’est l’électricité qui représente la plus grande partie des consommations. En effet, la part de l’électricité spécifique³ est plus importante pour le tertiaire que pour le résidentiel, avec des besoins plus importants pour l’éclairage et pour la climatisation.

La moitié des consommations de l’industrie provient de l’électricité et du gaz, l’autre moitié du charbon et du fioul. Des incertitudes significatives existent pour la consommation de charbon et de fioul dans le secteur industrie.

Les consommations du secteur des transports sont presque intégralement couvertes par les produits pétroliers, pour alimenter les véhicules particuliers pour le transport de personnes, et les poids-lourds pour le transport de marchandises. Le gaz représente 2% de la consommation totale du secteur, et correspond à l’alimentation en GNV des autobus du réseau de transport Transpole de la MEL. L’électricité représente 2% de la consommation du secteur, et correspond à la consommation des autres transports en commun de la métropole (métro, tramway et train) ainsi que du transport ferroviaire de marchandise.

³ L’électricité spécifique correspond à l’électricité utilisée pour les services qui ne peuvent être rendus que par l’électricité : l’éclairage, l’alimentation des différents appareils électroniques et électroménagers...

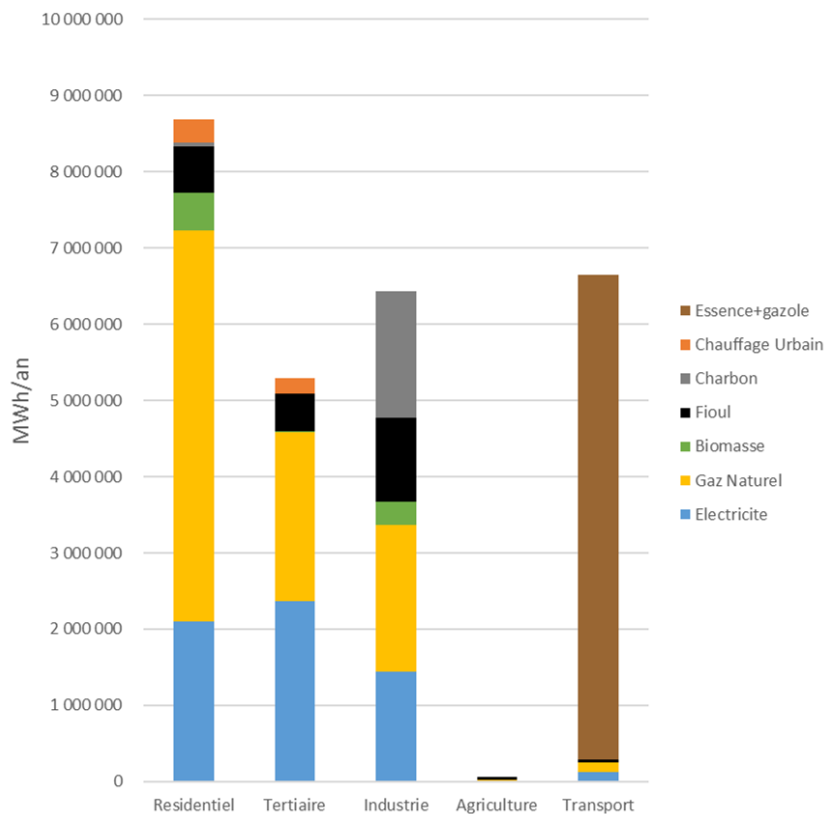


Figure 4 - Consommation énergétique par secteur et par énergie de la MEL
(Source : modèle de consommation Artelys)

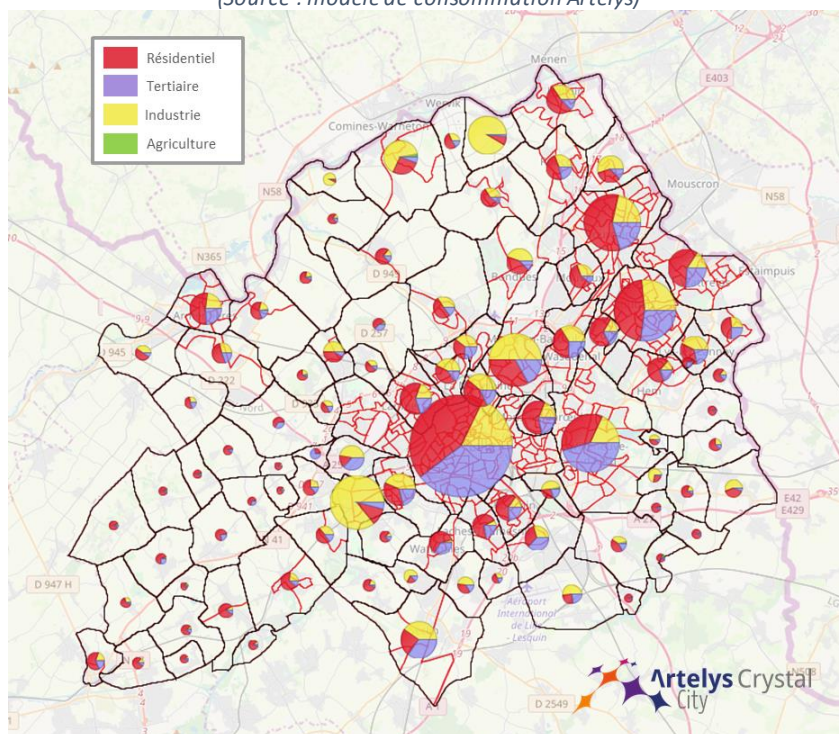


Figure 5 - Consommation énergétique par commune et par secteur (hors transports)
(Source : modèle de consommation Artelys)

Secteur résidentiel

Avec près de 8,6 TWh de consommation annuelle en 2016 (32% de la consommation totale), le secteur résidentiel est le secteur le plus consommateur de la métropole de Lille. La consommation moyenne par logement est de 17,0 MWh/an, ce qui est proche de la moyenne nationale de 16,6 MWh/an.

- **Décomposition par usage et par énergie**

Le chauffage des logements représente pour la métropole de Lille plus des deux tiers de la consommation du secteur. La production d'eau chaude sanitaire et l'énergie utilisée pour la cuisson représente environ 15% de la consommation du secteur. Enfin, l'électricité spécifique représente un peu plus de 15% de la consommation.

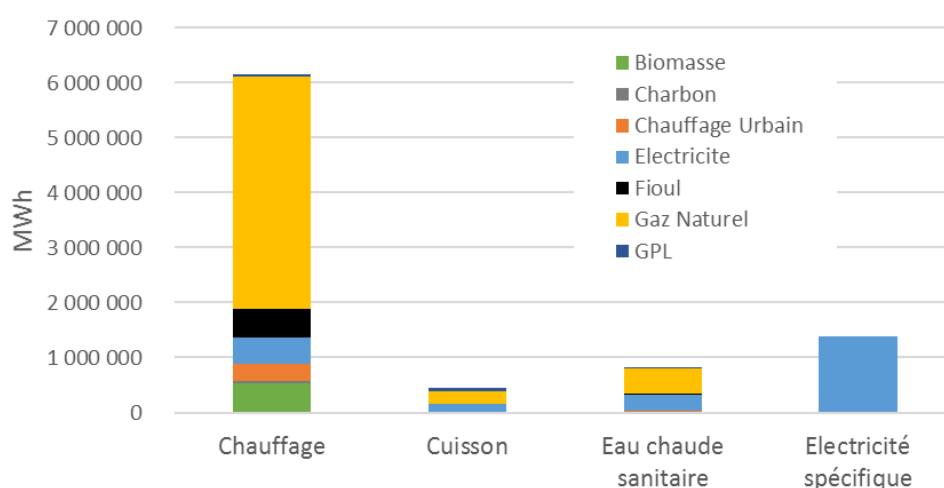


Figure 6 - Consommation par usage et par énergie du secteur résidentiel

(Source : Observatoire climat hdf)

La décomposition par énergie fait apparaître des différences significatives de répartition entre les usages. En effet, avec une forte proportion de logements chauffés au gaz, le gaz représente 70% de la consommation totale de cet usage. Le gaz approvisionne aussi plus de la moitié de l'énergie utilisée pour la cuisson et la production d'eau chaude sanitaire.

- **Réseaux de chaleur**

La chaleur produite par les 6 réseaux de chaleur gérés par la MEL représente environ 5% de la consommation totale de chauffage⁴. Cette proportion est faible au niveau de l'ensemble du territoire, mais varie fortement en fonction de la disponibilité d'un réseau de chaleur à proximité. A titre d'illustration, la Figure 7 illustre la différence de répartition par énergie entre des zones alimentées par un réseau de chaleur, où la consommation de chaleur représente en moyenne entre un quart et la moitié de la consommation totale de

⁴ Comme précisé, cette consommation représente uniquement les 6 réseaux de chaleur gérés par la MEL (pour plus d'informations sur ces réseaux, se référer à la section 0). Les réseaux de chaleurs privés ne sont donc pas inclus dans ce total de production de chaleur. Leur consommation est pour autant indirectement prise en compte dans le bilan énergétique totale : en effet, la consommation totale de gaz, biomasse et fioul inclut les consommations associées au fonctionnement des chaudières des réseaux privés.

chauffage, et des zones non raccordées où le gaz couvre la plus grande partie du besoin en chauffage des logements.

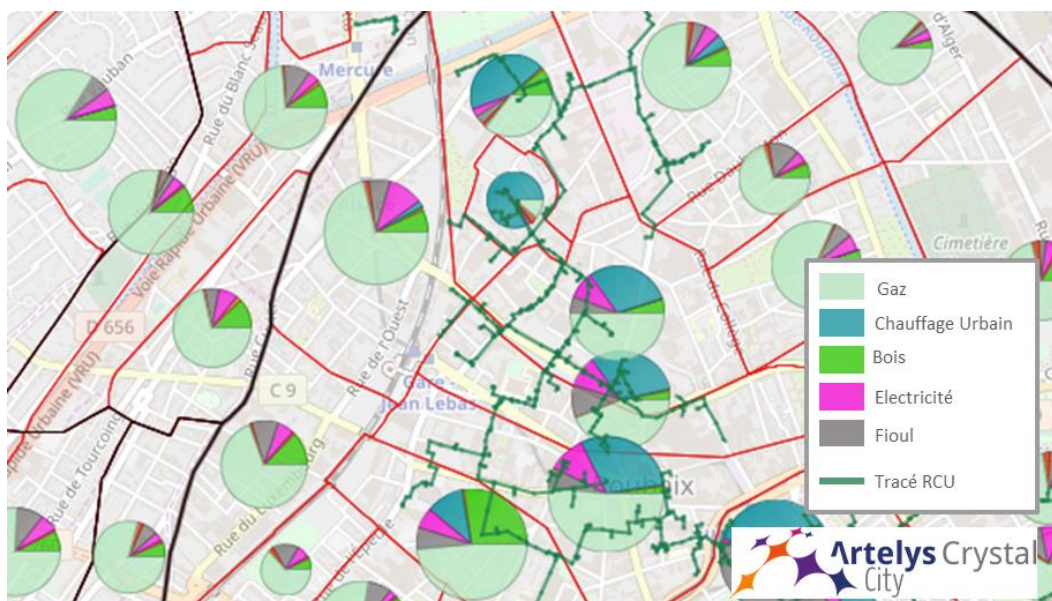


Figure 7 - Consommation d'énergie par IRIS pour le chauffage dans le secteur résidentiel dans le nord de la commune de Roubaix

(Source : modèle de consommation Artelys)

• Chauffage au fioul

Le chauffage au fioul représente encore une part importante de la consommation du secteur (8,4% de la consommation de chauffage). En effet, près de 17 000 logements sont encore chauffés au fioul (sur un total d'environ 500 000 logements, c'est-à-dire 3,3%). La répartition est très inégale sur le territoire, avec certaines zones IRIS regroupant un nombre très important de chaudières au fioul. Ainsi, 5 zones IRIS ont plus de 150 logements chauffés au fioul, ce qui représente un total de plus de 1200 logements sur une proportion très faible du territoire⁵.

⁵ De nombreuses politiques publiques sont déjà en place pour diminuer la proportion de logements chauffés au fioul. Par conséquent, le nombre de logements chauffés au fioul diminue chaque année (il est passé de 20 000 à 17 000 logements entre 2012 et 2014 selon le recensement effectué par l'INSEE).

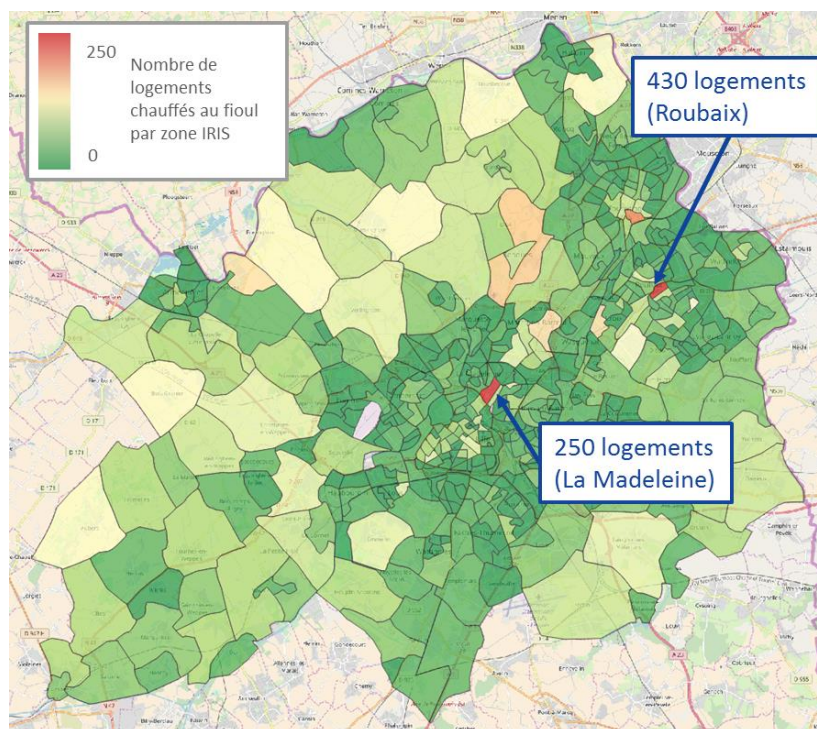


Figure 8 - Nombre de logements chauffés au fioul par zone IRIS

Source : INSEE 2014

- **Chauffage électrique**

Le chauffage électrique ne représente que 8% de la consommation totale de chauffage résidentiel pour la MEL, avec pourtant 138 000 logements chauffés à l'électricité, c'est-à-dire 27% du nombre total de logements. Cela s'explique par la répartition des logements chauffés à l'électricité : ces derniers sont majoritairement concentrés dans le centre de Lille, avec une majorité d'appartements de taille plus réduite que les maisons dans les communes plus rurales. L'électricité est actuellement l'énergie la plus chère, ce qui amène des factures énergétiques plus élevées pour les logements chauffés à l'électricité par rapport à ceux chauffés aux autres énergies. Cependant, un changement de vecteur de chauffage n'est pas toujours possible car il nécessite souvent de passer d'un chauffage individuel à un chauffage collectif, ce qui peut être complexe dans le cas d'une copropriété car il nécessite l'installation d'un réseau d'eau.

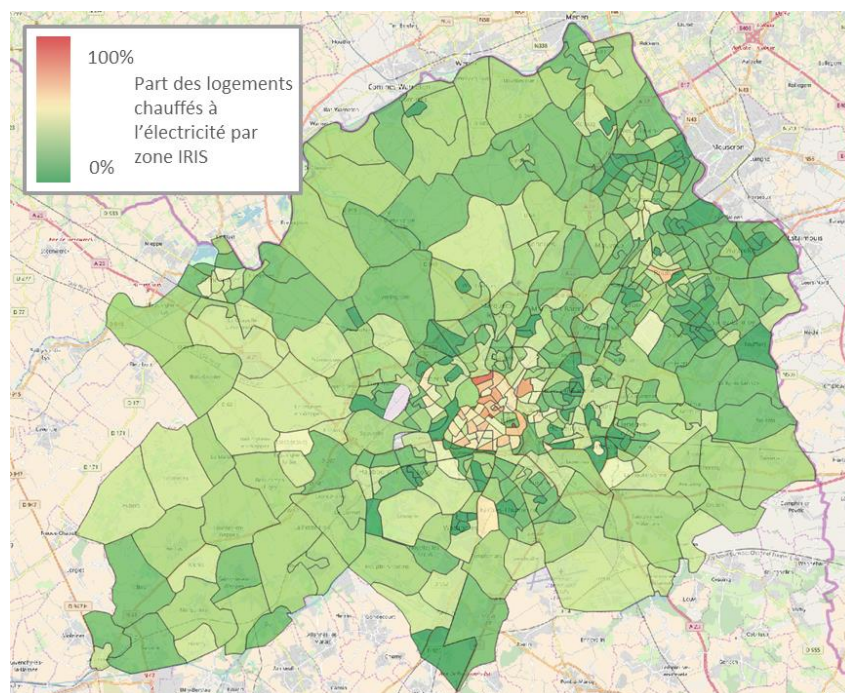


Figure 9 - Part des logements chauffés à l'électricité par zone IRIS

Source : INSEE 2014

- **Caractéristiques du parc de logements de la métropole**

Les réglementations thermiques

La consommation du secteur résidentiel est intrinsèquement liée aux types de logements présents sur le territoire. En effet, le chauffage représente la majeure partie de la consommation du secteur, et le type de logement influe fortement sur la consommation. Depuis le premier choc pétrolier de 1973-1974, des réglementations thermiques ont été définies pour les logements neufs en France, afin de limiter leur consommation énergétique et par conséquent réduire l'impact d'une évolution des prix sur la facture énergétique des ménages. Depuis les années 2000, la réduction de la consommation des logements s'inscrit davantage dans une optique de réduction de l'impact environnemental des nouvelles constructions lors de leur utilisation. Ces réglementations sont par ailleurs passées d'un objectif de moyens à un objectif de résultats, avec un niveau maximum de consommation par mètre carré fixé à partir des années 2000. Cela a eu pour conséquence des constructions de logements de moins en moins énergivores, et donc une diminution de la consommation totale du secteur.

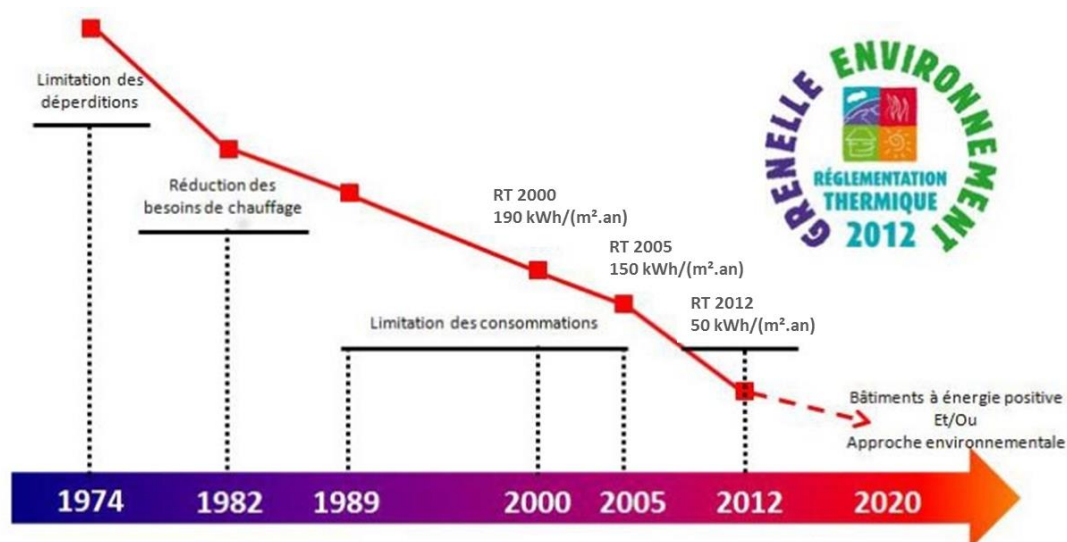


Figure 10 – Evolution des différentes réglementations thermiques des bâtiments résidentiels neufs en France
Répartition par âge du parc de logement

Ainsi, la répartition des logements en fonction de leur âge donne de bonnes indications des performances énergétiques des logements. Pour la MEL, plus de la moitié des logements ont été construits avant les premières réglementations thermiques (avant 1974). Les logements avec les réglementations thermiques les plus contraignantes (RT 2005 et RT 2012), ne représentent que 7% des logements du territoire.

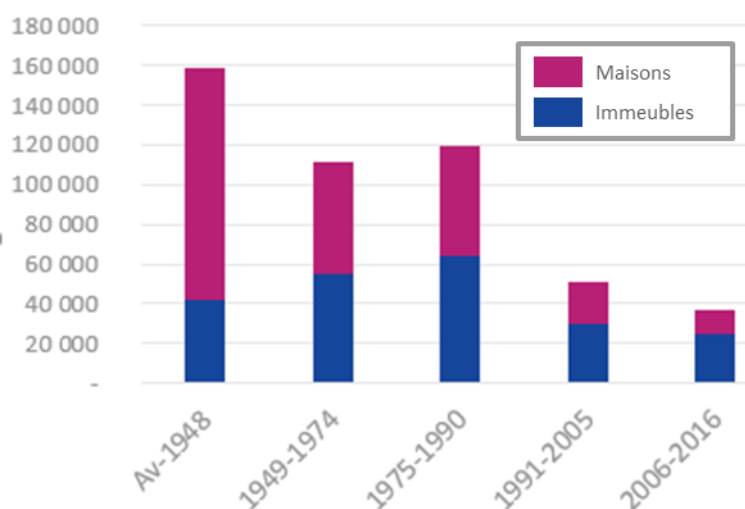


Figure 11 – Répartition des résidences principales de la MEL en fonction de l'âge de construction du bâtiment
(Source : INSEE 2014)

Cette répartition des logements fait apparaître l'importance de la rénovation thermique des logements anciens : ces derniers sont prépondérants dans la métropole, et ce sont eux qui consomment le plus

d'énergie. Ces logements anciens particulièrement émetteurs seront donc à cibler en priorité dans le cadre de la définition de la stratégie énergétique de la métropole.

Secteur industriel

Avec 6,4 TWh de consommation annuelle en 2016 (24% de la consommation totale), le secteur industriel est le troisième secteur le plus consommateur de la métropole de Lille. La consommation moyenne par employé est de 78 MWh/employé/an, ce qui est presque 8 fois supérieur à la consommation par employé du secteur tertiaire (11 MWh/employé/an).

- **Décomposition par énergie**

La moitié des consommations de l'industrie provient de l'électricité et du gaz, l'autre moitié provient du charbon et du fioul. Si la consommation de gaz et d'électricité est connue avec précision (données réelles de consommations fournies par les gestionnaires de réseaux), ce n'est pas le cas des consommations de produits pétroliers et de charbon. En effet, ces dernières proviennent d'un inventaire fait à l'échelle régionale par Atmo Hauts-de-France, qui est ensuite redécomposé à l'échelle de la métropole. Les consommations énergétiques n'étant pas uniformément réparties sur le territoire de la région, avec des consommations très élevées de produits pétroliers et charbon pour les raffineries en mer du Nord, il est possible que la consommation pour la métropole soit surévaluée. Des études complémentaires devront être réalisées pour affiner la connaissance de ces consommations pour l'industrie.

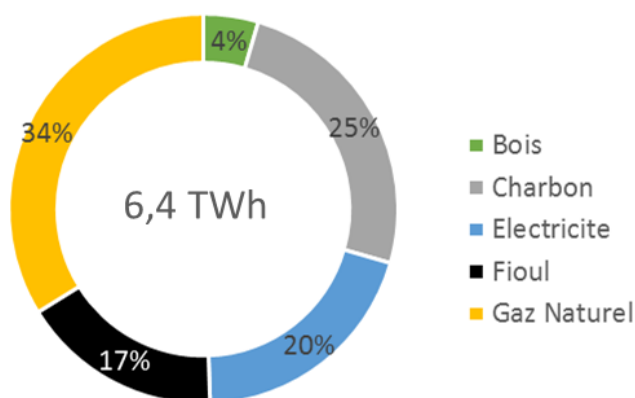


Figure 12 - Consommation par énergie du secteur industriel

(Source : modèle de consommation Artelys)

- **Localisation des grands consommateurs industriels**

Contrairement au secteur résidentiel qui est relativement diffus à travers le territoire, les consommations de l'industrie et de certaines typologies du tertiaire sont très localisées. En identifiant les plus grands consommateurs, il est possible de cibler spécifiquement certains établissements et donc de les accompagner dans une démarche de réduction des consommations énergétiques.

Pour le secteur industriel, il existe à l'échelle nationale deux inventaires réalisés chaque année permettant de connaître les consommations du secteur industriel :

- | *Enquête sur les consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI)* : Cette enquête est réalisée chaque année par l'INSEE. Elle est exhaustive sur les établissements de 250 salariés ou plus et pour les strates de taille inférieure à 10 établissements, et estimé par sondage pour les autres strates. Les données sont cependant publiées au niveau régional.
- | *Déclaration annuelle des émissions et des transferts de polluants et des déchets (GEREP)* : Le Ministère du développement durable recueille chaque année les données relatives aux émissions de polluants dans l'air, l'eau, le sol et les déchets des installations classées. Ces données sont utilisées pour mettre les informations sur les émissions à la disposition du public, soit au niveau national, soit sur le site du registre européen E-PRTR.

Ces deux sondages permettent d'affiner la connaissance de la consommation du secteur industriel, mais ils ne sont malheureusement pas publiés à une échelle plus fine que la région, afin de respecter le secret des affaires des différentes entreprises visées.

Cependant, depuis quelques années, les données mises à disposition par les gestionnaires de réseaux de gaz et d'électricité permettent de localiser plus précisément les plus grands consommateurs industriels. Ces données et les résultats associés sont présentés dans les deux sections suivantes.

Utilisation des données de gestionnaires des réseaux de transports d'électricité et de gaz

Depuis plusieurs années, les gestionnaires des réseaux de transport d'électricité et de gaz (RTE et GRTgaz) mettent à disposition des collectivités et du public des données relatives à leur activité. Les données de consommation⁶, ainsi que le nombre de points de livraison associés, sont ainsi disponibles à la maille IRIS. Mais à la différence des réseaux de distribution où le nombre de points de livraison est très important, le réseau de transport ne relie que très peu de consommateurs. Ainsi, par zone IRIS, entre un et trois points de livraison sont présents, autant pour le réseau RTE que GRTgaz. Grâce au tracé des réseaux, il est ainsi possible de localiser ces points de livraison, et par conséquent d'identifier ces grands consommateurs. Les résultats sont présentés ci-dessous :

⁶ Ces données constituent d'ailleurs une partie des données de base utilisées pour le modèle de consommation du territoire.

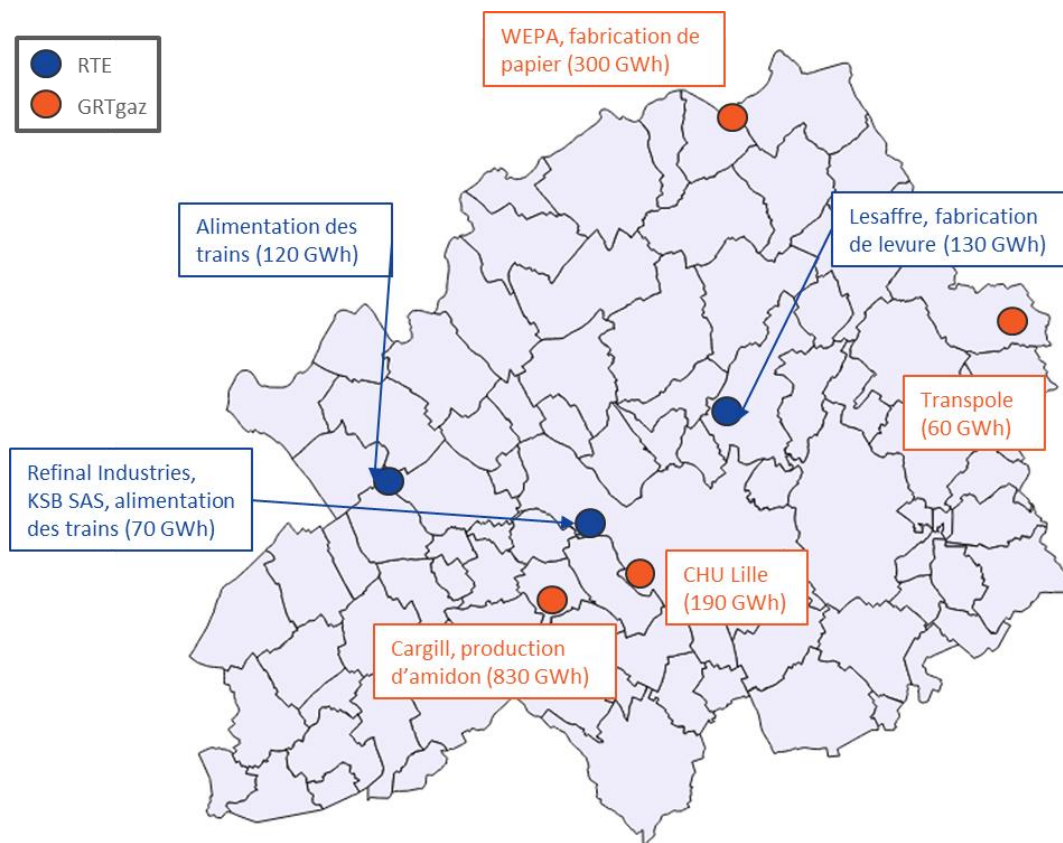


Figure 13 - Identification des grands consommateurs de gaz et d'électricité de la MEL

(Source : GRTgaz et RTE)

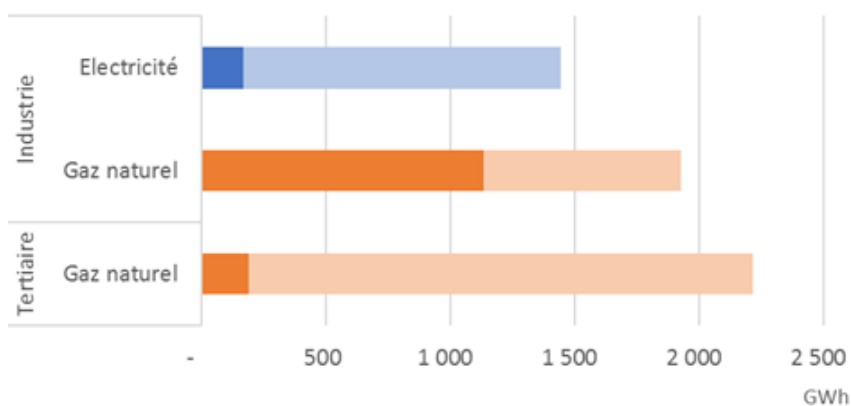


Figure 14 - Part d'énergie consommée directement sur les réseaux de transport

(Source : GRTgaz et RTE)

Comme résumé Figure 14, plus de la moitié de la consommation de gaz du secteur industriel est portée par deux industriels : Cargil et WEPA. A eux deux, ils représentent plus de 1 TWh de consommation annuelle, c'est-à-dire environ 18% de la consommation totale du secteur, ou encore 4% de la consommation totale de la métropole ! Par conséquent, cibler les industriels les plus consommateurs et les impliquer dans des

démarches de réduction de consommation, via des améliorations de processus ou des gains organisationnel peut être un levier très important pour réduire les consommations énergétiques de la métropole.

Utilisation des données de gestionnaires des réseaux de distribution d'électricité et de gaz

Dans le cadre de l'étude de planification énergétique, une analyse des données de consommation à la maille bâtiment a été réalisée, permettant une localisation précise des consommations énergétiques associées. Les résultats du travail effectué sont présentés section 7.

Secteur tertiaire

Avec 5,3 TWh de consommation annuelle en 2016 (20% de la consommation totale), le secteur tertiaire est le quatrième secteur le plus consommateur de la métropole de Lille. La consommation moyenne par employé est de 11 MWh/employé/an.

- **Décomposition par usage et par énergie**

Comme pour le secteur résidentiel, le chauffage représente la majeure partie de la consommation du secteur tertiaire, avec 51% de la consommation totale. La part de l'électricité spécifique et de la climatisation est en revanche plus importante, avec 31% de la consommation totale. Cela s'explique par des besoins d'éclairage plus importants que pour le résidentiel, mais aussi par une consommation plus importante d'appareils électroniques.

Le gaz représente la moitié de la consommation du chauffage (49%), suivi par l'électricité (31%), le fioul (13%) et enfin le chauffage urbain (7%). Le bilan est donc relativement similaire à celui du secteur résidentiel : la rénovation des bâtiments existants est un enjeu important pour le parc tertiaire afin de réduire les consommations énergétiques. De même, le renouvellement d'équipement de chauffage pourrait permettre de réduire la consommation des énergies les plus polluantes (fioul), mais aussi de favoriser des équipements plus performants (chaudières à condensation, pompe à chaleur, micro-cogénération...).

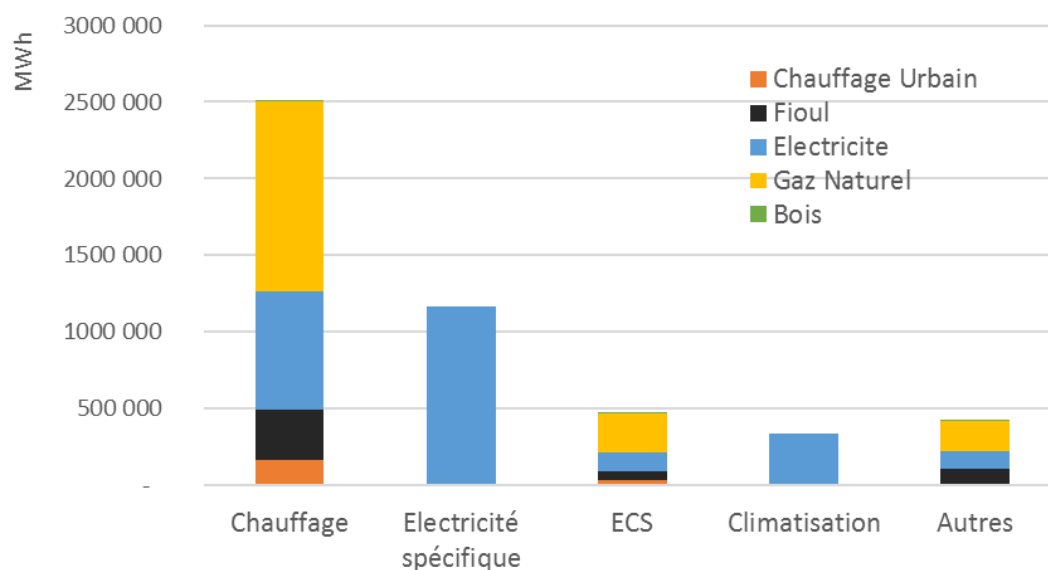


Figure 15 - Consommation en énergie finale du secteur tertiaire

(Source : modèle de consommation Artelys)

• Répartition par branche

Comme illustré dans la Figure 16, les secteurs tertiaires à dominante privée représentent 62% de la consommation du secteur. En particulier, les bureaux et commerces représentent à eux deux 50% de la consommation du secteur tertiaire. Cela s'explique par l'attractivité économique de la MEL, et donc le grand nombre de bureaux et commerces présents sur son territoire.

Le secteur de la santé (principalement les hôpitaux) est le troisième secteur tertiaire le plus consommateur du territoire. Globalement peu diffus, à l'opposé des commerces et des bureaux, il est plus facile de cibler les différents consommateurs pour les accompagner dans des démarches de réduction des consommations énergétiques. Les hôpitaux sont d'ailleurs très souvent moteurs dans ces démarches, car les dépenses énergétiques représentent des coûts importants pour ces derniers. Le schéma directeur des réseaux de chaleur s'est par exemple intéressé à la possibilité de raccorder le CHRU de Lille au réseau de chaleur RESONOR. Même si un raccordement total présentait des difficultés techniques rendant complexe sa réalisation, des raccordements partiels valorisant la vapeur haute pression du CHRU ont été abordés, permettant une optimisation des consommations énergétiques du secteur.

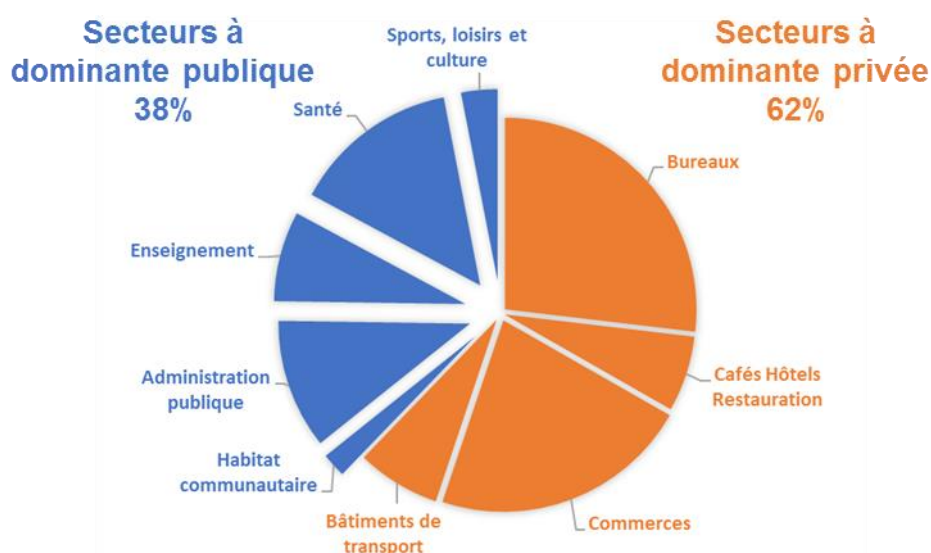


Figure 16 - Répartition par secteur de la consommation du secteur tertiaire

(Source : modèle de consommation Artelys)

• Localisation des consommations

Les consommations du secteur tertiaire sont de façon générale relativement diffuses, les surfaces tertiaires comme les commerces et les bureaux étant relativement bien réparties sur le territoire (avec cependant une plus forte concentration dans les zones très urbaines). Cependant, certains grands consommateurs peuvent se détacher : c'est le cas des hôpitaux, dont la consommation énergétique importante se remarque parmi les autres consommations du territoire. Le CHRU de Lille en est le meilleur exemple (Disque rouge en bas de la Figure 17).



Figure 17 - Localisation des consommations du secteur tertiaire par zone IRIS et par secteur

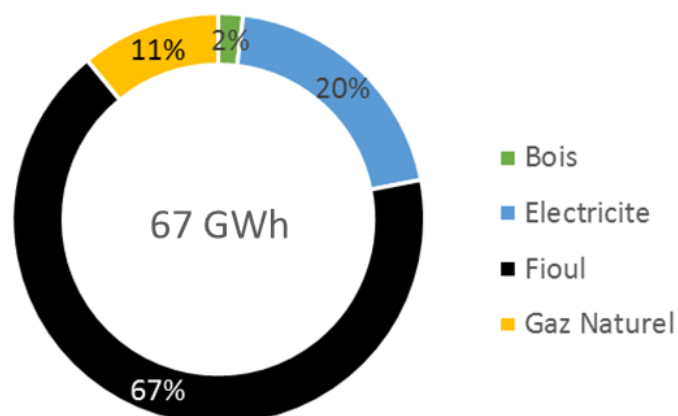
(Source : Modèle de consommation Artelys)

Agriculture

Avec seulement 67 GWh de consommation annuelle en 2016 (0,2% de la consommation totale), le secteur agriculture est le secteur le moins consommateur de la métropole de Lille. La consommation moyenne par employé est de 33 MWh/employé/an.

• Décomposition par énergie

Avec presque 70% de la consommation totale du secteur, le fioul représente la majorité des consommations de l'agriculture. Ce fioul est celui utilisé pour le fonctionnement des engins agricoles. Le reste de la consommation du secteur est divisé entre l'électricité, le gaz et de façon marginale le bois.



Même s'il représente une consommation marginale de la métropole, le secteur agriculture reste relativement énergivore, avec une consommation importante de fioul qui fait partie des énergies les plus polluantes. Des actions ciblées pour réduire les consommations, en particulier celle du fioul, pourront être entreprises dans le cadre de la stratégie énergétique de la métropole.

Transports

Avec 6,7 TWh de consommation annuelle en 2016 (25% de la consommation totale), le secteur des transports est le deuxième secteur le plus consommateur de la métropole de Lille. Le transport de voyageurs représente 70% des consommations du secteur, et le transport de marchandises 30%.

- **Bilan des consommations énergétiques**

Le bilan des consommations du secteur des transports est basé sur les données de l'étude de diagnostic environnemental de la mobilité (étude DEEM) réalisée par le CEREMA. Cette étude s'appuie sur la dernière Enquête Ménages Déplacements de la métropole réalisée en 2016, et permet une reconstitution précise des déplacements de personnes et du transport de marchandises sur le territoire. L'objectif premier de l'étude est de déterminer les émissions de polluants des différents transports, mais les consommations énergétiques sont des résultats intermédiaires du modèle utilisé pour calculer ces émissions.

Le secteur des transports est divisé entre le transport de voyageurs et le transport de marchandises. Afin de comptabiliser l'ensemble des consommations réalisées sur le territoire, ces deux catégories sont-elles mêmes séparées en trois parties:

- | *Interne* : déplacements au sein de la MEL
- | *Echange* : déplacements entre la métropole et l'extérieur
- | *Transit* : déplacements dont ni l'arrivée ni le départ ne se trouvent dans le périmètre de la MEL, mais dont le trajet traverse le territoire de la MEL

Cette distinction a pour origine la finalité première de l'étude : comptabiliser les émissions sur le périmètre de la métropole. Ainsi, pour les échanges et le transit, seule la part du trajet effectué sur le territoire est comptabilisée pour la métropole. Avec cette méthodologie de comptage, le bilan des transports se veut exhaustif.

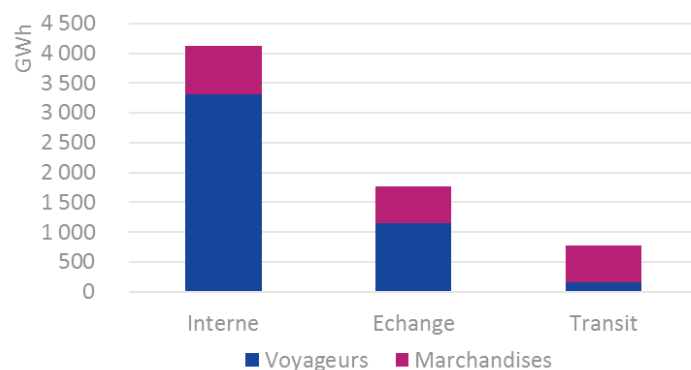


Figure 18 - Consommation énergétique par type de transport

(Source : Etude DEEM, CEREMA)

Comme illustré par la Figure 18, la consommation du transport de voyageurs est majoritaire par rapport au transport de marchandises (70% de la consommation totale du secteur). Pour le transport de voyageurs, la majorité des consommations proviennent des déplacements internes (72%), le transit ne représentant ainsi qu'une part marginale des consommations (3%). Pour le secteur du transport de marchandises, les consommations énergétiques se répartissent de façon à peu près égales entre les trajets internes, d'échanges et de transit. En effet, la métropole de Lille est un nœud de communication important, ce qui induit des flux importants de transports de marchandise en transit. La part importante des échanges de la métropole s'explique aussi par le niveau élevé d'importation de produits manufacturés : la majeure partie des biens du territoire n'étant pas produits dans la métropole, il en résulte des échanges importants avec les autres territoires.

- **Transport de voyageurs**

Parts modales

La métropole de Lille est un territoire fortement urbanisé, par conséquent une part importante des déplacements se fait à pied (cf Figure 19). Ainsi, plus de 30% des déplacements effectués n'engendrent pas de consommation énergétique :

- | Marche : 30%
- | Vélo : 2%

La voiture est utilisée pour plus de la moitié des déplacements, tandis que les transports en commun représentent environ 10% des déplacements. Ce sont ces moyens de transports consommateurs d'énergie qui sont regroupés dans le bilan de l'étude DEEM.

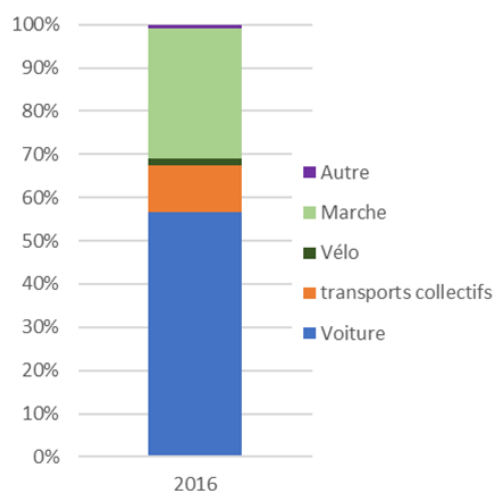


Figure 19 - Parts modales des déplacements de la MEL – en nombre de déplacements

(Source : enquête ménages-déplacements, 2016)

Déplacements et consommations énergétiques

Comme vu dans la partie précédente, la majorité des déplacements sont effectués en voiture. Le graphique de gauche de la Figure 20 ci-dessous représente la répartition des déplacements⁷ motorisés par moyen de transport : on s'aperçoit que 75% des déplacements motorisés sont faits en voiture, la grande partie de la part restante correspondant aux transports en commun. Cette prépondérance de la voiture particulière est exacerbée lorsque cette répartition par moyen de transport est regardée du côté des consommations : ainsi, les véhicules particuliers représentent 75% des déplacements mais plus de 90% des consommations énergétiques pour le transport de voyageurs.

Il y a par conséquent un enjeu de taille à passer des véhicules particuliers à des moyens de transport moins énergivores. Lorsque les véhicules particuliers restent indispensables, par exemple en zone péri-urbaine et rurale, l'utilisation de véhicules plus performants permet de diminuer les consommations, tandis que changer de type de véhicules pour migrer vers d'autres motorisations (électrique, hydrogène, GNV, etc.) permet de réduire l'impact environnemental des consommations.

⁷ Les déplacements sont comptabilisés en personne.km, c'est-à-dire le nombre total de kilomètres parcourus par l'ensemble des usagers.

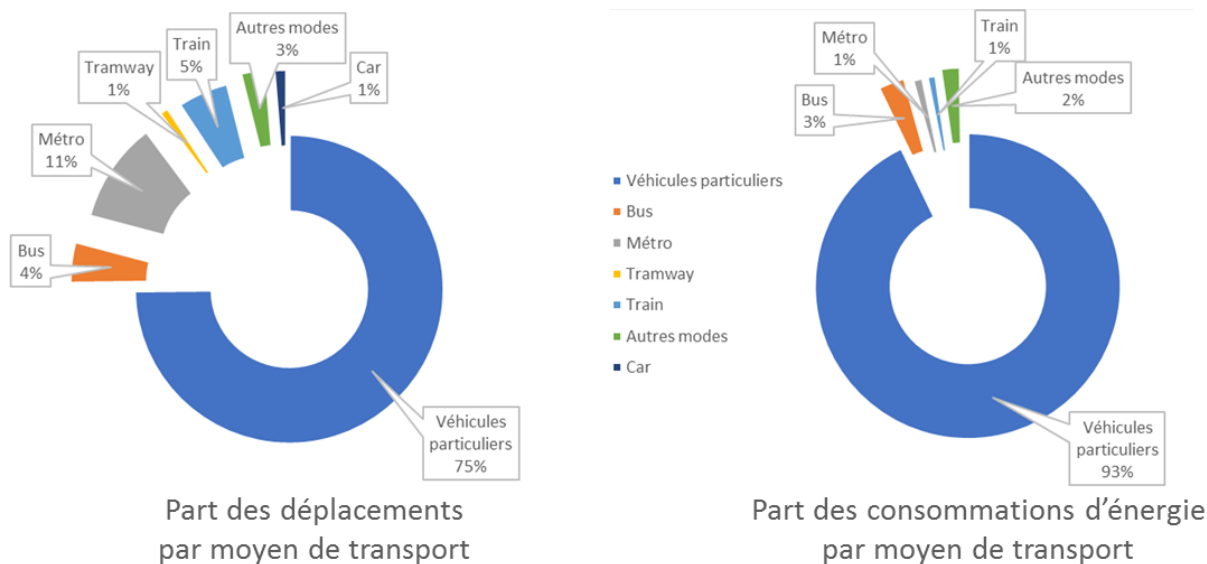


Figure 20 - Déplacements et consommations énergétiques du secteur des transports

(Source : Etude DEEM, CEREMA)

• Transport de marchandises

Le secteur de transport de marchandises représente 30% de la consommation totale du secteur des transports, avec une consommation de 2,0 TWh. Comme pour le transport de personnes, les consommations énergétiques sont majoritairement dues à du transport routier : le transport effectué par poids lourds et par véhicules utilitaires légers représente ainsi 98% de la consommation du secteur.

Le train et le transport fluvial, très minoritaires, sont presque exclusivement utilisés pour du transit de marchandises par la métropole de Lille.

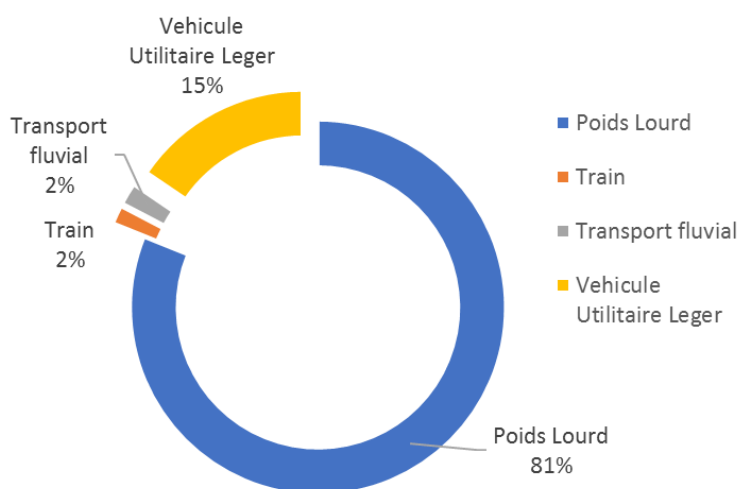


Figure 21 - Répartition des consommations du transport de marchandises

(Source : Etude DEEM, CEREMA)

Multi-secteurs

- **Répartition par secteur PCAET**

Pour l'étude de planification énergétique, les 5 secteurs suivants ont été retenus pour la division des consommations énergétiques :

- | Résidentiel
- | Tertiaire
- | Industrie
- | Agriculture
- | Transports

Ils correspondent aux secteurs historiques utilisés pour les bilans nationaux, mais aussi à la décomposition utilisée pour la transmission de données énergétiques fixés par *le Décret n° 2016-973 du 18 juillet 2016*, complété par *l'arrêté du 18 juillet 2016 fixant les modalités de transmission des données*. Pour l'élaboration du PCAET, *l'arrêté du 4 août 2016 relatif au plan climat-air-énergie* fixe les secteurs d'activités à retenir pour l'analyse des consommations énergétiques, ainsi que des émissions de gaz à effet de serre. Les secteurs retenus par le décret sont les suivants :

- | Résidentiel
- | Tertiaire
- | Agriculture
- | Transports routiers
- | Autres transports
- | Industrie hors branche énergie
- | Branche énergie
- | Déchets

Pour effectuer un redécoupage par secteur PCAET, les actions suivantes ont été effectuées :

- | Le secteur des transports est déjà décomposé par moyen de transport. Par conséquent, ces données ont été réagréguées pour former les deux secteurs transport routier et autres transports.
- | Le secteur industriel n'a pas été séparé entre branche énergie et hors branche énergie, à cause de l'incertitude sur les consommations de fioul et de charbon (cf. section 7). La répartition proposée par Atmo HdF dans la base myEmiss'air est conservée pour faire cette séparation⁸.
- | Le secteur déchets avait été rattaché au secteur industrie à cause de l'absence de données de consommations associées pour le gaz et l'électricité. La répartition proposée par Atmo HdF dans la base myEmiss'air est conservée pour faire cette séparation⁹.

⁸ Plus précisément, la décomposition par secteur SECTEN2 a été utilisée pour faire cette répartition. En effet, le secteur « branche énergie » de la base myEmiss'air semblait inclure la consommation d'énergie liée à la production de chauffage urbain (intitulé du secteur : « EXTREN – Chauffage urbain »), induisant une double comptabilité avec l'énergie chaleur déjà répertoriée. Ainsi, seule la branche « EXTREN - Autres secteurs de la transformation de l'énergie » a été incluse, qui correspond à une consommation de 872 GWh de combustible solide hors biomasse, associé à du charbon pour l'EPE.

⁹ Cela correspond pour le secteur Déchets à une consommation de biomasse de 6,3 GWh, et à une consommation de gaz de 2,9 GWh.

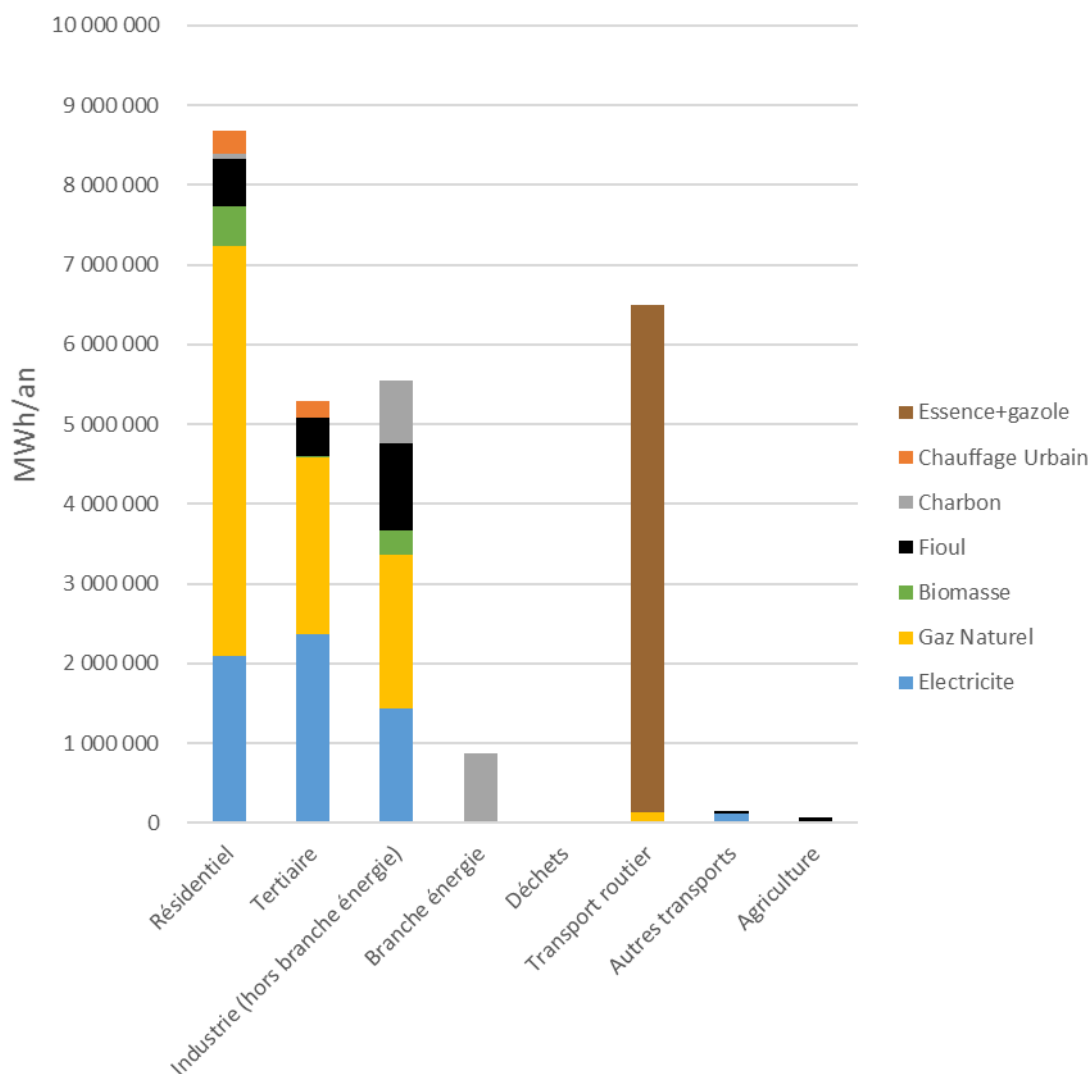


Figure 22 - Consommation énergétique par secteur PCAET et par énergie de la MEL

• Consommation énergétique à la maille bâtiment

Depuis 2017, les gestionnaires de réseaux de distribution de gaz et d'électricité mettent à disposition des EPCI les données de consommation par bâtiment. Ces dernières permettent de mieux appréhender les consommations du territoire :

- | En localisant à une maille encore plus précise que l'IRIS les consommations
- | En permettant d'identifier les plus grands consommateurs connectés aux réseaux de distribution de gaz et d'électricité

Comme la plupart des autres données disponibles pour le territoire sont à la maille IRIS, ou à des mailles géographiques plus large (commune, métropole), le modèle de consommation globale du territoire a été réalisé à la maille IRIS. Cependant, une analyse sur ces données a été réalisée pour la métropole de Lille afin d'avoir une autre représentation des consommations du territoire à une maille plus fine.

Informations générales sur les données à la maille bâtiment

Les modalités de fourniture de données de consommations à la maille bâtiment par les gestionnaires de réseaux de gaz et d'électricité sont fixées dans le décret n° 2016-973 du 18 juillet 2016¹⁰. La notion de bâtiment est définie comme correspondant à un :

- | « ensemble de points de livraison regroupés sur la base de leur adresse au sein du système de comptage d'énergie du gestionnaire de réseau concerné, ou bien d'un bâtiment au sens usuel du terme et désigné par la personne publique qui demande à en connaître la consommation énergétique ».

Cette agrégation de plusieurs points de livraison a pour principal objectif le respect du secret statistique. En particulier pour le secteur résidentiel, les agrégats doivent respecter les deux points suivants :

- | La consommation doit être supérieure au seuil-résidentiel (200 MWh¹¹)
- | L'agrégat doit regrouper plus de 10 points de livraison.

Il n'est pas fait mention dans le décret d'une taille minimum de l'agrégat pour les autres secteurs (tertiaire, industrie et agriculture).

En pratique, les données sont fournies à la maille adresse, ce qui permet de retrouver directement le bâtiment associé.

Données de consommation à la maille bâtiment d'ENEDIS

Les données analysées correspondent à l'année 2016.

Pour cette première fourniture de données par ENEDIS à la MEL, seulement 32% de la consommation d'électricité distribuée par ENEDIS était couverte par les données à la maille bâtiment. Ce pourcentage de couverture variant fortement en fonction du secteur, avec moins de 20% des données pour le secteur résidentiel, et moins de la moitié pour le secteur tertiaire et industrie.

¹⁰ Ce décret est en réalité plus large, et précise les modalités de fournitures de données publiques relatives au transport, à la distribution et à la production d'électricité, de gaz naturel et de biométhane, de produits pétroliers et de chaleur et de froid.

¹¹ Fixé par l'arrêté du 18 juillet 2016 fixant les modalités de transmission des données de transport, distribution et production d'électricité, de gaz naturel et de biométhane, de produits pétroliers et de chaleur et de froid.

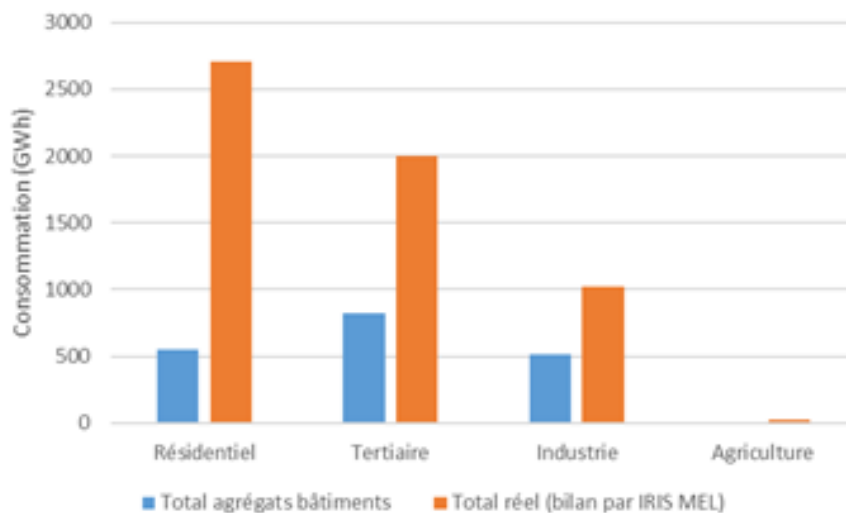


Figure 23 - Part de la consommation d'électricité donnée à la maille bâtiment

(Source : ENEDIS)

Même si ces données sont incomplètes, elles permettent d'identifier plus facilement certains des gros consommateurs tertiaires et industriels connectés au réseau moyenne tension. Elles pourront donc être valorisées afin d'inventorier et d'accompagner ces gros consommateurs dans une démarche de réduction des consommations énergétiques.

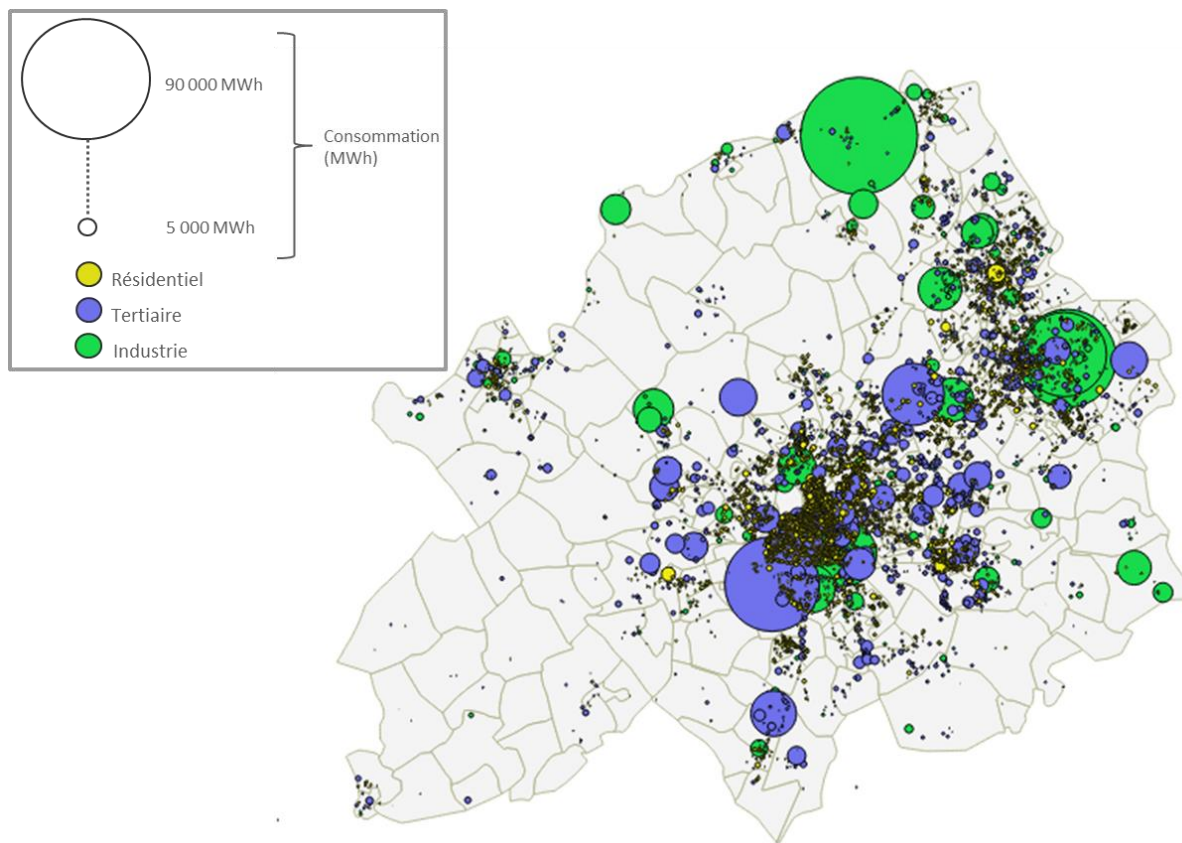


Figure 24 - Consommation d'électricité à la maille bâtiment

(Source : ENEDIS, retraité par Artelys)

Données de consommation à la maille bâtiment de GRDF

Les données analysées correspondent à l'année 2016.

Les données à la maille bâtiment fournies par GRDF recouvrent intégralement la consommation de gaz du territoire (hors consommateurs connectés directement au réseau de transport). GRDF a choisi d'agréger par rue les consommations résidentielles ne respectant pas le secret statistique. Seule une petite proportion des données n'a pas été localisée, et correspond probablement au cas où une agrégation par rue n'est pas suffisante pour dépasser le seuil-résidentiel et le nombre minimal de 10 points de livraison.

Pour le secteur résidentiel, une majorité des consommations ne sont localisées qu'à la rue, tandis que pour les secteurs du tertiaire et de l'industrie, entre un tiers et la moitié des consommations sont localisées à l'adresse, et le reste est localisé à la rue.

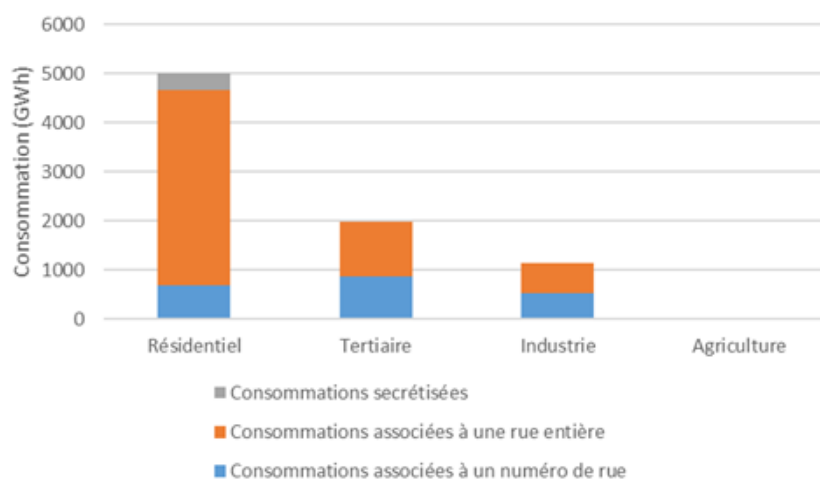


Figure 25 - Part de la consommation de gaz donnée à la maille bâtiment

Source : GRDF

Comme pour les données de consommations électriques, ces consommations de gaz à la maille bâtiment permettent de localiser plus finement les gros consommateurs du territoire, en particulier tertiaires et industriels¹².

¹² La plupart des grosses consommations de gaz du secteur tertiaire ne correspondent pas à des bâtiments tertiaires fortement consommateurs, mais aux chaufferies des réseaux de chaleur de la métropole. En effet, GRDF inclut les consommations de ces chaufferies dans le secteur tertiaire lorsqu'il regroupe les consommations par secteur. Dans le bilan de consommation effectué à la maille IRIS, ces consommations de gaz des chaufferies ont été retranchées du secteur tertiaire pour ne pas avoir de double comptabilité énergétique du gaz utilisé par les chaufferies, et de la chaleur produite par ces dernières.

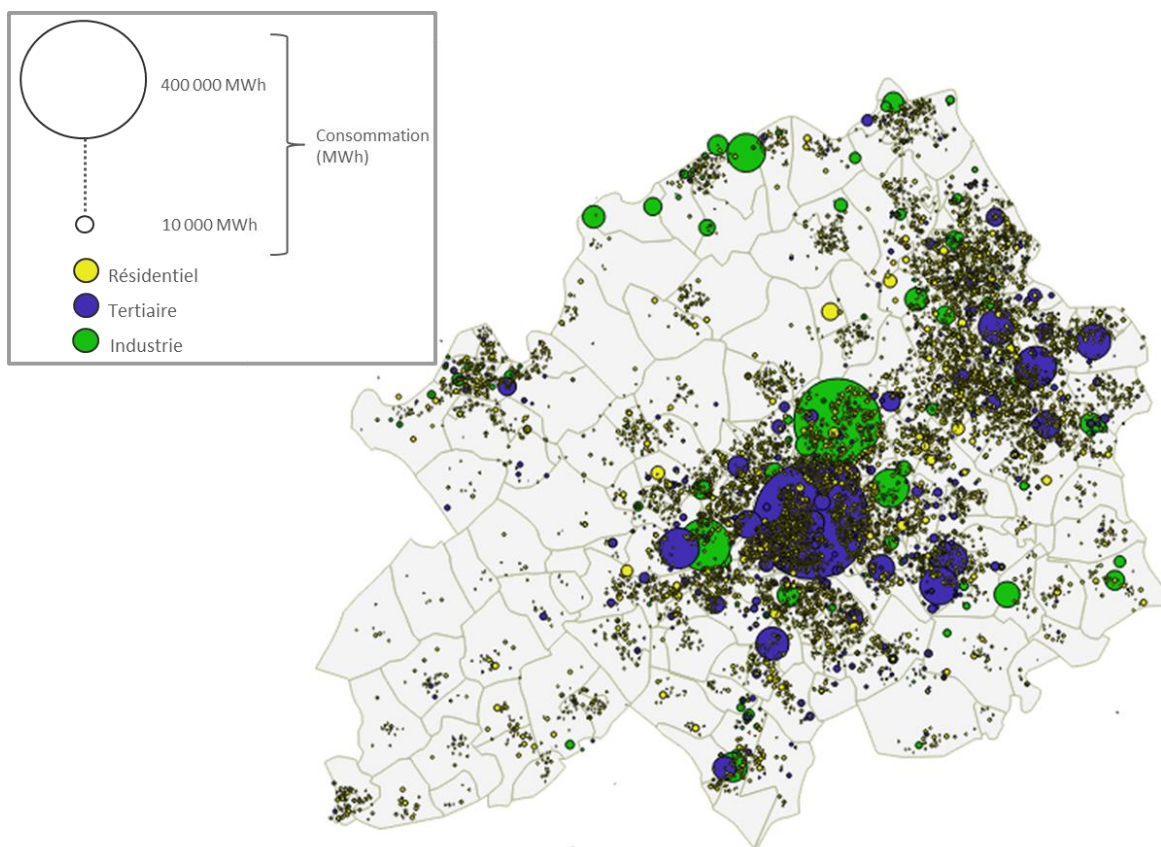


Figure 26 - Consommation de gaz à la maille bâtiment
(Source : GRDF, retraité par Artelys)

- **Reporting aux communes**

Afin de sensibiliser les communes aux enjeux énergétiques de leur territoire, un travail de mise en forme des données du modèle énergétique de la MEL a été réalisé afin de constituer un rapport individualisé par communes. Ce reporting automatique est directement intégré au logiciel Artelys Crystal city, et permet d'exporter pour les 90 communes de la métropole une synthèse de quelques pages présentant les données énergétiques clés de leur territoire.

La

Figure 27 reprend un extrait du reporting réalisé pour la ville de Mons-en-Barœul.

MONS-EN-BAROEUL

Diagnostic énergétique - Bilan sur données 2016

Chiffres clefs :

409 GWh

Consommation annuelle en énergie finale
2,0% de la consommation totale de la MEL

26 MWh/logt

Consommation en énergie finale par foyer
Moyenne sur la MEL : 17 MWh/logt

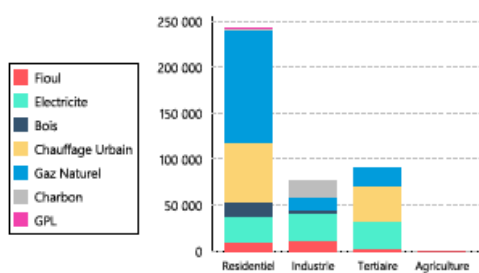
30,0 millions d'euros

Facture énergétique totale de la commune
2,0% de la facture totale de la MEL

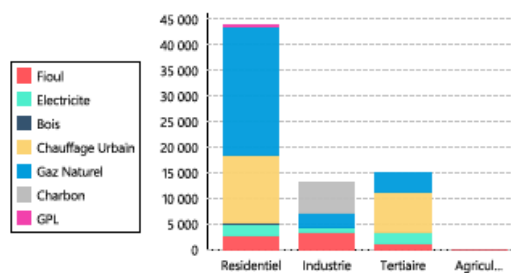
1976 euros

Facture énergétique par foyer
Moyenne de la MEL : 1535 euros par foyer

CONSOMMATION ET EMISSIONS



Consommation par secteur (en MWh)



Émissions de gaz à effet de serre par secteur (en tonnes)

ANALYSE DU TERRITOIRE

Répartition des logements par vecteur de chauffage

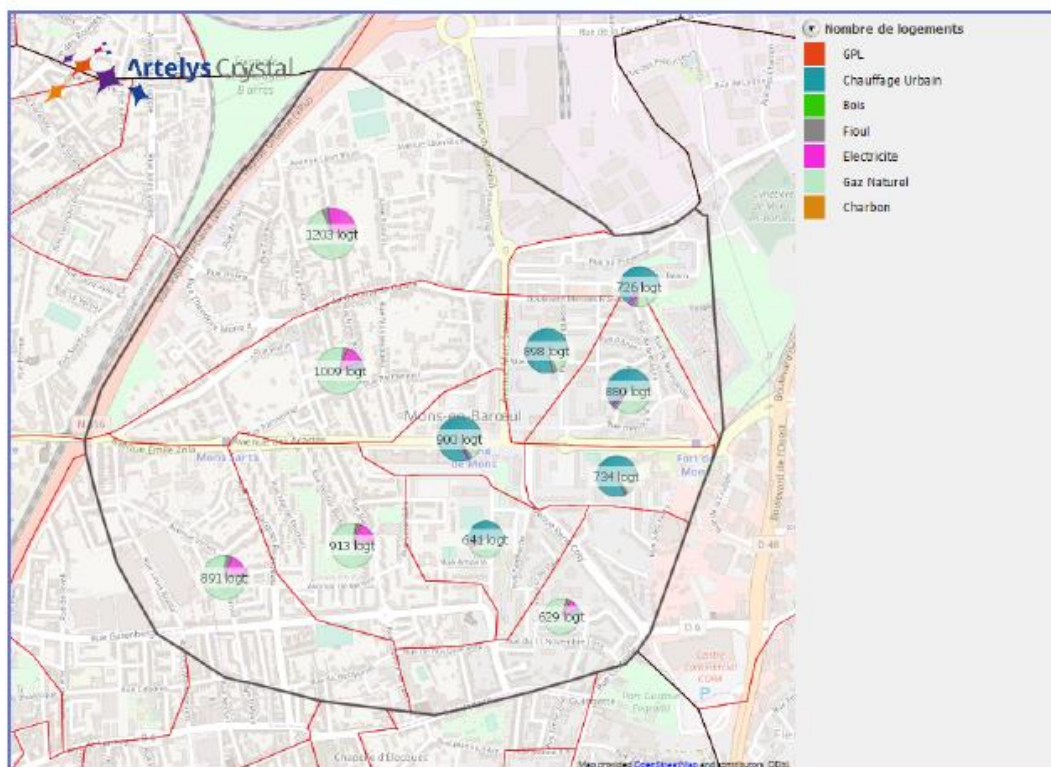


Figure 27 - Extrait du reporting aux communes réalisé pour la ville de Mons-en-Barœul

1.2 Les réseaux de distribution, transport et stockage d'électricité, de gaz et de chaleur : enjeux et options de développement

1.2.1 Etat des lieux des réseaux énergétiques du territoire

Réseaux de distribution d'énergie

Afin de relier les lieux de production d'énergie aux lieux de consommation, les réseaux d'électricité et de gaz sont divisés en deux catégories :

- | **Transport** : le réseau de transport est la première brique permettant d'assurer le flux d'énergie entre le lieu de production (centrale dans le cas de l'électricité par exemple, terminal de gaz pour le gaz) et le site de consommation (résidentiel, tertiaire, industriel, etc.). Le réseau de transport sert à mailler la France et connecter les différentes régions entre elles : il constitue les grands axes du réseau d'énergie. Etant donné qu'économiquement il n'est pas rationnel d'avoir deux réseaux réalisant la même fonction en parallèle, l'activité de transport est restée monopolistique. En France, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité est RTE (Réseau de Transport d'Electricité), et les gestionnaires du réseau de transport de gaz sont GRTgaz et TIGF (Transport et Infrastructures Gaz France, uniquement dans le Sud-Ouest de la France).
- | **Distribution** : le réseau de distribution permet de mailler le territoire à une échelle plus locale et de connecter le consommateur final. Il s'agit là aussi d'une activité monopolistique. En France, le principal gestionnaire de réseau de distribution d'électricité est Enedis, tandis que le principal gestionnaire du réseau de distribution de gaz est GrDF. Il existe aussi des Entreprises Locales de Distribution (ELDs), qui sont des entreprises ou régies qui assurent la distribution et/ou la fourniture d'électricité ou de gaz sur un territoire déterminé, non desservi par Enedis ou GrDF. Celles-ci sont souvent des structures qui n'ont pas été intégrées à EDF-GDF lors de sa création après la seconde guerre mondiale en 1946.

Les réseaux de chaleur constituent des réseaux un peu à part. De par leur nature très locale, il n'existe pas de gestionnaire de réseau à l'échelle nationale mais souvent un gestionnaire par réseau.

En tant que métropole, la MEL est autorité organisatrice de la distribution d'énergie (AODE). Elle est donc en charge de la gestion des différents réseaux de distribution d'énergie sur son territoire :

- | Distribution d'électricité concédée à ENEDIS
- | Distribution de gaz concédée à GRDF
- | Distribution de chaleur concédée à différents opérateurs : Résonor, Mons énergie, R énergie, Vilae, W. énergie, des filiales de Dalkia et Dalkia pour le réseau de Wattrelos.

Cette section vise à présenter chacun de ces trois réseaux de distribution d'énergie du territoire.

Réseau électrique

ENEDIS est en charge de la gestion du réseau de distribution d'électricité sur tout le périmètre de la métropole excepté pour la commune de Loos, dont le réseau basse tension est géré par la Régie Municipale d'Electricité de Loos (RME), entreprise locale de distribution d'électricité qui n'a pas été rattachée à EDF lors de la nationalisation du secteur en 1946.

ENEDIS relie sur le territoire de la métropole de Lille 562 045 clients, pour une énergie acheminée de 5,6 TWh (année 2016). Cette livraison correspond à environ 20% de la consommation énergétique totale de la métropole.

Chiffres clés du réseau :

- | 18 postes sources
- | 562 045 points de livraison
- | 1 854 installations de production (Puissance totale : 79 MW)
 - 3 éoliennes raccordées (1 MW)
 - 1831 producteurs photovoltaïques (7 MW)
 - Centrales de cogénération (65 MW)
 - Autres (6 MW)
- | 3 142 km de réseau moyenne tension HTA, et 5371 km de réseau basse tension BT

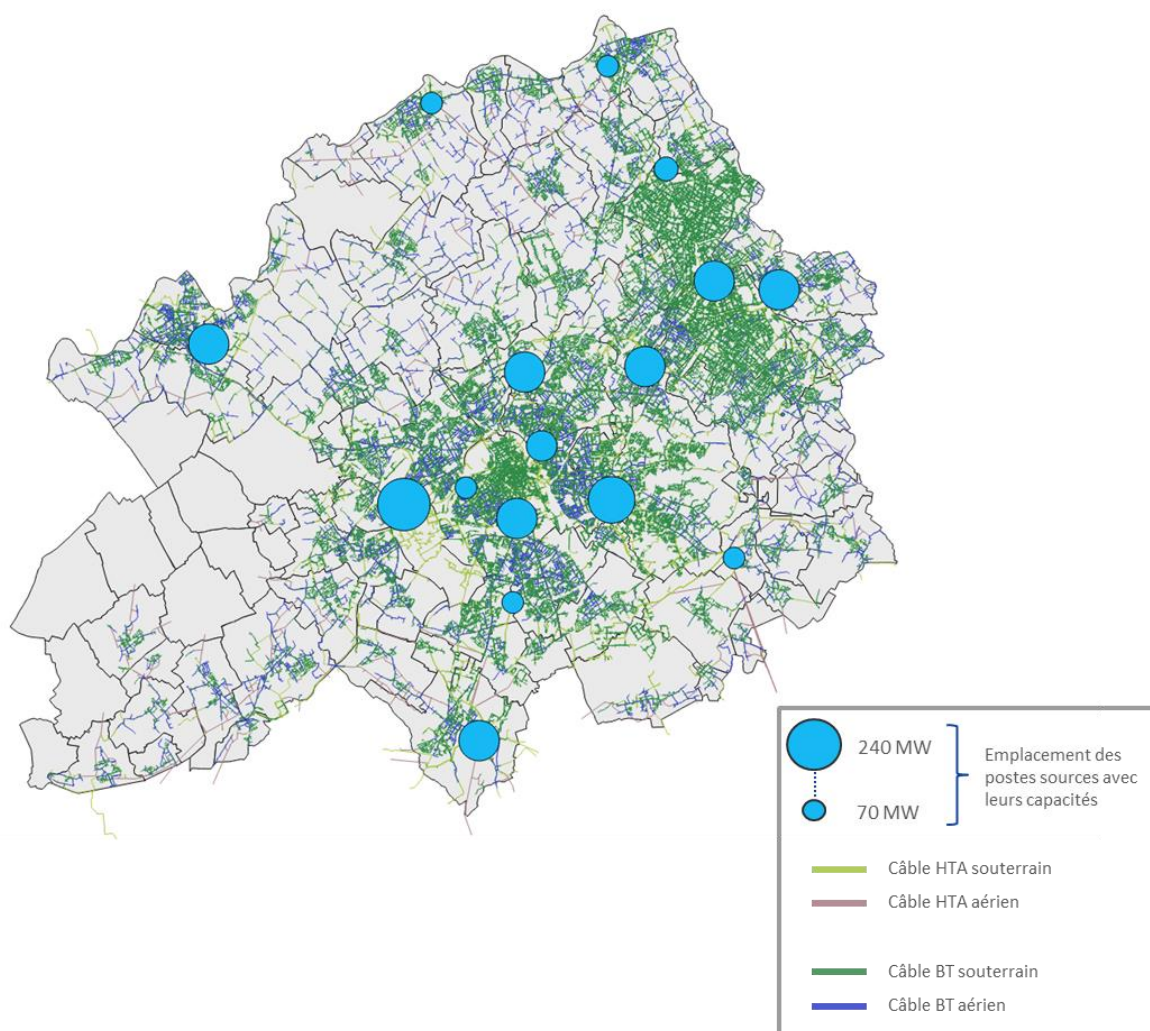


Figure 28 - Cartographie du réseau électrique de la MEL

(Source : ENEDIS)

Raccordement d'énergie renouvelable

La principale problématique liée au raccordement des énergies renouvelables (EnR) tient à l'évolution du sens du flux de puissance. Historiquement, l'énergie électrique est produite dans de grandes centrales (nucléaire, hydraulique, thermique) raccordées au réseau haute tension (réseau de transport). L'énergie transite ensuite du réseau de transport au réseau de distribution avant d'être fournie à une tension plus faible au consommateur final. La production EnR raccordée directement au réseau de distribution inverse ce flux, puisque de l'énergie produite sur le réseau de distribution peut « remonter » sur le réseau de transport. Cet inversement du sens des flux, ainsi que l'apparition de puissances importantes localisées dans un périmètre restreint (ex : un champ éolien) constituent les principaux défis auxquels les gestionnaires de réseau sont confrontés. Afin d'y répondre, la solution la plus utilisée consiste en un renforcement du réseau électrique, que ce soient des lignes/câbles ou bien directement au niveau du transformateur. Mais ces renforcements peuvent avoir un coût élevé, qui doivent être portés par les développeurs de projets EnR.

Afin de répartir au mieux les coûts de renforcement entre les différents développeurs de projets EnR au niveau de la région, un document de planification existe : il s'agit du Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3RENr). Ce document, élaboré par RTE en collaboration avec les entreprises de distribution d'électricité, vise à détailler les travaux de développement nécessaires à l'atteinte des objectifs des Schémas Régionaux Climat Air Energie (SRCAE), en distinguant la création de nouveaux ouvrages et le renforcement des ouvrages existants. Le S3RENr fixe aussi une capacité d'accueil globale des énergies renouvelables pour chaque région (qui peut donc aller au-delà des objectifs du SRCAE), en détaillant la capacité réservée par poste. Cet exercice permet enfin de prévoir le coût prévisionnel des ouvrages à créer, anticipant ainsi sur la quote-part que devront payer les développeurs de projets EnR lorsqu'ils voudront raccorder leur production au réseau. Le S3RENr a une durée de 5 ans.

Pour la région Hauts-de-France, les capacités initialement réservées par RTE en 2012-2014 pour les énergies renouvelables ont toutes été utilisées pour le raccordement de projets EnR. Une révision du S3RENr est en cours pour répondre à l'objectif fixé par le Préfet de région de 3000 MW de capacités supplémentaires pour l'ensemble de la région Hauts-de-France.

Réseau de gaz

GRDF est en charge de la gestion du réseau de distribution de gaz sur tout le territoire de la métropole. Le réseau de gaz est présent sur les 90 communes de la MEL, ce qui explique la forte proportion de bâtiments chauffés au gaz. GRDF dessert ainsi 315 900 clients, pour une livraison totale de gaz de 8,3 TWh en 2016 (31% de la consommation énergétique totale de la métropole).

Chiffres clés du réseau :

- | 315 900 points de livraison
- | 3 912 km de réseau
- | 8,3 TWh acheminés

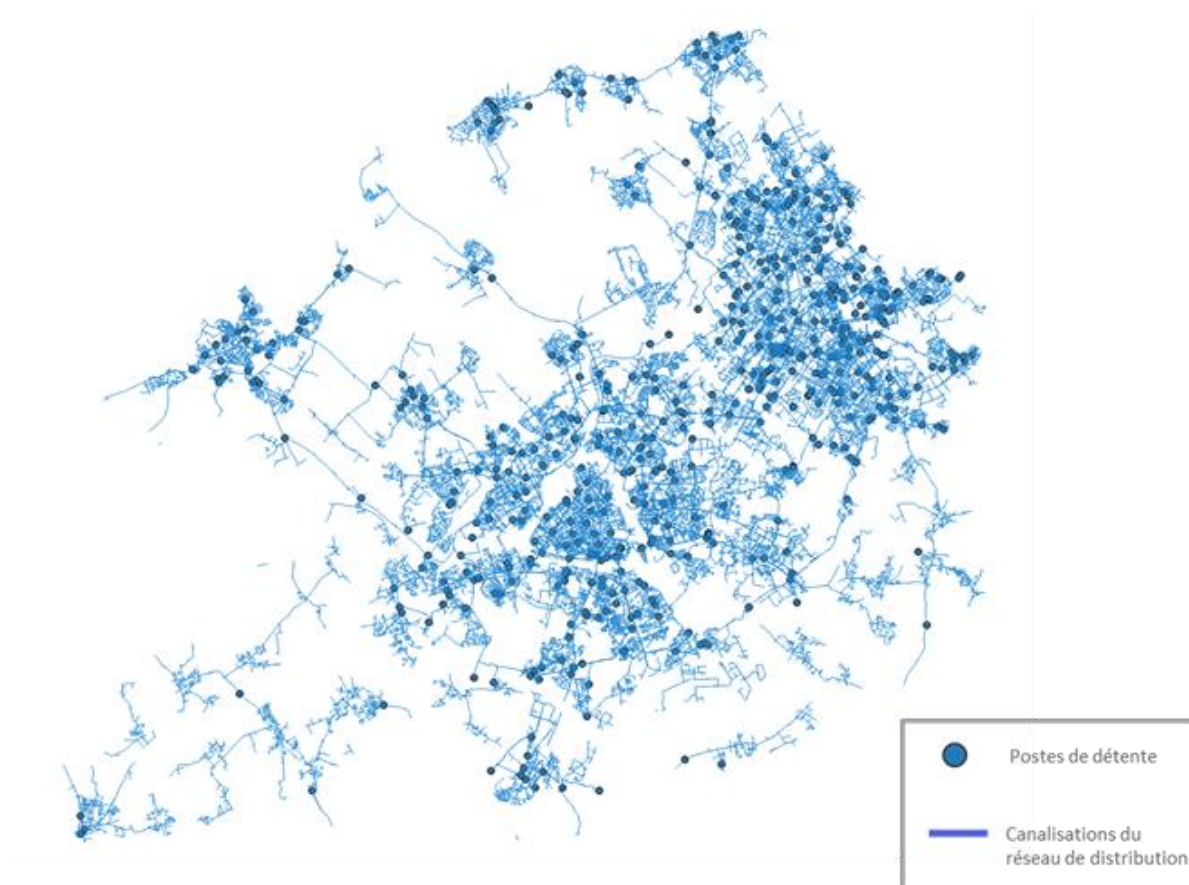


Figure 29 - Cartographie du réseau de gaz de la MEL

(Source : GRDF)

Injection de biogaz sur le réseau

Initialement, le biogaz était envisagé comme un simple produit du traitement des déchets. Désormais, il est considéré comme une énergie renouvelable à part entière qu'il est essentiel de valoriser. En effet, la loi Grenelle I, adoptée le 23 juillet 2009, précise que « les sources d'énergie renouvelable sont [...] l'énergie issue de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de stations d'épuration d'eaux usées et du biogaz ». La métropole de Lille possède un gisement relativement important de matière organique pouvant être valorisée en biogaz grâce à des méthaniseurs. Ces potentiels sont décrits dans un autre rapport de l'étude de planification énergétique (Potentiels et perspectives à 10 ans de la production d'ENR&R).

Pour chaque projet d'injection de biométhane dans le réseau, GRDF valide la faisabilité technique afin de :

- | Vérifier que le réseau est suffisamment proche, mais aussi s'assurer que le débit de production est en adéquation avec les consommations autour de la zone d'injection. Comme cette dernière est souvent plus faible l'été que l'hiver (le gaz est principalement utilisé pour le chauffage), cela peut contraindre les débits autorisés d'injection en fonction de la période de l'année.
- | Evaluer le tracé du raccordement du projet au réseau, et en déterminer le coût.

Suite à différentes réunions réalisées avec GRDF, en particulier lors de la présentation des potentiels de biogaz sur le territoire, GRDF a indiqué que l'injection ne serait globalement pas un frein à la valorisation du biométhane. Par conséquent, l'injection de biogaz sur le réseau est principalement limitée par les ressources, c'est-à-dire les intrants des méthaniseurs, plutôt que par les contraintes d'injection.

Réseaux de chaleur

La MEL est autorité concédante de 6 réseaux de chaleur, pour une livraison de chaleur d'environ 500 GWh en 2016. Avec seulement 20% de la chaleur produite par de la biomasse, il reste une marge de progression importante en termes de production renouvelable pour les réseaux de chaleur de la MEL.

Un schéma directeur des réseaux de chaleur a été réalisé par la métropole pour coordonner le développement de ces réseaux, dans l'objectif d'atteindre 65% d'EnR grâce à la création de « l'autoroute de la chaleur », permettant de relier l'unité de valorisation des déchets d'Halluin au réseau Résonor et R Énergie (50 MW de production thermique). Cette étude de planification des réseaux de chaleur sera prise en compte pour l'élaboration de la stratégie énergétique de la métropole.

Chiffres clés des réseaux de chaleur :

- | 6 réseaux de chaleur gérés par la MEL existante sur les territoires de Lille, Mons en Baroeul, Roubaix, Villeneuve d'Ascq, Wattignies et Wattrelos
- | 82 km de réseau
- | 500 GWh de chaleur livrée en 2016 à 540 abonnés (soit 50 000 équivalent-logements)
- | 20% de chaleur renouvelable

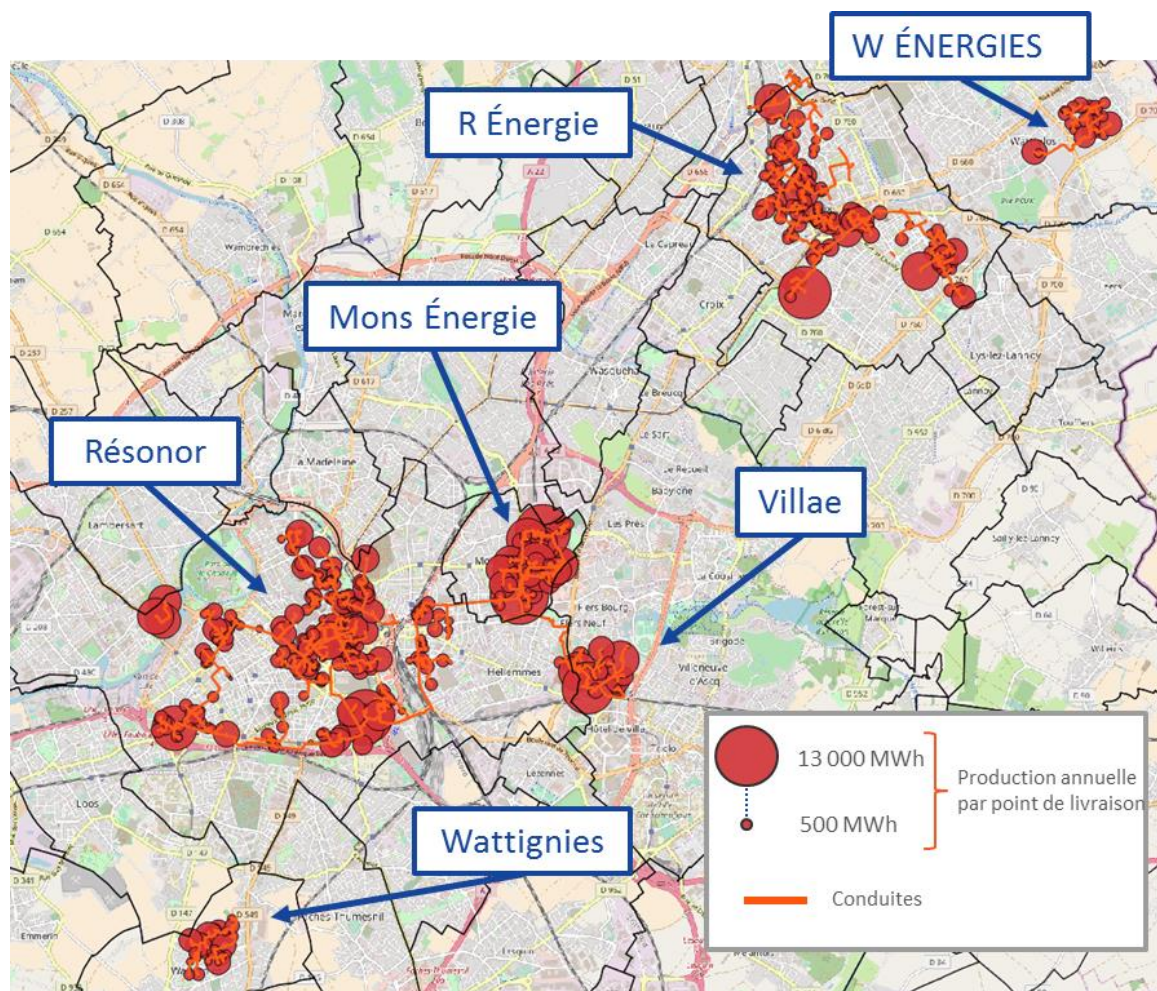


Figure 30 - Cartographie des réseaux de chaleur de la MEL, et des consommations associées en 2016

(Source : Dalkia, retraité par Artelys)

Réseaux de chaleur privés

En plus de 6 réseaux de chaleur publics présentés précédemment, il existe un certain nombre de réseaux de chaleur privés sur le territoire. Dans le cadre du schéma directeur des réseaux de chaleur, un inventaire a été réalisé pour essayer de développer des synergies entre ces différents réseaux en étudiant la possibilité d'un raccordement aux réseaux publics de la MEL. Huit réseaux de chaleur privés ont été identifiés :

	Lambersart-Villogia	CHR Lille	Humanité-Tournebride	Longchamps	Résidence-Annappes	USTL1	Seclin-LMH	TOTAL
Puissance installée [MW]	2,5	90,4	9,5	2,3	19,4	30,5	7,85	162
Consommation 2015 [GWh]	8	96,3	13,6	6	9	31,2	5,4	170
Longueur [km]	7,7	NC	3	2,4	1,8	4,4	0,78	20*
Densité thermique [MWh/mL]	1,04	NC	4,5	2,5	5	7	7	3.6*
Nombre de SST	20	49	21	20	14	39	10	173

*calcul sans prise en compte des données du RCU CHR Lille.

Figure 31 - Tableau de synthèse des réseaux de chaleur privés de la MEL

(Source : schéma directeur des réseaux de chaleur)

Dans le cadre de l'étude de planification énergétique, un questionnaire a été réalisé afin d'interroger les communes sur différentes questions relatives à l'énergie sur leur territoire. En particulier, il était demandé si les communes avaient connaissance de réseaux de chaleur privés sur leur territoire, ou de nouveaux projets en cours. Plusieurs éléments ont permis de compléter l'inventaire du schéma directeur des réseaux de chaleur :

- | Commune de Villeneuve d'Ascq : Raccordement du secteur de la « Maillerie » au réseau de chaleur de Roubaix (et à terme à l'autoroute de la chaleur jusqu'à Halluin). Le projet « SunRise » porté par le Laboratoire de Génie civil et Géo-environnement de l'Université de Lille 1 (Cité Scientifique) vise aussi à créer des démonstrateurs de réseaux urbains intelligents pour optimiser la gestion des ressources en eau (alimentation-assainissement) et d'énergie de la ville.
- | La commune de Baisieux a en charge un réseau de chaleur alimenté par une chaufferie bois, qui pourrait être agrandi en fonction des projets à réaliser.

1.2.2 Projets de réseaux intelligents du territoire

Le développement des nouvelles technologies et de moyens de communication entre les différents équipements électroniques ont permis depuis quelques années l'émergence de réseaux intelligents, souvent nommés avec l'anglicisme « smart grids ».

L'enjeu de ces réseaux intelligents est de permettre une meilleure adéquation entre la consommation et la production d'électricité (en particulier la production décentralisée d'énergie renouvelable). Ces réseaux permettent de piloter intelligemment les différentes briques qui constituent le système électrique et permettent par exemple de :

- | Piloter la consommation électrique (de certains chauffages, de la production d'eau chaude sanitaire) afin de l'adapter à une production renouvelable non contrôlable
- | Optimiser la recharge de véhicules électriques, mais aussi se servir de leurs batteries lorsque ces derniers sont connectés pour fournir au réseau électrique des leviers de flexibilité supplémentaires
- | Favoriser l'autoconsommation d'énergie renouvelable
- | Utilisation de moyen de stockages (batteries, ...)

Ces différentes technologies en sont encore au stade du développement. La métropole de Lille accueille sur son territoire un certain nombre de démonstrateurs de réseaux intelligents, montrant la volonté des différents acteurs du territoire de contribuer au développement de ces solutions innovantes. Le questionnaire aux communes n'a pas permis de mettre en évidence de projets de réseaux intelligents, ni d'expérimentation de stockage sur le territoire, autres que ceux déjà listés lors du lancement de l'étude de planification énergétique.

Projet So MEL So Connected

Le projet « So MEL, So Connected » est l'un des onze projets constituant le portefeuille de projets «You&Grid», lauréat de l'appel à projets « Réseaux Electriques Intelligents » du Programme d'Investissements d'Avenir. Le projet « So MEL, So Connected » concerne 15 communes situées à l'ouest du territoire de la MEL. Il est constitué de quatre cas d'usage :

- | **Mobilité électrique** : ce module est déjà opérationnel, et consiste en une infrastructure de recharge pour véhicules électriques, avec panneaux photovoltaïques et des batteries. Il est localisé à côté du métro St. Philibert, sur un parking très utilisé car permettant de garer sa voiture à proximité de la station de métro. La station de recharge est actuellement peu utilisée, même lorsque la recharge est gratuite (environ quelques recharges par semaine).
- | **Précarité énergétique** : expérimentation pour analyser si, avec un accompagnement des résidents de logements sociaux, il est possible d'aider des usagers à mieux consommer, afin de baisser la facture pour un confort équivalent ou d'augmenter le niveau de confort à facture identique. L'opération a été lancée, mais s'est heurtée à la difficulté de mobiliser les usagers pour participer à l'expérimentation, malgré l'aide d'associations déjà implantées dans les quartiers visés.
- | **Autoconsommation** : 4 sites sont prévus, dont 3 qui en sont encore aux étapes préliminaires. Le quatrième site en partenariat avec l'université de Lille est en marche, avec le démonstrateur « Rizomm ».
- | **Valorisation énergétique d'énergie fatale** : ce cas d'usage est encore en cours de définition.

Projet Campus Réseau de Transport Intelligent

Réunissant la Haute école d'ingénieurs (HEI), l'Université de Lille 1, l'École nationale supérieure des arts et métiers (ENSAM), l'École centrale de Lille, l'Université de Technologies de Compiègne (UTC), le Laboratoire d'électrotechnique et d'électronique de puissance de Lille (L2EP), RTE, OPAL RT Technologies, Enedis, Maïa Eolis et EDF, ce projet s'intéresse à la problématique générale du développement des réseaux de transport à courant continu (HVDC) et de l'interconnexion des réseaux européens. Il étudie en particulier l'intégration massive de l'électronique de puissance dans les réseaux, la connexion des énergies de sources renouvelables et intermittentes ainsi que l'interface réseaux de transport / réseaux de distribution.

Projet Sunrise

Le projet *Smart Urban Networks for Resilient Infrastructures and Sustainable Ecosystems* (Sunrise) visait à rendre intelligents les réseaux d'eau et d'énergie de l'Université de Lille 1, en développant une gestion optimale et interdépendante des ressources en eau, électricité et chauffage des 50 bâtiments du campus (résidences universitaires, cantines, laboratoires, salles de classe). Le projet, piloté par le Laboratoire de génie

civil et géo-environnement de Polytech'Lille, l'entreprise Eaux du Nord et le Centre d'innovation des technologies sans contact, a rassemblé également les entreprises Enedis, Eiffage Energie et Dalkia.

1.2.3 Réseau de stockage et de vente de carburant

Actuellement, la quasi-totalité des voitures roulent à l'essence ou au diesel. Avec un réseau important de stations-service sur tout le territoire, l'approvisionnement énergétique pour les voitures et les poids lourds n'est pas un problème sur le territoire de la métropole.

Avec le développement actuel de nouvelles motorisations, en particulier les voitures électriques et véhicules GNV, l'approvisionnement peut devenir un frein si le réseau n'est pas assez important pour satisfaire la demande. En effet, il est nécessaire de s'assurer d'un développement coordonné des stations et des véhicules, car sans l'un, l'autre ne peut pas se développer.

Pour les bornes de recharge de véhicules électriques, le réseau déjà en place sur la métropole de Lille semble actuellement suffisant pour bien accompagner le développement de nouveaux véhicules (cf Figure 32). Avec plus de 100 stations de recharge répertoriées sur le territoire, le nombre de points de recharge est relativement important.

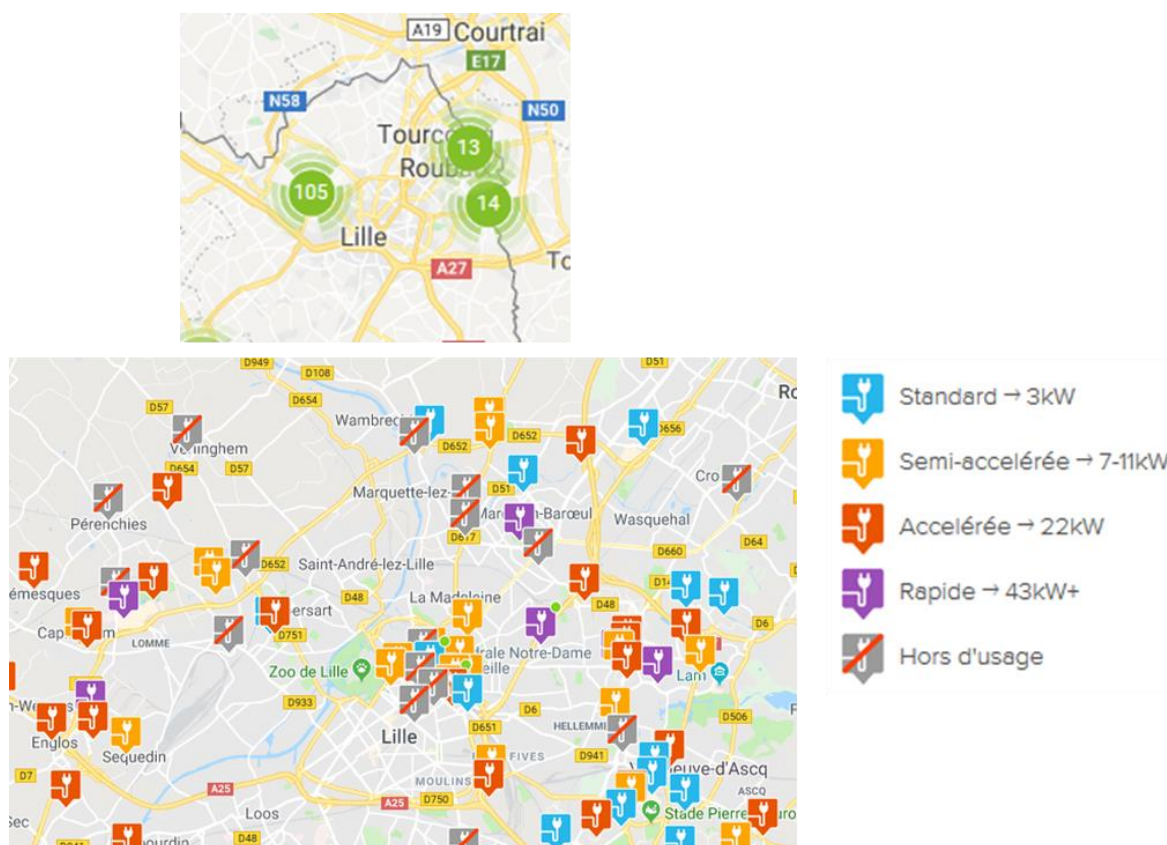


Figure 32 - Carte du déploiement de stations de recharge pour véhicules électriques

(Source : chargemap)

Dans le cadre du projet So Mel So Connected, une infrastructure de recharge pour voitures électriques a été mise en place à côté du métro St. Philibert, afin de permettre aux voitures de se garer à côté de la station pour ensuite pouvoir emprunter le métro pour se rendre à Lille. Actuellement, la station de recharge est peu utilisée, même lorsque la recharge est gratuite (quelques recharges par semaines). Même si le projet n'est pas encore à maturité, il semble illustrer que des infrastructures sont en place pour les voitures électriques, et qu'il faut donc maintenant favoriser leur développement.

Concernant les bornes de recharge GNV, seule une station publique a été localisée sur le territoire, à proximité de l'aéroport de Lille-Lesquin (qui n'inclut pas la borne de recharge pour la flotte de bus GNV de Transpole à Wattrelos). Contrairement aux bornes de recharge pour véhicules électriques, les bornes GNV demandent des investissements beaucoup plus conséquents. Même si le GNV a plus vocation à être une motorisation pour les poids lourds, le réseau actuel ne semble pas suffisant pour promouvoir cette motorisation. Des concertations sont nécessaires, en particulier dans le cadre du nouveau plan de déplacement urbain, afin de poser la question du développement de la filière GNV sur le territoire.

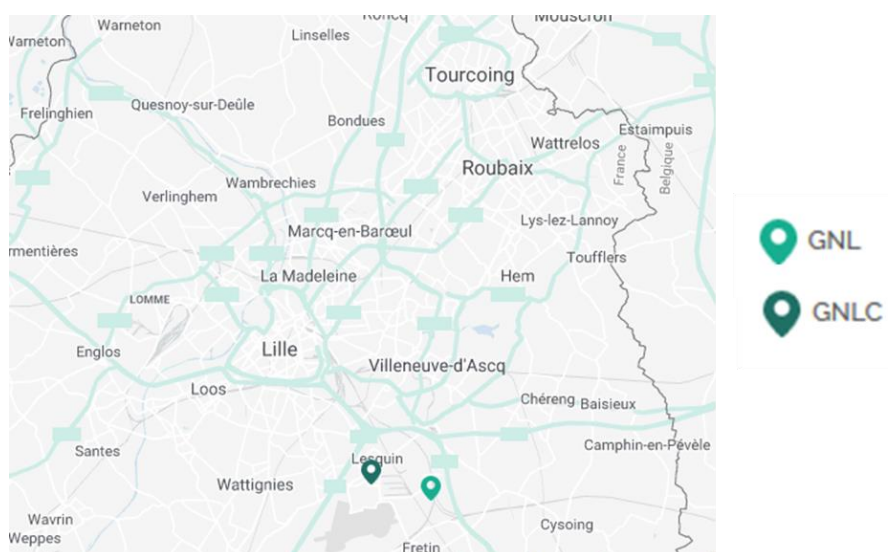


Figure 33 - Stations GNV sur le territoire de la MEL

(Source : gaz-mobilité)

1.3 Facture énergétique du territoire de la MEL et autres données économiques sur l'énergie

1.3.1 Facture énergétique de la MEL

La facture énergétique du territoire de la MEL peut être calculée en se basant sur les chiffres de consommation énergétique par secteur fournis en section 2. Cette facture correspond à la dépense réalisée par l'ensemble des acteurs du territoire afin de répondre à leurs besoins énergétiques.

Elle est calculée en multipliant la consommation par secteur (ex : résidentiel) et par type d'énergie (ex : électricité) par le coût de l'énergie correspondant. Certaines simplifications sont nécessaires en raison de la diversité des coûts des énergies existants, même pour une catégorie donnée (ex : il existe plusieurs types de contrats d'électricité pour des clients résidentiels, selon leur puissance raccordée). Un chiffre « type » correspondant à la majorité de la catégorie considérée est donc retenu à chaque fois qu'il y a une possible ambiguïté.

Les chiffres utilisés pour estimer la facture énergétique proviennent de différentes sources. La facture totale ainsi estimée s'élève à 2,1 milliards d'euros, décomposée comme suit :

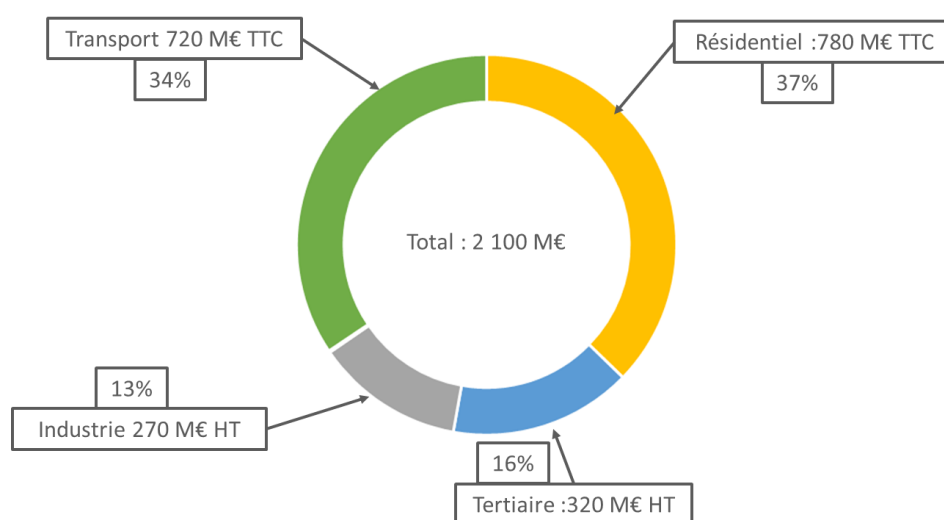


Figure 34 - Facture énergétique de la métropole de Lille en 2016

(Source : modèle de consommation Artelys)

Note : Le diagnostic étant réalisé pour l'année 2016, les prix de cette même année ont été utilisés pour la facture énergétique. Le cours du pétrole ayant été très bas en 2016, la facture énergétique s'en retrouve diminuée par rapport à d'autres années.

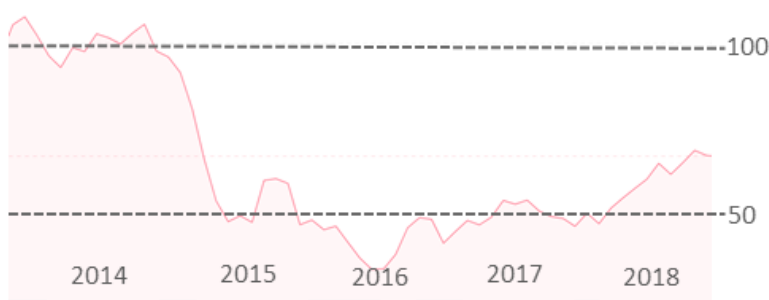


Figure 35 - Cours du baril de pétrole (\$/baril)

1.3.2 Coûts des différentes énergies

Les coûts des énergies présentés dans le tableau sont ceux utilisés dans les différents calculs économiques, en particulier ceux de la facture énergétique du territoire.

Tableau 1 - Prix des différentes énergies pour l'année 2016

Energie	Typologie	Unité	Prix 2016	Source 2016
Electricité	Résidentiel	€TTC/MWh	171,1	EUROSTAT
Electricité	Activités	€HT/MWh	90,3	EUROSTAT
Gaz Naturel Domestique	Résidentiel	€TTC/MWh	67,6	EUROSTAT
Gaz Naturel	Activités	€HT/MWh	37,8	EUROSTAT
Fioul Domestique	Résidentiel	€TTC/MWh	63,9	PEGASE - SOeS
Fioul Lourd	Activités	€HT/MWh PC	31,1	PEGASE - SOeS
GPL Domestique	Résidentiel	€TTC/MWh PCI	119,3	PEGASE - SOeS
Gazole	Transports	€TTC/MWh	104,5	Ministère transition écologique
Essence	Transports	€TTC/MWh	124,4	Ministère transition écologique
Prix bois domestique (bûches)	Résidentiel	€TTC/MWh PCI	39,4	PEGASE - SOeS
Prix bois pour l'industrie	Activités	€HT/MWh	20,0	ADEME
Charbon	Tous	€HT/MWh	13,3	AIE - WEO
Chaleur	Tous	€TTC/MWh	65,7	CRAC des réseaux de chaleur (prix moyen des différents réseaux)

1.3.3 Achat d'électricité verte

Depuis le 1^{er} juillet 2007, le marché de l'électricité est ouvert à la concurrence en France. Ce changement d'organisation a transformé la place qu'occupait jusque-là l'opérateur historique EDF, et a permis l'essor de nouveaux acteurs, et surtout une offre diversifiée de contrats de fourniture d'électricité pour les particuliers et les professionnels.

Depuis quelques années, un nombre croissant de fournisseurs d'électricité proposent des contrats d'énergie verte. Cependant, à cause de la structure des réseaux d'électricité, il n'est pas possible de garantir que les électrons arrivant chez chaque consommateur proviennent d'une centrale renouvelable. Par conséquent, différents mécanismes existent pour prouver qu'une certaine quantité d'électricité renouvelable a été injectée sur le réseau. Les fournisseurs proposant des contrats d'électricité verte se servent donc de ces mécanismes pour satisfaire la demande d'électricité renouvelable de leurs différents clients.

Définition des offres d'électricité verte

Actuellement en France, mais aussi dans toute l'Europe, toute offre d'électricité verte passe par un mécanisme de garantie d'origine (GO), permettant de certifier le caractère renouvelable d'une production d'énergie. Elle est émise par le producteur d'électricité renouvelable, et certifiée par un organisme désigné

par l'Etat (actuellement Powernext). Par conséquent, les fournisseurs constituent des offres vertes en achetant sur les marchés un certain nombre de garanties d'origine, permettant d'affirmer qu'une quantité égale de production a été injectée sur le réseau.

Ce système de garantie est fiable, car il permet de labelliser la production d'électricité et donc de montrer au client final le caractère renouvelable de l'électricité achetée. Cependant, de nombreux acteurs considèrent que ce système est imparfait car il y a une décorrélation totale entre l'électricité achetée sur les marchés, et les garanties d'origine. Il est ainsi possible d'acheter sur les marchés une électricité d'origine fossile pour couvrir pour un mois donné la consommation de ses clients, et ensuite d'acheter des garanties d'origine pour le même mois à un producteur hydraulique d'un pays Scandinave. C'est par ce processus que des fournisseurs d'électricité possédant des moyens de production presque exclusivement fossiles peuvent proposer à leurs clients des contrats d'électricité verte.

Seul un nombre réduit de fournisseurs va plus loin dans la démarche, avec des contrôles sur la production plus forts que les garanties d'origine européennes. Ces fournisseurs d'électricités, comme par exemple Enercoop, s'approvisionnent directement auprès de producteurs d'électricité renouvelables, permettant de contribuer à leur développement en contractualisant la production qu'ils vont acheter. En choisissant leurs producteurs, ces fournisseurs ont aussi un levier d'action important pour développer localement la production renouvelable d'électricité, en passant des contrats de gré à gré avec des producteurs proches de leurs clients.

Bilan et perspectives des achats d'électricité verte pour la MEL

Dans le cadre d'un questionnaire aux communes, différentes questions sur la fourniture d'électricité ont été posées, en particulier concernant les pratiques d'achat d'électricité verte. 26 communes ont répondu au questionnaire, et toutes ont précisé des éléments sur leur pratique d'achat d'électricité.

Les fournisseurs historiques d'énergie EDF et Engie (anciennement GDF Suez) restent prépondérants dans la fourniture d'électricité des communes : 23 d'entre elles s'approvisionnent exclusivement avec ces deux opérateurs. La commune de Lille a une fourniture plus diversifiée, comprenant ENGIE, EDF et Enercoop, tandis que la commune de Loos est cliente d'Alterna.

Bien que minoritaires, les contrats d'énergies verte sont déjà bien implantés dans le portefeuille des communes, avec 43% d'entre elles ayant un contrat où l'électricité est partiellement ou totalement renouvelable.

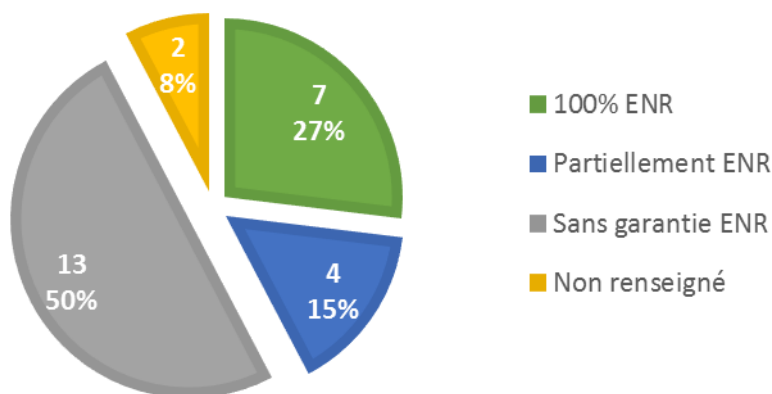


Figure 36 - Origine de l'électricité dans les contrats de fourniture des communes

Les communes n'ayant pas souscrit à des contrats d'achat d'électricité verte représentent la moitié des communes ayant répondu au questionnaire. Différentes explications sont apportées quant aux raisons qui pourraient pousser les communes à changer d'avis. Le surcoût lié une garantie EnR est le principal frein pour ces différentes communes. Cependant, 3 d'entre elles (23%) ont indiqué qu'elles pourraient être intéressées pour passer à un contrat d'électricité verte si ce dernier avait un impact réel sur l'environnement. Une part importante des communes restent encore peu convaincues ou indécises quant à la nécessité de passer à une offre verte (46%).

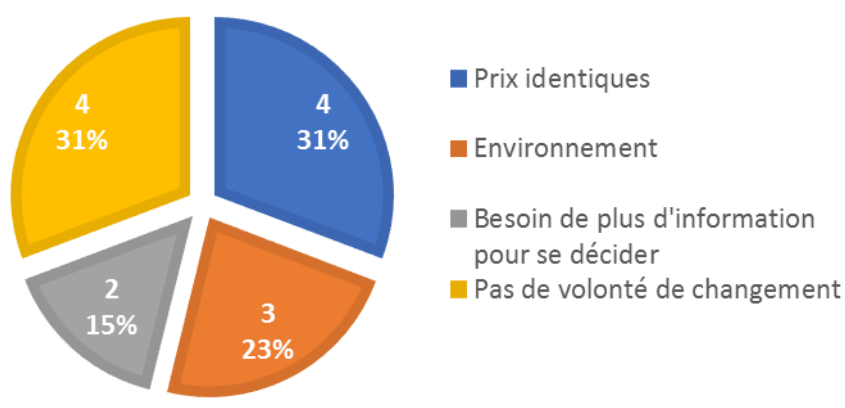


Figure 37 - Raisons pouvant amener les communes à passer à un contrat d'électricité verte

Ainsi, bien que déjà présents pour un certain nombre de communes, les contrats d'électricité verte semblent encore avoir une marge de progression significative. En effet, une sensibilisation plus importante sur ces contrats ainsi que des offres tarifaires adaptées permettraient à d'avantage de communes de passer à des offres vertes. Pour celles désirant avoir un impact plus fort et plus direct sur la production renouvelable, un travail de communication pourrait être fait pour présenter les différences pouvant exister entre les différents contrats, afin de mettre en avant les fournisseurs s'engageant à acheter directement de l'électricité à des producteurs locaux, là où une offre verte classique garantit uniquement une production renouvelable venant d'Europe.

1.3.4 Tarifs réglementés des ENR

Différents mécanismes existent en France afin de soutenir le développement des énergies renouvelables. Ce soutien se fait sur toute la chaîne de développement des filières, de la phase de recherche et développement jusqu'à des aides pour la phase d'industrialisation. Les mécanismes dépendent de la maturité de chaque filière.

Actuellement, la plupart des productions renouvelables ne sont pas compétitives avec les filières de production traditionnelles. Différents mécanismes financiers existent pour soutenir le développement des filières :

- | **Appels d'offres** : Ce type de soutien est particulièrement adapté pour de grands projets, ou sur des zones fortement contraintes (cas de l'éolien en mer). Cette procédure est aussi utilisée s'il y a de forts enjeux de démonstration technologique et de développement industriel. Les projets retenus sont souvent rémunérés grâce à des tarifs d'achat, ou à un complément de rémunération.

- | **Obligation d'achat** : Ce type de soutien est adapté pour les filières plus matures (comme le solaire photovoltaïque), ou les coûts de production sont relativement stables et connus. Il permet de favoriser le développement de la filière en proposant aux producteurs un contrat avec obligation d'achat à un tarif fixé à l'avance.
- | **Complément de rémunération** : Pour les filières les plus matures, un complément de rémunération peut être suffisant pour soutenir la filière. Dans ce cas, il n'y a pas d'obligation d'achat de l'énergie produite, en revanche l'état subventionne un complément de rémunération, qui vient s'ajouter aux revenus qu'auront pu avoir les producteurs sur les marchés de l'énergie.

Tableau 2 - Structure des tarifs de rachat des ENR en France

(Source : Panorama énergies-climat 2016)

Filière	Date du dernier arrêté	Durée du contrat	Structure du tarif
Hydraulique	2007	20 ans	- 6,07 c€/kWh + primes pour petites installations et pour production hivernale. - 15 c€/kWh pour énergie hydraulique des mers.
Géothermie	2010	15 ans	20 c€/kWh + prime à l'efficacité énergétique
Eolien	2014	15 ans	éolien terrestre: 8,2 c€/kWh pendant 10 ans, puis entre 2,8 et 8,2 c€/kWh pendant 5 ans selon les sites
Photovoltaïque	2011	20 ans	- installations intégrées au bâti: entre 30 et 40 c€/kWh selon l'usage du bâtiment et la puissance de l'installation - installations intégrées simplifiées au bâti: 27 c€/kWh - autres installations: 12 c€/kWh
Cogénération	2001	12 ans	6 à 9 c€/kWh en fonction du prix du gaz, de la durée de fonctionnement et de la puissance
Déchets ménagers (sauf biogaz)	2001	15 ans	4,5 à 5 c€/kWh + prime à l'efficacité énergétique
Méthanisation	2011	15 ans	entre 11 et 13 c€/kWh selon la puissance + prime à l'efficacité énergétique + prime pour le traitement d'effluent d'élevage
Biogaz (production d'électricité)	2011	15 ans	entre 8 et 10 c€/kWh selon la puissance + prime à l'efficacité énergétique
Biogaz (injecté dans les réseaux de gaz naturel)	2011	15 ans	- entre 4,5 et 9,5 c€/kWh selon la puissance pour les installations de stockage de déchets non dangereux. - pour les autres installations: entre 6,4 et 9,5 c€/kWh selon la taille de l'installation + prime calculée en fonction de la nature des matières traitées par méthanisation (entre 0,1 et 3,9 c€/kWh)
Biomasse	2011	20 ans	4,34 c€/kWh + prime attribuée selon des critères de puissance, de ressources utilisées et d'efficacité énergétique

2. La production d'énergie renouvelable sur le territoire : état des lieux, potentiels et perspectives

2.1 Méthodologie

2.1.1 Bilan des installations

Hypothèses

Le bilan de la production d'énergie renouvelable à fin 2015 est établi conformément à la directive européenne 2009/28/CE suivie par la France dans le cadre de l'élaboration du bilan énergétique national.

Il s'agit bien d'un bilan de production d'énergies renouvelables et non d'un bilan de consommation d'énergies renouvelables (on ne tient pas compte de la part d'énergie renouvelable électrique contenue dans le mix de la consommation d'électricité).

La méthodologie est simple et respecte **le principe de la frontière des territoires** de sorte que si l'exercice était réalisé sur l'ensemble des territoires de France, il n'y aurait pas de double compte et le total des productions d'énergies renouvelables des territoires correspondrait au chiffre exact de production d'énergies renouvelables de la France.

Cela signifie que l'on comptabilise la totalité des installations de productions d'énergies renouvelables thermiques, électriques et de type biogaz qui sont situées sur le territoire.

Les règles définies par la directive européenne appliquées au bilan Enrs :

- On ne prend en compte que 50% de la production des UIOM pour la chaleur et la production d'électricité d'origine renouvelable.
- Seule la part renouvelable produite par les pompes à chaleur (géothermie ou aérothermie) doit être prise en compte, soit : production finale d'énergie x $(1-1/Cop)$. Le COP étant le coefficient de performance de la pompe à chaleur. Le bilan national français des Enrs retient toute la production des pompes à chaleur qui utilisent la chaleur de l'air, mais pour le calcul des objectifs de la France et conformément à la directive européenne le COP doit être supérieur à $1,15 \times (1/\mu)$ avec $\mu = 46,6\%$ en 2014 soit **un COP supérieur à 2,47** (μ représente à l'échelle européenne le ratio entre la production brute totale d'électricité et la consommation énergétique primaire requise pour cette production d'électricité). De notre côté nous retenons également que les pompes à chaleur qui ont un COP $>2,47$, cela signifie notamment que nous ne prenons jamais en compte les milliers d'appareils de type "Split".
- Le froid produit par les pompes à chaleur (géothermie et aérothermie) n'est pas comptabilisé en tant qu'énergie renouvelable sauf s'il s'agit d'un réseau de chaleur/froid, auquel cas si ce réseau est alimenté par une énergie renouvelable, le froid est comptabilisé. On comptabilise également le froid « direct » puisé par exemple dans une nappe sans intervention d'une pompe à chaleur.
- L'électricité renouvelable pour l'hydraulique doit être comptabilisée avec la puissance du parc à l'année N multipliée par la valeur moyenne du nombre d'heure de fonctionnement à $P_{nominale}$ sur


les 15 dernières années et pour l'éolien sur les 5 dernières années (dans les faits, on ne fait pas ce calcul n'ayant pas les données précises pour le faire. On utilise une valeur moyenne horaire annuelle de production à Pnominale).









Sources des données

Il est difficile pour certaines filières d'évaluer précisément le nombre d'installations en fonctionnement sur le territoire. C'est notamment le cas des filières qui ne sont suivies précisément par aucun organisme et dont la comptabilité n'a jamais véritablement existé : la géothermie, l'aérothermie, le chauffage au bois des ménages.

Il faut noter ici que pour le secteur de l'habitat, l'Insee n'a pas jugé utile de recenser précisément ces installations tandis que les modes de chauffage (collectif ou individuel) et l'énergie de chauffage (électricité, fuel, propane, gaz naturel et réseau de chaleur) sont demandés lors des enquêtes.

Pour compléter ces données, les communes pourraient joindre au recensement une feuille supplémentaire (voir en annexe) afin de préciser les équipements d'énergies renouvelables présents dans le logement. La mise en place d'une base de données simple permettrait en outre de renseigner lors du dépôt du permis de construire le mode de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire envisagé par le futur propriétaire.

Le tableau suivant présente les sources des données utilisées pour chaque filière. La dernière colonne précise la fiabilité des données : Faible  Forte

	Filière	Source des données	Fiabilité
CHALEUR	Solaire thermique	ADEME, Conseil Régional en 2008 recalée avec le recensement régional d'Observ'Er en 2013	
	Bois énergie (chaudières collectives tertiaires et industrielles y compris réseau de chaleur)	DDT, ADEME, Nord Picardie Bois	
	Géothermie	Données nationales AFPAC (2015) recalées sur le territoire par un ratio sur le nombre de maisons. Contact avec les professionnels du territoire. BRGM (BDSS – Banque Du Sous-Sol) ne présente qu'une part infime des installations chez les particuliers.	 
	Aérothermie	Données nationales AFPAC (2015) recalées sur le territoire par un ratio sur le nombre de maisons.	
	Biogaz	SINOE, SOeS 2015, exploitants	
	Biomasse	ADEME, Nord Picardie Bois, exploitants	
	Valorisation énergétique des déchets (chaleur)	Exploitants	

	Filière	Source des données	Fiabilité
ELECTRICITE	Hydroélectricité	DDT, DREAL SOeS, d'après les obligations d'achat EDF, SEI et les entreprises locales de distribution - Données 2015	++++ Les puissances raccordées sont fournies par le SOeS. La production est estimée via un ratio.
	Photovoltaïque		
	Eolien		++++ (Grand éolien) le petit éolien n'est pas comptabilisé.
	Biogaz	SOeS, exploitants	
	Valorisation énergétique des déchets (électricité)	Exploitants	+++++

Figure 38 : Sources et fiabilité des données recueillies pour la constitution du bilan des énergies renouvelables

2.1.2 Potentiel de production

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

Gisements bruts

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

Gisements théoriques

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

Pour chaque typologie d'installation, on tient compte :

- des contraintes liées au patrimoine culturel (sites classés, sites inscrits, secteur sauvegardé, monuments historiques, etc.),
- des enjeux sur les risques naturels (mouvement de terrain, remontée de nappe, cavités, etc.) pour la filière géothermie,
- de la typologie des bâtiments (bâtiment industriel, bâtiment collectif, maison d'habitation, type de toiture).

Les chiffres présentent donc le potentiel maximal théorique et ne tiennent pas compte du nombre d'artisans en mesure de réaliser les travaux, des réglementations thermiques actuelles et futures, de la concurrence entre les filières énergies renouvelables, mais également des filières des énergies fossiles, ni de la capacité financière des maîtres d'ouvrages.

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

2.2 Production énergétique actuelle et potentiel de développement des énergies renouvelables

2.2.1 Production collective à base d'énergie fossile

Ce chapitre recense les installations de production d'énergie collectives du territoire utilisant des énergies d'origine fossile. Ce recensement n'est pas exhaustif, il concerne les installations alimentant les réseaux de chaleur publics et les réseaux de chaleur privés connus, ainsi que les installations produisant de l'électricité à partir d'énergie fossile.

On dénombre sur le territoire 22 chaufferies collectives dont 10 alimentent les réseaux de chaleur urbains de la métropole. Parmi ces chaufferies, 19 produisent de l'électricité et de la chaleur en cogénération, dont 8 alimentent les réseaux de chaleur urbains de la métropole.

Le territoire ne compte pas de centrale de production d'électricité (centrale thermique et centrale nucléaire).



	Recensé sur le territoire	Dont Réseaux de chaleur urbains publics
Chaufferies collectives (chaleur) nb installations puissance chaleur installée (kW) production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an	 22 501 931 kW 541 967 MWh/an 46 609	10 429 631 kW 424 778 MWh/an
Cogénérations collectives (électricité) nb installations puissance électrique installée (kW) production annuelle (MWh/an) équivalent tep/an	 19 105 372 kW 195 095 MWh/an 16 778	8 11 348 kW 28 514 MWh/an

Figure 39 : Chaufferies collectives et cogénérations alimentées en énergies fossiles recensées sur le territoire

Sources : CRAC Dalkia, ENEDIS, exploitants

Chaufferies collectives alimentées en énergies fossiles recensées sur le territoire

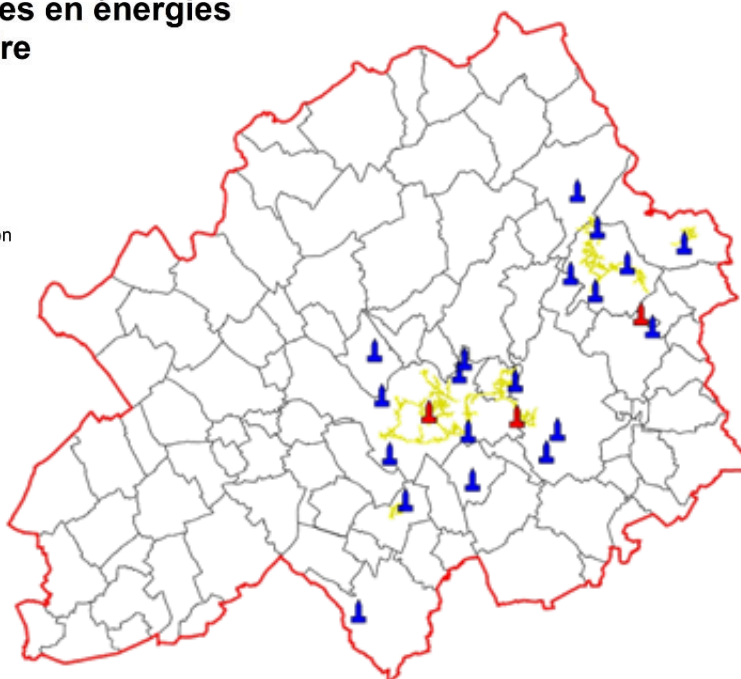
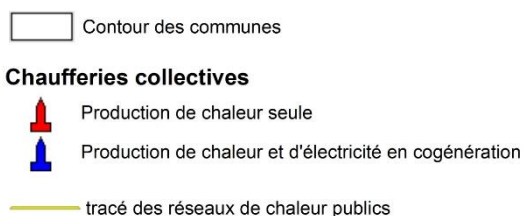


Figure 40 : Cartographie des chaufferies collectives et cogénérations alimentées en énergies fossiles recensées sur le territoire.

Sources : CRAC Dalkia, ENEDIS, exploitants

2.2.2 Filières solaires

Ne confondez pas les capteurs solaires thermiques et les modules photovoltaïques



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

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

Il existe aujourd'hui des capteurs solaires bi-énergie qui combinent la production photovoltaïque en façade et la récupération de chaleur en face arrière pour de la production d'eau chaude ou le chauffage de l'air.



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

Cette chaleur est restituée par un fluide caloporteur.

La chaleur produite vient en substitution d'un besoin en énergie actuellement couvert par une autre source d'énergie (exemple : fioul). L'installation solaire participe ainsi à la performance énergétique globale du bâti et à la réduction des rejets de CO₂ liés au secteur du bâtiment.

Une présentation technique complète de la filière est consultable en annexe « 7.1 Annexes relatives à la partie « énergies renouvelables »

Annexe 1 - Description technique de la filière solaire thermique » et annexe 2 « Annexe 2 - Description technique de la filière solaire photovoltaïque ».

Production actuelle

• Solaire thermique

N'ayant pas pu obtenir d'informations récentes sur le solaire thermique, nous avons réalisé une estimation sur le nombre d'installations solaires thermiques présentes sur le territoire. Nous nous sommes basés sur la superficie des installations à l'échelle de l'ancienne région Nord-pas-de-Calais fournie par le SOeS d'après le recensement réalisé par Observ'Er, pour l'année 2016, que nous avons ramené au territoire par un ratio sur la population.

Selon ces hypothèses, la surface de capteurs solaires thermique est estimée à 18 677 m² sur le territoire, réparti selon les différents types d'installations individuelles (CESI), collectives (CESC) et combiné (SSC – produisant à la fois l'eau chaude sanitaire et le chauffage pour les maisons).

Type d'installation	Nombre	Surface (m ²)	Production (MWh/an)
CESI	1 481	6 192	2 043
SSC	150	1 719	602
CESC	203	10 765	3 768
Total	1 834	18 677	6 479

CESI : Chauffe-eau solaire individuel – SSC : Système solaire combiné

CESC : Chauffe-eau solaire collectif

Sources Axenne d'après Observ'Er

• Solaire photovoltaïque

La puissance et le nombre des installations photovoltaïques raccordées au réseau électrique et bénéficiant d'un contrat d'achat de l'électricité produite ont été recensés par ENEDIS pour 2016.

Selon ces données, le territoire compte 2014 installations pour une puissance de 8 142 kWc. Ces installations représentent environ 54 000 m² de modules pour une production annuelle estimée à 7 817 MWh/an.

Parmi ces installations, 16 présentent une puissance installée supérieure à 36 kWc, soit plus de 250 m² environ, pour une puissance totale de 1 399 kWc soit 17 % de la puissance installée sur le territoire.

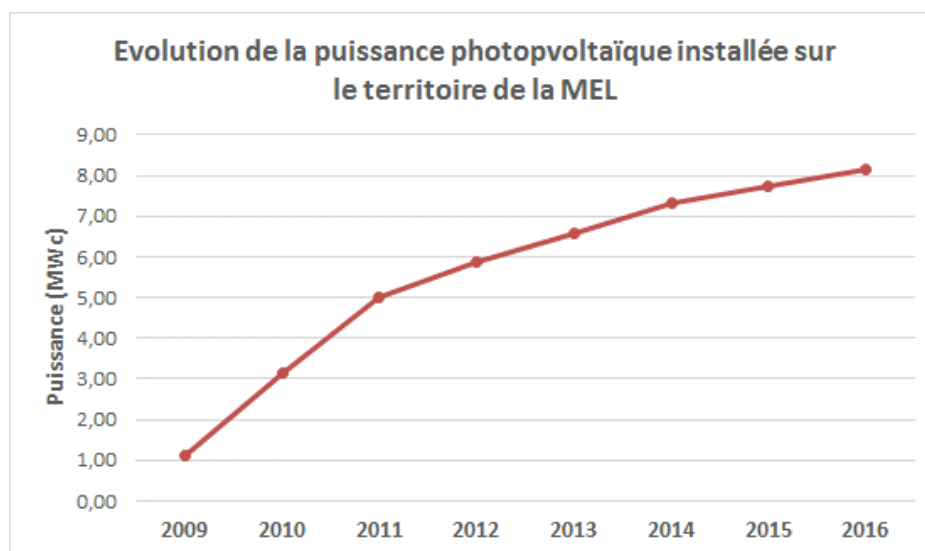


Figure 41 : Evolution de la puissance photovoltaïque installée sur le territoire de la MEL de 2009 à 2016

Source : ENEDIS

Projets recensés

Un projet de centrale photovoltaïque au sol a été identifié sur la commune de Quesnoy-sur-Deûle sur la friche de l'usine Lesaffre pour une surface de 14 500 m².

Concernant les projets sur toitures, les communes, interrogées via un questionnaire, ont fait état d'au moins 15 projets photovoltaïques et 5 projets solaires thermiques à l'étude sur les bâtiments communaux. Sur les 26 communes ayant répondu au questionnaire, 12 d'entre elles mentionnent des projets photovoltaïques et 5 des projets solaires thermiques.

La liste des projets recensés est disponible ci-dessous.

Commune	Projets photovoltaïques sur bâti	Projets photovoltaïques au sol	Projets solaires thermiques	Détails
Seclin	2		1	- Ecole Langevin : toiture photovoltaïque - Foyer "l'arbre de Guise" : centrale photovoltaïque participative en toiture - Piscine : solaire thermodynamique (capteurs solaires thermiques couplés à une pompe à chaleur)
Roubaix	2		1	- Piscine Lesaffre : solaire thermique (54 m²) pour l'ECS et photovoltaïque en toiture - Médiathèque : toiture photovoltaïque (36 kWc) en autoconsommation
Quesnoy-sur-Deûle	1	1		- Salle des fêtes : toiture photovoltaïque en autoconsommation - Centrale solaire sur la friche de l'usine Lesaffre pour une surface de 14 500 m².
Salomé	1			Salle de sport : toiture photovoltaïque
Wervicq Sud			1	Complexe sportif "La Victoire" : chauffe eau solaire thermique
Sequedin	2			- Salle de tennis : toiture photovoltaïque - Extension groupe scolaire Godin : toiture photovoltaïque
Anstaing	1			Salle polyvalente : toiture photovoltaïque
Erquinghem le Sec			1	Ecole : chauffe eau solaire thermique
Tressin	1			Salle polyvalente : toiture photovoltaïque (36 kWc)
La Madeleine	1			Projet photovoltaïque sur bâtiment communal (bâtiment en cours d'identification)
Villeneuve d'Ascq			1	Vestiaires stade Théry : solaire thermique (24 m²) pour l'ECS
Baisieux	1			Projet photovoltaïque sur bâtiment communal (bâtiment en cours d'identification)
Lille	nc	nc	nc	Multiplis projets non détaillés
Houplines	1			Cuisine centrale : toiture photovoltaïque
Saint André lez Lille	1			Restaurant scolaire Schuman : toiture photovoltaïque en autoconsommation

Tableau 3- Liste des projets de production d'énergie solaire identifiés via le questionnaire aux communes

Gisements bruts

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

• Ensoleillement

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

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

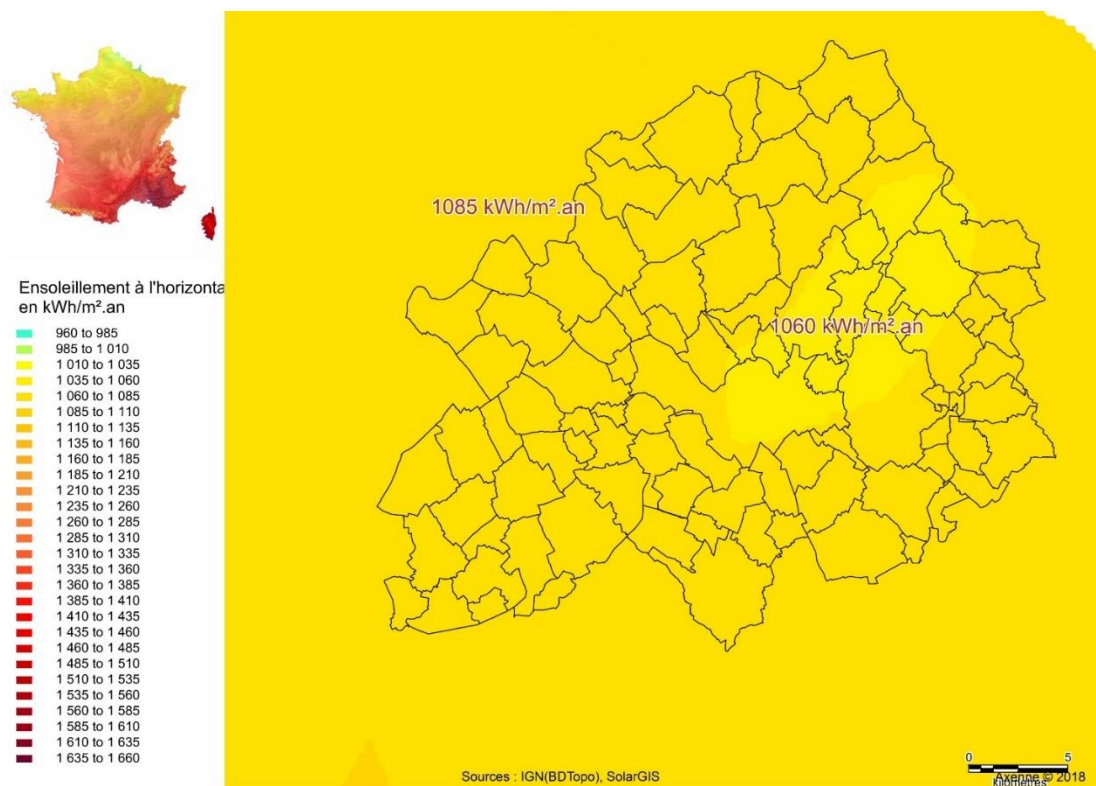


Figure 42 : Ensoleillement annuel reçu à l'horizontale, en kWh/m²

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

• Données météorologiques

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

Base météo de référence : Lille

Altitude : 26 m

Latitude : 50,65 °

Longitude : 3,08 °

MOIS	Ensoleillement à l'horizontale (en Wh/(m².j))	Température mini	Température moyenne	Température maxi
Janv	1 097	2,2	5,2	8,2
Févr	2 584	4,1	7,4	10,6
Mars	3 935	6,3	10,4	14,4
Avr	4 700	9,9	14,0	18,0
Mai	4 839	12,3	16,5	20,7
Juin	5 033	14,3	18,4	22,4
Juil	3 839	14,3	18,4	22,4
Août	2 903	11,5	15,6	19,7
Sept	1 900	9,0	12,3	15,6
Oct	935	5,3	8,0	10,6
Nov	567	1,5	4,4	7,3
Déc	0	0,0	0,0	0,0

Total annuel : 983 kWh/(m².an)

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

Figure 43 : Données météorologiques de Lille

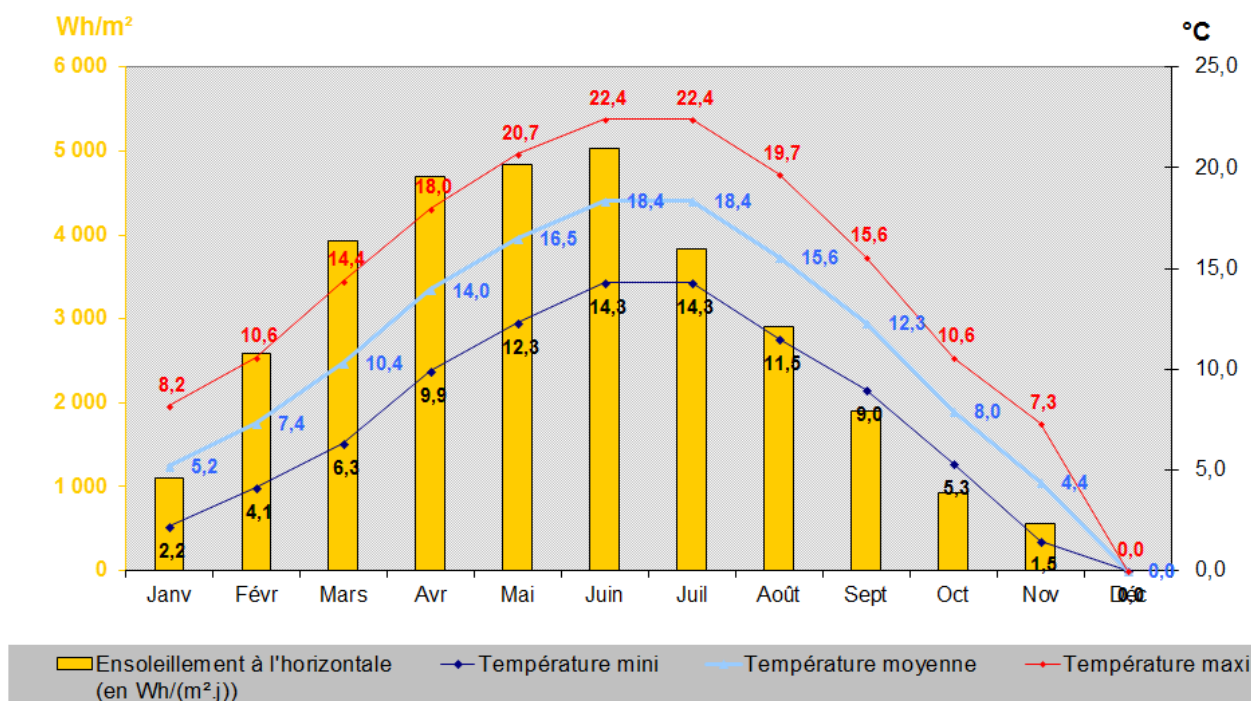


Figure 44 : Courbes mensuelles d'ensoleillement et de température à Lille

• Productible solaire thermique

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

➤ Chauffe-eau solaire individuel (CESI)

L'installation présente les caractéristiques suivantes :

- 5 m² de capteurs,
- Orientation sud et inclinaison à 35°,
- Ballon de stockage de 200 litres,
- Consommation de 180 litres par jour (ces besoins correspondent à ceux d'une famille de 4 personnes),
- Température de consigne de 50°C.

Avec les hypothèses mentionnées ci-dessus, l'installation produira 1 620 kWh/an, soit 53% des besoins en eau chaude sanitaire de la famille considérée. La productivité des capteurs est de 330 kWh/m².

➤ Chauffe-eau solaire collectif (CESC)

L'installation présente les caractéristiques suivantes :

- 35 m² de capteurs,
- Orientation sud et inclinaison à 40°,
- Ballon de stockage de 2 500 litres,
- Consommation de 2 000 litres par jour (ces besoins correspondent à ceux d'un immeuble de 20 logements, soit 45 personnes environ),
- Température de consigne de 50°C.

Avec les hypothèses mentionnées ci-dessus, l'installation produira 17 350 kWh/an, soit 51% des besoins en eau chaude sanitaire considérés. La productivité des capteurs est de 354 kWh/m².

• Productible solaire photovoltaïque

Le productible solaire photovoltaïque est estimé via PVGIS. Une installation photovoltaïque installée en toiture inclinée à 30° et orientée sud produira 960 MWh/an.kWc, tandis qu'une centrale au sol inclinée à 35° et orientée plein sud produira 1 010 MWh/an.kWc.

Au-delà de ces exemples, il faut noter que les systèmes photovoltaïques peuvent également s'intégrer au bâti en façade, en brise-soleil, en garde-corps, etc. Les systèmes en brise-soleil offrent l'avantage d'une deuxième fonction donnée aux modules sans pour autant perdre en production puisqu'ils peuvent être inclinés de manière favorable pour une production optimum. Cela n'est pas le cas des systèmes d'intégration en façade ou en garde-corps qui sont fixes avec une inclinaison de 90° assez défavorable à la production photovoltaïque (la perte atteint 30% par rapport à une inclinaison optimum à 35°).

Gisements théoriques

• Orientation des bâtiments

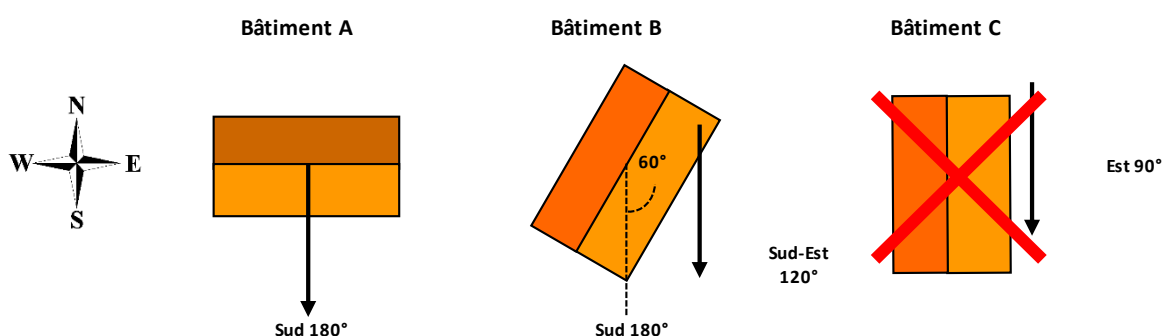
L'orientation des bâtiments est également un paramètre dont il faut tenir compte dans le cas de l'implantation d'un générateur photovoltaïque ou de capteurs solaires thermiques. Cette orientation doit être idéalement au sud.

On suppose que les bâtiments industriels et commerciaux ont une toiture-terrasse, leur orientation est donc toujours favorable.

Les maisons et immeubles qui ont une toiture orientée en deçà de 135° (le sud étant à 180°) et au-delà de 225° sont considérés comme n'étant pas favorables à l'implantation de capteurs solaires.

Les bâtiments agricoles et sportifs ont une toiture a priori moins inclinée que les maisons et immeubles. On retient donc une orientation comprise entre 120° et 240° comme favorable à l'implantation de capteurs solaires.

Ainsi, sur la figure ci-dessous, le bâtiment A est bien orienté, le bâtiment B se trouve en limite acceptable et le bâtiment C est identifié comme étant mal orienté.



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

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

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



Figure 45 : Estimation des toitures correctement orientées

Typologie	Surface totale (m²)	Part bien orientée et sans masque
Maison	28 277 847	89%
Immeuble	9 476 245	85%
Bâtiment industriel	14 438 355	96%
Bâtiment commercial	1 383 594	98%
Bâtiment sportif & tribune	804 152	98%
Bâtiment agricole	78 808	90%
Serre	560 519	92%
Autre bâtiment	376 966	85%
	55 396 487	91%

Figure 46 : Part des surfaces des toitures correctement orientées sur le territoire

- **Contraintes patrimoniales**


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


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




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



<p>Articles L341-1 à L341-22 du code de l'environnement</p> <p></p> <p>ENJEU MAJEUR</p>		<p>paysagères ou patrimoniales qui ont motivé le classement.</p>	<p>et des paysages (CDNPS) et, si le ministre le juge utile, de la commission supérieure des sites ; soit du préfet pour les travaux de moindre importance. L'avis conforme de l'architecte des bâtiments de France est requis dans ce dernier cas.</p>	<p>sur un bâtiment situé dans un site classé, sauf si ces derniers sont parfaitement intégrés sur la toiture du bâti existant (couleur, disposition...).</p>
---	--	--	---	---

Type de protection	Définition	Objectifs	Procédures	Principes à respecter pour l'implantation de capteurs
<p>Monument historique</p> <p>Loi du 31 décembre 1913</p> <p></p>	<p>Au sens de la loi du 31 décembre 1913, un monument historique peut-être « toute œuvre d'art d'un intérêt historique, quelles qu'en soient les dimensions, qu'il s'agisse d'un immeuble ou d'un objet mobilier »</p> <p>Il faut d'ailleurs distinguer cinq catégories d'objets (immeubles, abords des édifices, objets mobiliers et immeubles « par destination », grottes ornées, orgues historiques) et trois types de mesures : l'instance de classement (procédure d'urgence, limitée dans le temps) ; l'inscription à l'inventaire (qui intervient avant le classement du site) ; et, enfin, le classement proprement dit.</p>	<p>La protection d'un monument historique intervient aussi bien sur le monument que sur ses abords. Il s'agit de contrôler les aménagements susceptibles d'intervenir autour du site de manière à conserver son authenticité et sa valeur patrimoniale. Pour cela, les travaux autorisés sont effectués sous surveillance de l'administration des affaires culturelles.</p> <p>La protection des monuments historiques intervient dans un périmètre de 500 m aux abords des sites. Ce périmètre peut être remplacé par un « Périmètre de protection modifié » afin de limiter la protection aux zones les plus intéressantes situées autour d'un monument historique. Cette disposition s'inscrit dans la loi 2000-1208 relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain.</p>	<p>L'avis de l'architecte des bâtiments de France est requis ; il s'agit d'un avis conforme dans le cas d'une covisibilité entre l'installation et le monument historique ou d'un avis simple s'il n'y a pas de covisibilité.</p>	<p>L'implantation de panneaux solaires en toiture est possible dans le périmètre de 500 m de rayon autour d'un édifice protégé, sous réserve d'étudier précisément les perceptions de l'installation depuis les édifices et d'effectuer un examen des covisibilités de l'édifice et de l'installation depuis différents points de vue remarquables.</p>

ENJEU FORT				
<p>Site inscrit</p> <p>Articles L341-1 à L341-22 du code de l'environnement</p> <p>Sur les bâtiments</p>  <p>ENJEU FORT</p>	<p>Il s'agit de sites inscrits à l'inventaire des sites présentant un intérêt général du point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque.</p> <p>Un site inscrit peut être naturel ou bâti.</p> <p>Il est susceptible d'être transformé à terme en site classé (notamment les sites naturels).</p>	<p>L'inscription a pour objectif de permettre à l'État d'être informé des projets concernant le site, et d'intervenir de façon préventive, soit en vue de l'amélioration de ces projets, soit si nécessaire en procédant au classement du site.</p>	<p>L'Architecte des Bâtiments de France émet sur le projet un avis simple. Si l'intérêt du site est menacé, l'ABF peut suggérer au ministre de recourir à des mesures d'urgence ou de lancer des procédures de classement s'il estime qu'une intervention menace la cohérence du site.</p>	<p>L'implantation de panneaux solaires peut être possible dans un site inscrit, sous réserve d'étudier leur intégration en toiture (couleur, disposition, etc.).</p>

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

Contraintes pour l'implantation de capteurs solaires

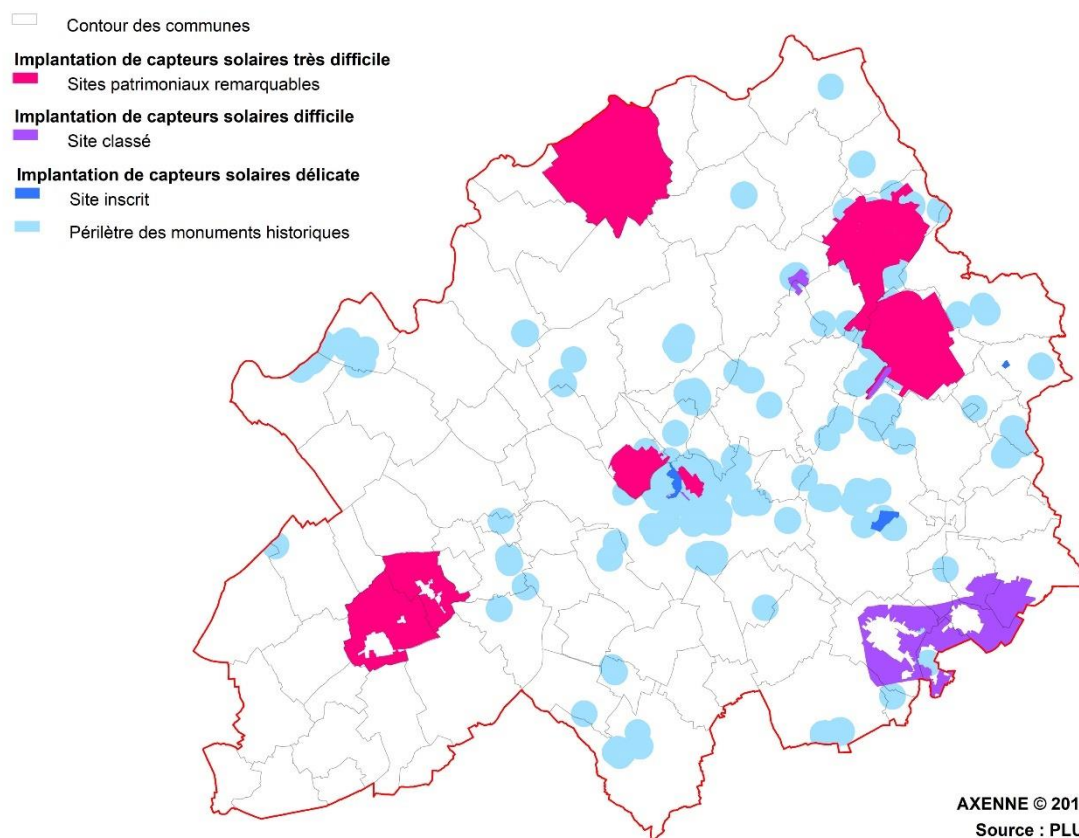


Figure 47 : contraintes patrimoniales sur le territoire de la MEL (sur la base du projet de PLU arrêté le 19/10/2017)

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

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

Si l'on tient compte de l'ensemble des enjeux, il y a 72% de toitures libres de toute contrainte pour l'installation de capteurs solaires (thermiques ou photovoltaïques)¹³. Les 15% de bâtiments en « implantation délicate » peuvent tout de même accueillir ce type d'installation.

¹³ On ne considère ici que les bâtiments bien orientés.

Typologie	Contrainte patrimoniale				Contrainte patrimoniale			
	Implantation très difficile	Implantation difficile	Implantation délicate	Pas de contrainte	Implantation très difficile	Implantation difficile	Implantation délicate	Pas de contrainte
Maison	12%	0%	22%	67%	3 287 087 m ²	8 943 m ²	6 085 075 m ²	18 896 742 m ²
Immeuble	18%	0%	33%	48%	1 722 376 m ²	9 920 m ²	3 165 018 m ²	4 578 931 m ²
Bâtiment industriel	14%	0%	13%	73%	1 995 988 m ²	1 470 m ²	1 903 490 m ²	10 537 406 m ²
Bâtiment commercial	6%	0%	11%	83%	78 746 m ²	0 m ²	154 065 m ²	1 150 784 m ²
Bâtiment sportif & tribune	10%	0%	21%	70%	76 887 m ²	0 m ²	166 654 m ²	560 611 m ²
Bâtiment agricole	1%	0%	5%	94%	448 m ²	0 m ²	4 154 m ²	74 206 m ²
Serre	2%	0%	6%	93%	8 629 m ²	0 m ²	32 353 m ²	519 536 m ²
	13%	0,04%	21%	66%	7 215 716 m ²	20 663 m ²	11 616 805 m ²	36 166 336 m ²

Figure 48: Tableau des enjeux patrimoniaux pour l'implantation de capteurs solaires

• Synthèse des gisements théoriques sur les toitures

Gisement photovoltaïque sur les toitures

Le gisement théorique pour l'installation de modules photovoltaïque correspond à l'ensemble des surfaces de toitures disponibles et correctement orientées recensées sur le territoire. Le tableau suivant indique pour chaque typologie de bâtiment et pour chaque niveau de contrainte patrimoniale la puissance maximale pouvant être installée ainsi que le productible annuel correspondant.

Typologie	Contrainte patrimoniale			
	Implantation très difficile	Implantation difficile	Implantation délicate	Pas de contrainte
Maison	493,1 MWc	1,3 MWc	912,8 MWc	2 834,5 MWc
Immeuble	223,9 MWc	1,3 MWc	411,5 MWc	595,3 MWc
Bâtiment industriel	259,5 MWc	0,2 MWc	247,5 MWc	1 369,9 MWc
Bâtiment commercial	10,2 MWc	0,0 MWc	20,0 MWc	149,6 MWc
Bâtiment sportif & tribune	10,0 MWc	0,0 MWc	21,7 MWc	72,9 MWc
Bâtiment agricole	0,1 MWc	0,0 MWc	0,5 MWc	9,6 MWc
Serre	1,1 MWc	0,0 MWc	4,2 MWc	67,5 MWc
	998 MWc	3 MWc	1 618 MWc	5 099 MWc
Productible correspondant :	958 GWh/an	3 GWh/an	1 553 GWh/an	4 895 GWh/an

Figure 49: Synthèse des contraintes patrimoniales

Le gisement total est ainsi de 4 895 GWh/an sur les seuls bâtiments sans contraintes patrimoniales. Ce gisement est un gisement théorique qui implique d'équiper l'ensemble de ces toitures de modules photovoltaïques.

Ce gisement théorique peut être affiné en prenant plusieurs considérations en compte:

- Compte tenu du tarif d'achat en vigueur, les maisons seront généralement équipées d'installation de 3kWc au maximum. On peut ainsi considérer que le gisement théorique sur les maisons existantes correspond à 3 kWc installés sur toutes les maisons bien orientées (soient 89% des maisons) ;

- Pour les autres bâtiments, soit on se trouve en présence d'une toiture à deux pans et on ne va équiper qu'un seul pan de toiture (le mieux orienté), soit c'est une toiture terrasse et il faut tenir compte des acrotères, des lanterneaux de désenfumage, des conduits de ventilation. Pour prendre en compte ces éléments, des taux d'équipement de la toiture sont appliqués aux surfaces totales selon le type de bâtiment (40% pour les immeubles et les grandes toitures industrielles et commerciales, 60% pour les bâtiments sportifs et tribunes et 50% pour les bâtiments agricoles).

En prenant en compte ces éléments on obtient les gisements théoriques suivants :

Typologie	Contrainte patrimoniale				Contrainte patrimoniale			
	Implantation très difficile	Implantation difficile	Implantation délicate	Pas de contrainte	Implantation très difficile	Implantation difficile	Implantation délicate	Pas de contrainte
Maison	87,9 MWc	0,2 MWc	162,7 MWc	505,1 MWc	84 GWh/an	0 GWh/an	156 GWh/an	485 GWh/an
Immeuble	89,6 MWc	0,5 MWc	164,6 MWc	238,1 MWc	86 GWh/an	0 GWh/an	158 GWh/an	229 GWh/an
Bâtiment industriel	103,8 MWc	0,1 MWc	99,0 MWc	547,9 MWc	100 GWh/an	0 GWh/an	95 GWh/an	526 GWh/an
Bâtiment commercial	4,1 MWc	0,0 MWc	8,0 MWc	59,8 MWc	4 GWh/an	0 GWh/an	8 GWh/an	57 GWh/an
Bâtiment sportif & tribune	6,0 MWc	0,0 MWc	13,0 MWc	43,7 MWc	6 GWh/an	0 GWh/an	12 GWh/an	42 GWh/an
Bâtiment agricole	0,0 MWc	0,0 MWc	0,3 MWc	4,8 MWc	0 GWh/an	0 GWh/an	0 GWh/an	5 GWh/an
Serre	0,6 MWc	0,0 MWc	2,1 MWc	33,8 MWc	1 GWh/an	0 GWh/an	2 GWh/an	32 GWh/an
	292 MWc	1 MWc	450 MWc	1 433 MWc	280 GWh/an	1 GWh/an	432 GWh/an	1 376 GWh/an

Figure 50 : bilan des gisements théoriques pour le solaire photovoltaïque, en puissance et en production annuelle

L'étude réalisée par Axenne en 2010 pour l'ADULM, basée sur le parc de bâtiments existants à l'époque, avait estimé le gisement théorique disponible à 852 GWh/an sur les seuls bâtiments hors contraintes patrimoniales et hors bâtiments agricoles et serres, et autres bâtiments contre 1 339 GWh/an ici. Le tableau ci-dessous détaille les gisements identifiés dans cette étude par typologie. La différence de gisement est due : à la croissance du parc de bâtiments, à l'amélioration du rendement des modules et à une meilleure prise en compte des typologies de toitures dans l'étude de 2009 (la prise en compte des toitures terrasses et inclinée est plus fine), et au rattachement de la communauté de communes des Weppes à la métropole de Lille en 2017.

INSTALLATIONS PHOTOVOLTAIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniale et techniques)						
		PHOTOVOLTAIQUE INDIVIDUEL*	PHOTOVOLTAIQUE COLLECTIF**	PHOTOVOLTAIQUE BATIMENTS	PHOTOVOLTAIQUE DANS L'INDUSTRIE	
dans l'existant	nombre :	171 176	13 321	668	8 605	
	surface totale :	5 135 289 m²	2 664 231 m²	417 061 m²	4 231 011 m²	
	MWh/an :	449 338	170 625	23 379	208 296	

Figure 51 : bilans des gisements pour le solaire photovoltaïque – étude 2010 d'Axenne pour l'ADULM


A noter que les implantations de modules photovoltaïques sur les bâtiments neufs n'ont pas été prises en compte dans ces gisements.

Gisement solaire thermique en toiture

L'étude réalisée par Axenne en 2010 pour l'ADULM a permis d'estimer le potentiel théorique de développement du solaire thermique sur la métropole.

Cette étude a estimé le potentiel de cette technologie sur la base des bâtiments cibles et de leurs consommations d'eau chaude sanitaire et de chauffage, ainsi que des potentiels d'équipement des piscines et procédés industriels.

Les gisements théoriques sont détaillés ci-dessous et s'élèvent au total à 387 GWh/an.

INSTALLATIONS SOLAIRES THERMIQUES GISEMENTS NETS HORS CONTRAINTES (patrimoniale et techniques)								TOTAL
dans l'existant	nombre :	188 334	7 335	1 194	324	79	30	
	surface totale* :	941 669 m ²	73 348 m ²	47 770 m ²	18 510 m ²	15 791 m ²	1 479 m ²	1 098 567 m ²
	MWh/an :	329 584	29 339	15 287	7 404	4 737	473	386 824 MWh/an

* 5 m² par installation pour un chauffe-eau solaire

10 m² par installation pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

40 m² par installation en moyenne pour l'eau chaude solaire collective

Sources : AXENNE

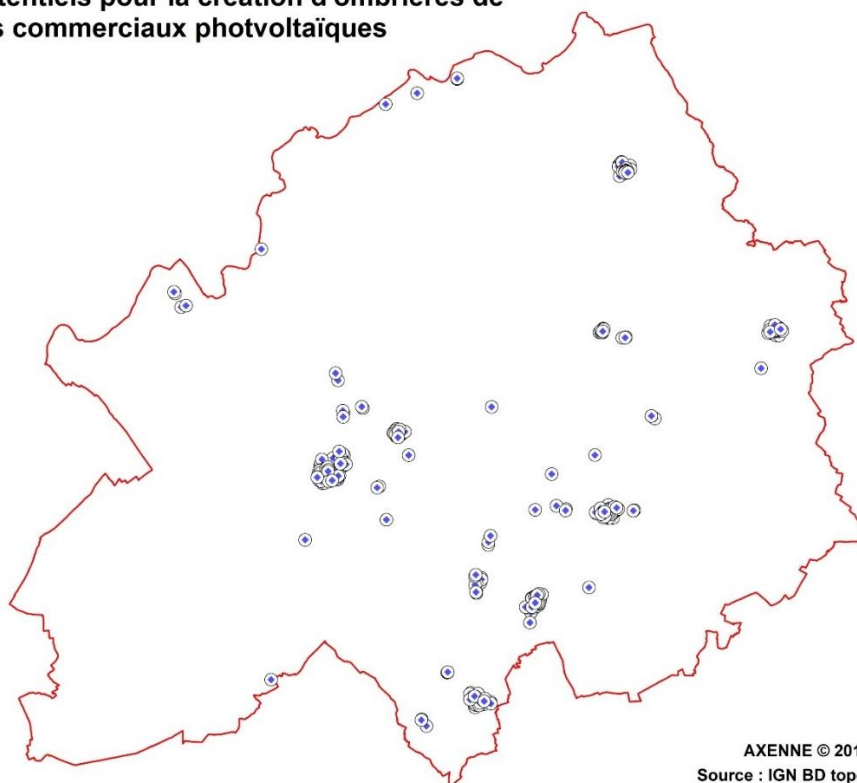
Figure 52 : bilans des gisements pour le solaire thermique – étude 2010 d'Axenne pour l'ADULM

• Sites potentiels pour la création d'ombrières photovoltaïques sur les parkings

Le potentiel de mise en œuvre d'ombrières sur les parkings du territoire est estimé en prenant en compte les parkings commerciaux. La surface que l'on peut équiper par des ombrières photovoltaïques est estimée à 40 % de la surface des parkings (circulation entre les rangées). En l'absence de données précises, la surface de parking est considérée égale à la surface de bâtiments commerciaux soit 950 650 m². Par conséquent la surface totale pouvant être équipée représenterait environ 380 000 m² soit 60,8 MWc. Ces installations produiraient alors 61,2 GWh/an d'électricité.

La carte ci-dessous indique la localisation des bâtiments commerciaux identifiés.

Sites potentiels pour la création d'ombrières de parkings commerciaux photovoltaïques



AXENNE © 2019
Source : IGN BD topo

Figure 53 : bâtiments commerciaux présentant un potentiel pour la mise en œuvre d'ombrières photovoltaïques sur les parkings

• Sites potentiels pour la création de centrales photovoltaïques au sol

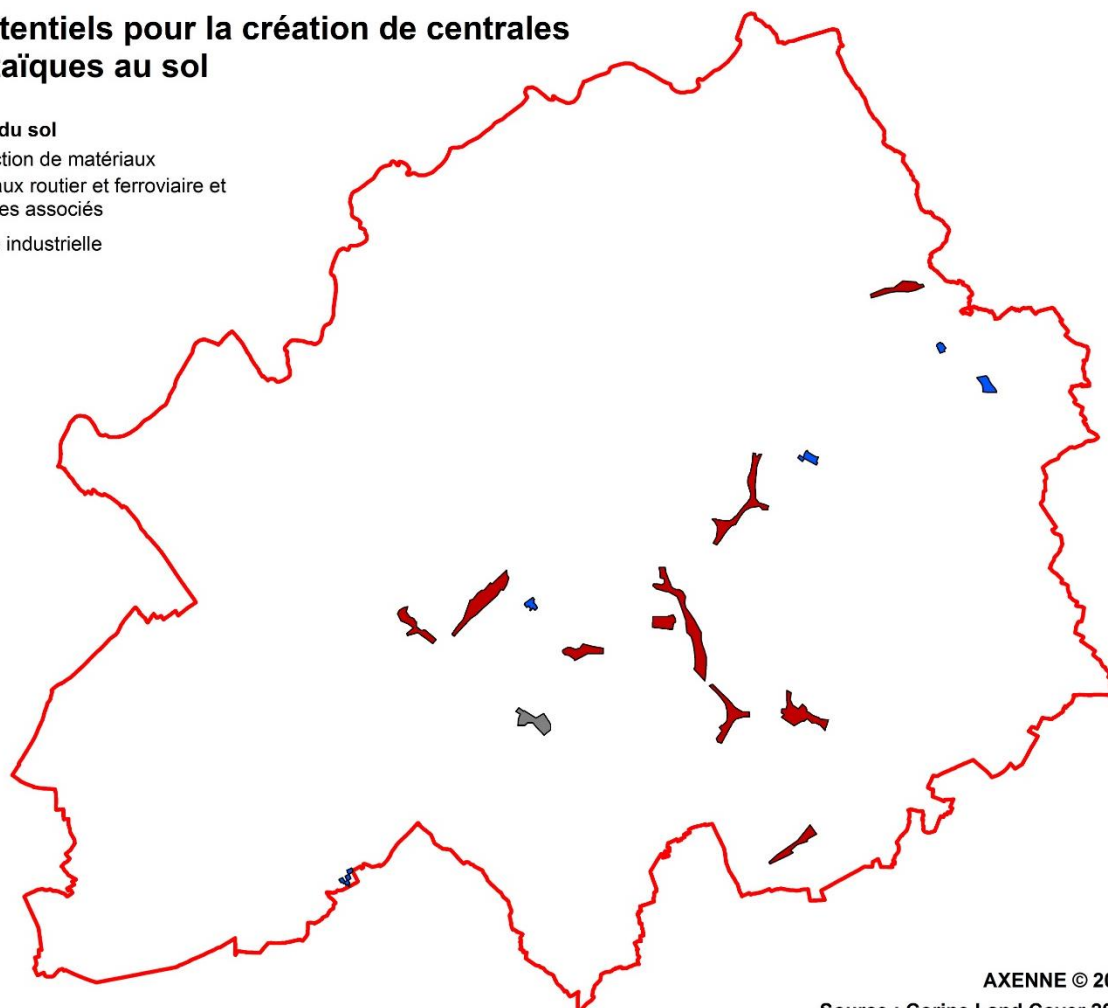
L'étude du potentiel de développement des centrales au sol a été réalisée dans le cadre de l'étude réalisée par Axenne en 2010 pour l'ADULM. L'approche pour estimer le potentiel des centrales au sol est basée sur la cartographie Corine Land Cover 2006. Nous avons recherché les décharges, les sites d'extraction de matériaux, les chantiers. Ces sites à terme seront disponibles pour l'implantation d'une centrale au sol (la version 2012 de la cartographie Corine Land Cover est désormais disponible mais ne détaille plus ce type de zones).

Le potentiel identifié avec Corine Land Cover s'élève à 20,6 MWc. Nous avons retenu un coefficient pour chaque zone de manière à tenir compte des chemins d'accès et du fait qu'il sera difficile de couvrir toute la surface. Cette puissance correspond à une production potentielle de 20,8 GWh/an.

Sites potentiels pour la création de centrales photovoltaïques au sol

Occupation du sol

- Extraction de matériaux
- Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- Friche industrielle



AXENNE © 2019

Source : Corine Land Cover 2006

Libellé	Surface totale sur la MEL (ha)	Centrale au sol autorisée	Coefficient d'occupation du sol	Surface après application du coefficient (ha)	MWc potentiel	GWh/an potentiel
Extraction de matériaux	40	oui - favorable	0,7	28	8,4	8,5
Friches industrielles	51	oui - favorable	0,7	36	10,7	10,8
Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés	508	oui - favorable	0,01	5	1,5	1,5

Figure 54 : Surfaces pouvant accueillir une centrale photovoltaïque au sol et puissance crête correspondante

Source : Corine Land Cover 2006, Cadastre

Freins et opportunités au développement des filières solaires sur le territoire

	Type de critère	Frein	Niveau d'enjeu	Moyen d'action / commentaires
"Aspects réglementaires"	Légal	Nécessité d'un permis de construire ou d'une déclaration préalable.		Engager des discussions au plus tôt avec les architectes des bâtiments de France. Communiquer les prescriptions à respecter en fonction des zones protégées.
	Réglementaire	Démarche administrative		Expliquer les facilités qu'il y a dans la modification d'un PLU pour certains types de projets.
	Architecturale	Impact visuel pour les projets au sol. Intégration architecturale.		Ne pas hésiter à réaliser une notice d'impact paysagère dans le cadre d'un projet d'envergure. Editer un guide pour l'intégration architecturale des capteurs solaires à l'image de celui du Pays d'Aix.
	Urbanistique	Interdiction des capteurs solaires dans certains PLU.		Entretiens avec les services de la collectivité, modification du PLU.
"Contexte de développement"	Sociologique	Risque de contre vérité sur la technologie et ses nuisances. Acceptabilité locale de la filière.		Lever les doutes avant même qu'il n'en soit question. Editer un guide de vulgarisation à destination des populations.
	Institutionnel	Pas de volonté de la part des promoteurs.		Imposer un taux de couverture suivant les typologies de projet dans les règlements de ZAC. Communiquer sur les nouveaux équipements.
	Industriel	Disponibilité de la technologie.		Si on laisse de côté la climatisation solaire, les équipements sont largement éprouvés.
"Potentiel de développement"	Dynamique territoriale	Nombre d'équipements installés ces trois dernières années. Tendance à la hausse ou à la baisse.		Engager des groupes de travail sur les moyens de mise en commun des ressources et d'opérations « gagnant-gagnant ».
	Concurrentiel	Concurrence des autres filières et des énergies fossiles		L'énergie solaire est très fortement concurrencée.

	Economique	Temps de retour sur investissement.		Etudier une prime supplémentaire dans le cadre de la cession de terrain à bâtir. Exonération de la taxe foncière. Groupement de commandes sur des opérations ciblées. Faire appel aux CEE pour les particuliers.
	Financière	Décalage financier du crédit d'impôt pour la transition énergétique (Cite) pour les particuliers.		Engager un partenariat avec les banques pour la mise en place d'un crédit énergies renouvelables.

Conditions de valorisation des gisements théoriques

L'opportunité de mobilisation des gisements théoriques présentés dans ce chapitre dépend de nombreux facteurs qui doivent être pris en compte dans la définition de scénarios et d'objectifs de développement de la filière. Ces facteurs peuvent être liés aux freins et opportunités présentés précédemment, d'ordre technique (faisabilité des solutions selon le type de bâti et ses équipements), économique (rentabilité des solutions, capacité de financement des propriétaires) ou organisationnel (existence de professionnels compétents sur le territoire, organisation des acteurs de la filière, incitations existantes, connaissance des filières par les professionnels et les maîtres d'ouvrage).

Afin que le développement des filières de production d'énergie renouvelable sur le territoire ne suive pas une trajectoire tendancielle (filières les plus rentables, obligations réglementaires, incitations nationales), il est nécessaire d'orienter ce développement vers une trajectoire volontariste par un certain nombre d'actions de la collectivité et de ses partenaires. Ces actions permettront de lever les freins et limites à ce développement afin de valoriser au mieux le gisement théorique.

A noter toutefois, que le gisement présenté ici ne correspond qu'au développement d'installations sur le bâti et le foncier existant. La construction de nouveaux bâtiments ou la libération de nouveaux espaces fonciers permettront d'augmenter significativement ce gisement théorique.

Concernant la filière **photovoltaïque sur bâtiments**, la mobilisation du gisement est conditionnée par :

- **Les contraintes techniques** : outre l'orientation des toitures (prise en compte dans le calcul du gisement théorique), la possibilité d'implantation dépend de la capacité de la toiture à supporter la charge supplémentaire que représente l'installation. D'autre part, le gisement théorique correspond à l'équipement de l'ensemble des surfaces de toitures disponibles, or dans la réalité, certaines toitures ne pourront être équipées qu'en partie, soit parce qu'il existe déjà des équipements en toiture (ventilation, pompe à chaleur, cheminées, etc.) soit parce que la structure du tarif d'achat de l'électricité ou le besoin d'autoconsommation incite à limiter le dimensionnement de l'installation. Il n'y a pas de contraintes techniques pour les bâtiments neufs, ce type d'installation doit être intégrée dès la définition du projet architectural ;
- **Les contraintes réglementaires** : les possibilités d'implantations dans les secteurs concernés par des protections patrimoniales permettront de développer plus de projets (via le PLU notamment) ;
- **Les contraintes socio-économiques** : le statut d'occupation (propriétaire occupant, locataire, copropriété) et le revenu des ménages impactent la possibilité de développer un projet sur la toiture des bâtiments.

Concernant la filière **photovoltaïque au sol ou en ombrière**, la mobilisation du gisement est conditionnée par :

- **Les contraintes réglementaires :** les possibilités d'implantations dans les secteurs concernés par des protections patrimoniales permettront de développer plus de projets (via le PLU notamment). Les enjeux d'ordre environnementaux n'ont pas été intégrés ici.
- **Les contraintes socio-économiques :** la rentabilité des grandes installations photovoltaïque dépend en grande partie de la taille de l'installation permettant de valoriser un tarif d'achat attractif. Dans ces conditions, toutes les surfaces identifiées ne correspondront pas nécessairement à des projets économiquement viables.

Concernant la filière **solaire thermique**, la mobilisation du gisement est conditionnée par :

- **Les contraintes techniques :** l'installation d'un chauffe-eau solaire dans un bâtiment existant implique que celui-ci soit équipé d'une installation de production d'eau chaude centralisée (pour les bâtiments collectifs) et d'un espace suffisant pour la mise en place des équipements techniques (ballon tampon, distribution, etc.). L'installation d'un système solaire combiné pour le chauffage ne sera réalisable que lorsque le bâtiment est déjà équipé d'un système de chauffage centralisé (pas de radiateurs électriques) et de préférence de planchers chauffants.
- **Les contraintes réglementaires :** les possibilités d'implantations dans les secteurs concernés par des protections patrimoniales permettront de développer plus de projets (via le PLU notamment) ;
- **Les contraintes socio-économiques :** le statut d'occupation (propriétaire occupant, locataire, copropriété) et le revenu des ménages impactent la possibilité de développer un projet. D'autre part, le type d'équipement à remplacer impactera l'intérêt économique de la solution solaire (plus rentable pour une installation au fioul ou gaz propane qu'au gaz naturel).

2.2.3 Biomasse combustible

Une présentation technique complète de la filière est consultable en «Annexe 3 - Description technique de la filière bois énergie».

Production actuelle

- **Chaudières collectives**

Un recensement des chaufferies biomasse collectives non exhaustif a été réalisé. Il s'agit d'installation de taille importante alimentant des réseaux de chaleur (publics et privés) ainsi que des bâtiments de logements collectifs, bâtiments tertiaires, agricoles ou industriels.

Ce recensement a permis d'identifier 22 installations sur le territoire pour une puissance totale de 113,2 MW et une production de chaleur estimée en 2016 à 250 853 MWh/an.

Parmi ces installations, 5 alimentent les réseaux de chaleur urbains de la métropole pour une puissance de 36,5 MW et une production en 2016 de 107 087 MWh/an.

Ces chaudières utilisent un combustible sous forme de plaquettes qui peuvent être issues de l'exploitation forestière ou de diverses ressources agricoles ou urbaines.

- **Autres productions biomasse**

Outre ces installations collectives, la biomasse est utilisée pour la production de chaleur dans l'habitat individuel par l'intermédiaire d'inserts, de poêles et de chaudières, que cela soit pour une utilisation en base et en appoint. Cette production de chaleur représente 493 683 MWh/an. Ces installations utilisent du bois sous forme de bûches, granulés ou plaquettes.

L'utilisation du bois énergie dans le secteur résidentiel représente une part très importante de la production d'énergies renouvelables du territoire. Toutefois, il s'agit souvent d'équipements anciens, peu performants et qui jouent un rôle dans la dégradation de la qualité de l'air. Comme le rappelle le SER : *« Si le chauffage au bois, utilisé dans des cheminées ouvertes ou dans les appareils anciens, a concouru historiquement à la pollution des villes et des vallées, les progrès réalisés et les efforts d'accompagnement des pouvoirs publics pour le renouvellement du parc ont porté leurs fruits : depuis la création du label Flamme Verte, les émissions de particules les plus fines (PM2.5) du parc ont été réduites de plus de 50 %, grâce aux évolutions techniques réalisées sur les appareils et au renouvellement du parc vieillissant. Selon les chiffres du CERIC (le laboratoire référent en Europe dans le domaine de la cheminée et des énergies durables), le parc français d'appareils de chauffage domestique au bois se caractérise par encore 50 % d'équipements non performants (15 % de foyers ouverts et 36 % de foyers fermés antérieurs à 2000) qui émettent plus de 80 % des particules fines issues du chauffage au bois ».* Il y a par conséquent un enjeu important à renouveler le parc d'équipements anciens par des équipements plus performants.

D'autre part, la biomasse est utilisée dans les secteurs tertiaires, agricoles et industriels via des installations non recensées ci-dessus, pour une production de 211 785 MWh/an. Ces installations utilisent des granulés ou des plaquettes qui peuvent être issues de diverses ressources agricoles ou urbaines.

Projets recensés

Un seul projet de chaufferie bois sur les bâtiments communaux a été identifié par l'intermédiaire des questionnaires aux communes, sur les locaux municipaux d'Anstaing. La mise en place d'installation biomasse pour l'approvisionnement des réseaux de chaleur urbains est à l'étude dans le cadre du schéma directeur des réseaux de chaleur de la MEL.

• Gisements théoriques

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

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

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

• Ressources forestières

La ressource forestière est mobilisée pour différents usages selon la qualité des bois. La production de plaquettes pour un usage en bois énergie provient du bois de mauvaise qualité et du menu bois et branche.

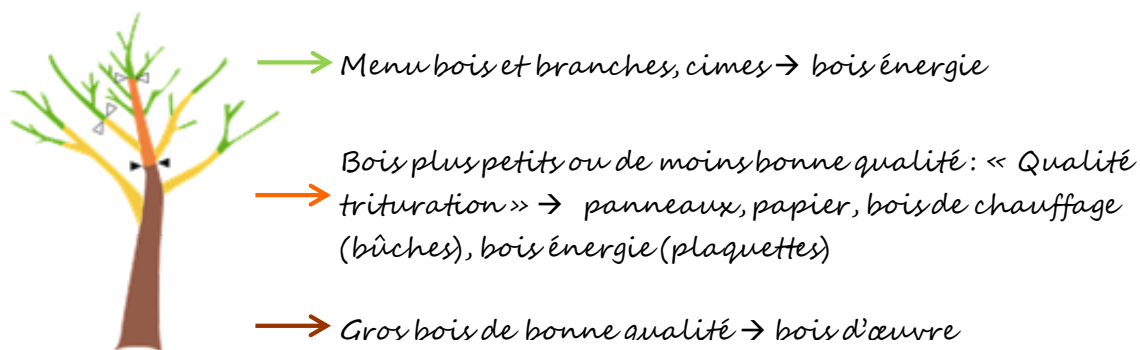


Figure 55 : Illustration des différentes qualités de bois

L'ancienne région Nord-Pas-de-Calais présente un taux de boisement (part du territoire recouvert de forêts) relativement faible de 7,5%. A l'échelle du territoire de la MEL, ce taux est encore plus faible et atteint seulement 1,1%.

La carte ci-dessous met en évidence les forêts situées sur le territoire.

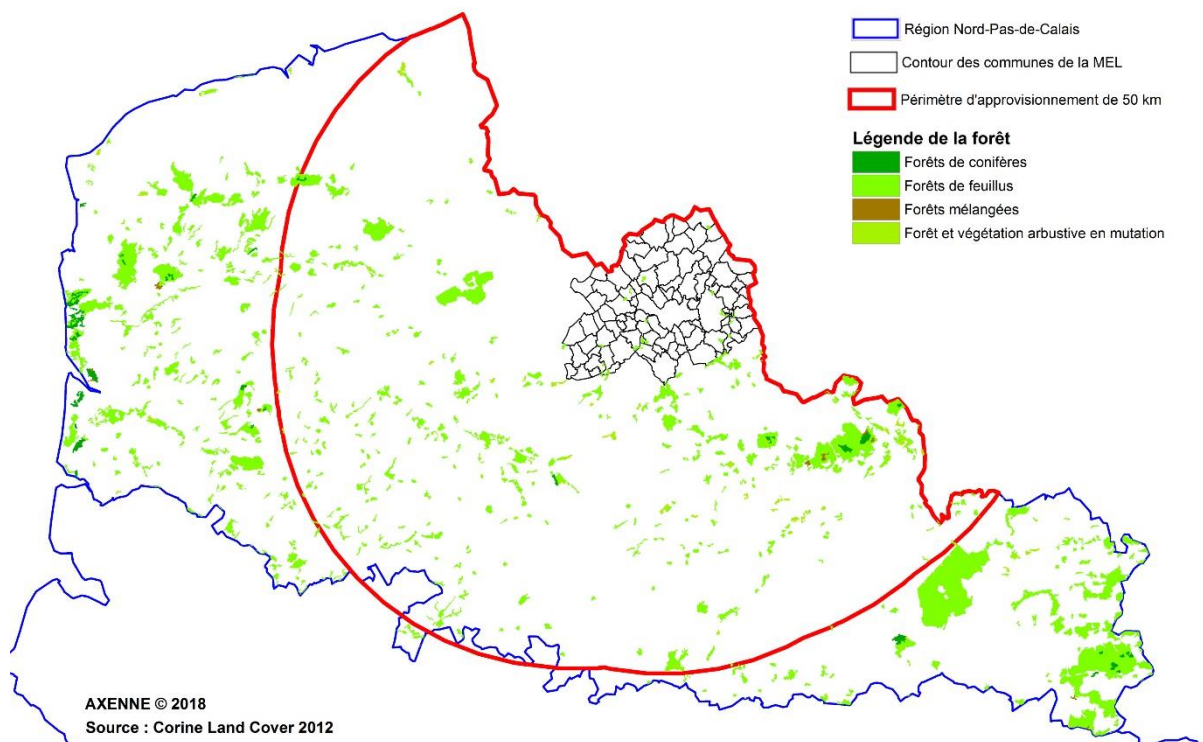


Figure 56 : La ressource forestière sur le territoire

Source : Corine Land Cover 2012

Le gisement biomasse forestier a été estimé dans le cadre de l'inventaire régional du gisement biomasse de la région Nord-Pas-de-Calais en 2010. L'étude a permis de quantifier le gisement mobilisable en bois énergie issue de la forêt sur la base des données de production de bois (productivité et accroissement annuel) et de la part potentiellement mobilisable en bois énergie (part non utilisée en bois d'œuvre et bois industrie).

L'étude indique ainsi un potentiel supplémentaire mobilisable de 105 200 tonnes de plaquettes forestières pour l'ensemble de l'ancienne région Nord-Pas-De-Calais.

Afin d'estimer le gisement mobilisable sur le territoire de la MEL, on ramène ce volume à la surface du territoire par un ratio sur la surface forestière issue de la base cartographique Corine Land Cover 2012. Une autre méthode consiste à utiliser l'estimation du gisement réalisée dans le cadre de l'inventaire régional à l'échelle des cantons de la région. On ne prend ainsi en compte que les cantons présents dans un rayon de 50 km autour du territoire.

On considère que la ressource forestière peut être collectée dans un rayon maximal de 50 km autour du territoire afin de limiter le transport du combustible. Au-delà de cette distance, les émissions liées au transport risquent de contrebalancer les émissions évitées par l'utilisation du combustible bois.

Le tableau ci-dessous indique le gisement disponible estimé au niveau de la région, de la MEL et dans un rayon de 50 km entourant le territoire et sur les cantons présents dans ce rayon.

	NPDC	Rayon d'appro. 50km	Rayon d'appro. 50km par cantons	MEL
Surface forestière (ha)	93 288	37 010	57 413	716
Taux de boisement	7,5%	4,7%		1,1%
Ressource disponible en plaquettes forestières (tonnes/an)	105 200	41 735	38 572	807
Potentiel énergétique (MWh)	441 840	175 288	162 002	3 391

Figure 57 : Gisement supplémentaire mobilisable en bois énergie d'origine forestière sur la région Nord-Pas-de-Calais et sur le territoire d'étude

Source : d'après « Inventaire régional du gisement biomasse de la région Nord-Pas-de-Calais » 2010,

DRAAF NPDC et région NPDC

Le gisement mobilisable pour approvisionner le territoire est ainsi estimé entre 38 et 42 000 tonnes de plaquettes forestières par an, soit entre 162 et 175 GWh/an.

- **Ressources issues des haies bocagères**

Les ressources potentiellement mobilisables pour le bois énergie proviennent du bois de taille issu de l'entretien des haies et alignements qui constituent le bocage et les bords de route.

Actuellement, le bocage est très inégalement entretenu, il n'est pas possible de généraliser ce point. Une haie correctement entretenue présente une hauteur de 1,60 mètre environ avec quelques arbres de haut jet. Lorsque l'entretien est réalisé, les bois de taille sont broyés sur place avec une machine de type broyeur à marteau puis laissés sur place.

En ce qui concerne les alignements, notamment des bords de route, des campagnes d'élagage régulières sont organisées. Les bois de taille sont soit restitués aux propriétaires (cas où les arbres sont situés sur une parcelle privée), soit broyés et laissés sur place, soit mis à la disposition des agents (cas des plus gros bois).

Le principal atout du bois énergie vis-à-vis du bocage est qu'il peut lui redonner une valeur économique, seul moyen d'éviter qu'il ne disparaisse complètement à terme. En effet, les aspects environnementaux et paysagers ne suffisent pas à contrebalancer la tendance à l'arrachage.

D'autre part, il permet au bocage d'être entretenu, ce qui n'est pas toujours le cas actuellement. La capitalisation excessive du bois dans les haies entraîne souvent leur déstructuration, une mortalité accrue, la perte de valeur écologique et une baisse de la productivité en biomasse.

Cependant, la production de plaquettes à partir du bois de taille des haies et alignements est rendue difficile par le caractère diffus de ce gisement. La rentabilité d'une telle opération dépend des charges d'investissement dans les équipements mais aussi de ce caractère diffus.

Le gisement biomasse mobilisable par l'entretien des haies bocagères et des bords de route a été estimé dans le cadre de l'inventaire régional du gisement biomasse de la région Nord-Pas-de-Calais en 2010. L'étude a permis d'estimer ce gisement à l'échelle régionale sur la base d'une estimation du linéaire de haies existantes. Le gisement régional est ainsi estimé à 160 000 tonnes par an.

Afin d'estimer le gisement mobilisable sur le territoire de la MEL, on ramène ce volume à la surface du territoire par un ratio sur la surface de prairies issue de la base cartographique Corine Land Cover 2012.

	NPDC	MEL
Surface prairies (ha)	171 460	1 600
Ressource en bois d'élitage rural (tonnes/an)	160 000	1 500
Potentiel énergétique (MWh)	720 000	6 700

Figure 58 : Gisement supplémentaire mobilisable en bois énergie issu des haies bocagères et entretien des bords de route sur la région Nord-Pas-de-Calais et sur le territoire d'étude

Source : d'après « Inventaire régional du gisement biomasse de la région Nord-Pas-de-Calais » 2010,

DRAAF NPDC et région NPDC

• Produits connexes de la transformation du bois

Les entreprises dites de première transformation du bois sont les scieries et les usines de déroulage et de tranchage. Les entreprises de fabrication d'emballage relèvent techniquement de la deuxième transformation, mais elles produisent le même type de connexes que les entreprises de la première transformation du bois. Les connexes de la première transformation sont les dosses, délignures, chutes de tronçonnage, la sciure et les écorces.

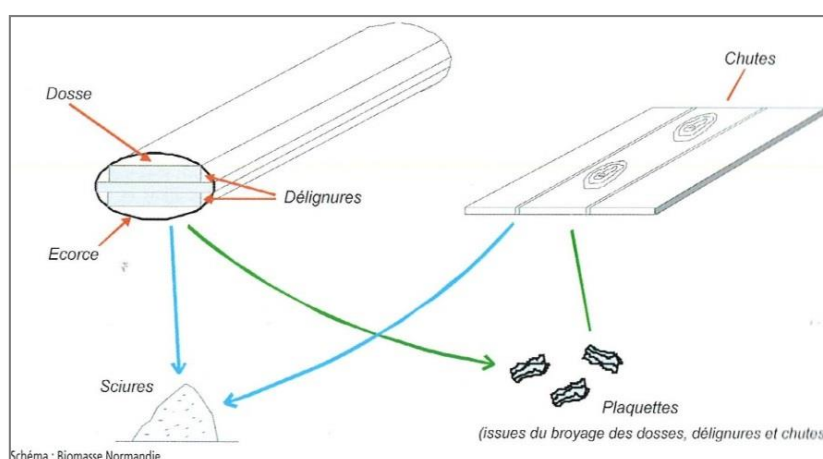


Figure 59 : Connexes de la première transformation du bois

Tous les produits connexes de scieries peuvent être valorisés pour l'énergie. L'utilisation des sciures nécessite cependant des chaudières spécialisées (notamment en ce qui concerne le mode d'introduction du combustible dans le foyer) que l'on ne retrouve généralement que dans les scieries ou les industries productrices de sciures.

Le territoire ne compte aucune entreprise de ce type.

Les entreprises dites de deuxième transformation du bois produisent du mobilier, des éléments de charpente et de construction pour le bâtiment, des objets divers (tournerie, tonnellerie, etc.), des emballages, etc.

Il est très difficile de quantifier les sous-produits de la deuxième transformation du bois, et parmi eux ceux qui seraient disponibles pour l'énergie. En effet, il n'existe que peu de données sur ce sujet, d'autant qu'il s'agit d'un gisement assez faible en quantité et peu aisé à collecter (diffus, devant être trié, etc.).

Les ressources potentiellement mobilisables sont les connexes (chutes, sciures, etc.). Les fabricants d'emballage utilisent des grumes et génèrent donc le même type de sous-produits que les entreprises de première transformation ; cependant, les autres entreprises utilisent une matière première variée (sciages, panneaux, placages, etc.) et génèrent donc différents connexes : chutes courtes, copeaux, sciures sèches, fines de ponçage, chutes de panneaux. Ils ne peuvent être valorisés pour le bois énergie que s'ils respectent les points suivants (selon l'ADEME) :

- pas de traitement de préservation ni d'ignifugation,
- aucun revêtement de type chant PVC,
- les finitions utilisées (peintures, vernis, lasures, etc.) ne contiennent ni métaux lourds ni composés organohalogénés.

L'intérêt des connexes de la transformation du bois vis-à-vis du bois énergie est qu'ils sont généralement moins chers et présentent un taux d'humidité plus faible que les produits issus de la forêt.

Cependant, leur gisement est diffus et leur valorisation énergétique nécessite un tri très strict. D'autre part, ils sont déjà largement utilisés pour d'autres usages.

Le gisement mobilisable sur le territoire est estimé sur la base des effectifs des entreprises de transformation du bois du territoire auxquels on applique un ratio de production de connexes par code APE (gisement brut) ainsi qu'un ratio correspondant à la part de ces connexes n'ayant pas subi de traitement les rendant impropres à une utilisation en bois énergie (gisement théorique) et enfin un ratio sur la part de ce gisement déjà valorisée par les industries¹⁴ (gisement supplémentaire disponible). Ces ratios sont issus de plusieurs sources et en particulier de l'étude "La production de déchets non dangereux dans l'industrie en 2008" mise à jour en mai 2010.

Intitulé	NAF	Etablisse ^{ts} MEL	Employés MEL
Fabrication de placage et de panneaux de bois	16.21Z	1	4
Fabrication de parquets assemblés	16.22Z	0	0
Fabrication de charpentes et d'autres menuiseries	16.23Z	22	239
Fabrication d'emballages en bois	16.24Z	10	178
Fabrication d'objets divers en bois ; fabrication d'objets	16.29Z	5	52
Fabrication de meubles de bureau et de magasin	31.01Z	15	157
Fabrication de meubles de cuisine	31.02Z	4	59
Fabrication de sièges d'ameublement d'intérieur	31.09A	3	73
Fabrication d'autres meubles et industries connexes de	31.09B	28	950
		88	1 712

Figure 60 : Nombre d'établissements et effectifs des entreprises de la seconde transformation du bois sur le territoire de la MEL - Source : données Unistatis

¹⁴ Produits déjà valorisés en industrie (trituration) ou en bois énergie (vente de plaquettes de connexes).

<i>tonnes à 10% d'humidité</i>	Connexes 1 ^{ère} transfo	Connexes 2 ^{ème} transfo	TOTAL connexes
Gisement brut	0	25 596	25 596
Gisement théorique disponible	0	6 915	6 915
Gisement supplémentaire disponible	0	470	470
Gisement supplémentaire disponible (MWh/an)		2069	2069

Figure 61 : Gisement mobilisable en connexes de la transformation du bois sur le territoire de la MEL

Source : d'après données Unistatis et "La production de déchets non dangereux dans l'industrie en 2008", INSEE

• Ressources urbaines

Les ressources qualifiées d'urbaines concernent les ressources ligneuses implantées dans le milieu urbain. Il s'agit des arbres d'alignements urbains, des parcs et jardins privés et publics, des places de villes et des aires de stationnement.

Les ressources comptabilisées sont les bosquets, les arbres épars, les parkings arborés, les routes arborées, les jardins d'agrément, les pelouses d'agrément et les cimetières. Afin d'éviter les doubles comptes avec les formations arborées rurales évaluées dans la ressource forestière et bocagère, les surfaces rattachées aux catégories « secteur primaire » (productions agricoles, minières, ligneuses, piscicoles) et « réseaux et routes » sont exclues.

Les ressources potentiellement mobilisables pour une valorisation en combustion sont produites lors de la taille des arbres. Actuellement, les bois de taille sont orientés vers une plate-forme de compostage (en mélange avec les autres déchets verts : tonte, feuilles) et les plus gros bois laissés à l'usage des agents.

Le volume collecté par les plateformes du territoire n'a pas pu être évalué. Toutefois, il apparaît que ces gisements trouvent actuellement des débouchés dans la mesure où ils sont collectés en plateformes, soit en tant qu'éléments structurants pour le compostage, sous forme de broyas pour le paillage des espaces verts ou en bois énergie.

• Bois de rebut

Les bois de rebut sont des objets en bois en fin de vie ou usagés ; il peut s'agir de palettes perdues et usagées, de caisses et cagettes en bois usagées, de copeaux, sciures, écorces ou plaquettes, de planches, de meubles, de bois de démolition, etc.

Ce type de bois représente un gisement pour le bois énergie, mais sa valorisation n'est possible que sous certaines conditions : il est en effet indispensable pour que les plaquettes issues de bois de rebut puissent être brûlées en chaudière, que le bois ayant servi à leur fabrication n'ait pas été traité (auquel cas il doit être incinéré dans un incinérateur agréé pour limiter l'émission de polluants) et qu'il ait été correctement déferailé.

Il n'est pas toujours simple de remplir et/ou de prouver que ces conditions sont remplies. Si c'est le cas, alors le bois de rebut peut être envisagé en chaudière bois.

Le bois de rebut peut être classé en trois catégories principales, qui sont celles utilisées par les professionnels (mais qui n'ont pas de valeur réglementaire) :

- Classe A : bois non traité et non souillé
 - Emballages lourds (palettes, caisses) : les palettes, qui représentent la très grande majorité du gisement sont de deux types : unirotation ou réutilisables. Les premières peuvent facilement être utilisées comme combustible bois, car il est facile de connaître le producteur qui peut garantir un bois exempt de traitement. Les secondes sont plus susceptibles d'avoir reçu un traitement de préservation ; il est alors nécessaire d'être en mesure de prouver qu'elles n'ont pas été traitées pour pouvoir les valoriser en chaufferie bois.
 - Emballages légers (cageots, cagettes, bourriches, boîtes à fromage, etc.) : ils ne subissent aucun traitement chimique pour leur préservation.
- Classe B – bois non dangereux : bois de démolition, portes, fenêtres, vieux meubles, panneaux de process, etc. qui comportent des colles, vernis et peintures. Certains de leurs adjuvants ou composants peuvent poser des problèmes de pollution. Ils sont dirigés vers des centres d'enfouissement techniques ou utilisés pour la fabrication de panneaux de particules (sous réserve d'un conditionnement spécifique) ; ils peuvent également être brûlés dans des chaufferies industrielles adaptées dans le cas de bois faiblement adjuvantés.
- Classe C – déchets dangereux : traités à la créosote (traverses de chemin de fer, poteaux téléphoniques, etc.) ou autoclavés et imprégnés de sels métalliques (piquets de vigne et d'arboriculture, écrans acoustiques, glissières de sécurité, etc.). Ils sont détruits en usine d'incinération de déchets spéciaux ou en fours de cimenterie.

Le volume collecté par les plateformes du territoire n'a pas pu être évalué. Toutefois, il apparaît que ces gisements trouvent actuellement des débouchés dans la mesure où ils sont collectés en plateformes, soit pour utilisation dans l'industrie (fabrication de panneaux) ou en bois énergie.

• Cultures dédiées de bois énergie

Les cultures étant de moindre qualité que la sylviculture traditionnelle, toute la production peut être utilisée pour le bois énergie. Puisque la qualité du bois importe moins, il devient possible d'augmenter la productivité des boisements en choisissant une sylviculture intense : le taillis courte rotation (TCR) voire très courte rotation (TTCR). Dans ces modes de culture, la révolution (périodicité des coupes) est très fortement raccourcie, le but étant de produire le maximum de biomasse en un minimum de temps.

Bien qu'il s'agisse de cultures pérennes, la fréquence de la récolte est beaucoup plus élevée que dans le cas de la sylviculture traditionnelle. Les itinéraires de cultures sont très différents, et le mode de gestion des parcelles également. C'est pourquoi les cultures énergétiques bois sont assimilées à des cultures agricoles plutôt qu'à des cultures sylvicoles. D'ailleurs, elles sont souvent mises en place par des exploitants agricoles.

Une étude a été réalisée en 2017 sur le potentiel de production d'énergies renouvelables sur les friches industrielles de la Métropole Européenne de Lille. Cette étude s'est intéressée notamment à la possibilité de mettre en place des cultures dédiées de biomasse sur ces friches. L'étude a porté sur 35 sites sélectionnés sur le territoire. Elle a montré que la production de biomasse combustible sur ces friches pouvait être économiquement viable sur des surfaces suffisamment importantes (de l'ordre de 100 ha), pouvant être obtenue sur plusieurs friches disjointes, et dans de contrats d'exploitation à long terme (garantissant des conditions de valorisation sur 20 à 30 ans). En première approche, l'étude a montré que sur les 35 sites étudiés, il serait possible de mobiliser dans ces conditions, sur 9 sites, de l'ordre de 580 tonnes de bois énergie, soit environ 3,2 GWh/an.

• Pailles de céréales et d'oléagineux

La **paille** est la partie de la tige de certaines graminées coupée lors de la moisson et rejetée, débarrassée des graines sur-le-champ par la moissonneuse-batteuse. La paille est la partie résiduelle du battage des céréales. Les pailles peuvent être laissées sur les parcelles pour servir d'engrais, être brûlées, ou être exportées pour une utilisation en litière ou fourrage. Elles peuvent également être valorisées sous forme énergétique, par combustion en chaudière, ou en tant que co-substrat pour la méthanisation.

La « **menue paille** » est composée de débris de paille, des enveloppes qui entourent les graines de céréales et qu'on appelle les « balles », de parties (tiges, graines ...) de mauvaises herbes. La menue paille peut être valorisée en litière animale, en compléments pour l'alimentation animale, mais également en combustion ou en co-substrat pour la méthanisation.

Les données de base permettant d'évaluer les ressources en pailles sont issues du recensement agricole 2010 de l'AGRESTE. Les données sont disponibles à la maille régionale, départementale, cantonale et communale. Le transport de cette ressource est cher à cause de son encombrement d'une part et de la dissémination de la ressource d'autre part. Il ne semble par conséquent pas envisageable de la mobiliser sur un territoire trop étendu. On considère par conséquent ici le gisement disponible à l'échelle des cantons du territoire seulement.

TYPE DE RESIDUS DE CULTURES	GISEMENT TOTAL [t MS]	GISEMENT MOBILISABLE [t MS]
Pailles de céréales	46 056	13 817
Pailles de Colza	138	69
Menues pailles de blé	13 818	13 818
Menues pailles de colza	173	173
Total	60 185	27 876

Figure 62 : Gisement de pailles et menue-paille sur le territoire

Source : AGRESTE 2010

À l'échelle de l'ancienne région Nord-Pas-de-Calais, le gisement mobilisable en paille a été estimé, dans le cadre de l'inventaire régional du gisement biomasse de la région Nord-Pas-de-Calais en 2010, à 141 500 tonnes par an. Toutefois, l'étude précise bien qu'« il faut modérer ces résultats. La vente de paille est très dépendante du prix. Celui-ci varie selon la saison et surtout selon la météo. Cette versatilité des prix est un premier frein pour une utilisation en tant que biomasse énergie. D'autre part, l'exportation de la matière organique est un sujet quelque peu sensible chez les céréaliers. Le ramassage des pailles, même raisonné, n'est pas toujours accepté, sauf dans le cas de l'échange paille-fumier. Ainsi, l'enquête menée par Cartopaille sur l'acceptabilité des agriculteurs à vendre la paille pour de l'énergie a montré que seuls 50 % des agriculteurs seraient prêts à le faire. En résumé, l'utilisation de la paille de céréales en énergie nécessiterait une bonne communication auprès des producteurs pour les inciter à participer à un projet. »

D'autre part, l'utilisation de cette ressource en combustion pose un certain nombre de problèmes techniques qui impliquent de recourir à des chaudières spécifiquement adaptées à ce combustible et dont le coût est plus élevé qu'une chaudière biomasse classique.

Etant donnés ces freins, il semble plus intéressant de mobiliser ce gisement pour une utilisation en méthanisation. Cette ressource n'est donc pas intégrée dans le gisement biomasse combustible.

- **Synthèse des gisements théoriques mobilisable**

Les gisements disponibles pour une utilisation en biomasse combustible sur le territoire sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Provenance	Rayon considéré	Gisement mobilisable t/an	Gisement mobilisable MWh/an	Remarque
Sous-produits forestiers	50 km	38 600	162 000	Inventaire « biomasse » NPDC 2010, ramené à la surface forestière du territoire
Elagage des bords de routes, entretien des haies	MEL	1 500	6 700	Inventaire « biomasse » NPDC 2010, ramené à la surface de prairies du territoire
Connexes de la transformation du bois	MEL	500	2 100	Gisement dispersé dans une quarantaine d'entreprises, pas de scieries sur le territoire
Bois de rebut - classe A Entretien des parcs & jardins	MEL	nc	nc	Collectés et traité avec déchets verts
Cultures dédiées sur friches et délaissés	35 sites étudiés (non exhaustif)	700	3 200	Pour des friches de taille importante, modèle économique existant à partir de 100 ha cultivés (sur sites disjoints mais géographiquement proches)
TOTAL		40 500	171 000	

Figure 63 : Gisement supplémentaire en biomasse combustible disponible sur le territoire de la MEL

Au total le gisement peut être évalué à environ 171 GWh/an supplémentaires pouvant être valorisés dans les chaufferies du territoire. Ce gisement supplémentaire est relativement faible puisqu'il ne représente que 18 % de la biomasse actuellement utilisée en combustion sur le territoire et 70 % de la biomasse valorisée par les 22 chaufferies collectives recensées sur le territoire.

La majorité de ce gisement provient de la ressource forestière qui semble relativement accessible. Toutefois, il faudra veiller à ce que le développement de projets biomasse n'entraîne pas une survalorisation du gisement car cela entraînerait la mobilisation d'un gisement géographiquement éloigné du territoire, générant des transports importants, et réduisant ainsi l'intérêt de cette valorisation en termes de limitation des émissions de gaz à effet de serre.

Freins et opportunités au développement des filières biomasse sur le territoire

	Type de critère	Frein	Niveau d'enjeu	Moyen d'action / commentaires
"Aspects réglementaires"	Réglementaire	Démarche administrative		Déclaration ICPE à partir de 2 MW et autorisation à partir de 20 MW
	Architecturale	Impact visuel des chaufferies et des cheminées		Editer un guide pour l'intégration architecturale des chaufferies.
"Contexte de développement"	Environnemental	Impact du bois énergie sur la qualité de l'air lorsque les équipements sont anciens Réduction des émissions de GES plus faibles si la ressource n'est pas locale		Editer un guide de vulgarisation à destination des populations et promouvoir les équipements performants et le renouvellement des équipements en collaboration avec les fournisseurs de matériel. Charte de qualité du combustible.
	Sociologique	Nuisances liées à la livraison des combustibles		Etudier l'opportunité de chaufferie bois en amont de la programmation des zones d'aménagement pour prévoir les emplacements adaptés.
	Institutionnel	Pas de volonté de la part des promoteurs		Imposer le recours à la biomasse dans les règlements de ZAC. Communiquer sur les avantages de la filière auprès des professionnels
	Industriel	Disponibilité de la technologie		Si on laisse de côté la cogénération, les équipements sont largement éprouvés.
	Foncier	Nécessite un espace supplémentaire pour la livraison du combustible, le silo de stockage		Etudier l'opportunité de chaufferie bois en amont de la programmation des zones d'aménagement pour prévoir les emplacements adaptés.
"Potentiel de développement"	Mobilisation de la ressource	Ressources forestières supplémentaires principalement dans le domaine privé Autres ressources très diffuses		Favoriser les regroupements d'exploitants et organiser la création de plateformes d'approvisionnement.

	Concurrentiel	Concurrence des autres filières et des énergies fossiles Concurrence des autres débouchés de la ressource : bois industrie		Le bois énergie est concurrencé mais présente un avantage de stabilité des prix qui l'avantage sur la durée de vie des équipements, les projets doivent être appréhendés en coût global.
	Economique	Modèle économique incertain pour les cultures dédiées sur friches		Mise en place de contrats multipartites de longs termes avec des exploitants sur des parcelles regroupées > 100ha
	Financière	Le seuil de déclenchement du fond chaleur pénalise les petits projets		Pour permettre le financement de projets < 12 GWh/an, candidature à l'appel à projets régional - Contrat de Développement des Energies Renouvelables

Conditions de valorisation des gisements théoriques

L'opportunité de mobilisation des gisements théoriques présentés dans ce chapitre dépend de nombreux facteurs qui doivent être pris en compte dans la définition de scénarios et d'objectifs de développement de la filière. Ces facteurs peuvent être liés aux freins et opportunités présentés précédemment, d'ordre technique (faisabilité des solutions selon le type de bâti et ses équipements), économique (rentabilité des solutions, capacité de financement des propriétaires) ou organisationnel (existence de professionnels compétents sur le territoire, organisation des acteurs de la filière, incitations existantes, connaissance des filières par les professionnels et les maîtres d'ouvrage).

Afin que le développement des filières de production d'énergie renouvelable sur le territoire ne suive pas une trajectoire tendancielle (filières les plus rentables, obligations réglementaires, incitations nationales), il est nécessaire d'orienter ce développement vers une trajectoire volontariste par un certain nombre d'actions de la collectivité et de ses partenaires. Ces actions permettront de lever les freins et limites à ce développement afin de valoriser au mieux le gisement théorique.

Le gisement théorique présenté ici, représente le gisement en biomasse mobilisable au niveau local pour l'alimentation de chaufferies. Toutefois, si ce gisement représente une limite maximale de mobilisation, ce gisement mobilisable ne sera pas nécessairement mobilisé en totalité. La part du gisement qui sera réellement mobilisée dépend en fait des possibilités de création de chaufferies qui valoriseront cette ressource et par conséquent du nombre de bâtiments qui pourront utiliser cette ressource via des installations individuelles ou collectives.

Concernant la filière **bois énergie**, la mobilisation du gisement est conditionnée par :

- **Les contraintes techniques :** les possibilités de création d'une installation fonctionnant au bois énergie sur un bâtiment existant : création d'un conduit d'évacuation des fumées, alimentation en combustible de la chaufferie, création et alimentation du silo de stockage du combustible pour les chaufferies collectives, remplacement d'un équipement de chauffage et/ou de production d'eau chaude sanitaire collectif et centralisé (chaudière collective pour un immeuble, radiateurs à eau chaude). Il n'y a pas de contraintes techniques pour les bâtiments neufs, ce type d'installation doit être intégrée dès la définition du projet architectural ;
- **Les contraintes réglementaires :** contraintes pour l'accès des camions de livraison du combustible, intégration architecturale de la chaufferie et des cheminées ;
- **Les contraintes socio-économiques :** le statut d'occupation (propriétaire occupant, locataire, copropriété) et le revenu des ménages impactent la possibilité de développer un projet. D'autre part, le type d'équipement à remplacer impactera l'intérêt économique de la solution bois énergie (plus rentable pour une installation au fioul ou gaz propane qu'au gaz naturel).

2.2.4 Géothermie

Une présentation technique complète de la filière est consultable en «

Annexe 4 - Description technique de la filière géothermie ».

Production actuelle

La Banque de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM permet d'identifier une partie des installations géothermiques sur le territoire. 64 installations sont géolocalisées sur le territoire, mais leur production n'est pas connue.

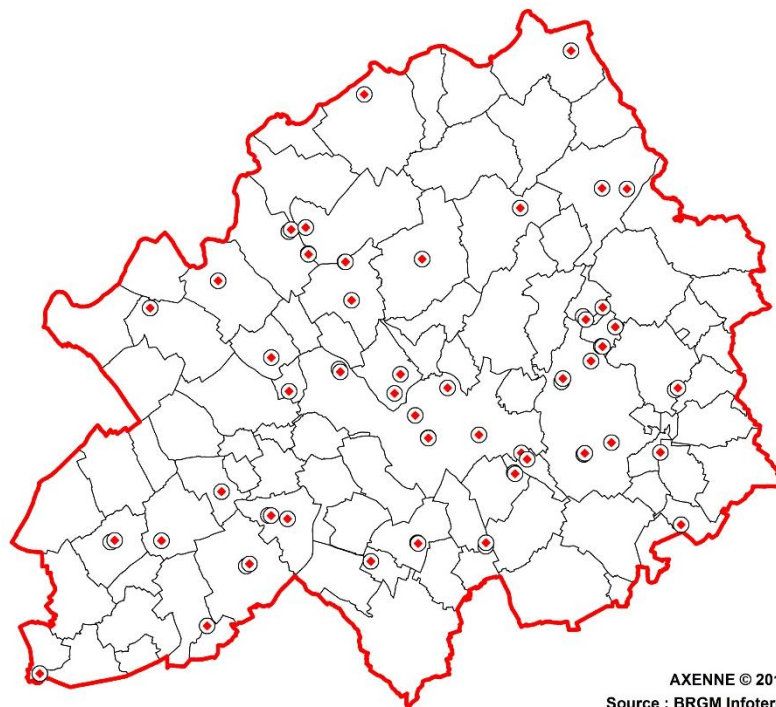
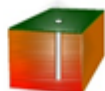


Figure 64 : Installations géothermiques recensées par le BRGM sur le territoire de la MEL

En réalité, il y a probablement plus d'installations géothermiques sur le territoire. Cependant, dans la mesure où il n'y a pas d'obligation de déclarer des installations de moins de 10 m de profondeur, la carte ne montre qu'une partie des installations existantes.

Les installations géothermiques non déclarées ne sont ni recensées ni suivies par un organisme au niveau local ou régional. La seule information disponible provient de l'Association Française pour les Pompes à Chaleur (AFPAC) qui fournit les statistiques annuelles des ventes de pompes à chaleur géothermiques sur le territoire national, pour des puissances comprises entre 5 kW et 50 kW.

Ainsi, le nombre d'**installations géothermiques de faible profondeur** est estimé par une règle de trois sur le nombre de maisons présentes sur le territoire au regard du nombre total de maisons en métropole.

Géothermie (Estimation) nb installations production <u>renouvelable</u> (MWh/an)		2 112 32 521 MWh/an
---	--	------------------------

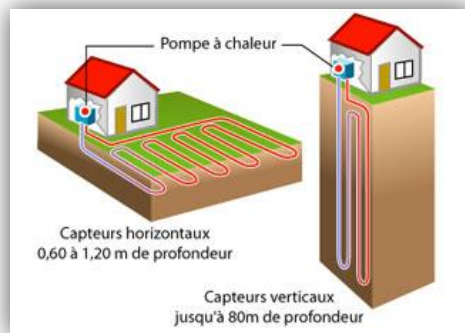
Projets recensés

Aucun projet n'a été identifié sur le territoire.

Gisements bruts

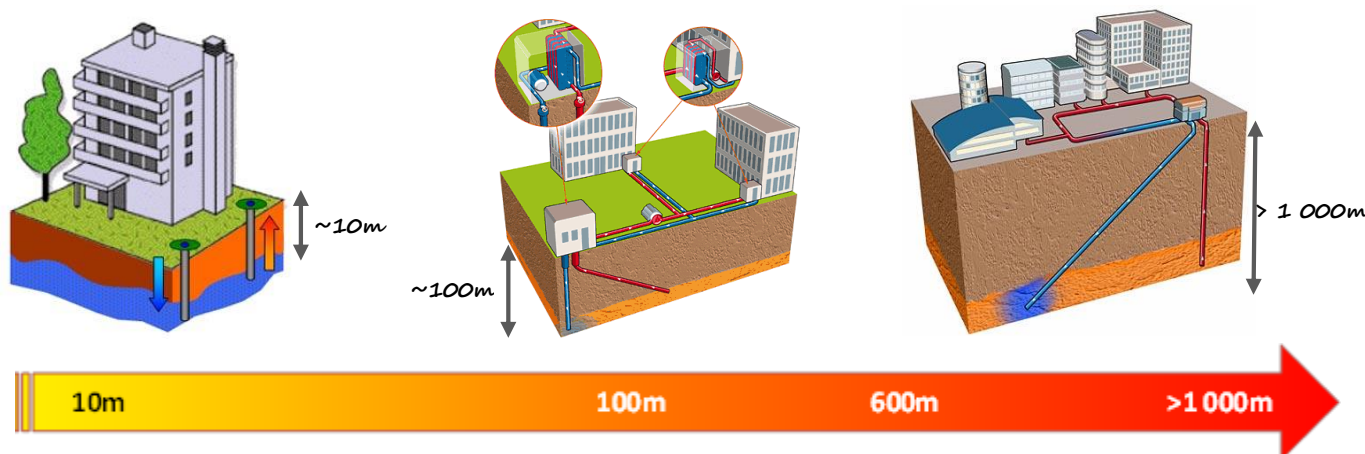
La géothermie est l'exploitation de la chaleur du sous-sol. Elle peut se faire à travers deux types d'installations :

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



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

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



Les ressources accessibles en dessous de 600m ont généralement une température inférieure à 30°C, il s'agit de géothermie très basse énergie.

Au-delà de 600m les températures atteignent généralement entre 30° et 90°C, il s'agit de géothermie basse énergie.

- **Pompes à chaleur sur capteurs horizontaux**

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



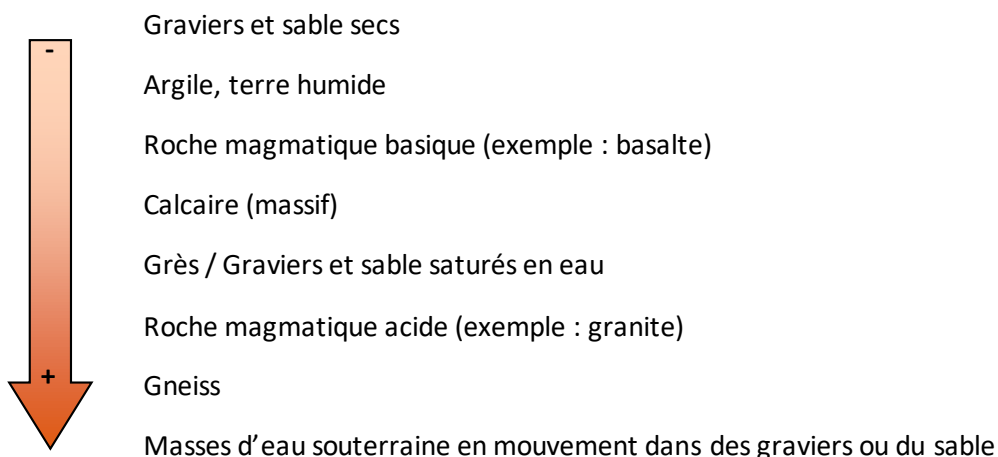
Capteurs horizontaux
© geothermie-perspectives.fr, ADEME-BRGM

Remarque : les pompes à chaleur géothermiques sur capteurs horizontaux nécessitent de disposer d'une surface de terrain suffisante pour les capteurs. En moyenne, on estime la surface nécessaire de capteurs à 1,5 à 2 fois la surface habitable à chauffer. Ainsi, le chauffage d'une habitation de 150 m² nécessitera entre 225 et 300 m² de jardin utilisable. Ce type d'équipement est donc a priori réservé aux maisons individuelles neuves : il paraît plus difficile de décaisser un terrain sur lequel on peut trouver des arbres, un jardin, etc. Cependant, les investissements à consentir pour ce type de chauffage ne sont plus justifiés au regard des faibles besoins de chauffage des maisons neuves. Ce type d'installation ne sera donc pas traité ici.

- **Pompes à chaleur sur capteurs verticaux**

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

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



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

En tenant compte de la réglementation sur la géothermie de minime importance, il est possible de réaliser ce type d'installation n'importe où sur le territoire. Seules les performances de l'installation vont varier en fonction des caractéristiques des terrains traversés.

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

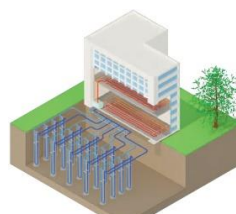


Sondes verticales

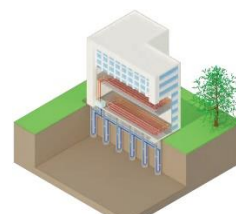
© geothermie-perspectives.fr, ADEME-BRGM



Echangeurs compacts



Champ de sondes



Fondations thermoactives

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

• Pompes à chaleur sur nappe

Un atlas du potentiel d'utilisation des aquifères superficiels accompagné d'un outil d'aide à la décision en matière de géothermie très basse énergie a été réalisé par le BRGM sur la région Nord-Pas-de-

Calais. Pour chaque aquifère superficiel, des données telles que la profondeur, l'épaisseur, la température, le débit, la minéralisation, le potentiel géothermique voire la puissance possible à installer, etc. sont disponibles.

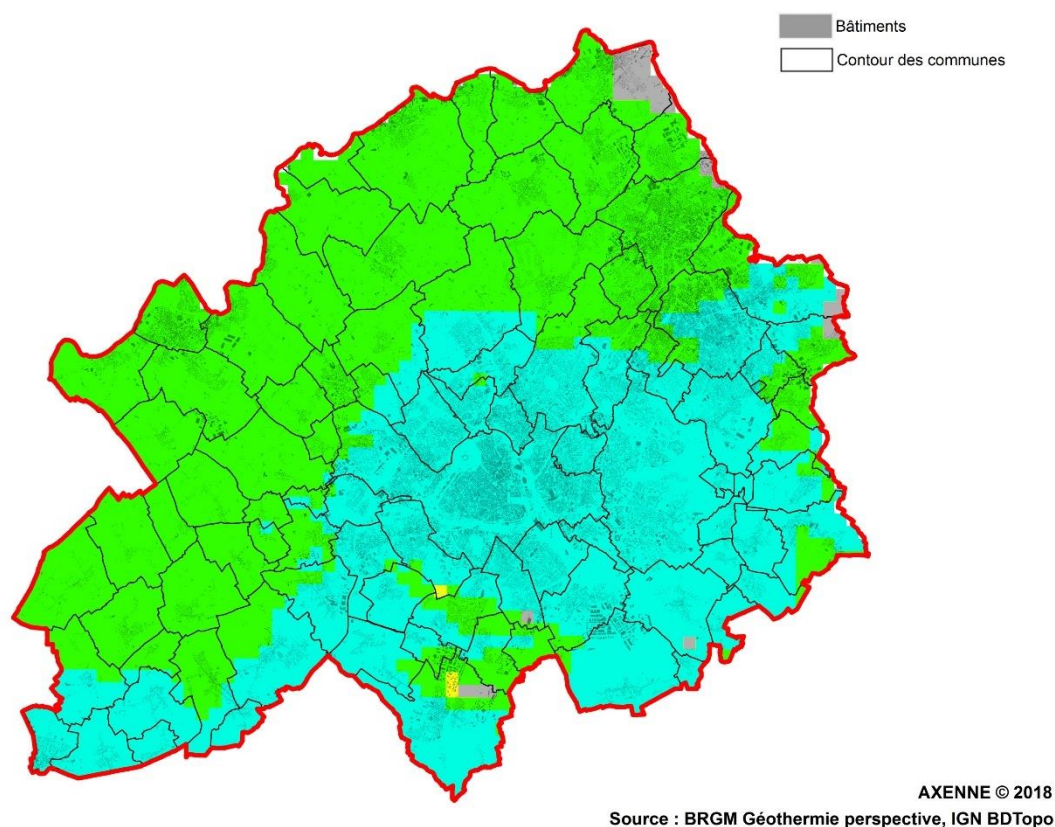


Figure 65 : Potentiel de géothermie sur nappe sur le territoire de la MEL

Source : Géothermie Perspectives

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

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

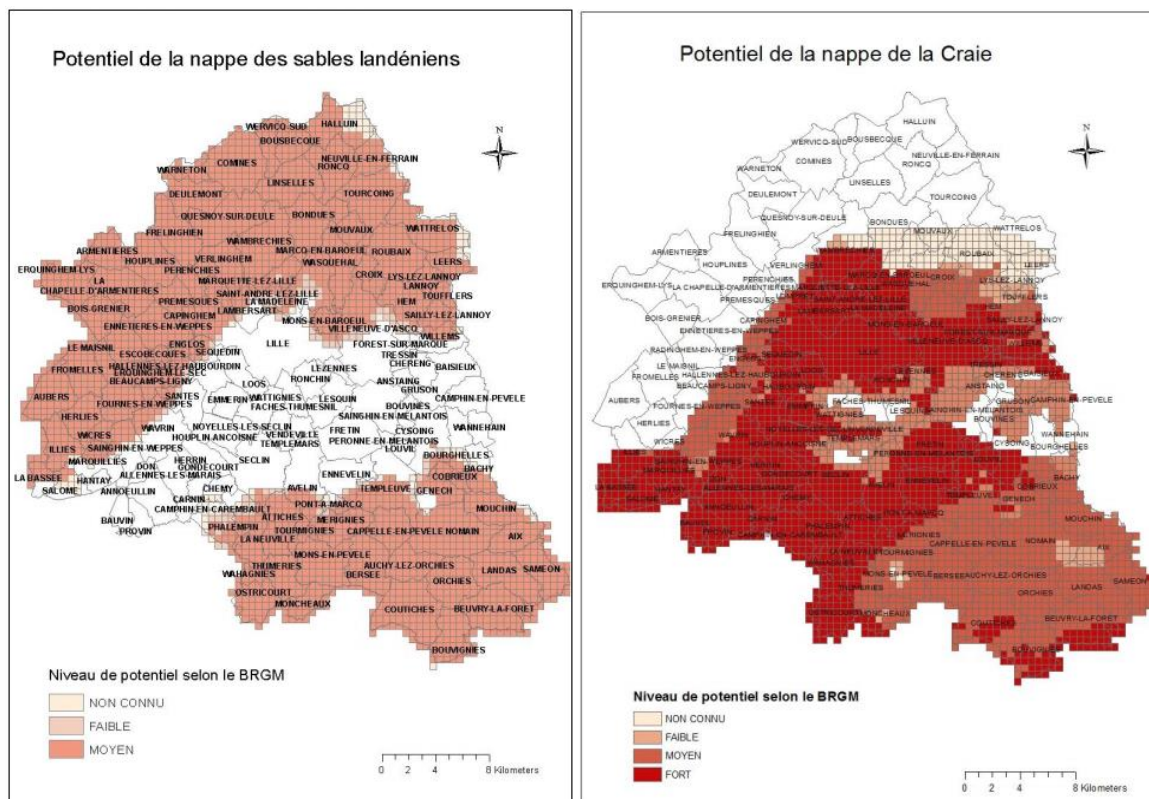
➔ Le **potentiel de la géothermie sur nappe est connu et fort sur une partie du territoire. Il pourrait être intéressant sur d'autres zones du territoire**, mais des analyses précises accompagnées de tests sur le terrain doivent être réalisées pour valider la pertinence du projet.

Trois nappes d'extension importantes sont présentes sur le territoire :

- La nappe des sables Landéniens est présente sur la plus grande partie du nord de la zone (zone verte). En revanche elle offre des débits souvent faibles et de plus son niveau statique proche de la surface est un gros handicap pour la réinjection de l'eau refroidie après usage.

- La nappe de la Craie présente un potentiel moyen à fort représenté sur la carte par la zone en bleu, les secteurs à potentiel plus faibles sont associés à des zones où la nappe est plus profonde.
- La nappe des calcaires carbonifères est une excellente cible car les débits potentiels sont très élevés, en revanche l'extension géographique limitée (zone de Lille et Avesnois) ainsi que la profondeur des forages pour la mettre en production sont des facteurs limitants.

Les cartes ci-dessous indiquent le potentiel géothermique sur les trois nappes du territoire, tel qu'identifié par le BRGM.



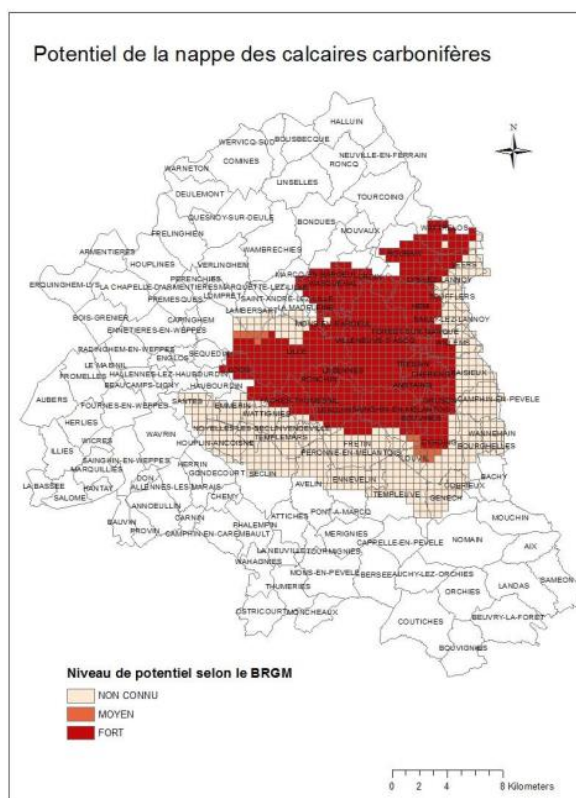


Figure 66 : Potentiel de géothermie sur les principales nappes de la MEL

Source : Prospective et questions de développement dans la métropole lilloise, ADULM 2014

Gisements théoriques

- **Contraintes**

GÉOTHERMIE DE MINIME IMPORTANCE

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

Le BRGM et le CEREMA ont établi une carte des zones relatives à la géothermie de minime importance¹⁵ pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie. Cette carte s'appuie sur une méthodologie d'élaboration prenant en compte neuf phénomènes redoutés pouvant apparaître lors d'un forage géothermique de minime importance :

¹⁵ Sont considérées comme des exploitations de gîtes géothermiques à basse température relevant du régime de la minime importance :

- Les activités recourant à des échangeurs géothermiques fermés (géothermie sur capteurs verticaux) dont la profondeur de forage est inférieure à 200m et dont la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW.
- Les activités recourant à des échangeurs géothermiques ouverts (géothermie sur nappe) dont la température de l'eau prélevée est inférieure à 25°C, dont la profondeur de forage est inférieure à 200m et dont la puissance thermique maximale prélevée du sous-sol et utilisée pour l'ensemble de l'installation est inférieure à 500 kW. Les eaux prélevées doivent être en totalité réinjectées dans le même aquifère. Les débits prélevés ou réinjectés doivent être inférieurs à 80 m³/h.

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

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

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

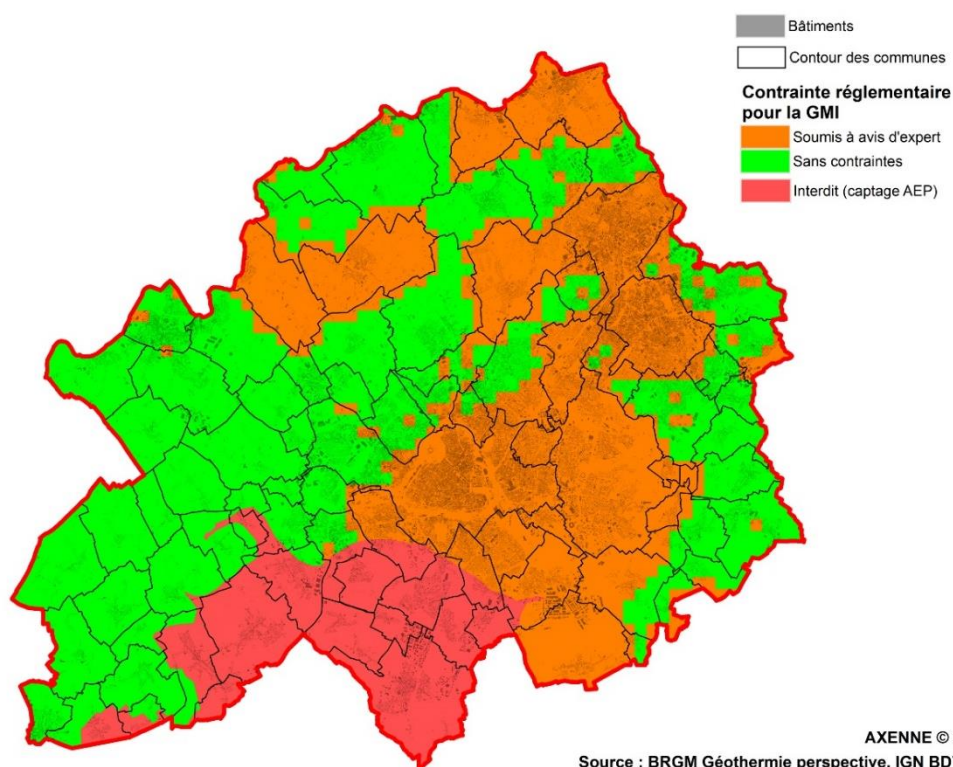


Figure 67 : Zonage réglementaire pour la géothermie de minime importance sur sondes

Contraintes pour la géothermie de minime importance sur nappes

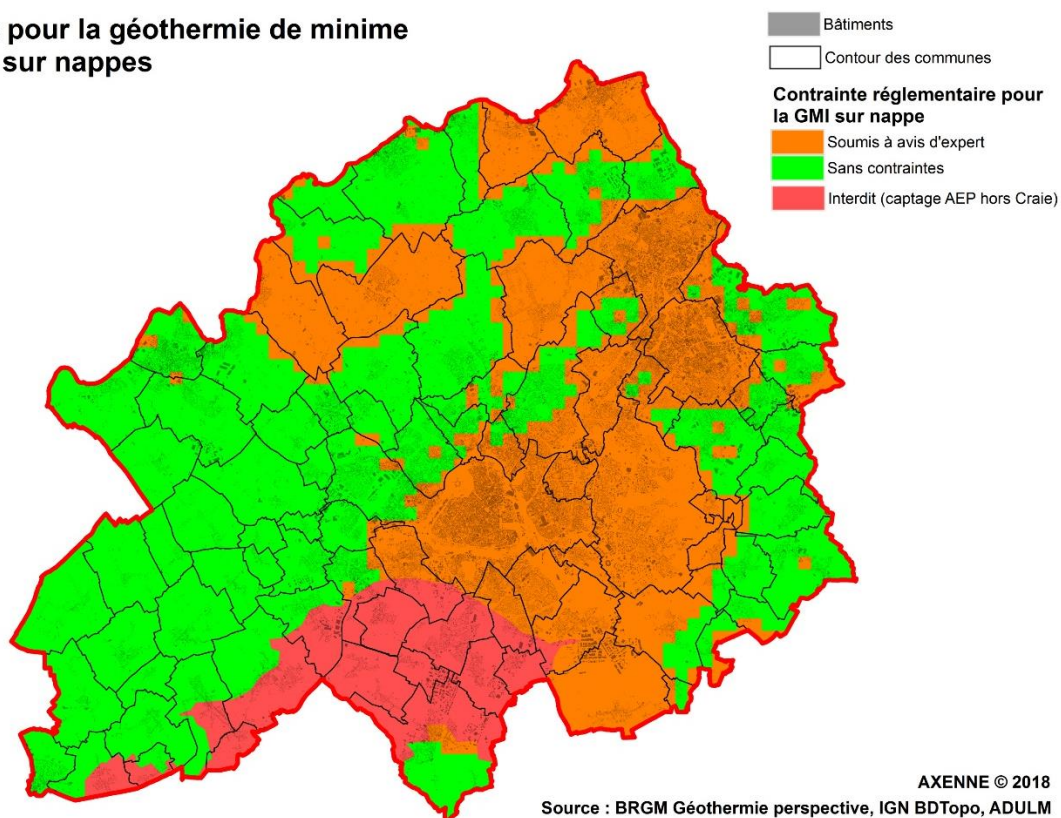


Figure 68 : Zonage réglementaire pour la géothermie de minime importance sur nappe

L'avis d'un expert est requis sur plusieurs communes du territoire, dont certaines sont intégralement concernées. Les contraintes ayant mené à ce classement rencontré sur le territoire sont les suivantes :

- risque de mise en relations de plusieurs aquifères souterrains,
- sols pollués,
- risque d'inondation par remontée de nappe,
- cavités souterraines (notamment catiches).

D'autre part, les Aires d'Alimentation de Captage d'eau potable (AAC) représentent des zones dans lesquelles la réglementation sur la Géothermie de Minime Importance ne s'applique pas. D'après les hydrogéologues de la métropole lilloise, ces zones doivent être préservées du fait des conséquences déplorables que pourraient avoir un accident ou des négligences liées aux installations sur la qualité de l'eau prélevée pour l'eau potable.

L'étude de l'ADULM sur le potentiel géothermique de la métropole de 2014 indique les éléments suivants :

« Ces champs captants ont fait l'objet d'une Déclaration d'Utilité Public (DUP), ils présentent donc des Périmètres de Protection Rapprochée (PPR) dans lesquels tout forage est interdit. Dans le périmètre délimité par cette DUP, même les capteurs horizontaux –qui ne dépassent pas une profondeur de 2 mètres, sont interdits.

Pour la géothermie par sondes géothermiques verticales, les hydrogéologues de la communauté urbaine de Lille ont préféré interdire toute l'aire d'alimentation des champs captants du fait des risques de contamination de nappe en cas de non-respect des règles de réalisation d'un forage.

Pour la géothermie sur nappe, l'aire d'alimentation des champs captants de Lille sud présentait certaines zones où la géothermie sur nappe était autorisée si et seulement si la nappe de la Craie se présentait en premier aquifère. »

Par conséquent, la carte ci-dessus indique pour la géothermie verticale, une zone rouge correspondante aux champs captants sur laquelle ce type d'installation est interdite. Sur la carte de la réglementation pour la géothermie sur nappe, la zone rouge représente la zone de captage AEP dans laquelle la nappe de la Craie ne se présente pas en premier aquifère.

• **Gisement théorique surfacique**

L'étude de l'ADULM sur le potentiel géothermique de la métropole de 2014 a étudié le potentiel des différentes technologies.

GEOTHERMIE SUR SONDES VERTICALES

Le gisement théorique de la géothermie sur sondes verticales a été estimé en considérant un potentiel moyen du sous-sol de 35W/ml et une profondeur de sondes de 100m. L'étude prend en compte l'écartement minimal des sondes qui doit être d'environ 10m et un fonctionnement moyen de 2000 h/an.

Ce potentiel théorique est appliqué au territoire en ne considérant que les parcelles du territoire déjà bâti (pouvant utiliser la ressource) et en excluant les zones de contraintes identifiées précédemment. D'autre part, ce potentiel est ensuite comparé à la consommation d'énergie localisée sur le territoire par commune afin de le limiter au maximum à cette consommation (on ne peut nécessairement pas exploiter plus de chaleur du sol qu'on en consomme).

Le potentiel net calculé s'élève ainsi à 14 760 GWh/an. Toutefois, ce potentiel recouvre la consommation des communes pour la plupart d'entre elles. Dans ce cas, le gisement correspond donc finalement à la consommation de ces communes.

GEOTHERMIE SUR NAPPE

Le gisement théorique de la géothermie sur nappe a été estimé en considérant le potentiel extractible dans les différentes nappes du territoire (débits exploitables identifiés par le BRGM, écartement des forages de 25m, fonctionnement 200 h/an à pleine charge).

Ce potentiel théorique est appliqué au territoire en ne considérant que les parcelles du territoire déjà bâti (pouvant utiliser la ressource) et en excluant les zones de contraintes identifiées précédemment. Le potentiel net calculé s'élève ainsi à 564 GWh/an.

- **Gisement théorique sur les bâtiments**

Un croisement du potentiel avec les catégories de bâtiments de la BDTopo permet d'estimer les surfaces favorables pour la mise en œuvre de ces installations. D'une part relativement au potentiel des nappes :

Typologie	Surface totale (m²)	Potentiel géothermie sur nappe			
		Fort	Moyen	Faible	Non connu
Maison	28 277 847	55%	43%	0%	2%
Immeuble	9 476 245	71%	28%	0%	1%
Bâtiment industriel	14 438 355	51%	46%	1%	2%
Bâtiment commercial	1 383 594	71%	26%	0%	3%
Bâtiment sportif	776 742	65%	34%	0%	1%
	54 352 784	58%	41%	0,2%	1,6%

Et d'autre part relativement aux niveaux de contraintes de la réglementation GMI et des champs captant AEP pour la géothermie sur sonde et sur nappes :

Typologie	Surface totale (m²)	Contrainte géothermie sur sondes		
		Pas de contrainte	Avis d'expert	Interdit
Maison	28 277 847	38%	53%	9%
Immeuble	9 476 245	18%	78%	4%
Bâtiment industriel	14 438 355	33%	57%	10%
Bâtiment commercial	1 383 594	35%	48%	17%
Bâtiment sportif	776 742	33%	59%	8%
	54 352 784	33%	58%	9%

Typologie	Surface totale (m ²)	Contrainte géothermie sur nappe		
		Pas de contrainte	Avis d'expert	Interdit
Maison	28 277 847	38%	55%	7%
Immeuble	9 476 245	18%	78%	3%
Bâtiment industriel	14 438 355	33%	59%	9%
Bâtiment commercial	1 383 594	35%	50%	15%
Bâtiment sportif	776 742	33%	59%	7%
	54 352 784	33%	60%	7%

Enfin, on considère les bâtiments existants qui pourront potentiellement être équipés de ce type de système. A savoir :

- Pour les sondes verticales : il est très difficile de mettre en œuvre ce type de système sur des bâtiments existants, du fait de l'absence de surface disponible pour les forages ou pour l'accès des engins de forages dans l'existant. C'est pourquoi on considère que ce type de système ne pourra être mis en œuvre que sur des maisons existantes. D'autre part, la mise en œuvre peut être réalisée en substitution d'un système de radiateurs existants, la mise en place dans une maison équipée de systèmes électriques étant trop lourde et trop coûteuse.
- Pour les nappes : la réalisation d'un pompage sur nappe est généralement trop coûteuse et contraignante pour être viable dans le cas d'une installation sur une maison, on ne considère ainsi que les bâtiments collectifs. D'autre part, le remplacement d'un système existant par un système géothermique n'est possible que dans le cas d'un système de chauffage collectif.

Etant données ces hypothèses, on peut estimer le gisement mobilisable sur les bâtiments existants en prenant en compte :

- Les consommations de chauffage des maisons, chauffées au gaz naturel, fioul ou gaz propane (système de chauffage hydraulique), situées en dehors des zones d'interdiction pour la géothermie sur sonde.
- Les consommations de chauffage et d'ECS¹⁶ des immeubles de logements situés dans une zone de potentiel fort¹⁷, dont le système de chauffage est collectif au niveau de l'immeuble et situés en dehors des zones d'interdiction pour la géothermie sur nappe.
- Les consommations de chauffage des bâtiments tertiaires situés en dehors des zones d'interdiction pour la géothermie sur nappe.

Les gisements correspondants sont détaillés dans le tableur ci-dessous selon si l'on ne prend en compte que les zones sans contraintes ou soumis à avis d'expert au sens de la réglementation GMI.

¹⁶ La production conjointe de chauffage et d'ECS par la géothermie est possible dans le cas de bâtiments ayant des consommations d'ECS suffisantes sur l'année tels que les immeubles de logements.

¹⁷ Le potentiel moyen correspond généralement à des débits mobilisables insuffisant pour alimenter un bâtiment collectif existant.

Gisement disponible sans contraintes			Gisement disponible sous avis d'expert		
Gisement sur les maisons <i>(sondes verticales)</i>	Gisement sur les logements collectifs <i>(nappe)</i>	Gisement sur les bâtiments tertiaires <i>(nappe)</i>	Gisement sur les maisons <i>(sondes verticales)</i>	Gisement sur les logements collectifs <i>(nappe)</i>	Gisement sur les bâtiments tertiaires <i>(nappe)</i>
1 334 GWh/an	92 GWh/an	236 GWh/an	2 078 GWh/an	879 GWh/an	1 004 GWh/an
1 661 GWh/an			3 961 GWh/an		

En considérant un gisement limité aux zones sans aucune contrainte, le gisement théorique substituable par des sondes verticales serait de 1 334 GWh/an et le gisement théorique substituable par de la géothermie sur nappes de 328 GWh/an.

Rappelons que ce gisement étant mobilisé par l'intermédiaire de pompes à chaleur, seule une partie de l'énergie fournie aux bâtiments est issue du sol ou de la nappe, et par conséquent considérée comme renouvelable. Cette part d'énergie peut être calculée à l'aide d'un coefficient de performance, qui représente le ratio entre l'énergie fournie et l'énergie primaire utilisée par la pompe à chaleur (électricité ou gaz naturel). Ce coefficient varie selon les caractéristiques de la source d'énergie. Pour la géothermie sur sondes et sur nappe, il est en moyenne de 4¹⁸.

En appliquant ces coefficients, le gisement d'énergie renouvelable théorique sans contraintes représente 1 000 GWh/an pour la géothermie sur sondes et 250 GWh/an pour la géothermie sur nappe.

¹⁸ Rappelons que pour considérer l'énergie fournie par une PAC comme énergie renouvelable, celle-ci doit posséder un COP supérieur à 2,47.

Freins et opportunités au développement des filières géothermiques sur le territoire

	Type de critère	Frein	Niveau d'enjeu	Moyen d'action / commentaires
"Aspects réglementaires"	Réglementaire	Démarches administratives		Procédure simplifiée pour les installations très basse énergie <200m dans les zones soumises à la géothermie de minime importance.
"Contexte de développement"	Sociologique	Méconnaissance de la filière, confusions, mauvaise image liée à des contres-références		Editer un guide de vulgarisation à destination des populations, promoteurs, aménageurs et services techniques. Valoriser les retours d'expériences.
	Environnemental	Nombreuses zones soumises à « avis d'expert » sans garantie de faisabilité		Approfondir les possibilités de réalisation dans ces zones par des études approfondies et des retours d'expériences.
	Institutionnel	Pas de volonté de la part des promoteurs. Etudes approfondies nécessaires pour valider la faisabilité		Imposer le recours à la géothermie dans les règlements de ZAC. Communiquer sur les avantages de la filière auprès des professionnels Réaliser des projets exemplaires sur les équipements publics afin de mieux connaître la ressource sur le territoire.
	Industriel	Disponibilité de la technologie.		Les équipements sont largement éprouvés.
	Foncier	Nécessite un espace supplémentaire pour l'implantation des forages et des équipements de surface		Etudier l'opportunité de la géothermie en amont de la programmation des zones d'aménagement pour prévoir les emplacements adaptés.
"Potentiel de développement"	Mobilisation de la ressource	Projets difficiles à mettre en œuvre dans l'existant : accès et réalisation des forages		
	Concurrentiel	Concurrence des autres filières et des énergies fossiles		La géothermie est concurrencée mais présente un avantage de stabilité des prix qui l'avantage sur la durée de vie des équipements, les projets doivent être appréhendés en coût global.

	Financière	Le seuil de déclenchement du fond chaleur pénalise les petits projets		Pour permettre le financement de projets < 12 GWh/an, candidature à l'appel à projets régional - Contrat de Développement des Energies Renouvelables
--	-------------------	---	--	--

Conditions de valorisation des gisements théoriques

L'opportunité de mobilisation des gisements théoriques présentés dans ce chapitre dépend de nombreux facteurs qui doivent être pris en compte dans la définition de scénarios et d'objectifs de développement de la filière. Ces facteurs peuvent être liés aux freins et opportunités présentés précédemment, d'ordre technique (faisabilité des solutions selon le type de bâti et ses équipements), économique (rentabilité des solutions, capacité de financement des propriétaires) ou organisationnel (existence de professionnels compétents sur le territoire, organisation des acteurs de la filière, incitations existantes, connaissance des filières par les professionnels et les maîtres d'ouvrage).

Afin que le développement des filières de production d'énergie renouvelable sur le territoire ne suive pas une trajectoire tendancielle (filières les plus rentables, obligations réglementaires, incitations nationales), il est nécessaire d'orienter ce développement vers une trajectoire volontariste par un certain nombre d'actions de la collectivité et de ses partenaires. Ces actions permettront de lever les freins et limites à ce développement afin de valoriser au mieux le gisement théorique.

Le gisement théorique présenté ici, représente le gisement de chaleur mobilisable au niveau local qui peut être extrait du sol ou des nappes. Toutefois, si ce gisement représente une limite maximale de mobilisation, ce gisement mobilisable ne sera pas nécessairement mobilisé en totalité. La part du gisement qui sera réellement mobilisée dépend en fait des possibilités de réalisation d'installations qui valoriseront cette ressource et par conséquent du nombre de bâtiments qui pourront utiliser cette ressource via des installations individuelles ou collectives.

Concernant la filière **géothermie**, la mobilisation du gisement est conditionnée par :

- **Les contraintes techniques** : les possibilités de création d'une installation fonctionnant à la géothermie sur un bâtiment existant : emplacement disponible pour réaliser les forages sur la parcelle, accès pour les engins de forage, remplacement d'un équipement de chauffage et/ou de production d'eau chaude sanitaire collectif et centralisé (chaudière collective pour un immeuble, radiateurs à eau chaude) et remplacement la plupart du temps des émetteurs existants par des émetteurs basse température (radiateurs basse température, plancher chauffant). Il n'y a pas de contraintes techniques pour les bâtiments neufs en dehors de la surface nécessaire à la réalisation des forages, ce type d'installation doit être intégrée dès la définition du projet architectural ;
- **Les contraintes réglementaires** : possibilité ou non de forage dans les zones soumises à avis d'expert, contraintes locales liées à l'utilisation de la ressource pour d'autres usages limitant le débit mobilisable localement ;
- **Les contraintes socio-économiques** : le statut d'occupation (propriétaire occupant, locataire, copropriété) et le revenu des ménages impactent la possibilité de développer un projet. D'autre part, le type d'équipement à remplacer impactera l'intérêt économique de la solution géothermie (plus rentable pour une installation au fioul ou gaz propane qu'au gaz naturel).

2.2.5 Aérothermie

Production actuelle

Les installations aérothermiques ne sont ni recensées ni suivies par un organisme au niveau local ou régional. La seule information disponible provient de l'Association Française pour les Pompes à Chaleur (AFPAC) qui fournit les statistiques annuelles des ventes de pompes à chaleur sur le territoire national.

Ainsi, le nombre d'installations aérothermiques est estimé par une règle de trois sur le nombre de maisons présentes sur le territoire au regard du nombre total de maisons en métropole.

Aérothermie - pompes à chaleur (Estimation)	
nb d'installations	10 259
production renouvelable (MWh/an)	122 775 MWh/an

Gisements bruts

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

Il n'y a que peu de contraintes à l'installation des systèmes utilisant des pompes à chaleur (air/air et air/eau). Par contre, ils présentent plusieurs inconvénients :

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

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

Gisement théorique

Le gisement théorique total sur les bâtiments existants représente l'ensemble des consommations de chauffage et d'ECS des logements et des bâtiments tertiaires soit environ 9 755 GWh/an. Rappelons que ce gisement étant mobilisé par l'intermédiaire de pompes à chaleur, seule une partie de l'énergie fournie aux bâtiments est issue de l'air, et par conséquent considérée comme renouvelable. Cette part d'énergie peut être calculée à l'aide d'un coefficient de performance, qui représente le ratio entre l'énergie fournie et l'énergie primaire utilisée par la pompe à chaleur (électricité ou gaz naturel). Ce coefficient varie selon les caractéristiques de la source d'énergie. Pour l'aérothermie, il est en moyenne sur une année de 2,5¹⁹. En appliquant ce coefficient, le gisement d'énergie renouvelable théorique représente 5 850 GWh/an.

¹⁹ Rappelons que pour considérer l'énergie fournie par une PAC comme énergie renouvelable, celle-ci doit posséder un COP supérieur à 2,47 (voir § 0)

2.2.6 Biogaz

Production actuelle

6 installations de méthanisation ont été recensées sur le territoire :

- Parmi ces installations, 3 d'entre elles sont des unités créées par des industries agroalimentaires afin de traiter les déchets issus des procédés de fabrication, et dont le biogaz produit est valorisé sous forme de chaleur utilisée pour les besoins internes.
- Une installation a été mise en service sur la station d'épuration Owilléo de Marquette-lez-Lille en 2015 afin de traiter les boues de la station. Cette unité valorise le biogaz produit en cogénération, l'électricité produite à hauteur de 4 800 MWh/an est injectée sur le réseau électrique, la chaleur étant utilisée en interne pour la méthanisation et le chauffage des locaux.
- Une installation a été mise en service sur le Centre de Valorisation Organique de Sequedin en 2007. Cette installation traite les biodéchets issus de la collecte sélective auprès des particuliers et entreprises de la restauration sur le territoire. Le biogaz produit représente 639 500 Nm³ en 2016 (soit environ 6 360 MWh/an d'énergie primaire) et est injecté sur le réseau de gaz naturel.
- Enfin une installation agricole a été inaugurée en 2018 à Comines. Elle traite des lisiers d'élevage et valorise le biogaz produit par cogénération, avec une puissance électrique de 44 kWe.

Projets recensés

2 projets d'installations agricoles ont été recensés sur le territoire, ces projets envisagent d'injecter le biogaz produit sur le réseau de gaz naturel ; Ces projets sont actuellement à l'étude de faisabilité et sont situés dans le nord du territoire (Vallée de la Lys).

Par ailleurs, la méthanisation agricole fait l'objet d'une forte dynamique en région Hauts de France.

Gisements bruts

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

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

Les déchets organiques pouvant être valorisés en méthanisation proviennent de différents types de producteurs :

- Les déchets organiques des **exploitations agricoles** sont principalement des effluents d'élevage (lisiers, fumiers) ainsi que des résidus de cultures (pailles de céréales ou d'oléagineux, cannes de maïs). Il est également possible de dédier certaines parcelles à l'exploitation de cultures.
- Les déchets organiques des **industries agroalimentaires** sont de natures très variées. Par exemple, une industrie de préparation de viande produira des graisses de cuisson, des sous-

produits animaux, ainsi que des effluents. Une usine de fabrication de lait produira du lactosérum et des effluents, etc. L'industrie peut également être amenée à produire des boues et graisses si elle dispose d'une station d'épuration des effluents sur son site.

- Les **ménages et collectivités locales** produisent également des déchets organiques de types variés : biodéchets des ménages et des grandes surfaces, boues issues de stations d'épuration, huiles alimentaires usagées produites par la restauration, etc.

La méthanisation consiste à stocker ces déchets dans une cuve hermétique appelée « digesteur » ou « méthaniseur », dans laquelle ils seront soumis à l'action des bactéries, en l'absence d'oxygène. La fermentation des matières organiques peut durer de deux semaines à un mois, en fonction de plusieurs paramètres dont la température de chauffage du mélange²⁰.

La méthanisation des ressources organiques permet de produire :

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

²⁰ La flore bactérienne indispensable à la méthanisation est influencée par le pH et la température du milieu de réaction, ainsi que son potentiel d'oxydoréduction. La quantité de biogaz produite et sa teneur en méthane dépendent de la teneur en matières organiques, de la nature et granulométrie de ces matières ainsi que de la technique de brassage du mélange.

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

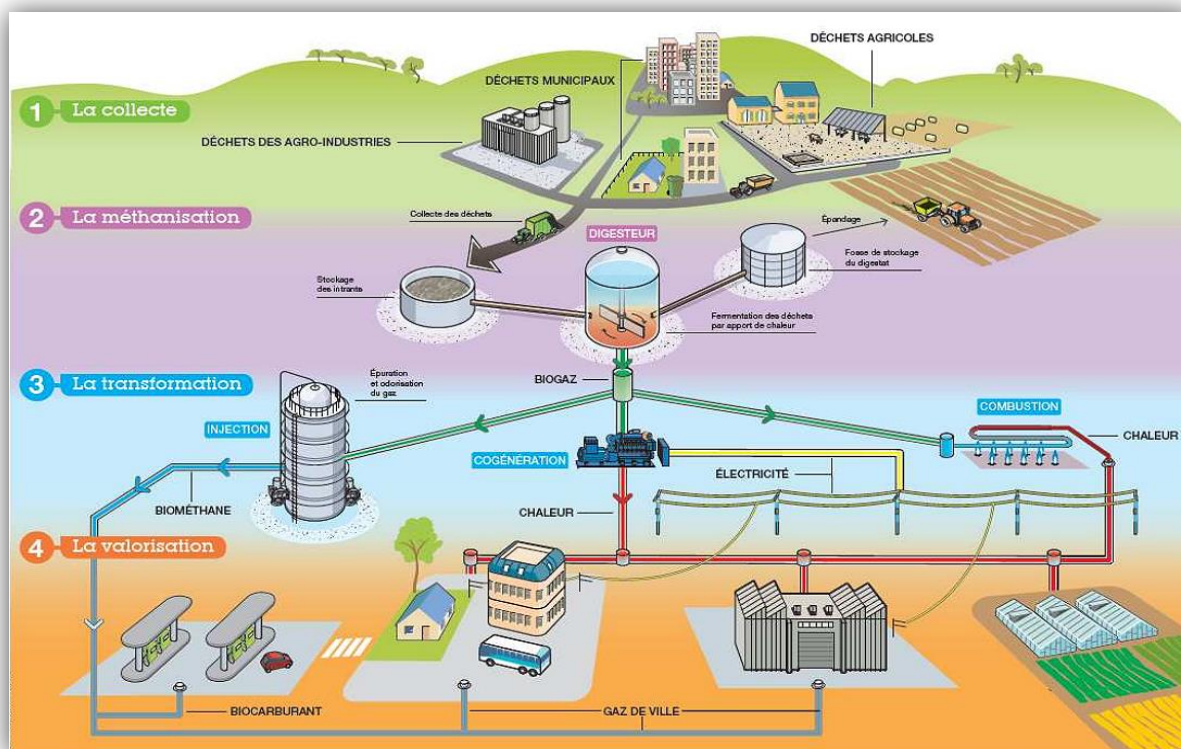


Figure 69 : Les étapes de la méthanisation

(Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement)

Remarque : Suite à la réalisation de ce diagnostic, une étude d'opportunité du développement de la méthanisation a été lancée sur le territoire de la MEL. Cette étude propose une approche spatialisée des gisements afin d'identifier des ressources mobilisables en corrélation avec le foncier disponible, et permet ainsi de faire émerger des projets concrets sur le territoire qui seront accompagnés par la MEL.

Ainsi, les chiffres de gisement présentés dans ce diagnostic ont été actualisés dans l'étude mentionnée ci-dessus.

A noter : les gisements bruts ne préfigurent en rien la capacité qui sera effectivement mobilisée.

• Ressources agricoles

Les données de base permettant d'évaluer les ressources méthanisables de l'agriculture sont issues du recensement agricole 2010 de l'AGRESTE. Les données sont disponibles à la maille régionale, départementale, cantonale et communale. Nous avons utilisé les données à la maille cantonale²¹ dans la mesure où de nombreuses données communales sont soumises au secret statistique sur le territoire.

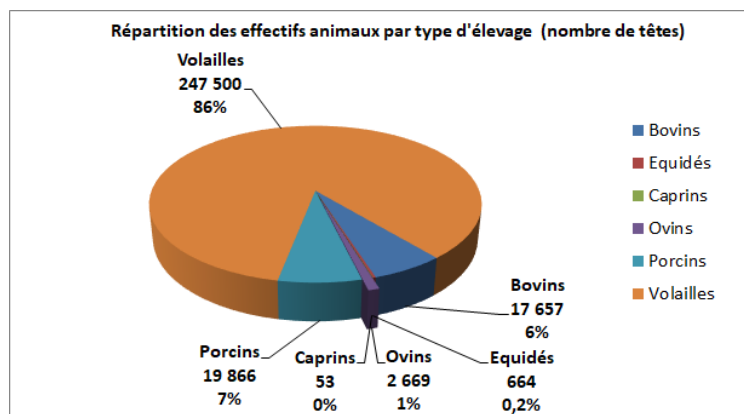
²¹ Le recensement datant de 2010, ce sont les cantons antérieurs au redécoupage cantonal.

➤ Effluents d'élevage

Sous forme de lisiers, fumiers ou fientes, ils sont constitués de matière organique et présentent un potentiel de méthanisation intéressant en co-digestion avec d'autres produits (résidus de céréales, déchets verts non ligneux, déchets de l'industrie agroalimentaire, etc.).

Le graphique ci-contre présente les effectifs animaux sur le territoire.

Figure 70: Effectifs animaux sur le territoire
(Recensement agricole 2010, AGRESTE)



Remarque : les effectifs présentés ci-dessus sont des effectifs à minima puisque l'on devrait rajouter les valeurs des effectifs soumis au secret statistique.

La production d'effluents est estimée à partir de ratios issus de diverses sources (Solagro, Chambre d'agriculture, Institut de l'élevage), prenant en compte les effluents non mobilisables, car émis au champ. Les gisements mobilisables sont donnés ci-dessous par canton.

Gisement cantonal de matière organique issues des effluents d'élevage

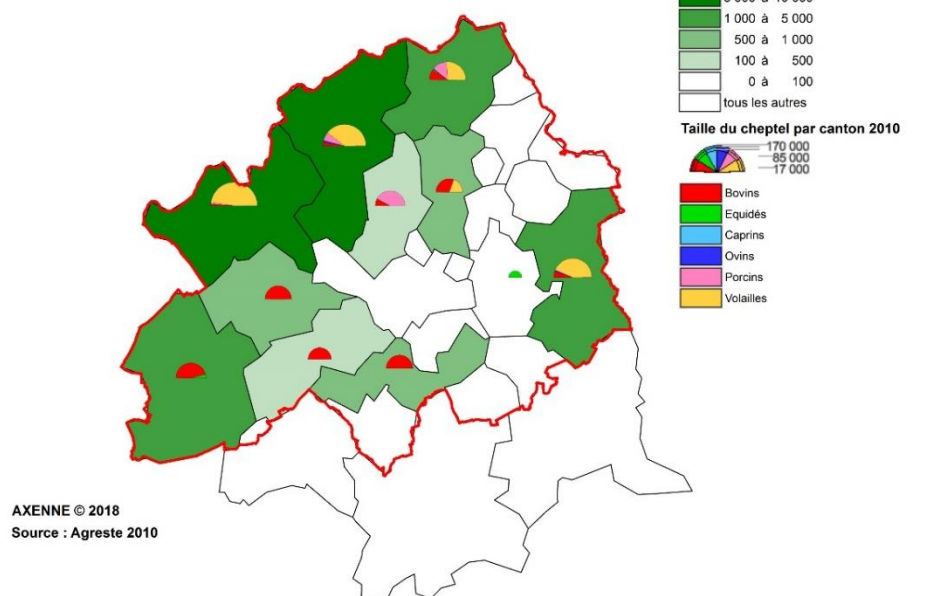


Figure 71 : Effectifs animaux et gisement de matière organique mobilisable sur le territoire par cantons 2010
(Recensement agricole 2010, AGRESTE)

TYPE D'ELEVAGE	TYPE DE GISEMENT	GISEMENT MOBILISABLE [t MO]
Bovins	Lisier	1 325
Porcins	Lisier	578
Volailles	Lisier / Fientes	1 887
Bovins	Fumier	13 833
Porcins	Fumier	189,8
Ovins	Fumier	468
Caprins	Fumier	9
Equidés	Fumier	1 123
Volailles	Fumier	5 668
	Total	25 081

La quasi-totalité de ce gisement de déjections animales est aujourd'hui épandue. Son utilisation comme substrat de méthanisation a de nombreux intérêts pour les exploitants agricoles : stockage couvert, minéralisation, assainissement (élimination partielle des germes pathogènes), désodorisation...

L'aspect diffus d'une partie de ce gisement peut rendre difficile sa mobilisation, notamment dans le cas de petits élevages isolés. La mobilisation des déjections animales pour la méthanisation n'est confrontée a priori à aucune limite théorique ni contre-indication. Les facteurs limitants sont uniquement liés à la contrainte de disposer de quantités minimales pour un projet de méthanisation.

➤ Pailles et menues-pailles

La paille est la partie de la tige de certaines graminées coupée lors de la moisson et rejetée, débarrassée des graines sur-le-champ par la moissonneuse-batteuse. La paille est la partie résiduelle du battage des céréales. Les pailles peuvent être laissées sur les parcelles pour servir d'engrais, être brûlées, ou être exportées pour une utilisation en litière ou fourrage. Elles peuvent également être valorisées sous forme énergétique, par combustion en chaudière, ou en tant que co-substrat pour la méthanisation.

La « menue paille » est composée de débris de paille, des enveloppes qui entourent les graines de céréales et qu'on appelle les « balles », de parties (tiges, graines ...) de mauvaises herbes. La menue paille peut être valorisée en litière animale, en compléments pour l'alimentation animale, mais également en combustion ou en co-substrat pour la méthanisation.

La production de pailles et de menues-pailles est estimée à partir de ratios issus de diverses sources (Solagro, Observatoire de la Biomasse), prenant en compte la part non mobilisable, car laissée au sol (apport de matières organiques) ou utilisée en litière. Les gisements mobilisables sont présentés dans le tableau ci-dessous.

TYPE DE RESIDUS DE CULTURES	GISEMENT MOBILISABLE [t MS]	GISEMENT MOBILISABLE [t MO]
Pailles de céréales	13 817	11 703
Pailles de Colza	69	62
Menues pailles de blé	13 818	12 491
Menues pailles de colza	173	156
Total	27 876	24 413

Gisement cantonal de matière organique issues des pailles de cultures céréalières par canton

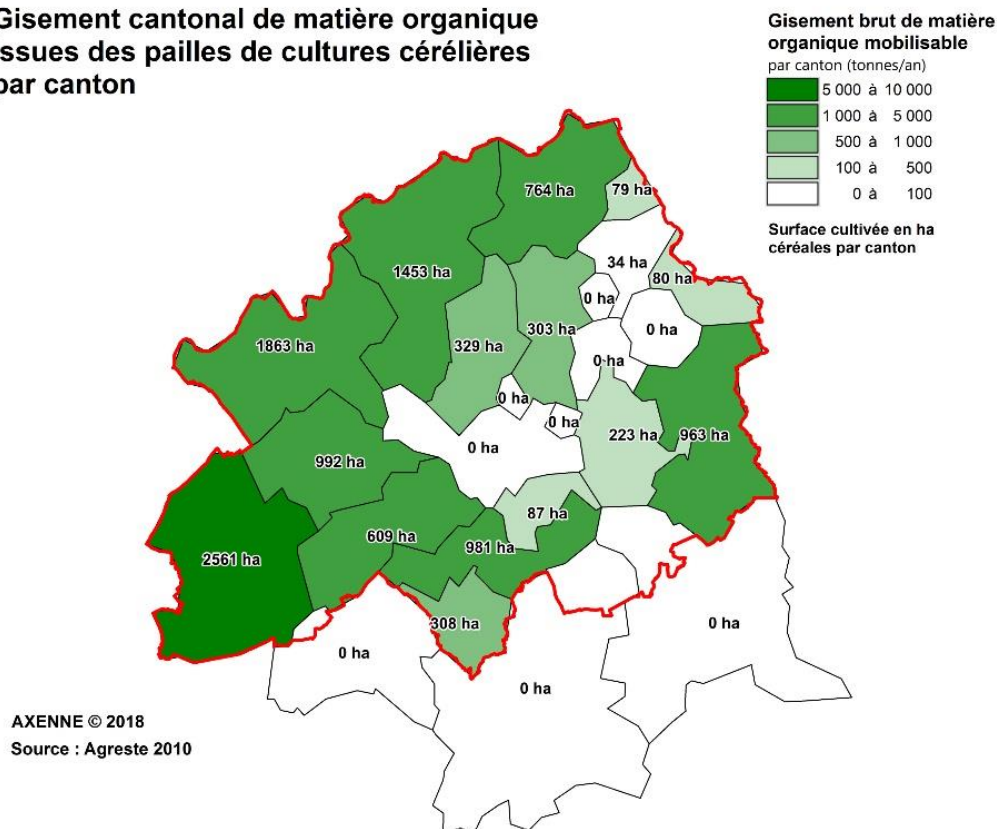


Figure 72 : Surfaces cultivées et gisement de matière organique mobilisable sur le territoire par cantons

➤ **Issues de silo**

Ce sont les restes de silos de coopératives agricoles (poussières, balles, grains cassés, des lots défectueux). Les issues de silos sont produites toute l'année au niveau des plates-formes de stockage des coopératives. Elles présentent une faible humidité et un bon pouvoir méthanogène. En revanche, leur faible densité entraîne des difficultés de manutention et de transport, qui nécessitent une valorisation des issues à proximité des silos.

La quantité d'issues de silos est estimée par type de culture sur la base d'un ratio de production en tonnes par ha (source : Agreste rendements régionaux 2016) et d'un pourcentage d'issues sur la production (source : Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation, ADEME 2013) appliqués aux surfaces cultivées par type de culture sur les cantons du territoire.

Selon ces hypothèses la quantité d'issues mobilisable sur le territoire représenterait de l'ordre de 300 tonnes par an.

➤ **Culture Intermédiaire à Vocation Énergétique (CIVE)**

Une culture intermédiaire s'implante à l'interculture. Dans une rotation culturale, il s'agit de la période qui se situe entre la récolte d'une culture principale et le semis de la suivante. La durée de l'interculture varie en fonction de la nature des cultures principales présentes dans la rotation et dépend donc des dates de récoltes et de semis de chacune (de 2 à 9 mois).

Les CIVE ont plusieurs vocations au-delà de leur intérêt énergétique : protection des sols contre l'érosion et le ruissellement, apport d'azote aux cultures, protection de la biodiversité, et n'entrent pas en concurrence avec le potentiel nourricier des sols.

Le potentiel technico-économique de la production de ce type de culture sur les friches et délaissés du territoire a été étudié dans le cadre de l'étude réalisée en 2017 sur le potentiel de production d'énergies renouvelables sur les friches industrielles de la Métropole Européenne de Lille. L'étude a conclu que ce type de production n'était pas viable sur ce type de site, la culture de biomasse combustible représentant une opportunité plus intéressante.

• Ressources agroalimentaires

Les déchets issus des industries agroalimentaires sont très diversifiés, de même que leurs caractéristiques : par exemple, les graisses ou déchets d'abattoirs ont des potentiels méthanogènes très élevés, tandis que les effluents ou eaux de lavage sont très peu chargés en matières organiques.

L'Annuaire des Entreprises de France de la Chambre de Commerce et d'Industrie et la base SILENE de l'INSEE ont permis de recenser une quarantaine d'industries agroalimentaires sur le territoire.

Ayant connaissance de ratios de tonnes de déchets par employé en fonction de l'activité, nous avons pu estimer un gisement de déchets agroalimentaires sur le territoire. Le gisement obtenu est le suivant :

GISEMENT TOTAL [t MB]	GISEMENT MOBILISABLE [t MB]
68 199	5 188

A noter que 70% de ce gisement provient de 7 entreprises dans les secteurs la fabrication de cacao, chocolat & confiseries et de la fabrication de bière.

Pour aller plus loin, notamment si cette filière est prioritaire, il faudrait contacter directement ces industries agroalimentaires afin de mieux connaître leur politique de traitement des déchets.

• Ressources urbaines

Le tableau ci-dessous présente les déchets issus de producteurs urbains et pouvant être valorisés dans une unité de méthanisation :

Producteur de déchets	Types de déchets
Ménages, collectivités, entreprises	Biodéchets, déchets verts
Restauration (traditionnelle, collective et rapide)	Biodéchets et huiles alimentaires usagées
Grandes et moyennes surfaces	Biodéchets
Assainissement	Boues et graisses de STEP

➤ Biodéchets et déchets verts

La MEL traite les déchets ménagers ainsi que les déchets verts apportés en déchetteries de l'ensemble du territoire. La part fermentescible des ordures ménagères ainsi que celle issues des déchets de la restauration, ou biodéchets, est collectée de manière sélective sur le territoire est valorisée sur le site

du Centre de Valorisation Organique (CVO). Les déchets verts collectés en déchetteries sont également traités sur le CVO. La part valorisable en méthanisation est traitée sur le site et valorisée en biogaz, le reste étant valorisé sous forme de compost.

En 2016, le CVO a ainsi traité 31 507 tonnes de biodéchets issus de la collecte auprès des particuliers. La quantité totale de biodéchets dans les ordures ménagères peut être estimée sur la base de la production totale d'ordures ménagères collectées sur le territoire (263 000 tonnes en 2016) et d'un ratio indiquant la part des biodéchets dans ce total (soit 39,6% en moyenne d'après l'étude de préfiguration du décret d'application sur la collecte des biodéchets de l'ADEME, avril 2011). En retranchant la part de biodéchet déjà collectée sélectivement, le gisement restant à mobiliser s'élèverait ainsi à 72 700 tonnes de biodéchets par an.

Le CVO est actuellement en phase de modernisation, ce qui lui permettra à fin 2020 d'être en mesure de produire annuellement 600 000 Nm3 de biométhane (environ 6 GWh).

De même, le gisement de biodéchet issu de la restauration peut être estimé sur la base de ratios de production de biodéchets selon les effectifs de ce type d'entreprises sur le territoire (données Unistatis par code APE pour les entreprises de restauration traditionnelle, rapide et collective). Selon ces hypothèses, la quantité totale de ces biodéchet s'élèverait à 8 500 tonnes sur le territoire dont 4 860 sont actuellement valorisées sur le CVO.

Depuis le 1^{er} janvier 2012, la collecte et la valorisation organique des biodéchets et des huiles alimentaires usagées est une obligation pour les gros producteurs (hors ménages).

Le « décret n°2011-828 du 11 juillet 2011 portant diverses dispositions relatives à la prévention et à la gestion des déchets » rend obligatoire le tri à la source et la valorisation organique des biodéchets et des huiles alimentaires usagées pour les gros producteurs. L'entrée en vigueur de cette réglementation est progressive, en fonction des tonnages de biodéchets produits :

- Du 1^{er} janvier 2012 au 31 décembre 2012, les producteurs de plus de 120 t/an sont concernés,
- Du 1^{er} janvier 2013 au 31 décembre 2013, les producteurs de plus de 80 t/an sont concernés,
- Du 1^{er} janvier 2014 au 31 décembre 2014, les producteurs de plus de 40 t/an sont concernés,
- Du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2015, les producteurs de plus de 20 t/an sont concernés,
- **À partir du 1^{er} janvier 2016, les producteurs de plus de 10 t/an sont concernés.**

Cette réglementation facilitera la collecte et la valorisation des biodéchets des professionnels actuellement collectés avec les ordures ménagères.

Ce décret entraîne l'obligation pour les gros producteurs de trier leurs déchets pour que les biodéchets soient valorisés dans une filière de compostage ou de méthanisation, dissociée de l'ISDND.

De même, l'entrée en vigueur de cette réglementation pour les huiles alimentaires est progressive, en fonction des quantités produites :

- Du 1^{er} janvier 2012 au 31 décembre 2012, les producteurs de plus de 1 500 litres par an sont concernés,
- Du 1^{er} janvier 2013 au 31 décembre 2013 : les producteurs de plus de 600 litres par an,
- Du 1^{er} janvier 2014 au 31 décembre 2014 : les producteurs de plus de 300 litres par an,
- Du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2015 : les producteurs de plus de 150 litres par an,
- **À partir du 1^{er} janvier 2016, les producteurs de plus de 60 litres par an.**

Outre les biodéchets, ces entreprises produisent également des huiles alimentaires usagées (HAU) dont une part seulement est valorisée. De la même manière le gisement mobilisable a été estimé sur

la base de ratio appliqué aux effectifs des entreprises de la restauration. Ce gisement représenterait ainsi de l'ordre de 1 865 tonnes/an.

Remarque : malgré un pouvoir méthanogène important (de 800 à 850 $\text{m}^3_{\text{CH}_4}/\text{t MO}$), les huiles alimentaires usagées présentent plusieurs contraintes pour la méthanisation :

- Le pH de la solution présente dans le digesteur risque d'être abaissé par une concentration trop forte en acides gras,
- Le fonctionnement du digesteur peut être entravé par la mousse formée par les huiles usagées, qui s'accumulent en surface de la solution,
- La digestion incomplète des corps gras peut avoir un impact négatif sur la perméabilité des sols (à travers l'épandage du digestat).

D'autre part, elles sont actuellement orientées vers des filières de production de carburant. Cette tendance devrait s'accroître dans les années à venir.

➤ **Biodéchets des grandes et moyennes surfaces (GMS) et des marchés**

Les déchets des supermarchés et des hypermarchés sont actuellement collectés avec les ordures ménagères. La grande distribution est soumise à la même obligation de traitement des biodéchets que la restauration.

La production de biodéchets des grandes et moyennes surfaces a été estimée sur la base d'un ratio de production par employé pour les entreprises du secteur « hypermarché ». Le gisement s'élèverait ainsi à environ 1 800 tonnes/an.

La production de biodéchets des marchés du territoire a été estimée sur la base d'un ratio sur la production de biodéchets par exposant sur les marchés du territoire. D'autre part le gisement sur le marché de gros de Lomme est d'environ 1 800 tonnes/an dont 64% sont actuellement valorisées au CVO. Le gisement restant à mobiliser peut ainsi être estimé à environ 655 tonnes/an.

➤ **Boues et graisses de stations d'épuration**

Parmi les stations d'épuration du territoire, on retient seulement les stations de plus de 5000 EH²² soit 9 stations pour 1 400 000 EH. Ces stations représentent une production annuelle de boues d'épuration de 40 000 tonnes de matière sèche. La quasi-totalité de ces boues est actuellement valorisée en compostage, mis à part pour la STEP de Marquette-lez-Lille qui valorise une partie de ses boues en méthanisation. On considère que seules les boues actuellement épandues sont mobilisables, ce qui représente un total de 29 500 tMS/an.

Concernant le volume de gaz produit, une partie (environ 40 % en moyenne) est utilisée pour les besoins propres de la station d'épuration. Le reste est valorisable : injection dans le réseau de gaz naturel, production de chaleur et/ou d'électricité.

• **Synthèse**

Le tableau suivant synthétise les gisements identifiés ci-dessus.

²² D'après l'étude ADEME - Solagro et Inddigo de 2013, en-dessous de cette capacité, les STEU sont généralement équipées de dispositifs alternatifs (type lits plantés de roseaux, lagunage) pour lesquels les boues ne peuvent être prélevées pour la méthanisation.

Type de ressource	Gisement total [t MB]	Gisement mobilisable [t MB]	Production de méthane [Nm ³ CH ₄]	Energie primaire [MWh]	Production d'électricité [MWh]	Production de chaleur [MWh]	Remarques
Effluents d'élevages	268 100	149 400	5 540 000	55 100	20 390	24 244	Secteurs nord et sud-est du territoire
Résidus de culture	68 900	31 900	5 968 000	59 300	21 940	26 090	En mélange seulement
Issues de silos	300	300	92 000	900	300	400	
Déchets des IAA	68 200	5 200	560 000	5 600	2 072	2 464	70 % du gisements dans 7 entreprises
Boues de STEP	787 700	578 600	208 000	2 100	777	924	Hors boues déjà valorisées à Marquette
Biodéchets des ordures ménagères	104 300	72 800	6 918 800	68 800	25 456	30 272	Collecte selective valorisée au CVO, gisement = part restante à collecter
Déchets verts	300	0	0	0	0	0	Collecte en déchetterie et valorisé au CVO
Huiles alimentaires usagées	2 500	1 900	1 375 000	13 700	5 069	6 028	Restauration notamment
Biodéchets de la restauration	8 500	3 600	229 000	2 300	851	1 012	Collecte réalisée et valorisée au CVO, gisement = part restante à collecter
Biodéchets des marchés	1 900	700	62 000	600	222	264	64% déjà valorisés sur le marché de gros de Lomme
Biodéchets des grandes et moyennes surfaces	5 200	1 800	192 000	1 900	703	836	
TOTAL	1 315 900	846 200	21 144 800	210 300	77 800	92 550	

Figure 73 : Synthèse des différents gisements de méthanisation

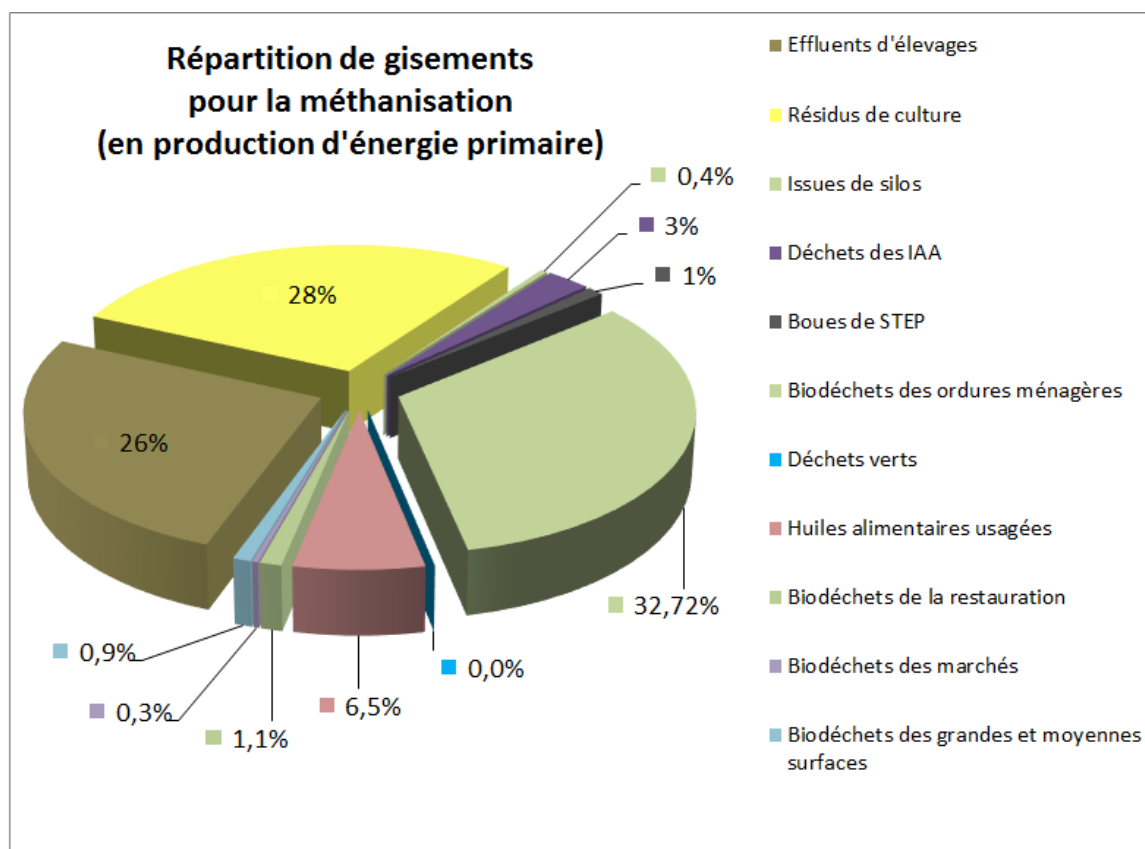


Figure 74 : Répartition des gisements pour la méthanisation (en production d'énergie primaire)

En conclusion, **210 300 MWh d'énergie primaire** pourraient être produits via la méthanisation des ressources du territoire. La majorité de cette production proviendrait des résidus de culture, suivis des effluents d'élevage, des déchets des industries agroalimentaires et des biodéchets des ménages.

Plusieurs remarques peuvent être faites :

Il s'agit ici d'un potentiel de production d'énergie primaire théorique, calculé à partir des tonnages de matières organiques considérées mobilisables et de leur potentiel méthanogène. Ce potentiel est théorique, car :

- en pratique, il est nécessaire d'étudier précisément les caractéristiques physico-chimiques des intrants et leurs interactions au sein du digesteur pour définir une ration équilibrée.
- l'évaluation repose sur des études statistiques, comportant chacune leurs limites.
- les potentiels méthanogènes sont issus de la littérature, et ne correspondent pas nécessairement aux potentiels réels des ressources du territoire.
- la saisonnalité des intrants n'a pas été prise en compte.
- **ce potentiel n'est pas forcément mobilisable dans la réalité** : la réticence des acteurs, les contraintes techniques, la qualité des ressources ou encore la concurrence de certains gisements avec d'autres filières peuvent limiter le potentiel. Pour mémoire, les résidus de culture constituent la principale ressource, mais peuvent également être valorisés en chaudière. Les biodéchets et les déchets verts sont aujourd'hui valorisés en compostage.

Les ressources ont été évaluées sur le périmètre du territoire (cantons). Cependant, il est tout à fait possible de mobiliser certaines ressources situées hors du territoire : les résidus de culture peuvent être collectés dans un périmètre d'environ 20 à 30 km, les biodéchets des industries agroalimentaires et des gros producteurs dans un périmètre d'une cinquantaine de kilomètres.

Potentiels théoriques

• Injection sur le réseau de gaz naturel

Le réseau de gaz naturel est un vecteur de développement de la méthanisation : le biogaz produit par méthanisation peut être injecté dans le réseau après avoir été épuré (on parle alors de biométhane), compressé et odorisé. Le biométhane peut être injecté sur le réseau de transport ou sur le réseau de distribution.

La stratégie biométhane de la MEL vise à privilégier ce mode de valorisation du biométhane sur notre territoire.

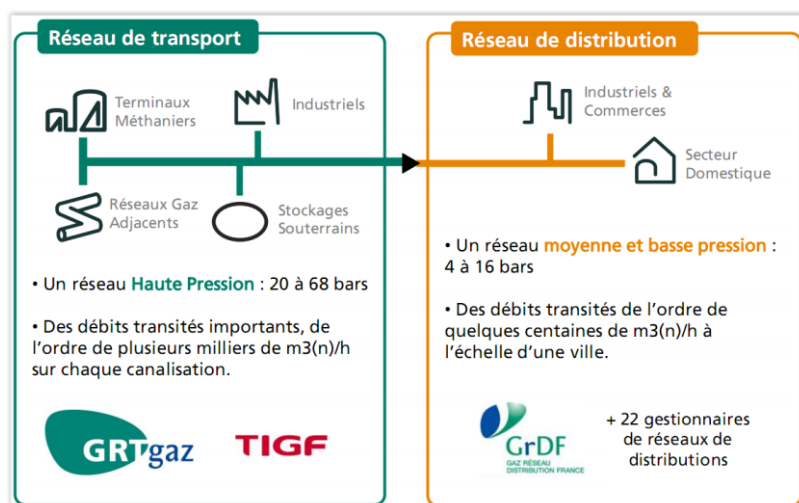


Figure 75: Caractéristiques du réseau de transport et du réseau de distribution au niveau national

Source : GRTgaz

• Production de chaleur et d'électricité

L'autre débouché consiste à valoriser le gaz sous forme de chaleur et / ou d'électricité (chaudière ou cogénération). Ce mode de valorisation est à envisager si les conditions technico-économiques pour injecter le biométhane dans le réseau ne sont pas réunies (éloignement du réseau de gaz) ou dans le cas d'un fort besoin de chaleur locale.

Freins et opportunités au développement du biogaz sur le territoire

	Type de critère	Frein	Niveau d'enjeu	Moyen d'action / commentaires
"Aspects réglementaires"	Réglementaire	Démarches administratives		Règlementation ICPE, agrément sanitaire, débouchés du digestat, procédure pour l'injection du biogaz sur le réseau de gaz naturel
	Architecturale	Impact visuel des équipements		Travailler sur l'intégration paysagère des unités
"Contexte de développement"	Sociologique	Refus des projets, opposition		Editer un guide de vulgarisation à destination des populations, sensibiliser très en amont des projets. Lever les idées reçues concernant les nuisances olfactives avant même qu'il n'en soit question. Valoriser les retours d'expériences. Accompagner les porteurs de projets sur la qualité des installations
	Urbanisme	Difficulté d'implantation des projets		Prévoir l'emplacement des projets dans le PLU

	Institutionnel	Complexité du montage des projets		Accompagner les porteurs de projets Impliquer la collectivité dans les projets par la création d'un opérateur ou dispositif d'accompagnement dédié
	Industriel	Disponibilité de la technologie.		Les équipements sont largement éprouvés.
"Potentiel de développement"	Mobilisation de la ressource	Ressource diffuse sur le territoire		Favoriser le regroupement des producteurs (exploitants agricoles, IAA, etc.) pour faire émerger les projets Réaliser une étude de faisabilité de projets de méthanisation à l'échelle de la MEL
	Concurrentiel	Concurrence des autres filières et des énergies fossiles		La méthanisation est concurrencée mais elle représente une alternative intéressante au gaz naturel par le biais de l'injection dans les réseaux
	Economique	Risque financier important		Impliquer la collectivité dans les projets par la création d'un opérateur ou dispositif d'accompagnement dédié Mobiliser les sources de financement participatif
	Optimisation	Complexité d'augmenter la collecte des biodéchets		L'augmentation du volume de biodéchets traité en méthanisation passe par une augmentation du volume collecté qui implique plus de sensibilisation et un élargissement des acteurs ciblés (grande distribution, etc.)

2.2.7 Chaleur fatale

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

(Source : *Programmation Pluriannuelle des Investissements Chaleur*).

Production actuelle

Actuellement, aucune récupération de chaleur sur les eaux usées n'est mise en place sur le territoire. La valorisation de la chaleur par les industries des territoires n'est pas documentée. Il est possible que certaines entreprises valorisent la chaleur fatale en interne. Aucune valorisation externe par réseau de chaleur n'a été recensée sur le territoire.

Le centre de valorisation énergétique des ordures ménagères d'Halluin (CVE) assure l'incinération des ordures ménagères du territoire. Actuellement, l'unité valorise la chaleur produite sous forme d'électricité à hauteur de 134,6 GWh/an.

En conformité avec les règles européennes (Directive européenne 2001/77/CE), la production d'énergie (électrique et/ou thermique) produite à partir des déchets urbains est comptabilisée pour moitié comme renouvelable soit 67,3 GWh/an.

Projets recensés

Comme indiqué ci-dessus, la production de chaleur du CVE d'Halluin n'est actuellement valorisée que sous forme d'électricité. La MEL envisage de valoriser également la chaleur produite en cogénération par l'intermédiaire d'une extension du réseau de chaleur urbain depuis le CVE vers le sud appelé « Autoroute de la chaleur ». Ce projet prévoit de valoriser 50 MW de chaleur, mais pourrait représenter jusqu'à 65 MW dans les conditions de valorisation actuelles. La chaleur totale mobilisable s'élèverait ainsi à environ 350 GWh/an.

Le data-center de l'entreprise OVH situé à Roubaix produit de la chaleur fatale dans le cadre du refroidissement de ces installations. Un projet de valorisation de cette chaleur sur le réseau de chaleur R-Energie est à l'étude et pourrait représenter de l'ordre de 16,7 GWh/an de chaleur.

Chaleur fatale des entreprises industrielles

- **Gisements bruts**

Les industries peuvent être génératrices de chaleur fatale au niveau des équipements qu'elles utilisent : fours, séchoirs, groupes froids, chaudières, compresseurs, colonnes de distillation, etc.

Une étude des potentialités de récupération d'énergies fatales perdues en Nord Pas de Calais a été réalisée en 2012 pour le compte de l'ADEME.

L'étude a analysé les industries de la région en se basant sur des questionnaires envoyés aux entreprises dont les réponses ont été extrapolées à l'ensemble des industries selon le type d'activité, sur les audits énergétiques réalisés par le mandataire de l'étude chez ses propres clients (société Ferest Ingénierie) et sur les données issues des déclarations ICPE des industries. Cette analyse a permis d'estimer le potentiel de chaleur fatale perdue sur les équipements de chaque industrie.

Sur la MEL, 162 sites industriels ont été analysés. Parmi ceux-ci, 14 présenteraient un potentiel de chaleur fatale de plus de 1 000 MWh/an. Les sites les plus importants sont représentés sur la carte ci-dessous.

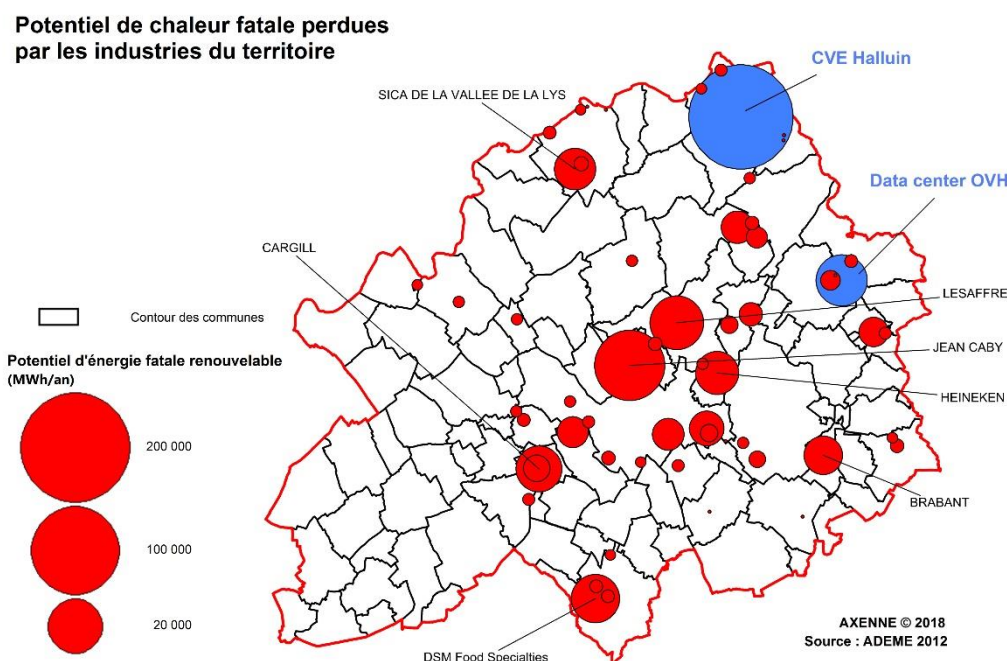


Figure 77 : carte des sites industriels présentant les potentiels de valorisation de chaleur fatale les plus importants sur le territoire - Source : étude ADEME 2012

Le tableau ci-dessous détaille les sites représentant les potentiels les plus importants ainsi que la distance maximale envisageable pour valoriser cette chaleur par l'intermédiaire d'un réseau de chaleur.

Etablissement	Commune	Catégorie	Energie perdue (MWh/an)	Distance maximale raccordement réseau de chaleur (ml)
JEAN CABY	Saint-André-lez-Lille	agro	46 927	27 604
LESAFFRE (Société Industrielle)	Marcq-en-Baroeul	agro	19 240	11 318
DSM Food Specialties	Seclin	chimie	13 321	7 836
CARGILL HAUBOURDIN(ex CERESTAR FRANCE)	Haubourdin	agro	11 605	6 827
HEINEKEN	Mons-en-Baroeul	agro	9 030	5 312
SICA DE LA VALLEE DE LA LYS	Comines	agro	8 138	4 787
BRABANT	Tressin	chimie	6 246	3 674
H2D	Lille	imprimerie	4 664	2 743
LAMY LUTTI	Bondues	agro	3 518	2 070
LFB	Lille	santé	3 281	1 930
PRODUITS CHIMIQUES DE LOOS	Loos	chimie	3 140	1 847
DELPHARM (ex SCHERING)	Lys-lez-Lannoy	chimie	2 707	1 592
FLANDRES ENERGIES	Haubourdin	production d'énergie	1 869	1 099
LIL' Healthcare (ex TYCO)	Wasquehal	métallurgie sidérurgie	1 177	693

Figure 78 : liste des sites industriels présentant les potentiels de valorisation de chaleur fatale les plus importants sur le territoire

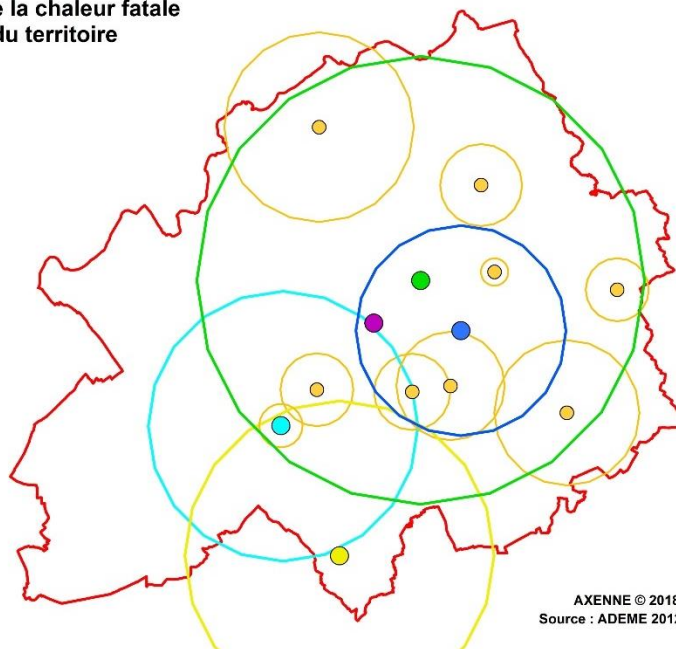
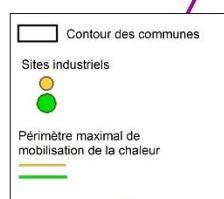
Source : étude ADEME 2012

Le gisement de chaleur fatale issue de ces sites s'élèverait ainsi à environ 135 GWh/an sur le territoire. Ce gisement ne tient pas compte du potentiel de valorisation de la chaleur du data-center OVH en projet.

Remarques : les données issues de l'étude de l'ADEME datent de 2012, la situation a évolué depuis, certaines entreprises ayant fermé ou fait évoluer leur production, et de nouvelles industries ont pu s'implanter sur le territoire. D'autre part, ce potentiel peut être valorisé de manière externe via un réseau de chaleur mais également de manière interne pour les besoins de l'industrie. Une partie de ce gisement est par ailleurs potentiellement déjà valorisé par ces industries.

La carte suivante représente les périmètres correspondant à ces sites sur le territoire.

Potentiel de mobilisation de la chaleur fatale perdue par les industries du territoire



AXENNE © 2018
Source : ADEME 2012

Figure 79 : carte des sites industriels présentant les potentiels de valorisation de chaleur fatale les plus importants sur le territoire et périmètres maximaux de valorisation via un réseau de chaleur

Source : étude ADEME 2012

• Gisements théoriques

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

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

➤ Contraintes techniques

LA TEMPERATURE DU FLUIDE

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

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

- La récupération de la chaleur fatale : il est difficile d'obtenir une énergie utilisable à partir d'une source de chaleur basse température. La faible différence de température entre la source et le puits de chaleur entraîne un transfert de chaleur réduit, et nécessite donc une surface d'échangeur accrue.
- Les techniques de valorisation : les techniques permettant d'augmenter significativement la température du fluide chauffé par le vecteur de chaleur fatale sont encore en phase de développement (pompes à chaleur haute température), et présentent donc des coûts d'investissement plus élevés.

- Les techniques permettant de générer de l'électricité à partir de basse température sont également en phase de développement.
- Les débouchés sur site : de nombreuses industries n'ont pas de débouché sur site pour la chaleur basse température.
- Les débouchés extérieurs au site : il est difficile de valoriser la chaleur industrielle basse température auprès des collectivités, pour un usage de type chauffage ou eau chaude sanitaire. Les niveaux de température nécessaires sont élevés, de l'ordre de 70 à 90°C.

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

LA COMPOSITION CHIMIQUE DU FLUIDE

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

Ces coûts sont dissuasifs dans le cas où le fluide corrosif n'est disponible qu'à basse température. Il faut en outre faire particulièrement attention à ce qu'aucun échange n'ait lieu entre les gaz de combustion corrosifs et le fluide à réchauffer lors de l'échange thermique, pour éviter toute contamination.

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

L'ACCESSIBILITE DE LA SOURCE DE CHALEUR FATALE

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

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

LA LOCALISATION DU PROCEDE / DU SITE DE VALORISATION DE LA CHALEUR FATALE

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

LA DISPONIBILITE DE LA CHALEUR FATALE

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

- Un procédé industriel ne fonctionnant qu'une partie de l'année ne pourra fournir de la chaleur que sur une période définie. Il est nécessaire que le procédé permettant de valoriser cette chaleur ait des besoins concordants dans le temps, ou de mettre en œuvre une technologie de chauffage prenant le relais lorsqu'il n'y a pas de production de chaleur fatale.

- A l'inverse, si la chaleur fatale est produite toute l'année, mais valorisée par un débouché ponctuel, par exemple le chauffage de locaux en hiver, il faudra mettre en œuvre une solution de stockage ou d'élimination de la chaleur fatale le reste du temps.
- La livraison de la chaleur à des collectivités nécessite la passation de contrats de fourniture, sur des durées importantes (de l'ordre de plusieurs années). Or, il peut être difficile pour un industriel de s'engager sur la durée.

➤ Contraintes économiques

Outre les contraintes techniques présentées ci-dessus, le manque de rentabilité constitue un frein majeur à la mise en place de solutions de valorisation de la chaleur fatale. L'ingénierie, l'équipement de récupération de chaleur, mais également les auxiliaires associés (pompes, etc.) représentent un investissement important. Les temps de retour sur investissement sont jugés trop longs par les industriels. Certaines installations mises en place dans les années 1980 ne sont pas renouvelées aujourd'hui, à cause de temps de retours dégradés. Dans le contexte actuel, un TRI supérieur à 2-3 ans ne serait pas accepté.

Le manque de rentabilité est d'autant plus grand en cas de valorisation de chaleur de 'faible' qualité (basse température). Les marges des PME sont souvent faibles. En conséquence, les ressources humaines et financières sont concentrées sur les principales activités de production. Les employés n'ont pas de temps dédié aux formations. Les dépenses énergétiques représentent une faible part des dépenses globales, et les investissements dédiés à l'activité principale de l'industrie sont prioritaires par rapport aux investissements d'efficacité énergétique. De plus, les coûts d'investissement représentent un défi pour les petites installations.

Il faudrait dépasser l'approche purement économique pour intégrer l'approche environnementale (diminution des émissions de gaz à effet de serre).

➤ Manque d'informations et réticences

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

- sur les gisements de chaleur fatale et leurs valorisations possibles
Il semblerait que les industriels ne possèdent pas suffisamment de connaissances sur les gisements de chaleur fatale issue de leurs procédés. Un audit énergétique détaillé permettant de pallier ce manque de connaissances est jugé trop coûteux.
Lorsque les gisements sont connus, les techniques permettant de valoriser cette chaleur ne sont pas appréhendées. Il faudrait renforcer la communication sur la récupération de chaleur ainsi que les échanges entre les équipementiers proposant des solutions de valorisation et les industriels. Il faut s'assurer en parallèle que suffisamment de bureaux d'études indépendants soient à même d'apporter une expertise sur le sujet.
- sur les aides et mécanismes de soutiens existants
Les petites structures auraient besoin d'accompagnement dans leurs démarches d'innovation et de constitution de dossiers de demande d'aide.
Il semblerait qu'il manque aujourd'hui un mécanisme de financement entre la phase de recherche et le passage à l'échelle industrielle.

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

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

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

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

➤ **Contraintes contractuelles et réglementaires**

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

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

Valorisation énergétique des déchets

Comme indiqué précédemment, l'incinération des ordures ménagères est actuellement réalisée au CVE sous forme d'électricité. Un projet de raccordement de l'unité aux réseaux de chaleur de la MEL est à l'étude et représente un potentiel supplémentaire de 350 GWh/an dont 50%, soit 175 GWh/an, seraient alors considérés comme production d'énergie renouvelable.

Récupération de chaleur sur les eaux usées

- **Gisements bruts**

➤ **Technologie**

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

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

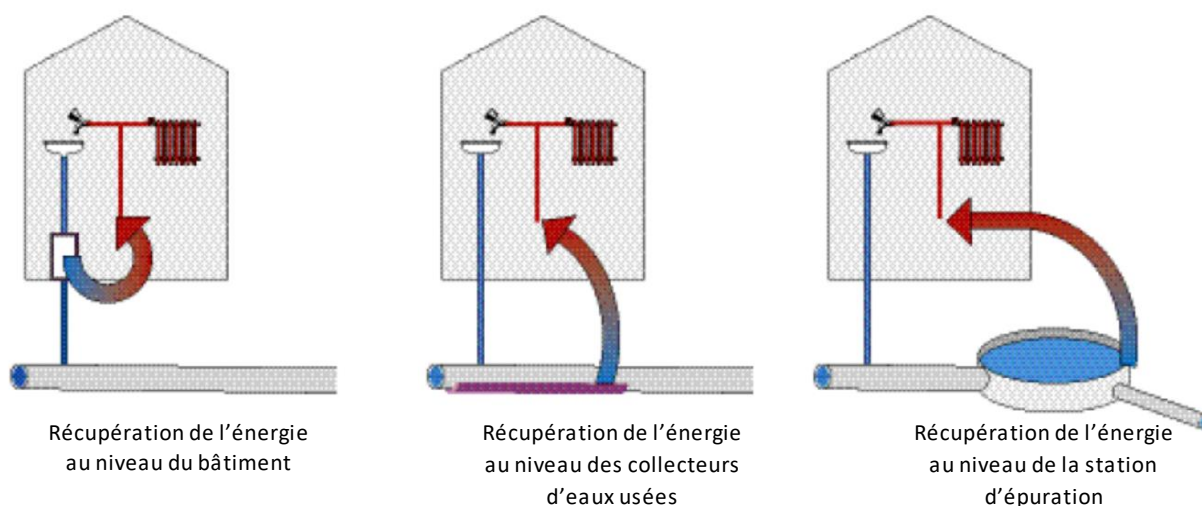


Figure 80: Récupération de l'énergie des eaux usées (Gestion et services publics, Suisse)

➤ Récupération de l'énergie des eaux usées au niveau des collecteurs

PRESENTATION

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

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

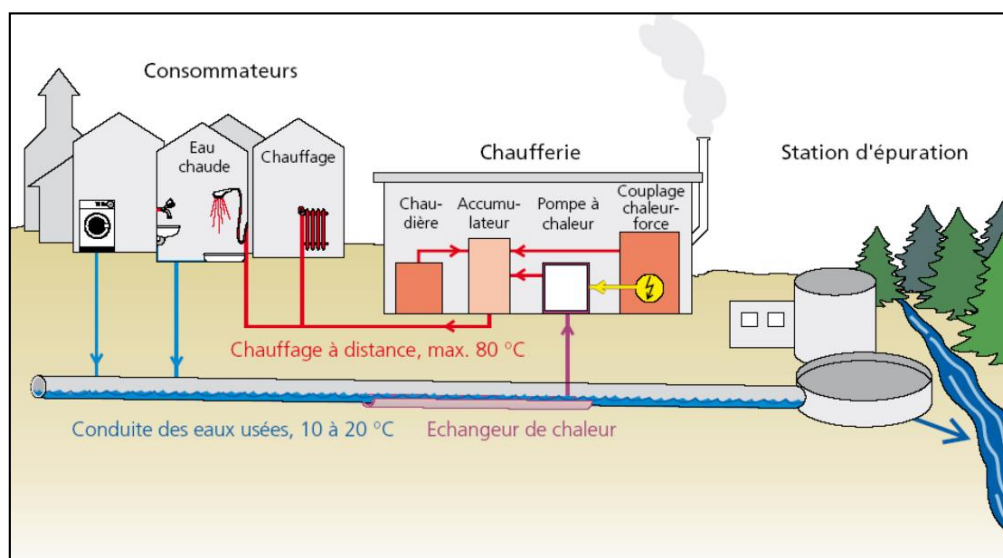


Figure 81 : Principe de fonctionnement de la récupération de chaleur des eaux usées sur les canalisations (Susanne Staubli)

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



Figure 78 : Canalisation préfabriquée avec échangeur de chaleur intégré (Guide pour les maîtres d'ouvrages et les communes, OFEN)



Figure 82 : Échangeur installé dans un ovoïde existant (Rabtherm), échangeur pour collecteur existant (Uhrig) (Lyonnaise des eaux)

PERFORMANCE DU SYSTEME ET ECONOMIES D'ENERGIE

La performance du système est conditionnée par le système de chauffage des bâtiments alimentés (haute ou basse température), le débit des eaux, leur température et la configuration du réseau des eaux usées.

Suez Environnement indique une diminution de 30 à 60% de la consommation d'énergie non renouvelable grâce au système Degrés Bleus.

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

Selon le bureau d'études BPR-Europe, la performance varie de 2 à 5 kW de puissance de chauffage/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.

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

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

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

- Le système le plus simple consiste en un serpentin métallique enroulé autour de la canalisation d'eaux usées et dans lequel circule l'eau froide à contre-courant (schéma ci-contre). Ces systèmes, tel que le ThermoDrain du fabricant canadien Eco Innovation et le Power Pipe de Solenove Energie, fonctionnent seulement lorsque l'eau est évacuée et utilisée en même temps (cas des douches dans un hôtel ou une maison de retraite par exemple) et permettent le préchauffage de l'ECS. La société Gaïa Green propose plusieurs variantes de ce type de système, depuis le simple échangeur intégré au bac de douche jusqu'à une solution à échangeurs multiples adaptée aux logements collectifs.
- Plus évolués, des systèmes à échangeur externe permettent d'augmenter les échanges de chaleur, mais doivent intégrer une solution de filtrage des eaux usées afin de limiter les pertes de charge et l'encrassement. Ce type de système est proposé par la société Domelys sous l'appellation CalH₂O. Le système Thermocycle de Forstner permet en plus un stockage tampon des eaux usées afin de décorrélérer l'utilisation et l'évacuation d'eau chaude. Ces solutions sont plus adaptées aux logements collectifs.

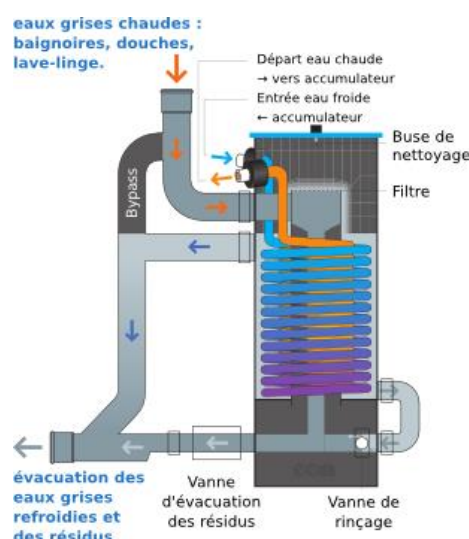
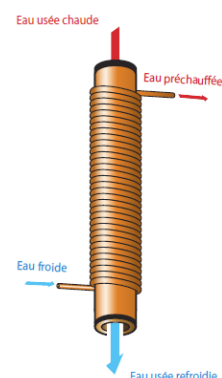


Figure 83: Echangeur de chaleur externe avec filtration Thermocycle de Forstner

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

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

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

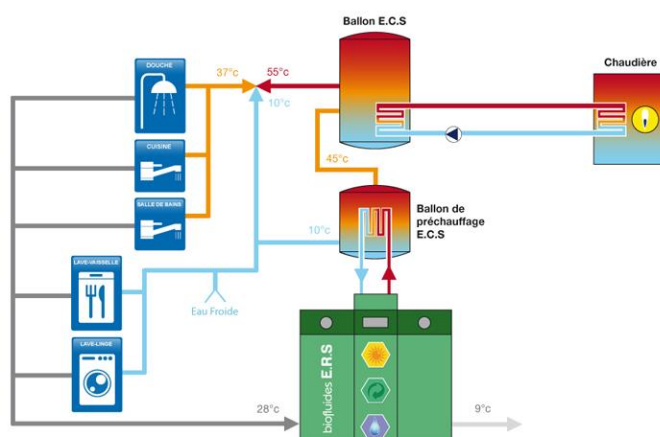


Figure 83 : Schéma de principe de la récupération de chaleur sur eaux usées au niveau du bâtiment
(Procédé ERS, Biofluide Environnement)

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

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

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

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

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

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

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

Figure 84: Echangeur tubulaire en sortie de STEP
(Lyonnaise des Eaux, ISTINOX, ANTEA)



ATOUTS

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

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

• Gisements théoriques

➤ Récupération de chaleur au niveau des collecteurs

CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

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

Sur les bâtiments à chauffer/rafraîchir :

Paramètre	Contrainte/Recommandation
<u>Type de bâtiment</u>	La demande de chauffage ou d'ECS doit être régulière pour assurer un temps d'exploitation élevé des pompes à chaleur, et améliorer leur rentabilité. Bâti ments les plus adaptés : piscines, résidences de logements, hôpitaux, maisons de retraite, hôtels. Les salles de sports, salles de spectacles et centres commerciaux sont à é viter.
<u>Distance collecteur/bâti ments</u>	Préfé rable : inférieure à 350 m Cas favorable : distance inférieure à 200 m
<u>Température de fonctionnement</u>	Une température d'exploitation basse permet une meilleure efficacité des pompes à cha leur utilisées par la récupération de chaleur sur eaux usées. Les systèmes de cha uffage basse température sont préconisés dans le cas de constructions neuves ($T < 55^{\circ}\text{C}$)
<u>Puissance thermique</u>	Mini mum 150 kW
<u>Volume de consommation</u>	Une consommation supérieure à 1 200 MWh/an est très favorable à la mise en place de l'installation de récupération de chaleur. Une consommation inférieure à 800 MWh/an est plutôt défavorable.
<u>Climatisation</u>	Utili ser des pompes à chaleur réversibles pour climatiser le bâti ment en été permet d'a ugmenter la rentabilité de l'installation.

Figure 85 : Contraintes et recommandations sur les bâtiments alimentés par la chaleur des eaux usées
(OFEN, Lyonnaise des Eaux)

Sur le réseau de collecte des eaux :

Paramètre	Contrainte/Recommandation
<u>Débit des eaux usées</u>	Débit minimum 12 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
<u>Diamètre du collecteur</u>	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.
<u>Température des eaux usées</u>	La température des eaux en entrée de la station d'épuration doit de préférence être supérieure à 12°C ²³ . L'abaissement de la température des eaux usées peut avoir des effets négatifs sur la nitrification et l'élimination de l'azote dans les STEP à boues activées. Cet aspect doit être étudié lors de l'étude de faisabilité.
<u>Âge des conduites</u>	L'installation d'un échangeur de chaleur est plus avantageuse dans le cas où la canalisation doit être renouvelée ou remplacée.

Figure 86 : Contraintes et recommandations sur les canalisations d'eaux usées
(OFEN, Association Suisse des professionnels de la protection des eaux, Lyonnaise des Eaux)

GISEMENTS

Une étude de faisabilité de récupération des calories du système d'assainissement pour le chauffage de différents types d'établissement a été réalisée en 2012 en partenariat avec l'INNERS. L'étude a visé à produire un guide technique de chauffage urbain par récupération de chaleur sur les eaux usées via des pompes à chaleur, à l'intention des maîtres d'ouvrage, des aménageurs et des architectes. Ce guide décrit la méthodologie à suivre pour la réalisation de ce type de projet et a été appliqué au territoire de la Métropole de Lille. Il comprend trois phases : cartographie du potentiel et recherche de cible, étude technique et juridique des systèmes, études de faisabilité par site.

La première phase a permis de mettre en lumière le potentiel brut mobilisable sur les canalisations d'eau usée du territoire. Les canalisations ont été sélectionnées sur la base de leurs caractéristiques géométriques, des travaux de remplacements envisagés des conduites et des débits des eaux usées mobilisables. En parallèle ont été analysés les bâtiments à proximité de ces réseaux qui pourraient permettre de valoriser la chaleur extraite. Les bâtiments sélectionnés l'ont été sur la base de leur éloignement au réseau, consommation de chaleur et faisabilité liée à l'aménagement urbain.

Sur la base de ces critères, les canalisations les plus intéressantes du territoire ont été identifiées. Elles sont positionnées sur la carte ci-dessous. On note que ces canalisations sont majoritairement situées en amont des plus importantes stations d'épuration du territoire, il s'agit en effet des collecteurs finaux qui présentent la plupart du temps des débits et diamètres les plus importants.

²³ Rabtherm, société ayant développé le procédé de récupération de chaleur sur eaux usées, a étudié l'impact de ce procédé sur la température des eaux usées. Pour un débit de 60 L/s et une puissance de chauffage de 500 kW, la température est diminuée de 1°C pour un gain de 4°C du fluide caloporteur. À l'inverse, en mode froid, les eaux usées sont réchauffées de 4°C (de 24 à 28°C) alors que le fluide caloporteur perd 6°C

Potentiel de valorisation de chaleur fatale sur les eaux usées

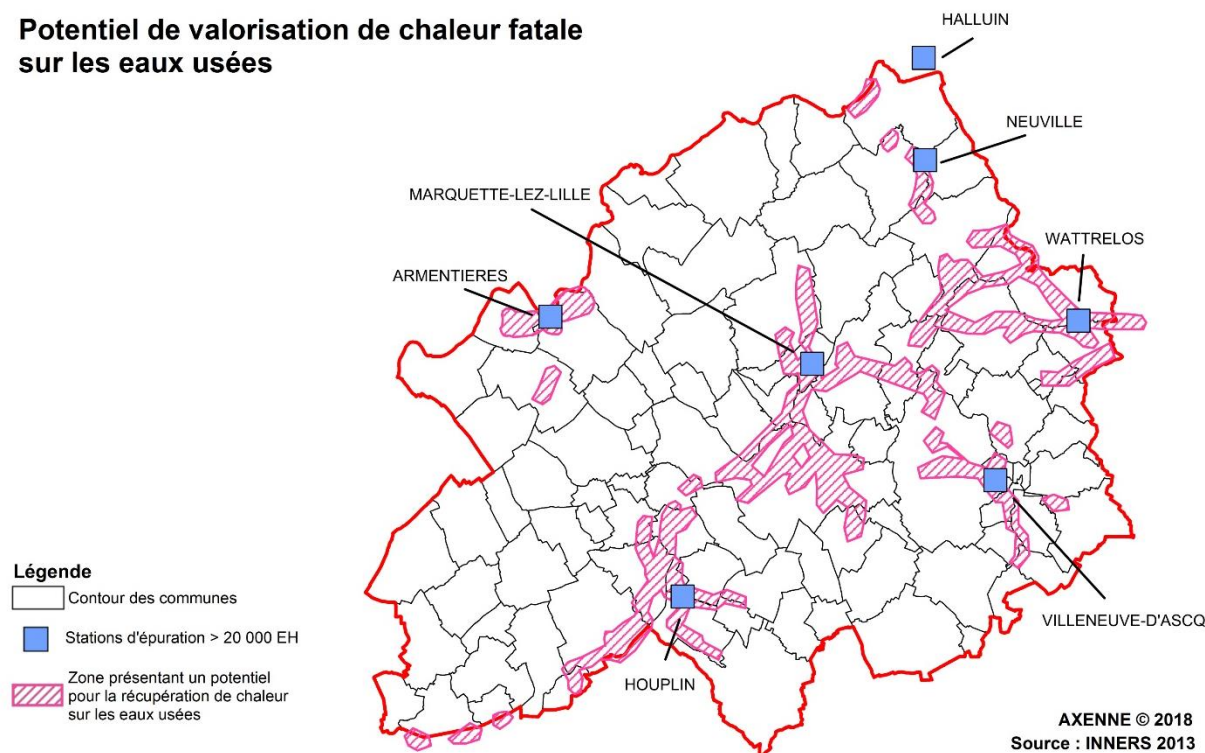


Figure 87 : Zones présentant un intérêt pour la valorisation de chaleur fatale sur eaux usées et stations d'épuration associées sur la MEL

Source : INNERS 2013

La puissance mobilisable sur ces canalisations a été calculée pour chaque zone associée à une STEP. La puissance totale mobilisable serait ainsi de l'ordre de 12,13 MW.

Nom de la STEP	Débit de temps sec (l/s)	Capacité (EH)	Réseaux éligibles (km)	Puissance disponible (kW)
HALLUIN	120	66 000	1,3	351
ARMENTIERES	120	65 000	6,4	351
WATTRELOS (ROUBAIX)	1 440	350 000	31,5	609
NEUVILLE (TOURCOING)	208	65 000	3,1	732
MARQUETTE (LILLE)	1750	750 000	41,5	744
HOUPLIN (FACHES THUMESNIL)	254	172 000	22,9	4219
VILLENEUVE D'ASCQ	250	170 000	8,5	5127

Figure 88 : Caractéristique des réseaux étudiés et puissance extractible par agglomération d'assainissement

Source : INNERS 2013

En considérant que cette puissance extraite soit valorisée pour la production de chauffage par l'intermédiaire de pompes à chaleur, on peut prendre l'hypothèse d'un fonctionnement de l'installation à puissance nominale de 2 320 h par an. Dans ces conditions, les pompes à chaleur fourniraient 28 140 MWh/an dont 21 100 MWh/an d'énergie fatale issue des eaux usées.

➤ Récupération de chaleur au niveau des STEP

Le gisement mobilisable au niveau des STEP est de même nature que le gisement mobilisé au niveau des canalisations d'eaux usées. C'est pourquoi on ne pourra pas extraire de la chaleur à la fois sur la canalisation en amont de la STEP et au niveau de celle-ci. La solution techniquement et économiquement la plus intéressante devra être mise en œuvre au regard de la facilité de mise en œuvre (relativement aux caractéristiques des canalisations et de la STEP existante) et à la proximité des utilisateurs potentiels de la chaleur extraite.

CONTRAINTES ET RECOMMANDATIONS

Plusieurs contraintes sont à prendre en compte :

- Les besoins de chaleur à proximité de l'installation doivent être suffisants pour que celle-ci soit viable. Le réseau de chaleur permettant de chauffer ces consommateurs doit avoir une densité énergétique minimale de 1,5 MWh/mètre linéaire de canalisations. Cette valeur correspond au critère de l'ADEME pour bénéficier du Fonds chaleur.
- La STEP doit avoir une capacité minimale de 20 000 équivalents-habitants, afin que le débit des eaux épurées soit suffisant. Un débit hivernal par temps sec minimal de 15 L/s est recommandé.
- Il doit y avoir une adéquation entre les variations du débit des eaux usées et les variations des besoins en chaleur des consommateurs.
- La STEP doit disposer d'un espace suffisant pour implanter les éléments nécessaires à la récupération de chaleur. En effet, la taille des échangeurs est importante.
- Il est préférable de mettre en place un circuit intermédiaire entre les eaux usées épurées et la pompe à chaleur car celle-ci n'est pas conçue pour travailler avec des fluides agressifs.
- Une bonne conception et une bonne exploitation permettent d'éviter la corrosion et l'encrassement des échangeurs de chaleur.

GISEMENTS

Comme indiqué plus haut, le gisement mobilisable correspond au gisement sur les canalisations.

➤ Récupération de chaleur au niveau des bâtiments

CONTRAINTES

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

GISEMENTS

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

Freins et opportunités au développement des filières chaleur fatales sur le territoire

	Type de critère	Frein	Niveau d'enjeu	Moyen d'action / commentaires
"Contexte de développement"	Sociologique	Méconnaissance de la filière		Editer un guide de vulgarisation à destination des populations, promoteurs, aménageurs et services techniques. Valoriser les retours d'expériences.
	Institutionnel	Pas de volonté de la part des promoteurs. Etudes approfondies nécessaires pour valider la faisabilité		Imposer le recours à la chaleur fatale dans les règlements de ZAC. Communiquer sur les avantages de la filière auprès des professionnels Réaliser des projets exemplaires sur les équipements publics afin de mieux connaître la ressource sur le territoire.
	Industriel	Disponibilité de la technologie.		Les équipements existent mais la plupart des procédés sont encore au stade de l'expérimentation industrielle sans diffusion à grande échelle
	Accès à la ressource	Parfois difficile de mobiliser la chaleur à proximité		Etudier l'opportunité de la valorisation de chaleur en amont de la programmation des zones d'aménagement.
"Potentiel de développement"	Mobilisation de la ressource	Plus complexe à mettre en œuvre sur les réseaux d'eaux usées existants. Nécessité de prendre en compte l'impact du prélèvement de chaleur sur le procédé de traitement.		Travailler avec les exploitants et concepteurs de réseau pour optimiser la mise en œuvre de la récupération sur les eaux usées.
	Concurrentiel	Concurrence des autres filières et des énergies fossiles		Les projets doivent être appréhendés en coût global.
	Economique	Valorisation dans l'industrie pénalisée par des temps de retour jugés trop longs par le secteur		Communiquer auprès des entreprises, mettre en place des incitations.
	Financière	Le seuil de déclenchement du fond chaleur pénalise les petits projets		Pour permettre le financement de projets < 12 GWh/an, candidature à l'appel à projets régional - Contrat de Développement des Energies Renouvelables

2.2.8 Hydroélectricité

Production actuelle

Aucune installation hydroélectrique n'a été recensée sur le territoire.

Gisements bruts

Le potentiel hydroélectrique mobilisable sur les cours d'eau a été étudié en 2008 par l'agence de l'eau Artois Picardie. Le potentiel brut de production a été calculé sur chaque court d'eau sur la base des débits et hauteur de chute. La carte ci-dessous présente les gisements théoriques sur les cours d'eau du territoire. Les principaux gisements sont situés sur la Deûle.

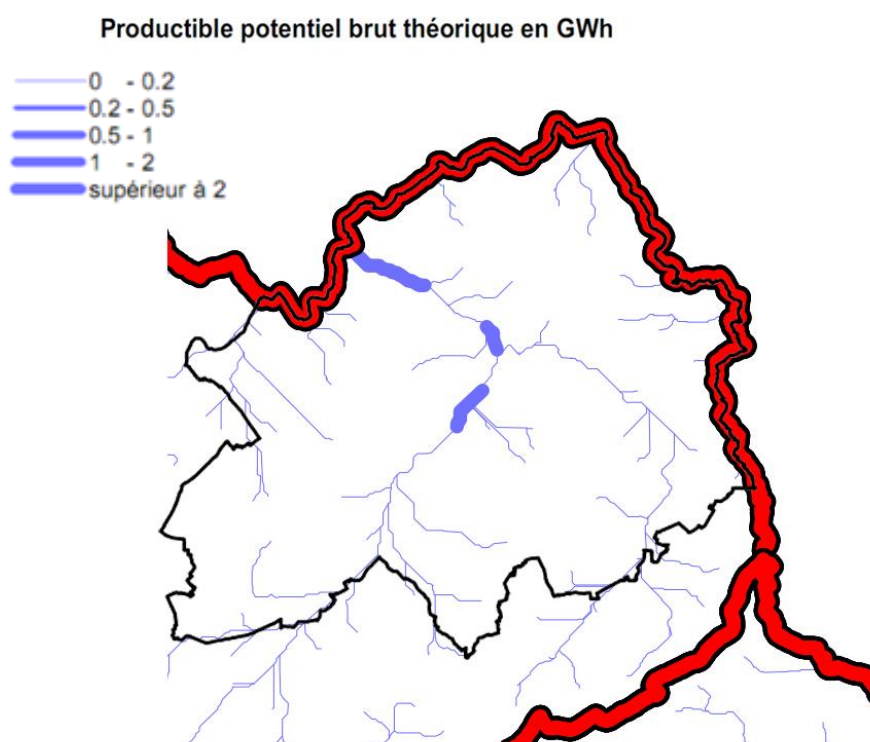


Figure 89 : Potentiel brut théorique de production hydroélectrique sur les cours d'eau du territoire

Source : Agence de l'eau Artois Picardie, 2008

Gisements théoriques : les contraintes au développement de l'hydroélectricité

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

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

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

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

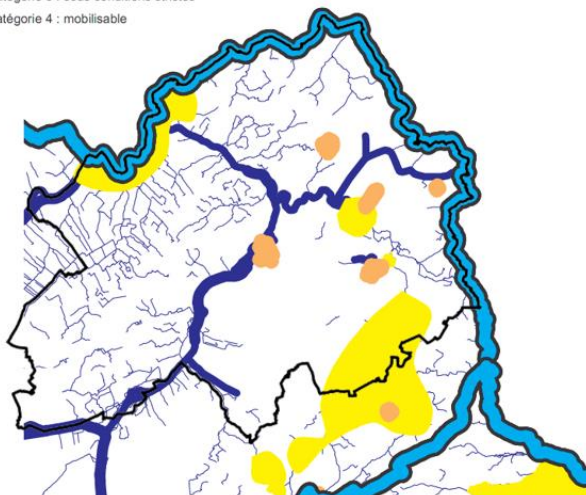
Sur le territoire, seule la Lys, qui forme la frontière nord-ouest du territoire, est classée en liste 1, aucun projet ne pouvant être envisagé sur ce cours d'eau. Aucun cours d'eau du territoire n'est classé en liste 2.

D'autre part, dans le cadre de l'étude de 2008 de l'agence de l'eau Artois Picardie, les enjeux concernant le développement de projets hydroélectriques ont été étudiés sur le territoire²⁴, menant à un classement selon plusieurs catégories. La carte ci-dessous présente ces niveaux d'enjeux sur le territoire. En comparant avec les potentiels des cours d'eau, on note que les enjeux sont relativement limités sur le territoire.

²⁴ Ces niveaux correspondent à des zonages environnementaux et patrimoniaux représentant des interdictions réglementaires (cours d'eau réservés) ou des enjeux fort limitant la faisabilité de ce type de projets (Natura 2000, réserves, migrateurs, sites inscrits/classés, etc.)

Catégories de potentiel

- catégorie 1 : non mobilisable
- catégorie 2 : très difficilement mobilisable
- catégorie 3 : sous conditions strictes
- catégorie 4 : mobilisable



Productible potentiel brut théorique en GWh

Productible potentiel brut théorique en GWh

- 0 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- supérieur à 2

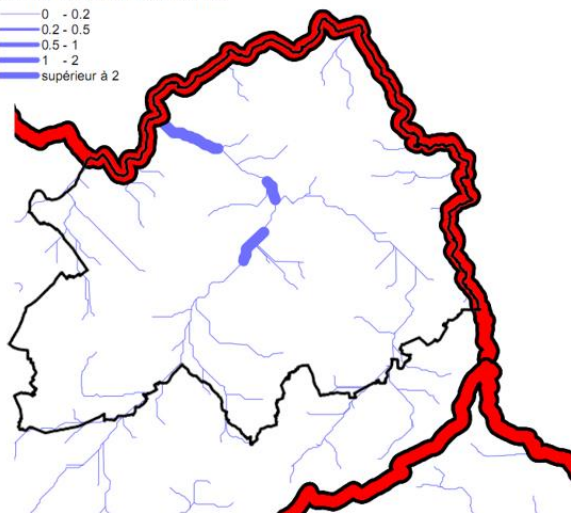


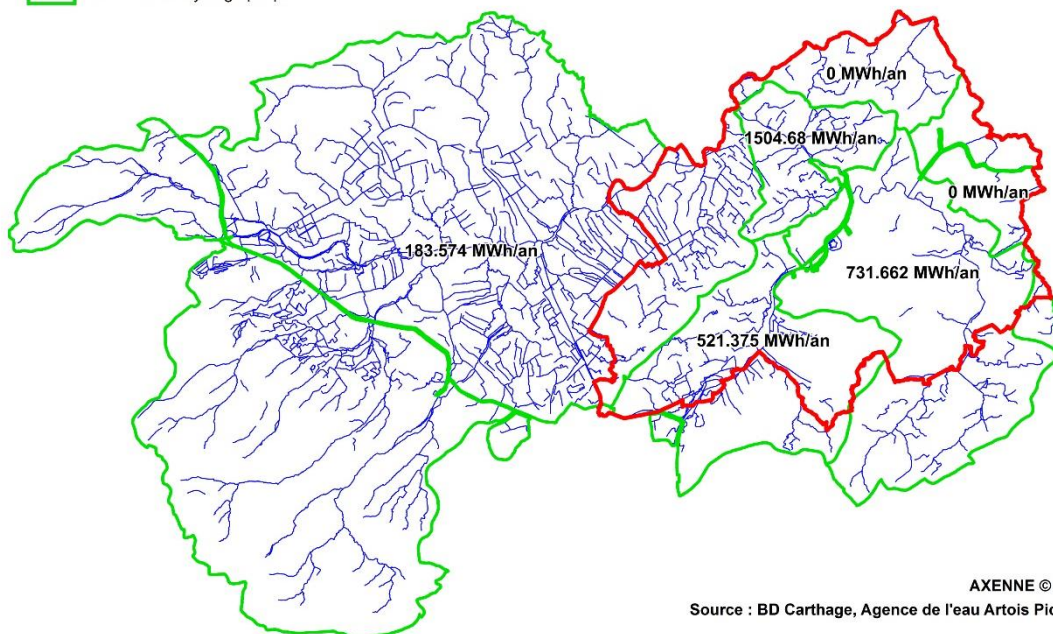
Figure 90 : Niveau d'enjeux et potentiel brut théorique de production hydroélectrique sur les cours d'eau du territoire

Source : Agence de l'eau Artois Picardie, 2008

La carte ci-dessous indique le potentiel mobilisable sans contraintes par sous-secteur hydrographique. Ce gisement représente entre 2 760 et 2 950 MWh/an selon les secteurs considérés. Toutefois, les limites des sous-secteurs hydrographiques n'étant pas limitées aux territoires de la MEL, il n'est pas possible d'estimer un potentiel pour le territoire sur cette base.

Potentiel mobilisable sans contraintes par sous-secteurs hydrographique

□ Sous-secteurs hydrographiques



AXENNE © 2018

Source : BD Carthage, Agence de l'eau Artois Picardie

Figure 91: Potentiel de production hydroélectrique mobilisable sans contraintes sur les cours d'eau du territoire

Source : Agence de l'eau Artois Picardie, 2008

Une étude plus poussée a également été réalisée par VNF Nord-Pas-de-Calais en 2017 visant à identifier le potentiel de production hydroélectrique sur les cours d'eau relevant de la compétence de VNF à savoir, sur le territoire, la totalité de la Deûle et de la Lys. L'étude a identifié dans un premier temps les sites présentant des débits et hauteurs de chute suffisantes, c'est-à-dire les écluses existantes sur ces cours d'eau. Un premier tri a été réalisé sur la base de ces caractéristiques techniques, suivi d'une première analyse de rentabilité. Cette analyse n'a permis de retenir qu'un site sur le territoire, sur la commune de Quesnoy-sur-Deûle. Le projet consisterait à équiper l'écluse, via une dérivation, d'une turbine Kaplan qui permettrait de fournir une puissance de 250 kW. Le productible de cette installation serait de l'ordre de 1 125 MWh/an.

2.2.9 Éolien

Production actuelle

Le territoire compte actuellement 3 éoliennes :

- une de 750 kW située sur le site de l'entreprise Innovent à Bondues implantée en 2000 ;
- 2 de 150 kW chacune situées sur le site des 3Suisse à Toufflers et implantées en 1993.

Leur production est estimée à environ 96 MWh/an.

Le grand éolien

• Gisements bruts

La carte suivante présente le gisement de vent sur le territoire à 50 m de hauteur.

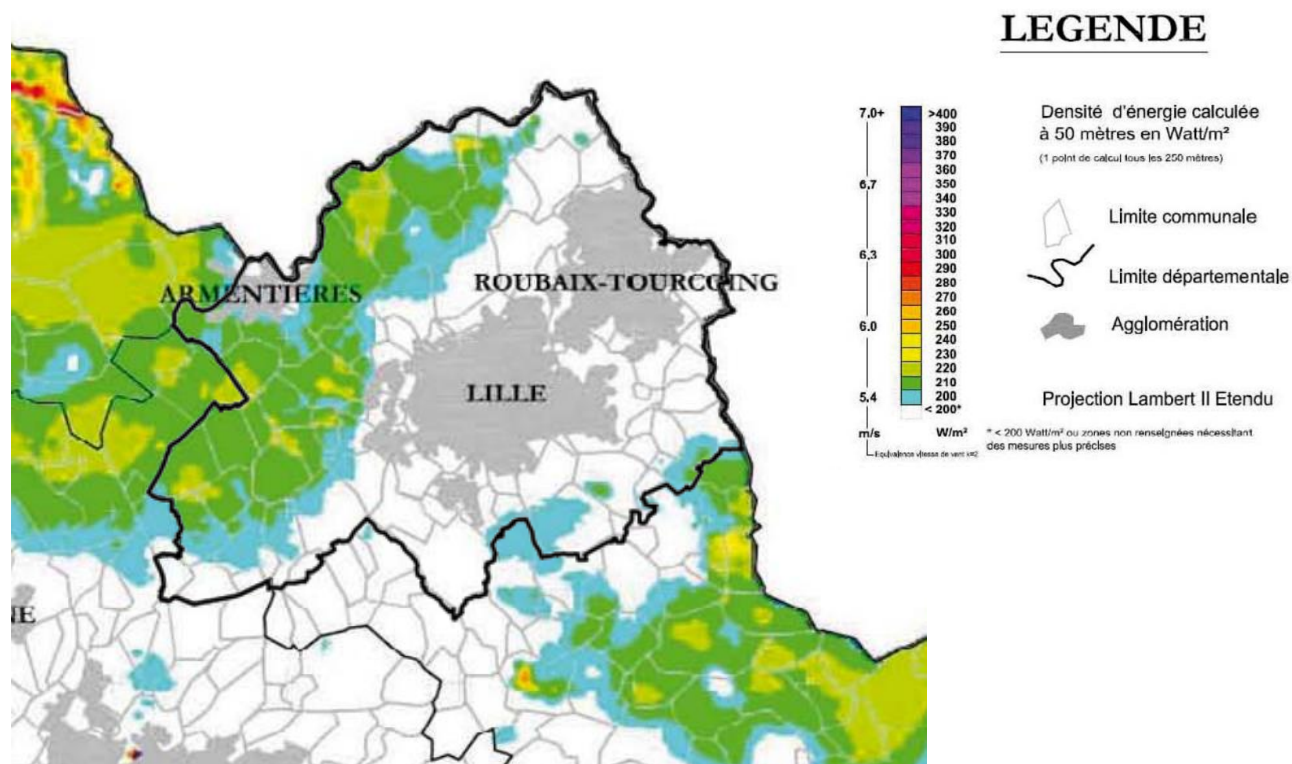


Figure 92: Densité d'énergie et vitesse moyenne de vent sur le territoire à 50m

Source : Schéma Régional Eolien NPDC 2010

Le gisement de vent sur le territoire est limité aux zones nord-ouest.

- **Gisements théoriques**

La mise en œuvre d'éoliennes de grande taille est contrainte par de nombreux éléments qui doivent être pris en compte dans la définition de zones propices. Ces éléments sont de nature technique : servitudes et contraintes liées à l'aviation, à la défense, aux radars, etc. et patrimoniale : patrimoine paysager, patrimoine architectural, patrimoine naturel. La carte suivante synthétise l'ensemble de ces contraintes sur le territoire.

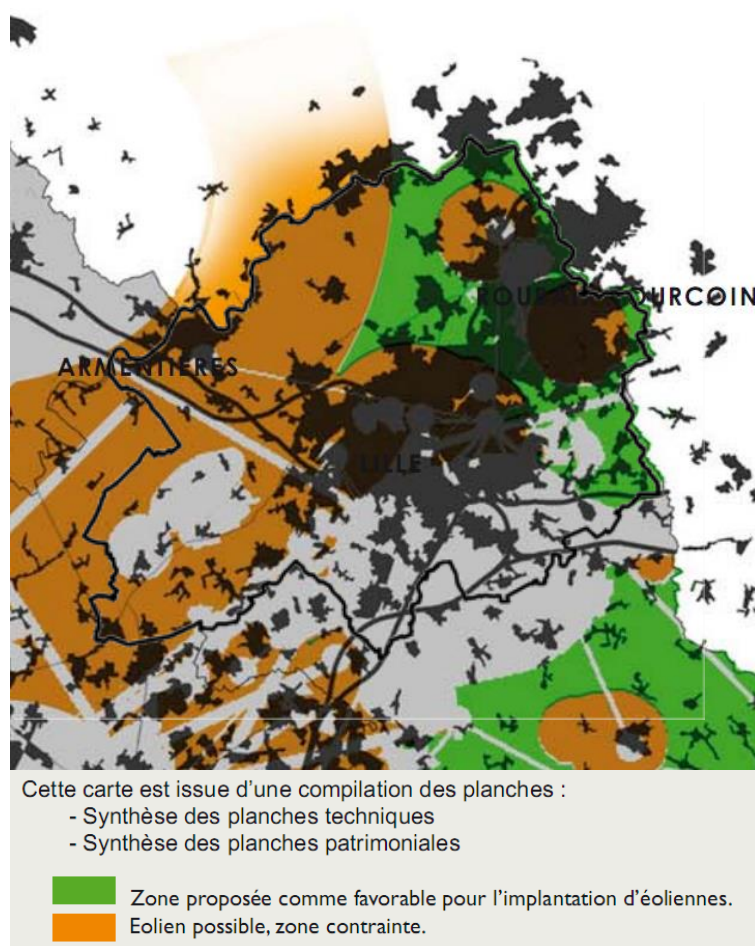


Figure 93: Synthèse des contraintes pour l'implantation d'éolienne de grande taille sur le territoire

Source : Schéma Régional Eolien NPDC 2010

D'autre part, des distances minimales doivent être respectées entre les éoliennes et le bâti (500 m minimum) ainsi que les infrastructures routières et électriques. Une carte réalisée en 2006 dans le cadre du Schéma territorial éolien de l'arrondissement de Lille montre que le croisement de cette contrainte avec les autres enjeux naturels et techniques laisse peu de place à d'éventuels projets.

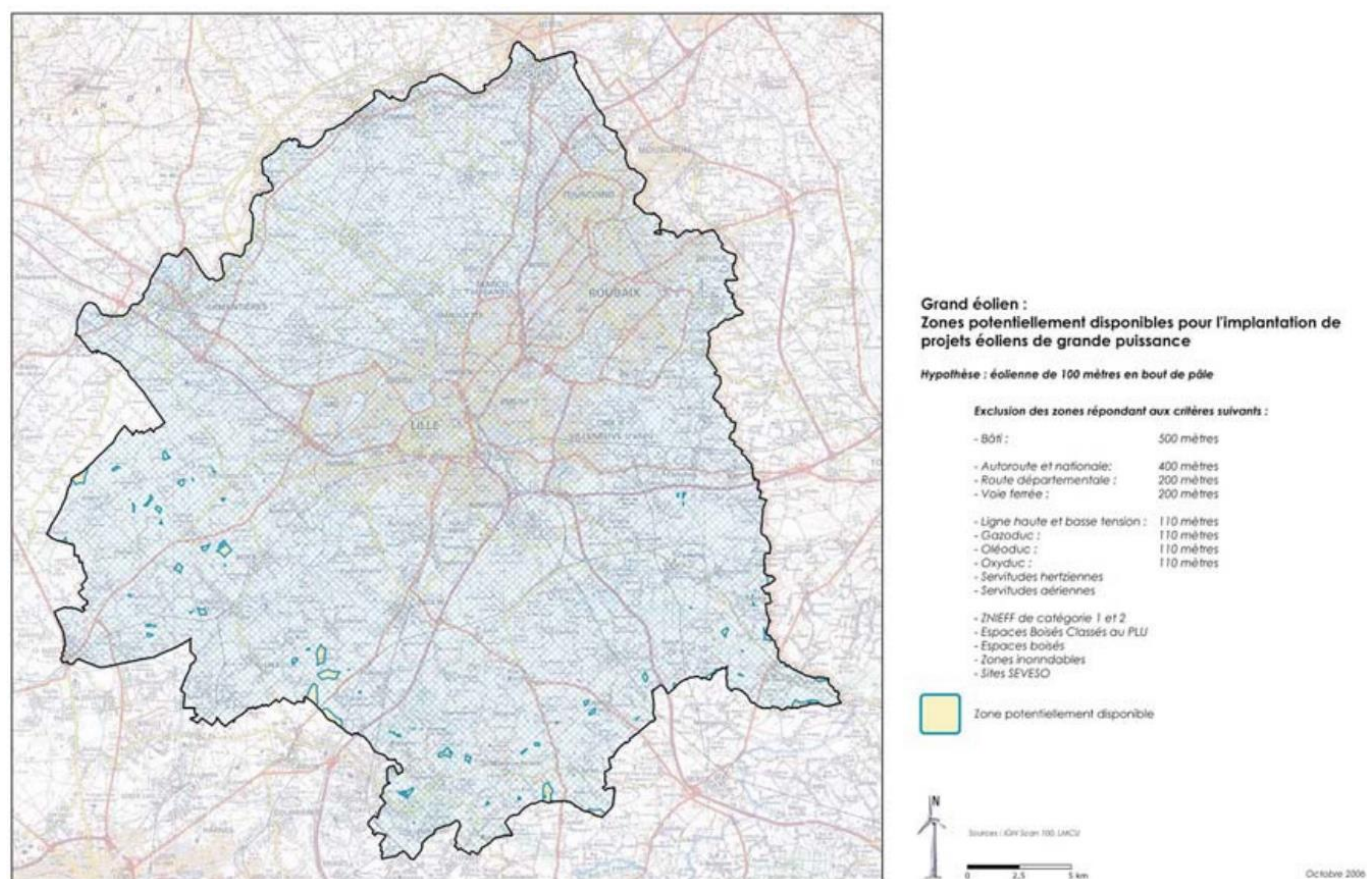


Figure 94 : Synthèse des contraintes pour l'implantation d'éolienne de grande taille sur le territoire

Source : Schéma territorial éolien de l'arrondissement de Lille, ADULM 2006

Le petit éolien

• Gisements bruts

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

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

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



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



Eolienne à axe vertical Darrieus H de 6 kW

L'ADEME indique dans son avis d'avril 2016 que « dans les conditions techniques et économiques actuelles, le petit éolien ne se justifie généralement pas en milieu urbain. Outre le fait que les éoliennes accrochées au pignon d'une habitation peuvent mettre en danger la stabilité du bâtiment, le vent est, en milieu urbain et péri-urbain, en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable. Toutefois, même si le potentiel énergétique global reste limité, le **petit éolien peut répondre à une demande dans le milieu rural** ou en zones non connectées au réseau, **en particulier en autoconsommation dans les exploitations agricoles**. La ressource en vent y est souvent accessible. En outre, les machines utilisées dans ce cas offrent souvent de meilleures performances techniques et économiques que celles destinées au marché des particuliers. Ainsi, une éolienne de 10 kW avec un facteur de charge de 17 % a une production du même ordre de grandeur que les consommations des exploitations agricoles. En autoconsommation, la production éolienne peut se coupler à des systèmes à inertie présents sur l'exploitation agricole (inertie thermique liée à un système de production de froid ou de chaleur, méthaniseur) qui amortissent la variabilité de la production éolienne. Enfin, pour un agriculteur, la production éolienne permet de couvrir un risque, en stabilisant une partie de sa facture d'énergie. »

- **Gisements théoriques**

- **Réglementation**

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

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

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

Malgré ces démarches réglementaires, l'ADEME comme Rhône-Alpes Energie Environnement recommandent une hauteur supérieure à 12 m :

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

➤ Contraintes et étude de vent

Une étude de vent est indispensable dans la mesure où, « à moins de 20 mètres de hauteur, la rugosité du sol liée au type de végétation ou d'habitat constitue une couche limite dans laquelle la vitesse des vents peut diminuer de façon rapide et non linéaire à mesure qu'on s'approche du sol. Ces caractéristiques dépendent fortement de chaque site, ce qui justifie une étude de vent. [...] L'efficacité de l'éolien dépend en premier lieu de la qualité du vent : vitesse, stabilité en direction, absence de turbulences. Une étude de vent est donc indispensable pour d'une part, dimensionner la machine et la hauteur de mât pertinente et d'autre part, évaluer l'intérêt économique. Le coût de l'étude de vent dépend in fine de la précision et de l'intervalle de confiance demandés sur le productible prévisionnel. » (Fiche technique « Petit éolien », ADEME, février 2015).

➤ Synthèse

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

Enfin, les recommandations de l'ADEME sur le petit éolien sont les suivantes²⁵ :

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

²⁵ Fiche technique « Petit éolien », ADEME, février 2015

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

Figure 95: Catégorisation du petit éolien par secteur d'application et recommandations correspondantes (ADEME)

➤ Gisement

Une estimation du gisement pour le petit et micro-éolien a été réalisée dans le cadre de l'étude de prospective énergétique de la MEL réalisée en 2011 par l'ADULM. Cette estimation se basait sur la possibilité d'implantation de machines sur des parcelles d'au moins 2 000 m² (seuil ADEME) correspondant à des zones d'activités afin de limiter les nuisances engendrées. Sur cette base l'étude estimait un potentiel global sur l'ensemble de ces zones 130 000 éoliennes (soit 523 GWh/an pour des machines de 2 kW), et retenait comme potentiel à 2030, 2000 machines, soit de l'ordre de 8 GWh/an.

2.2.10 Bilan de la production d'énergies renouvelables à fin 2016















A fin 2016, la production d'énergie renouvelable sur le territoire s'élève à 1 205 GWh/an dont 1 124 GWh/an de chaleur et 80,3 GWh/an d'électricité. Cela représente une hausse de 126 % par rapport au bilan de 2009.

Bilan des énergies renouvelables		Bilan 2009	Bilan 2016
PRODUCTION DE CHALEUR ET DE FROID	Solaire thermique (Estimation) nb installations nombre de m² production annuelle (MWh/an)		1 834 18 700 m² 6 479 MWh/an
	Bois énergie (chaudières collectives recensées) nb installations puissance installée (kW) tonnes de bois valorisées par an production annuelle (MWh/an)	2 113 200 kW 110 434 t/an 20 000 MWh/an	22 113 200 kW 110 434 t/an 250 853 MWh/an
	Poêles Cheminées Chaudières (résidentiel) production annuelle (MWh/an)	391 000 MWh/an	493 683 MWh/an
	Biomasse (industrie, agriculture) production de chaleur (MWh/an)		211 785 MWh/an
	Géothermie (Estimation) nb installations puissance installée (kW) production renouvelable (MWh/an)	17 449 MWh/an	2 112 14 036 kW 32 521 MWh/an
	Aérothermie - pompes à chaleur (Estimation) nb d'installations puissance installée (kW) production renouvelable (MWh/an)	19 412 MWh/an	10 259 66 199 kW 122 775 MWh/an
	Biogaz (Production de chaleur et injection) nb de site production de chaleur et biogaz (MWh/an)	4 6 357 MWh/an	6 6 357 MWh/an
	Chaleur fatale eaux usées production renouvelable (MWh/an)	0 MWh/an	0 MWh/an
	Chaleur fatale industrie et déchets production de chaleur (MWh/an)	0 MWh/an	0 MWh/an
	TOTAL PRODUCTION THERMIQUE (MWh/an) production annuelle thermique (MWh/an)	457 673 MWh/an	1 124 452 MWh/an
PRODUCTION D'ELECTRICITE	Hydroélectricité production annuelle (MWh/an)	0 MWh/an	0 MWh/an
	Photovoltaïque nb installations puissance installée (kWc) production annuelle (MWh/an)	2 749 MWh/an	2 014 8 142 kWc 7 817 MWh/an
	Eolien nb d'éoliennes puissance installée (kW) production annuelle (MWh/an)	3 1 050 kW 96 MWh/an	3 1 050 kW 96 MWh/an
	Biogaz (Production d'électricité) nb de site production d'électricité (MWh/an)	1 4 797 MWh/an	2 5 083 MWh/an
	Valorisation des déchets (production d'électricité) production d'électricité (MWh/an)	67 308 MWh/an	67 308 MWh/an
	TOTAL PRODUCTION ELECTRIQUE (MWh/an) production annuelle électrique (MWh/an)	74 950 MWh/an	80 303 MWh/an
TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES production annuelle (MWh/an)		532 623 MWh/an	1 204 756 MWh/an

Sources : SoES, ADEME, AFPAC, AXENNE

2.2.11 Bilan des gisements théoriques de production d'énergies renouvelables

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des gisements théoriques identifiés précédemment ainsi que les principales sources utilisées et les chapitres correspondants dans le rapport.

	Bilan des énergies renouvelables	Bilan 2016	Potentiel théorique	Sources potentiels	Référence rapport
PRODUCTION DE CHALEUR ET DE FROID	Solaire thermique (Estimation) production annuelle (MWh/an) 	6 479 MWh/an	387 000 MWh/an	Axenne 2009	2.4.3.2
	Bois énergie (chaudières collectives recensées) production annuelle (MWh/an) 	250 853 MWh/an	1 127 321 MWh/an	- Inventaire régional du gisement biomasse de la région Nord-Pas-de-Calais en 2010 - Axenne - MEL	3.3 3.3.8
	Poêles Cheminées Chaudières (résidentiel) production annuelle (MWh/an) 	493 683 MWh/an			
	Biomasse (industrie, agriculture) production de chaleur (MWh/an) 	211 785 MWh/an			
	Géothermie (Estimation) production renouvelable (MWh/an) 	32 521 MWh/an	1 250 000 MWh/an	- BRGM - ADULM 2014	4.4.3
	Aérothermie - pompes à chaleur (Estimation) production renouvelable (MWh/an) 	122 775 MWh/an	5 850 000 MWh/an	Axenne	5.3
	Biogaz (Production de chaleur et injection) nb de site production de chaleur et biogaz (MWh/an) 	6 6 357 MWh/an	(énergie primaire injection) 210 300 MWh/an	Agreste 2010, ADEME, Solagro, MEL	6.3.4
	Chaleur fatale eaux usées production renouvelable (MWh/an) 	0 MWh/an	21 100 MWh/an	INNERS 2012	7.5.2
	Chaleur fatale industrie et déchets production de chaleur (MWh/an) 	0 MWh/an	326 600 MWh/an	ADEME 2012	7.3.1 7.5
	TOTAL PRODUCTION THERMIQUE (MWh/an) production annuelle thermique (MWh/an)	1 124 452 MWh/an	9 172 321 MWh/an		
PRODUCTION D'ELECTRICITE	Hydroélectricité production annuelle (MWh/an) 	0 MWh/an	2 800 MWh/an	- Agence de l'eau Artois Picardie 2008 - VNF 2017	8.3.1
	Photovoltaïque production annuelle (MWh/an) 	7 817 MWh/an	1 458 000 MWh/an	Axenne 2009 MâJ 2018	2.4.3 2.4.5 2.4.6
	Eolien production annuelle (MWh/an) 	96 MWh/an	8 000 MWh/an	ADULM 2011	9.3.2
	Biogaz (Production d'électricité) nb de site production d'électricité (MWh/an) 	2 5 083 MWh/an	(voir biogaz chaleur et injection)		
	Valorisation des déchets (production d'électricité) production d'électricité (MWh/an) 	67 308 MWh/an	67 308 MWh/an		
	TOTAL PRODUCTION ELECTRIQUE (MWh/an) production annuelle électrique (MWh/an)	80 303 MWh/an	1 536 108 MWh/an		
	TOTAL TOUTES ENERGIES RENOUVELABLES production annuelle (MWh/an)	1 204 756 MWh/an	10 708 428 MWh/an		

Le gisement théorique total s'élève à 10 708 GWh/an dont 9 172 GWh/an de chaleur et 1 536 GWh/an d'électricité. La production à fin 2016 correspond à 11,3 % de ce gisement.

Le graphique ci-dessous présente les bilans de production réalisés en 2009 et 2016 en comparaison des gisements théoriques mobilisables. Pour plus de lisibilité, sont exclues de ces gisements l'aérothermie ainsi que la géothermie.

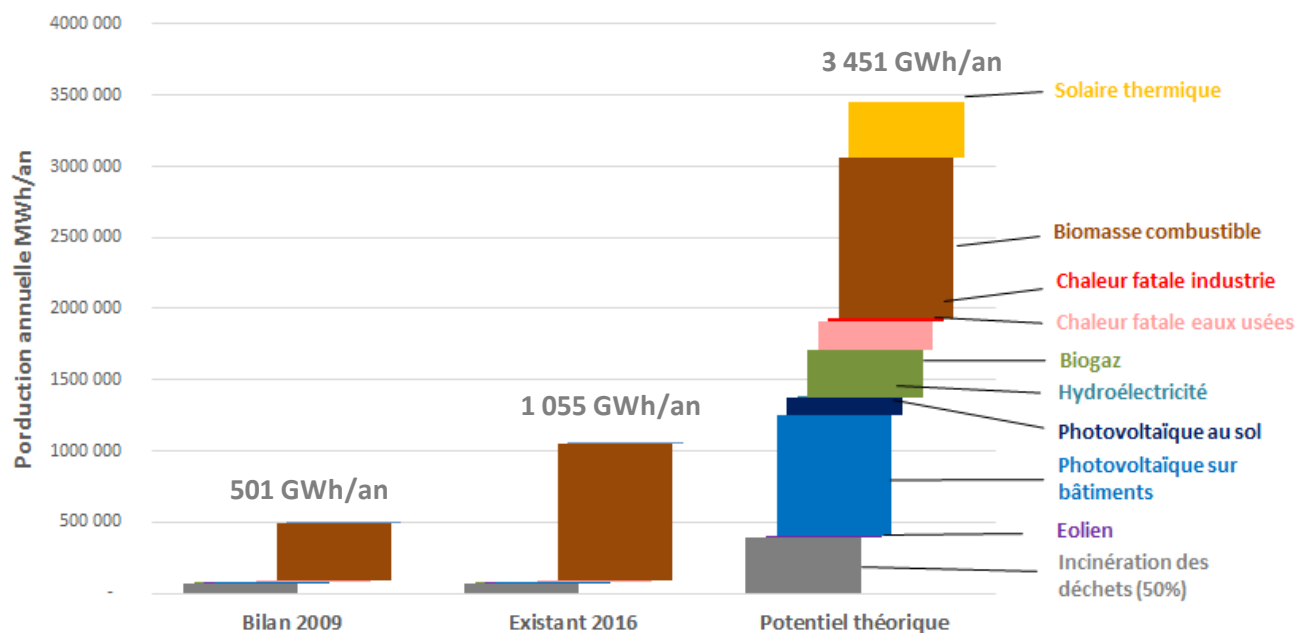


Figure 96 : Bilan de production et gisement théorique des filières de production d'énergie renouvelable sur le territoire de la MEL

2.3 Analyse du potentiel de développement des énergies renouvelables sur le territoire

2.3.1 Hiérarchisation des filières

Le critère de temps de retour sur investissement ne doit plus être le seul mis en avant lors de la décision d'un maître d'ouvrage de réaliser ou non un projet d'énergie renouvelable. La notion d'urgence vis-à-vis de nos choix sur les modes de consommation est bien plus importante et coûtera dans tous les cas beaucoup plus cher aux générations futures si nos choix d'aujourd'hui continuent d'être dictés par la seule rentabilité économique des projets. C'est ainsi que le critère de temps de retour sur investissement doit être pondéré par :

- ▶ le bénéfice de la sécurité énergétique et de la stabilité des prix,
- ▶ l'indépendance énergétique et la valorisation des ressources locales,
- ▶ l'étude en coût global de solutions d'énergies renouvelables sur la durée de vie des équipements,
- ▶ les rejets de CO₂ évités,
- ▶ le coût collectif des externalités (renforcement des réseaux électriques, impact à long terme des déchets radioactifs, etc.),
- ▶ les bénéfices en matière de retombées économiques locales et de création d'emplois,
- ▶ le coût d'apprentissage et de maturité des filières utilisant les énergies renouvelables.






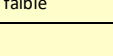


La prise en compte de ces critères tend le plus souvent à favoriser le recours aux énergies renouvelables en comparaison de solutions utilisant les énergies non-renouvelables.


La hiérarchisation des solutions 'énergie renouvelable est un exercice délicat car il implique de considérer l'ensemble de ces éléments dans la comparaison en pondérant chacun des critères de manière objective. De plus, il est difficile de comparer a priori des solutions non comparables car n'ayant pas une même finalité : approvisionnement d'un bâtiment ou projets territoriaux (réseaux de chaleur, centrales photovoltaïques, méthanisation territoriale, etc.), production de chaleur, d'électricité ou de biogaz, etc.

C'est pourquoi cette hiérarchisation est réalisée ici selon plusieurs approches complémentaires.

Comparaison par solutions techniques

Le tableau ci-dessous permet de comparer les solutions techniques de recours aux énergies renouvelables qui peuvent être mises en œuvre sur les bâtiments. Les différentes solutions sont présentées en Annexe.

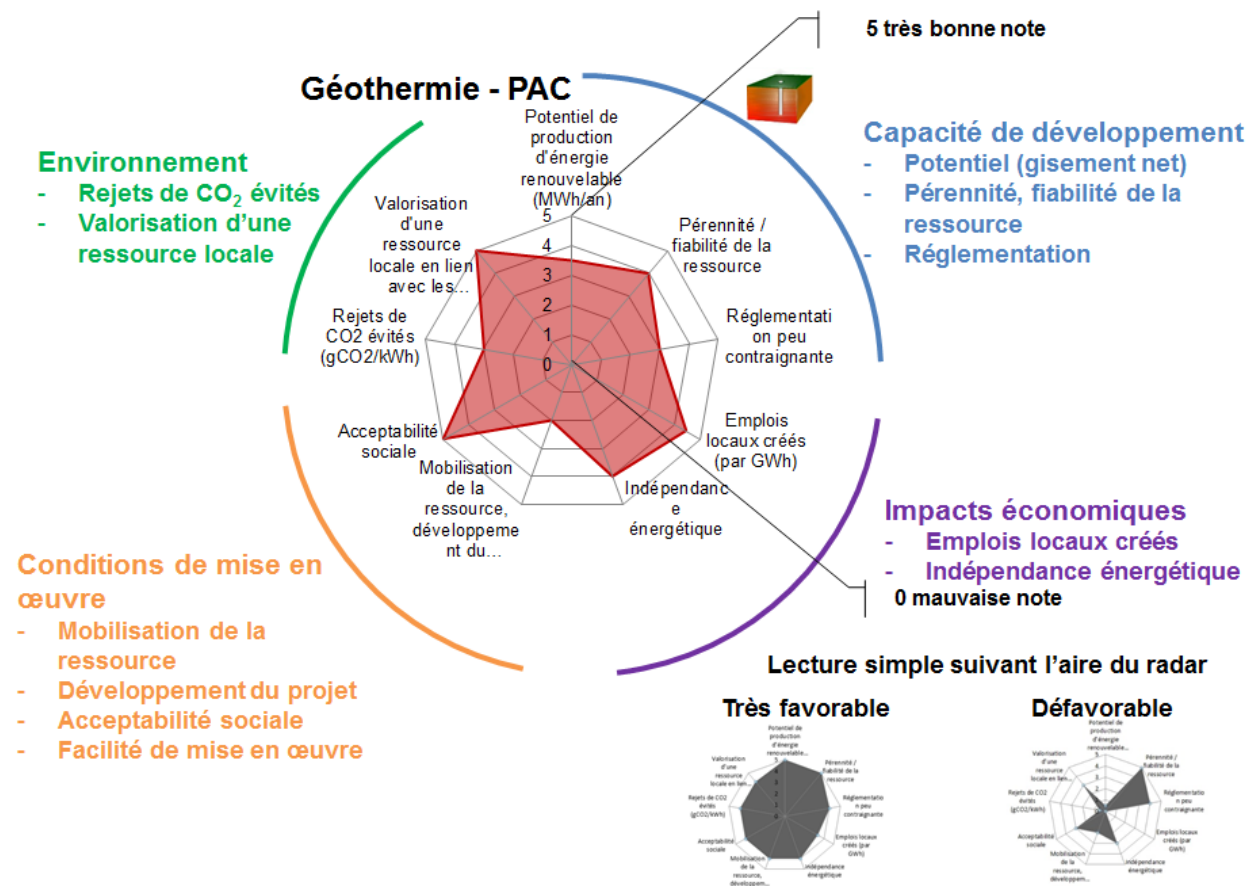
Energie renouvelable	Systèmes	Rejets de CO ₂ évités	Rentabilité énergétique faible forte	Rentabilité économique €€€€€ faible importante	Coût du système (pour une installation donnée)	Rapidité de mise en œuvre 😊😊😊😊😊 difficile facile	Priorité de développement
Solaire thermique	Chauffe-eau solaire collectif	★ ★	 faible forte	€€€€€	1 200 €/m ²	😊😊😊	+++++
	Système solaire combiné	★ ★ ★	 faible forte	€€€	900 €/m ²	😊😊	+++
	Chauffe-eau solaire thermodynamique	★ ★ ★	 faible forte	€€€€€	1 800 €/m ²	😊😊😊	++++
	Climatisation solaire collective	★ ★ ★	 faible forte	€	2 000 €/m ²	😊😊	+++
	Chauffage solaire de l'air	★ ★	 faible forte	€€€€€	1 100 €/m ²	😊😊😊😊😊	+++
	Système hybride photovoltaïque et thermique	★ ★ ★ ★	 faible forte	€€€	1 500 €/m ²	😊😊😊	+++++
Solaire photovoltaïque	Modules polycristallins ou monocristallins en toiture	★ ★ ★ ★	 faible forte	€€€€€	2 500 €/kWc	😊😊😊😊😊	+++++
	Solaire photovoltaïque à concentration	★ ★ ★ ★	 faible forte	€€€	2 800 €/kWc	😊😊😊	+++

Energie renouvelable	Systèmes	Rejets de CO ₂ évités	Rentabilité énergétique faible forte	Rentabilité économique €€€€€ faible importante	Coût du système (pour une installation donnée)	Rapidité de mise en œuvre 😊😊😊😊😊 difficile facile	Priorité de développement
Bois énergie	Poêle à granulé	★★★★	 faible forte	€€€€€	1 200 €	😊😊😊😊😊	+++++
	Chaudière automatique individuelle	★★★★	 faible forte	€€€€€	1 700 €/kW _{chaud}	😊😊😊😊😊	+++++
	Chaudière collective (avec appoint gaz)	★★★	 faible forte	€€€€€	1 200 €/kW _{chaud}	😊😊😊😊😊	+++++
Aérothermie	Pompe à chaleur air/air	★	 faible forte	€€€	650 €/kW _{chaud}	😊😊😊😊😊	++
	Pompe à chaleur air/eau	★★	 faible forte	€€€€€	1 000 €/kW _{chaud}	😊😊😊😊😊	++
	Pompe à chaleur haute performance	★★★	 faible forte	€€€€€	1 200 €/kW _{chaud}	😊😊😊😊😊	+++++
	VMC double-flux thermodynamique	★★★	 faible forte	€€	3 300 €/kW _{chaud}	😊😊😊😊😊	+++++
	Chauffe-eau thermodynamique	★★	 faible forte	€€€	1 700 €/kW _{chaud}	😊😊😊😊😊	+++++
Géothermie	Pompe à chaleur sur nappe	★★★★	 faible forte	€€€€€	1 400 à 1 600 €/kW _{chaud} (y compris forage)	😊😊😊😊😊	+++++
	Pompe à chaleur sur sondes	★★★★	 faible forte	€€€€€	1 700 à 2 000 €/kW _{chaud} (y compris forage)	😊😊😊😊😊	+++++
Récupération de chaleur sur les eaux usées	En pied de bâtiment (collectif)	★★★★	 faible forte	€€€€€	1 600 à 2 200 €/kW _{chaud}	😊😊😊😊😊	+++++
	En sortie de STEP	★★★	 faible forte	€€	1 500 à 2 200 €/kW _{chaud}	😊😊😊😊😊	++
	Sur les collecteurs	★★★★	 faible forte	€€€€€	1 900 à 2 600 €/kW _{chaud}	😊😊😊😊😊	+++

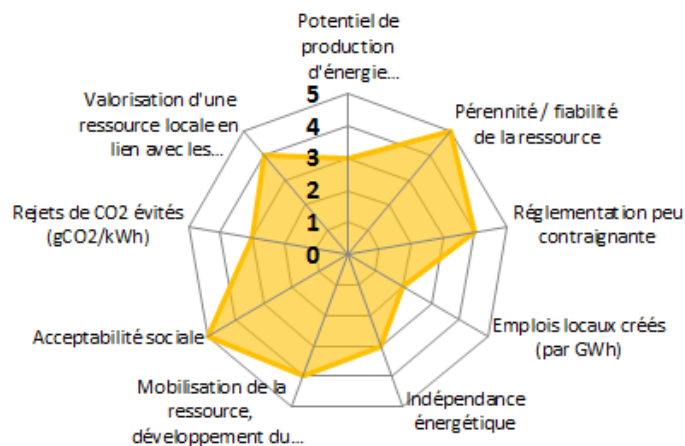
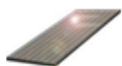
Comparaisons par grandes filières

Les graphiques en radar à la page suivante permettent d'apporter un éclairage sur les filières les plus intéressantes au vu du contexte local et de leur potentiel.

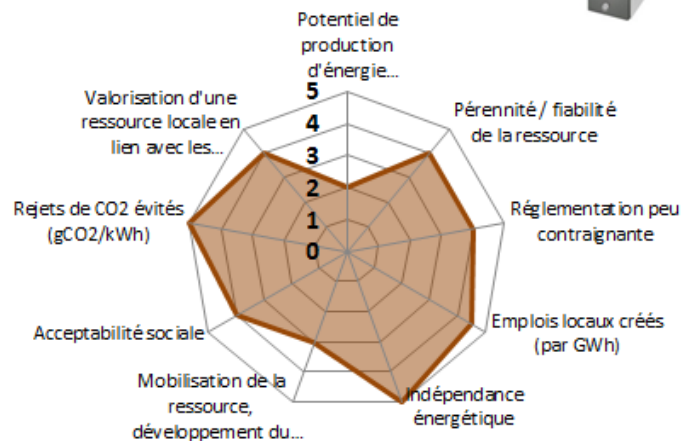
9 critères regroupés en 4 principaux enjeux sont présentés dans ces graphiques :



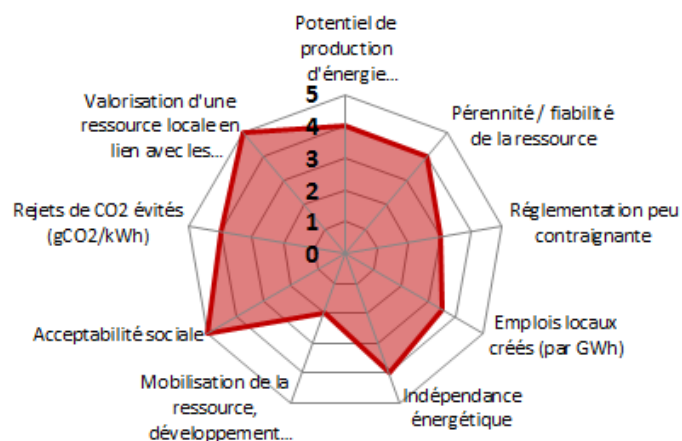
Solaire thermique



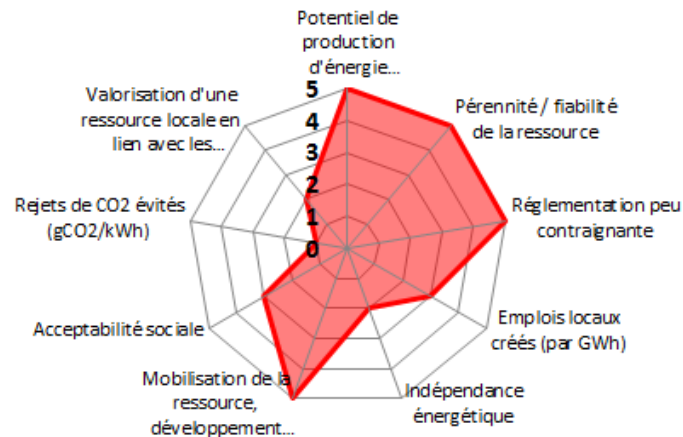
Bois énergie



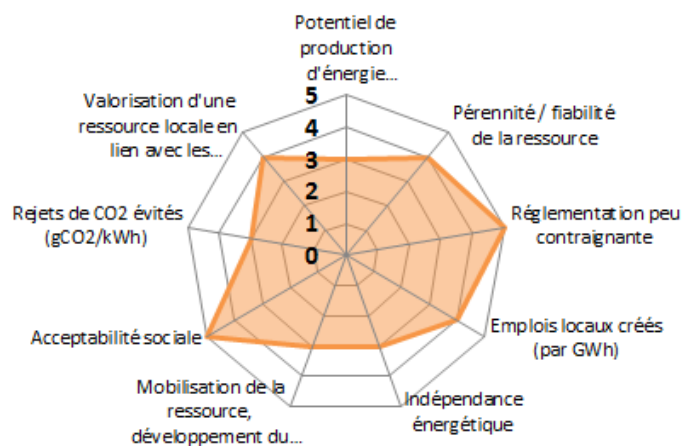
Géothermie - PAC



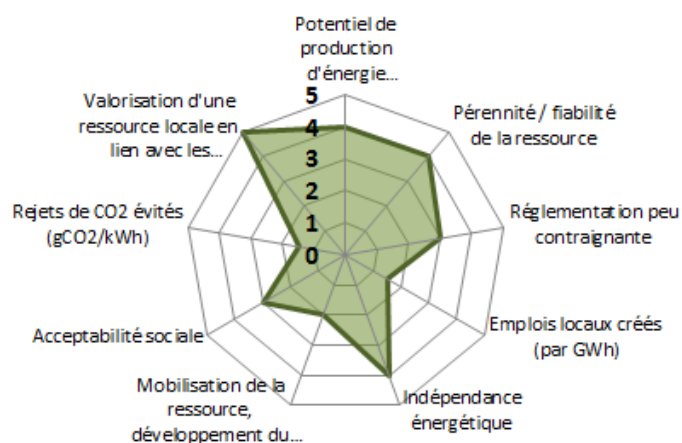
Aérothermie - PAC



Récupération de chaleur fatale



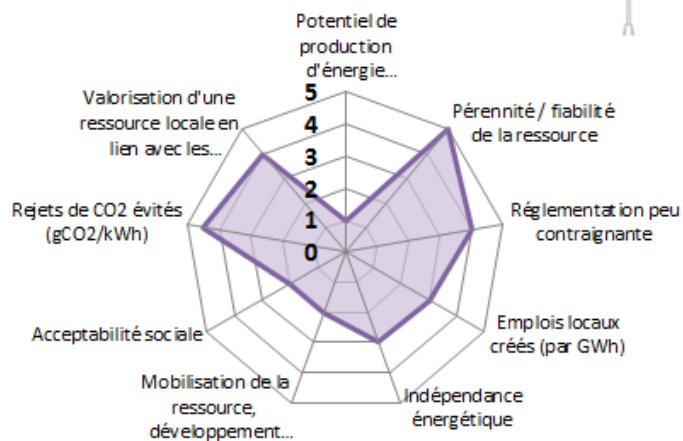
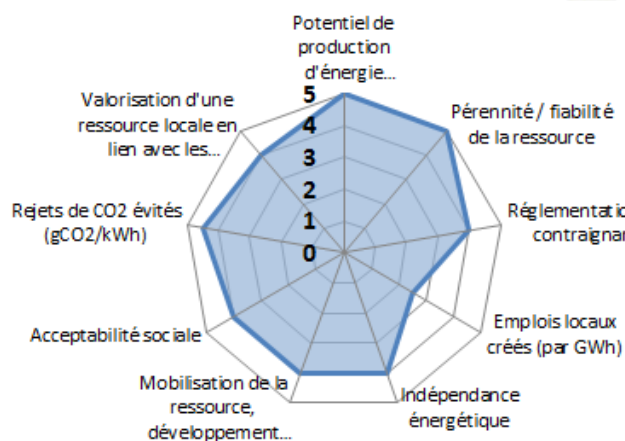
Biogaz



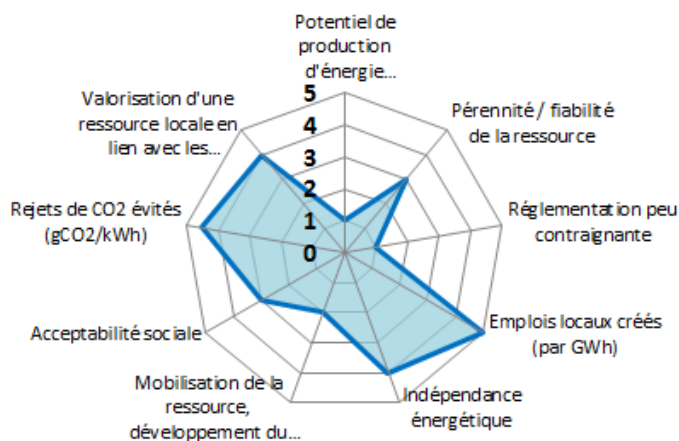
Photovoltaïque



Petit éolien



Hydroélectricité



Les 4 filières suivantes méritent un intérêt tout particulier au vu des graphiques :

- Les filières solaires (thermique et photovoltaïque),
- La filière bois énergie,
- La géothermie,
- La récupération de chaleur fatale.

2.3.2 Zones à enjeux

Potentiel de développement des EnR pour les bâtiments tertiaires

La base de données des équipements géolocalisés de l'INSEE a été retraitée par AXENNE. Cette base recense 181 types d'équipements (restaurant, kinésithérapeute, école, supermarché, taxi, etc.). Nous en avons conservé 56 en fonction de leurs usages et besoins énergétiques généralement constatés (consommation d'eau chaude importante, besoin de rafraîchissement, etc.).

A partir de ces données, nous avons été en mesure de cartographier les bâtiments tertiaires consommateurs de chaleur et/ou de froid et/ou d'eau chaude sanitaire.

Nous avons pris le parti de retenir systématiquement la géothermie pour les bâtiments ayant des besoins de chaleur et de rafraîchissement (hôtel, maison de retraite, hôpitaux, etc.).

Le bois énergie est l'énergie privilégiée pour les bâtiments n'ayant que des besoins de chaleur (collège, enseignement supérieur, piscine, etc.).

Enfin, le solaire, thermique ou photovoltaïque, est adapté si on constate, respectivement, des besoins d'eau chaude sanitaire et une grande surface de toiture.

Les cartographies suivantes présentent les poches de consommation importante du fait d'un regroupement de bâtiments tertiaires. La représentation par typologie d'usage permet d'envisager la création de réseaux de chaleur bois ou géothermique.

Sur la carte suivante, un seul point marron indique la présence d'un seul bâtiment tertiaire. Dès lors que la couleur passe au bleu, le potentiel pour raccorder plusieurs bâtiments à un réseau de chaleur bois augmente.

Densité des équipements tertiaires pouvant être équipés en bois énergie

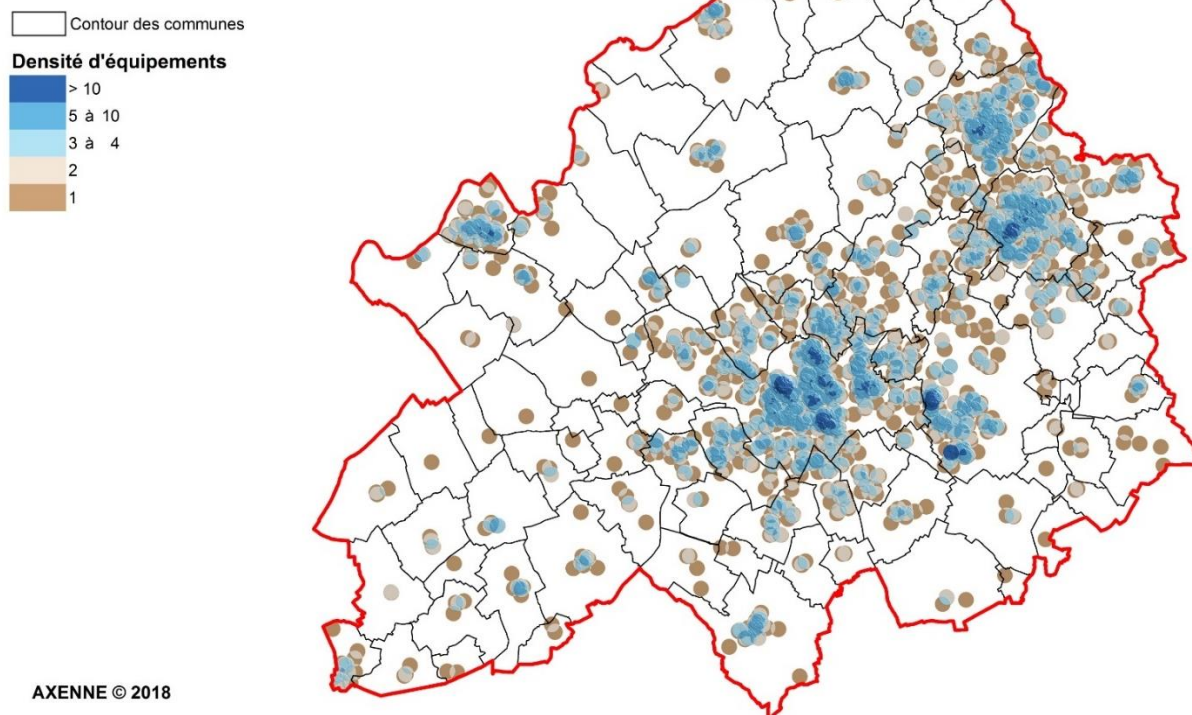


Figure 97 : Densité des équipements tertiaires pouvant potentiellement être équipés en bois énergie sur le territoire
Source : Axenne à partir de la Base permanente des équipements INSEE

La même approche est ici présentée pour la géothermie sur nappe. Dès lors que la couleur passe du gris au jaune, orange, rouge ou rose, le potentiel pour réaliser un réseau de chaleur géothermie augmente.

Densité des équipements tertiaires pouvant être équipés en géothermie sur nappe

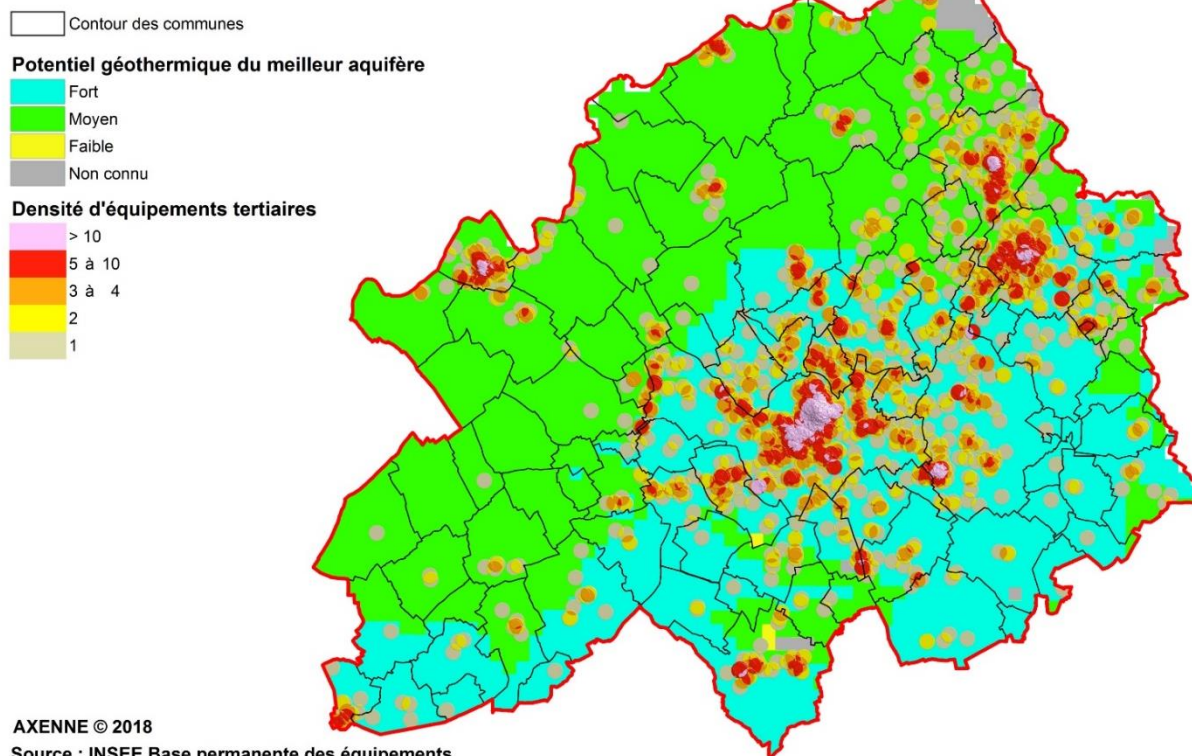


Figure 98 : Densité des équipements tertiaires pouvant potentiellement être équipés en géothermie sur le territoire
Source : Axenne à partir de la Base permanente des équipements INSEE

Potentiel des EnR pour les parcs d'activités

Les parcs d'activités existants ou en projets du territoire ont été analysés du point de vue des ressources en énergies renouvelables afin de favoriser leur recours dans leur approvisionnement énergétique.

La cartographie des parcs a été complétée par des données sur :

- Le potentiel géothermique des nappes
- Les niveaux d'enjeux pour la géothermie de minime importance sur nappe et sur sonde (ainsi que les zones d'enjeux rédhibitoires liées à la zone de captage d'eau potable)
- Le niveau d'enjeu vis-à-vis du patrimoine pour les filières solaires
- Le potentiel de valorisation de chaleur sur les eaux usées dans les collecteurs existants à proximité
- Le potentiel de raccordement aux réseaux de chaleur de la MEL : zones à proximité d'un projet d'extension des réseaux
- Le potentiel de raccordement aux réseaux de chaleur de la MEL : distance aux réseaux existants et densité de consommation de chaleur permettant d'envisager un raccordement.

La carte ci-dessous montre ainsi les parcs d'activités situés dans des zones favorables pour la mise en œuvre de solutions géothermiques sur nappe (sans contrainte ou par suite d'avis d'expert).

Potentiel de mobilisation de la géothermie sur les parcs d'activité du territoire

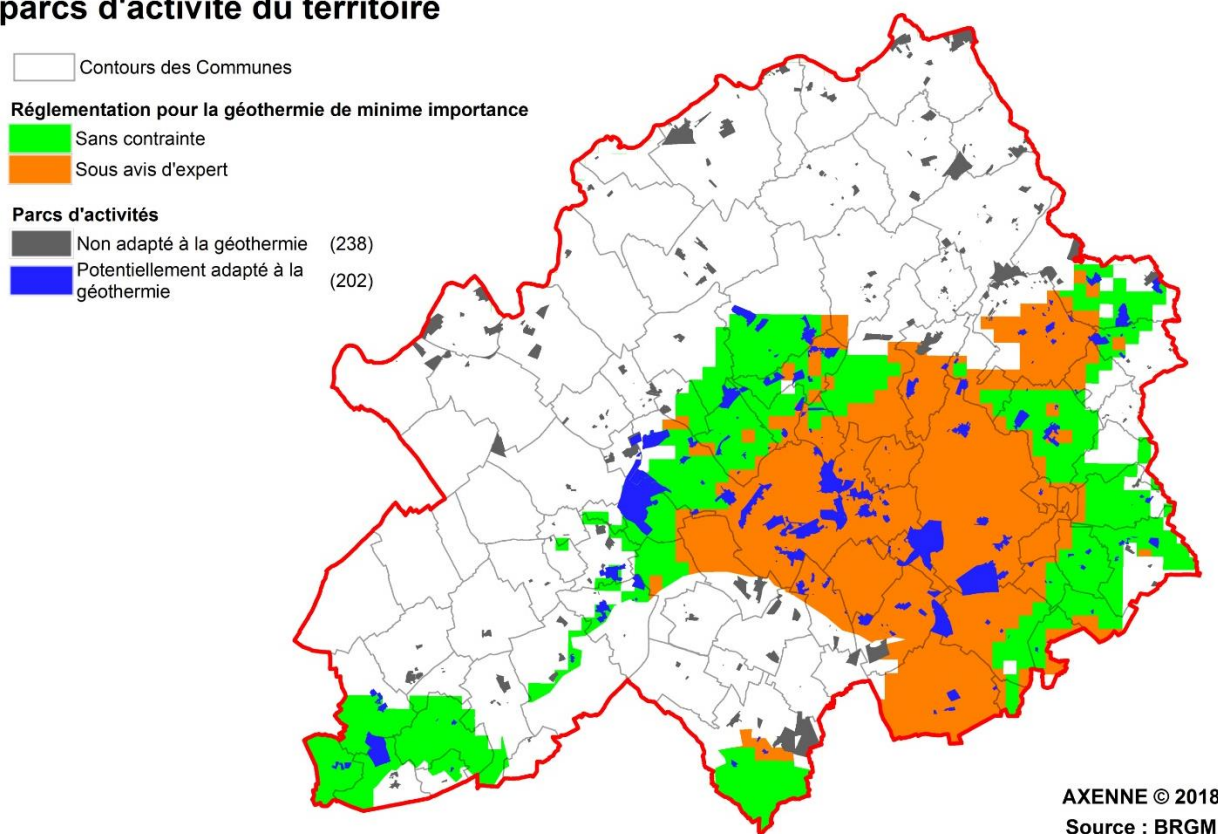


Figure 99 : Potentiel de recours à la géothermie pour l'approvisionnement en énergie des parcs d'activités

La carte suivante indique la densité de consommation de chaleur en MWh/an par ha minimale que doit consommer le parc si l'on veut envisager le raccordement de celui-ci à un des réseaux de chaleur de la MEL existant. En l'absence de données de consommation ou de programmation sur ces parcs, cette densité est évaluée sur la base de la distance minimale entre les réseaux et le parc d'une part et la surface de celui-ci d'autre part. Le seuil minimal considéré pour la faisabilité d'un réseau de chaleur correspond à la densité énergétique minimum demandée par l'ADEME pour bénéficier du Fonds Chaleur, à savoir environ 1,7 MWh_{ef}/m_l/an. Si le parc est trop éloigné ou sa densité trop faible, le réseau créé entre le parc et le réseau existant présente alors une densité inférieure à ce seuil, rendant ce raccordement non faisable a priori.

Potentiel de mobilisation de la géothermie sur les parcs d'activité du territoire

Densité de consommation de chaleur nécessaire pour un raccordement aux réseaux de chaleur de la MEL

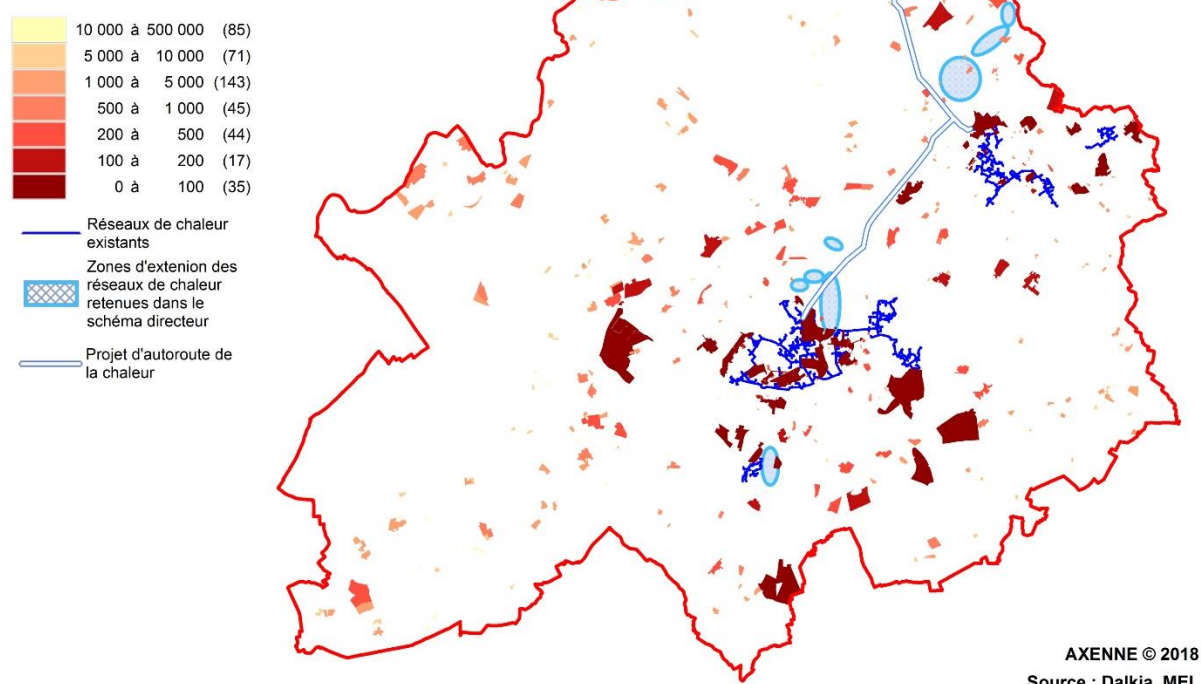


Figure 100 : Densité de consommation de chaleur minimale des parcs d'activités pour envisager leur raccordement aux réseaux de chaleur existants de la MEL

En ce qui concerne les autres filières, les possibilités de mise en œuvre dans les zones d'activités dépendront :

- Des besoins des bâtiments construits (chaleur, eau chaude, vapeur, climatisation, électricité pour l'autoconsommation) et donc de la nature des bâtiments (bureaux, industrie, etc.) et de leurs activités (process industriels) ;
- Des contraintes techniques : surface foncière disponible pour la réalisation de forages géothermiques ou l'implantation d'éoliennes, la création de chaufferies et de silos de stockage, l'accessibilité pour l'approvisionnement en combustible pour la biomasse, orientation et caractéristiques des toitures pour les filières solaires.

Potentiel des EnR pour l'alimentation des réseaux de chaleur

• Potentiel d'évolution des réseaux de chaleur existants

Le territoire compte actuellement 6 réseaux de chaleur urbains publics qui alimentent une partie du territoire :

- RESONOR sur la commune de Lille ;
- Mons Energie sur la commune de Mons-en-Barœul ;
- Villae sur la commune de Villeneuve-D'ascq ;
- R-Energies sur la commune de Roubaix ;
- W-Energies sur la commune de Wattrelos ;
- Wattignies sur la commune de Wattignies.

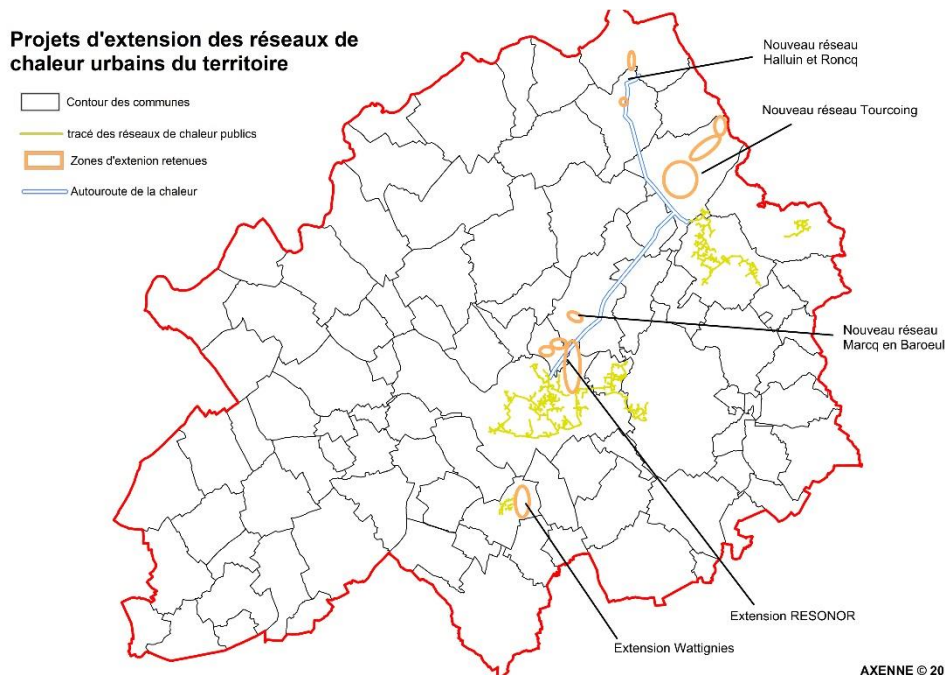
Ces réseaux représentaient en 2016 94 km de conduites, 41 600 équivalents logements desservis pour une puissance totale de 407,9 MW.

Le schéma directeur des réseaux de chaleur a été réalisé sur le territoire. Ce schéma doit permettre d'étudier les opportunités d'extension des réseaux existants ainsi que les opportunités d'approvisionnement de ces réseaux par les énergies renouvelables et de récupération. Les conclusions du schéma directeur ont permis d'identifier plusieurs zones potentielles pour étendre les réseaux actuels dans le cadre de scénarios globaux à l'échelle de la MEL. Ces scénarios intègrent des hypothèses concernant l'extension des réseaux, leur approvisionnement et les interconnexions possibles. Les possibilités d'extension ont été étudiées sur la base des consommations de chaleur du bâti existant ainsi que des projets d'aménagement identifiés sur le territoire.

D'autre part, un projet important de raccordement du centre de valorisation des déchets d'Halluin est également à l'étude, sous le nom d'autoroute de la chaleur, et représente à la fois une nouvelle source de chaleur en partie renouvelable pour les réseaux ainsi qu'une opportunité pour l'extension et l'interconnexion de ceux-ci. Ce projet a été intégré dans le schéma directeur.

Il ressort du schéma directeur plusieurs scénarios d'extensions intéressants qui ont été approfondis :

- Extension de Wattignies à l'Est ;
- Extension de RESONOR au nord-est, secteur La Madeleine, via le raccordement au CVE ;
- Création d'un nouveau réseau à Tourcoing via le raccordement au CVE ;
- Création d'un nouveau réseau à Halluin et Roncq via le raccordement au CVE ;
- Création d'un nouveau réseau à Marcq-en-Barœul via le raccordement au CVE ;
- Interconnexion de RESONOR et R-ENERGIE via le raccordement au CVE.



AXENNE © 2018
Source : Dalkia

Figure 101: Projets d'extension des réseaux de chaleur urbains de la MEL

- **Recours à la géothermie pour l’approvisionnement des réseaux de chaleur**

La valorisation de la **géothermie** est possible sur les zones de potentiel fort et sans contraintes liées à la GMI et/ou le captage d’eau potable. La carte ci-dessous indique, pour les réseaux existants et les zones d’extension envisagées, les zones sur lesquels la géothermie sur nappe peut être envisagée étant donnée la disponibilité de la ressource d’une part ainsi que les niveaux de contraintes pour la mise en œuvre de ce type de projet d’autre part.

Potentiel de mobilisation de la géothermie dans les réseaux de chaleur existants

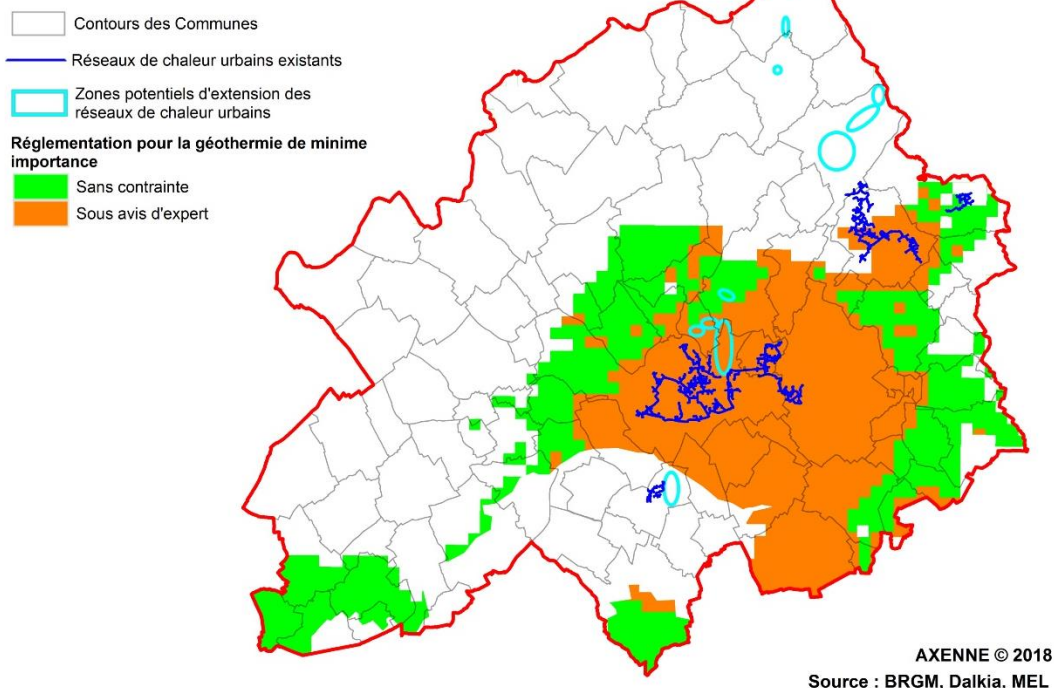


Figure 102: Potentiel de mobilisation de la géothermie dans les réseaux de chaleur existants

La carte montre que les réseaux Resonor et R-Energie pourraient a priori recourir à la géothermie dans sous avis d’expert et le réseau de Wattrelos sans contraintes.

L’intégration de cette ressource à un réseau existant nécessite la mise en place d’une pompe à chaleur haute température avec des performances moins importantes que dans le cas d’un réseau basse température. D’autre part, il est nécessaire de disposer d’un espace disponible pour réaliser le ou les forages de pompage sur la nappe et le ou les forages de réinjection (ceux-ci devant être éloignés suivant les caractéristiques de la nappe). Le recours à la géothermie sur les réseaux existants semble par conséquent difficile à mettre en œuvre en dehors d’une extension du réseau sur une nouvelle zone d’aménagement.

Le recours à la géothermie est par conséquent plutôt à réserver à la création de nouveaux réseaux. Cette solution peut également s’envisager dans la création d’un réseau annexe basse température alimenté par plusieurs sources de chaleur dont une partie peut être un réseau de chaleur classique existant par exemple (solution étudiée dans le cadre de la ZAC Saint-Sauveur).

D'autre part, ce type de réseau doit permettre la production concomitante de chaleur et de froid afin de limiter les impacts thermiques sur les nappes. Ce type d'installation nécessite une surface foncière disponible pour la réalisation des forages et l'implantation de la station de pompage. Il est nécessaire de s'assurer de la faisabilité du projet : implantation des forages, débit mobilisable, impacts dans le cas d'une zone soumise à avis d'expert.



- **Recours à la biomasse combustible pour l'approvisionnement des réseaux de chaleur**

La valorisation de la biomasse combustible peut être réalisée par l'intermédiaire d'une chaufferie dédiée. Ce type d'installation peut être raccordée à un réseau existant ou alimenter un réseau indépendant (dans ce cas, une chaudière d'appoint au gaz naturel sera nécessaire). Ce type d'installation nécessite une surface foncière disponible pour l'implantation de la chaufferie et du silo de stockage du combustible. Le site devra être accessible aux camions de livraison du combustible. D'autre part, la livraison du combustible pourra générer des nuisances sonores pour les riverains qu'il faudra anticiper dans la conception de l'installation.



- **Recours à la biomasse méthanisable pour l'approvisionnement des réseaux de chaleur**

La valorisation de la **biomasse méthanisable** peut être réalisée par la création d'une unité de méthanisation dont le biogaz produit sera valorisé en cogénération. L'électricité produite sera injectée sur le réseau ou autoconsommée et la chaleur produite pourra être injectée sur un réseau de chaleur et/ou en partie autoconsommée par le méthaniseur. Ce type d'installation présente de nombreuses contraintes d'implantation : surface foncière importante pour le digesteur, le stockage des effluents, le stockage du biogaz, etc. distance à respecter par rapport aux habitations du fait du risque industriel, nuisances olfactives éventuelles (risque d'opposition), mobilisation de la ressource pérenne sur l'année, débouchés pour la chaleur sur l'année, etc. Par conséquent il est difficile de valoriser le biogaz produit sous forme de chaleur alimentant un réseau de chaleur. Les projets de méthanisation qui pourront être développés sur le territoire devront dans la mesure du possible privilégier l'injection du gaz sur le réseau de gaz naturel qui représente une solution énergétique plus optimale.



- **Recours à la chaleur fatale pour l'approvisionnement des réseaux de chaleur**

La chaleur fatale industrielle peut, dans certains cas présenter des températures élevées pouvant être directement valorisées par un réseau de chaleur urbain. Toutefois, dans la majorité des cas, il s'agit de ressource à moyenne ou basse température dont la valorisation nécessite le recours à une pompe à chaleur. Les gisements de faible importance et dont la régularité n'est pas assurée représenteront des débouchés généralement plus intéressants dans le cadre d'une valorisation interne de la chaleur. Les gisements plus importants et réguliers seront valorisés de préférence lors de la création d'un réseau basse température alimenté par plusieurs sources de chaleur (dont une partie peut être un réseau de chaleur classique existant par exemple). La chaleur mobilisable sur les eaux usées représente également une ressource à basse température qui pourra être mobilisée dans les mêmes conditions.

- **Recours au solaire thermique pour l’approvisionnement des réseaux de chaleur**

La chaleur solaire thermique sera généralement valorisée de manière plus efficace à l’échelle d’un bâtiment. Toutefois, un ensemble d’installations sur les toitures de plusieurs bâtiments peuvent permettre de mutualiser la production et la consommation à une échelle plus importante. Dans certains cas, il pourra s’agir d’une ressource d’appoint pour l’approvisionnement d’un réseau de chaleur. Toutefois, cette source est très variable sur l’année et couvrira plutôt des besoins liés à l’ECS.

3. Bilan des émissions de gaz à effet de serre et de la séquestration carbone du territoire

3. 1 Bilan des émissions de gaz à effet de serre

3.1.1 Etude du WWF France : Le Défi Climatique des Villes, 2018

Le défi climatique des villes²⁶ est une étude du WWF France visant à accompagner les métropoles françaises vers le respect des objectifs de l'Accord de Paris (2015). En 2017, la France s'est fixé comme objectif la neutralité carbone en 2050. Pour y parvenir, de nombreux efforts en matière d'émission de GES devront être faits sur le territoire. Sachant que les villes correspondent à 67% des émissions françaises, elles représentent des acteurs majeurs à mobiliser pour parvenir à cet objectif. Afin de participer à cette sensibilisation des villes et plus particulièrement des 10 plus grandes métropoles de France, le WWF a défini des **trajectoires de réduction des émissions de GES adaptées aux spécificités de chaque métropole**. Ces trajectoires sont intéressantes à prendre en compte pour l'élaboration du PCAET ainsi que pour la compréhension de l'urgence de l'enjeu climatique.

Un budget carbone mondial à répartir entre pays, et entre territoires...

En 2013, le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) a proposé une estimation des budgets carbones mondiaux à respecter afin de limiter le réchauffement climatique à respectivement 2°C ou 1,5°C, objectif qui a été validé au niveau international dans le cadre de l'Accord de Paris de 2015.

Le budget carbone de la planète, en d'autres termes le volume maximal de GES que nous pouvons émettre sur une période donnée sans dépasser une certaine hausse des températures mondiales, correspond à la limite physique de la biosphère mondiale. La biosphère n'absorbe aujourd'hui qu'environ 55% des GES émis par les activités humaines. Les 45% restant participent à l'accentuation de l'effet de serre.

Le budget carbone mondial sur la période 1870 - 2100 devrait être de 3 670 Gt_{eq}CO₂ pour avoir 66% de chance de contenir à 2°C le réchauffement climatique par rapport aux niveaux préindustriels, et de 2 250 GtCO₂ pour avoir 50% de chance de limiter le réchauffement climatique à 1,5°C.

Dans son rapport, le WWF a repris ces estimations afin de définir les budgets carbones disponibles pour les différents pays et territoires. Pour cela, l'ONG a décidé de prendre l'année 2015 comme année de référence et d'évaluer la part du budget carbone mondial déjà émis entre 1870 et 2015, ce qui permet d'estimer la part de budget carbone restant « disponible » pour la période 2015-2100 pour chaque scénario.

²⁶ Etude complète disponible sur : <https://www.wwf.fr/vous-informer/actualites/les-metropoles-francaises-a-lepreuve-de-laccord-de-paris>

Définition d'un « budget carbone » au niveau mondial

RÉCHAUFFEMENT NET D'ORIGINE ANTHROPIQUE Probabilité	< 1.5°C 50%	< 2°C 66%
Budget carbone sur la période 1870-2100 (GtégCO ₂)	3 020	3 670
Déjà émis sur la période 1870-2015 (GtégCO ₂)	2 633	2 633
BUDGET CARBONE SUR LA PÉRIODE 1870-2100 (GTÉGCO₂)	387	1 037

Au rythme actuel d'émissions, soit 54 GtégCO₂ par an, le WWF estime que les budgets carbone restant « à émettre » d'ici 2100 seront intégralement consommés en respectivement 7 et 19 ans.

Pour définir ensuite la répartition du budget carbone mondial entre les pays, le WWF a suivi trois principes d'allocation :

- **L'égalité** (les êtres humains doivent avoir des droits égaux) ;
- La **responsabilité historique et actuelle** des pays dans le changement climatique, liée au principe de « pollueur-payeur » ;
- La **capacité de contribuer** à résoudre le problème (capacité à payer).

De plus, l'ONG a scindé en deux la période 2016 – 2100 afin de proposer les chiffres les plus neutres possibles. Ainsi de 2016 à 2030, le **critère d'équité** à travers la prise en compte de l'Indice de Développement Humain des pays a été ajouté aux trois autres principes. La prise en compte de l'équité assure le respect d'une responsabilité historique différenciée et des besoins en émissions des pays en développement. Par contre, l'équité n'est plus intégrée au calcul de WWF après 2030 car l'ONG considère que les technologies « décarbonnées » seront suffisamment développées et auront permis de dissocier les émissions de GES de la croissance économique.

WWF aboutit à la **répartition suivante du budget carbone mondial** :

En GtégCO ₂	SCÉNARIO 1,5°C (probabilité de 50%)	SCÉNARIO 2°C (probabilité de 66%)	POPULATIONS CUMULÉES 2016-2100	
	BUDGETS CARBONE 2016-2100		EN MILLIONS	% POP. MONDIALE
MONDE	387	1 037	837 644	100%
FRANCE MÉTROPOLITAINE	2,5	6,8	6 010	1%
FRANCE	2,6	7,1	6 252	1%
Etats-unis	13	36,2	33 729	4%
Brésil	9,1	24	18 619	2%
Inde	71,8	186,7	134 730	16%
Afrique du Sud	2,9	7,8	6 114	1%

Le budget carbone de la France correspond à 10 ans d'émissions au rythme actuel pour l'objectif 2°C et à 4 ans d'émissions pour l'objectif 1,5°C.

Le WWF a ensuite réparti le budget carbone français entre les différents territoires (métropoles) en suivant la méthode de la répartition par tête des émissions de GES.

Le WWF propose enfin des trajectoires indicatives de réduction des émissions de GES pour les 10 plus grandes métropoles de France.

Quel budget carbone pour la Métropole européenne de Lille ?

Après avoir alloué un budget carbone à chaque métropole, le WWF propose des trajectoires possibles, et non uniques, de la « consommation » de ces budgets. Pour ces trajectoires, les émissions de GES sont calculées selon l'approche de « l'empreinte globale » c'est-à-dire en prenant en compte les scopes 1, 2 et 3. L'ONG a décidé de se concentrer sur la période 2016 – 2050 en adéquation avec l'objectif de neutralité carbone que la France s'est fixé pour 2050. Pour chaque métropole, deux scénarios ont été imaginés.

Le premier scénario dit « **scénario fort** » représente l'atteinte des objectifs de l'Accord de Paris sans recours aux « **émissions négatives** » comprises ici comme « les différents mécanismes d'extractions permanents de CO₂ de l'atmosphère voire de mécanismes de compensation ». Si ce scénario paraît peu réaliste pour le WWF, il témoigne de l'urgence de la situation en matière d'émissions de GES.

Le deuxième scénario dit « **scénario ajusté** » correspond lui aussi à l'atteinte des objectifs de l'Accord de Paris mais avec la prise en compte des **émissions négatives**. Son rythme de réduction des émissions est moins fort et donc plus probable pour l'ONG d'autant plus qu'entre 2016 et 2020, ce scénario suit les objectifs que les métropoles se sont déjà fixés.

Les trajectoires se décomposent en quatre points de passage :

- **2016 - le point de départ** : les émissions ont été estimées à partir des dernières données disponibles.
- **2020 - le premier point de passage** : pour le scénario ajusté, les objectifs déjà établis des métropoles ont été conservés.
- **2030 - le second point de passage** : pour le scénario ajusté, des valeurs cibles ont été déterminées :
 - pour la trajectoire à 1,5°C : l'objectif est d'arriver à un volume d'émissions équivalent à 1,1 téqCO₂/hab.
 - pour la trajectoire à 2°C : le volume à atteindre serait de 3,2 téqCO₂/hab.
- **2050 - le troisième point de passage** : à cette échéance les objectifs de réduction de 95% de l'empreinte globale et de 100% des émissions cadastrales devront être atteints pour les deux scénarios.

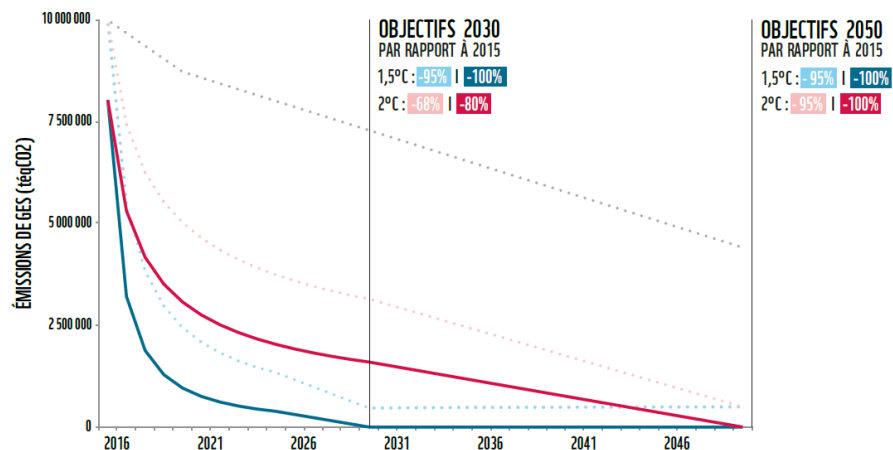
Les graphiques ci-dessous illustrent les trajectoires de réduction des émissions de GES pour chacun des scénarios « fort » et « ajusté » :

SCENARIO FORT

BUDGET CARBONE
1,5°C : 47 MtéqCO₂
2°C : 128 MtéqCO₂

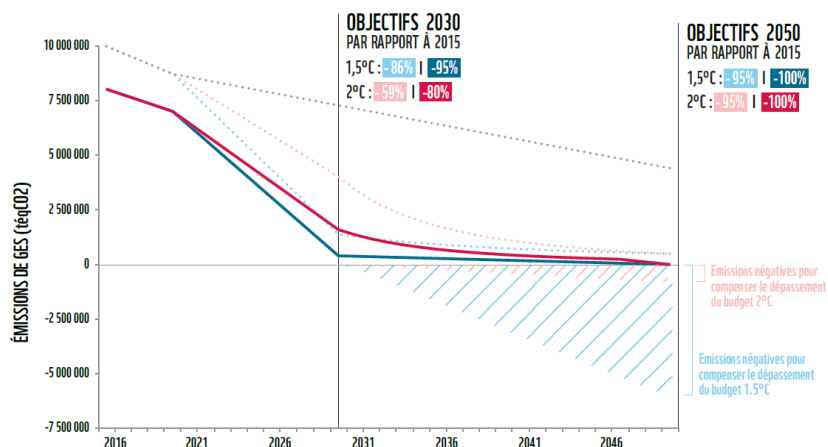
**ÉMISSIONS ACTUELLES
PAR HABITANT**
8,7 téqCO₂ / hab*

OBJECTIFS À 2030
1,5°C : 0,4 téqCO₂/hab
2°C : 2,5 téqCO₂/hab



SCENARIO AJUSTE

OBJECTIFS À 2030
1,5°C : 1,1 téqCO₂/hab
2°C : 3,2 téqCO₂/hab



LÉGENDE

- | | | |
|--|--|---|
| ----- Trajectoire estimée Métropole Emissions globales | --- Trajectoire 1,5°C - Emissions globales | --- Trajectoire 2°C - Emissions globales |
| ----- Trajectoire estimée Métropole Emission cadastrales | — Trajectoire 1,5°C - Emissions cadastrales | — Trajectoire 2°C - Emissions cadastrales |
| | /// Trajectoires 1,5°C - Emissions négatives | /// Trajectoire 2°C - Emissions négatives |

Quelle traduction concrète pour le PCAET ?

Le WWF estime que la MEL dans le cadre de son PCAET devrait se fixer des objectifs ambitieux pour 2030 et 2050. Sa trajectoire devrait être en adéquation avec le respect de la part du budget carbone disponible pour la MEL.

En prenant un objectif « Facteur 4 » d'ici 2050, la trajectoire de la MEL correspond à des budgets carbone respectivement 5 et 2 fois supérieur à ceux définis par le WWF dans ses deux scénarios (fort et ajusté). En ce cas, les budgets carbone alignés avec les objectifs 1,5°C ou 2°C seraient « consommés » d'ici 2021 et 2031.

Les objectifs pour la MEL préconisés par le WWF sont les suivants :

« Les volumes globaux d'émissions de GES à éviter sur la période 2016 – 2050 correspondent à une quantité d'émissions de respectivement 276 et 249 MtéqCO₂ » selon les deux scénarios envisagés, soit une réduction annuelle de 9,6 Mtéq CO₂ (scénario fort) ou de 6,9 MtéqCO₂ (scénario ajusté). Ces volumes correspondent environ à la consommation de respectivement 3 et 2 millions de voitures essence.

Le WWF considère **l'impact de l'énergie dans l'habitat comme une priorité pour la MEL** car ce secteur possède un potentiel élevé de réduction d'émissions et de consommations énergétiques (massification des rénovations, maîtrise des consommations...) compte tenu de l'émissivité du kWh consommé et de la performance énergétique actuelle des logements.

Il faut souligner que si la métropole parvient à suivre le scénario ajusté proposé, elle dépassera tout de même les budgets carbones attribués au territoire à partir de 2021 et de 2040. C'est pourquoi les émissions en surplus devront être compensées par des émissions négatives de 63 MtéqCO₂ (scénario fort) et de 8 MtéqCO₂ (scénario ajusté) d'ici 2050. L'ONG encourage donc la métropole à **concentrer ses efforts sur des actions d'atténuation et à mettre en place de manière progressive des dispositifs de séquestration carbone ou à recourir à des crédits carbone.**

Un scénario ajusté reposant sur le recours à des émissions négatives impliquerait pour la métropole les objectifs suivants à 2030 (par rapport à 2015) :

	OBJECTIFS DÉFINIS DANS LE PCAET (recalculés par rapport à l'année 2015)	OBJECTIFS NÉCESSAIRES POUR RESPECTER UN BUDGET CARBONE 1,5°C	OBJECTIFS NÉCESSAIRES POUR RESPECTER UN BUDGET CARBONE 2°C
% de réduction sur les émissions globales	non fixé	-86%	-59%
% de réduction sur les émissions cadastrales	non fixé	-95%	-80%

En conclusion, selon le WWF, toutes les métropoles devront entreprendre une nouvelle vague d'actions ambitieuses et concernant tous les secteurs d'activité avec notamment une évolution des comportements des acteurs du territoire (mobilité, consommation, production...). Au-delà des bénéfices environnementaux de ces modifications, ces actions peuvent également être source de croissance économique (emplois, innovations,...) et de bien-être (qualité de vie, santé...).

3.1.2 Méthodologie du bilan territorial des émissions de gaz à effet de serre

Le bilan territorial des émissions de gaz à effet de serre (GES) considère les émissions du territoire géographique ou administratif dans son ensemble en le découpant par secteur d'activité, tels que définis par l'arrêté du 4 août 2016 (résidentiel, tertiaire, transport routier, autres transports, agriculture, déchets, industrie hors branche énergie, branche énergie (hors production d'électricité, de chaleur et de froid pour les émissions de gaz à effet de serre, dont les émissions correspondantes sont comptabilisées au stade de la consommation).

L'ensemble des résultats et éléments présentés ci-après sont issus de l'outil ESPASS v.3, hébergé par l'Observatoire Climat Hauts de France porté par le Centre de Ressources du Développement Durable (CERDD), utilisant notamment les données MyEmiss' Air publiées par Atmo Hauts-de-France (année de référence 2015).

Le périmètre retenu pour le bilan correspond aux scopes 1, 2 et 3.

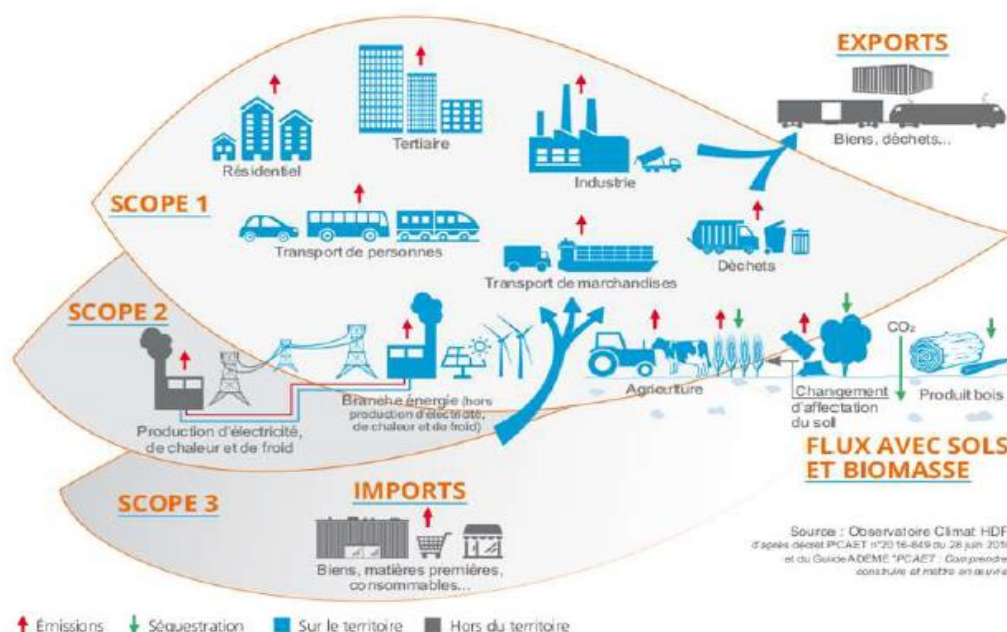


Figure 103 : périmètre retenu pour l'étude sur le territoire de la MEL

L'outil ESPASS utilisé pour réaliser ce diagnostic ne se base pas sur des mesures des émissions de GES mais sur une estimation des émissions associées aux différentes activités présentes sur le territoire de la MEL. Certaines données peuvent ainsi présenter des marges d'erreur conséquentes en raison de la méthodologie et des hypothèses utilisées.

L'observatoire régional fournit les données d'émissions directes (MyEmiss' Air) par GES et polluants et par secteur d'activité.

L'outil ESPASS permet ensuite d'y agréger :

- Des émissions directes : les réseaux de chaleur, le stockage du carbone dans les sols et la biomasse...
- Les émissions indirectes (hors du territoire MEL) :

- *Scope 2* : émissions indirectes liées à l'électricité consommée, à l'amont des combustibles...
- *Scope 3* : émissions indirectes liées à la consommation des habitants et à l'activité économique. Cela en s'appuyant sur les données régionales des douanes et le transport de marchandises pondérée en fonction du poids de la MEL (nombre d'habitant, présence d'industries...).

L'année de référence est 2015 pour les émissions directes, l'occupation des sols, et le transport de marchandises et 2016 pour les données des douanes, le mix énergétique (données EPE MEL).







Logo	Données	Lien Internet
	<ul style="list-style-type: none"> Les émissions directes de GES / polluants (via l'outil régional MyEmiss'Air) 	<ul style="list-style-type: none"> http://myemissair.atmo-npdc2.fr/
	<ul style="list-style-type: none"> Les consommations énergétiques du secteur résidentiel 	
	<ul style="list-style-type: none"> Les données régionales des douanes 	<ul style="list-style-type: none"> http://www.douane.gouv.fr/articles/a11899-consulter-les-statistiques-du-commerce-exterieur-de-la-france
	<ul style="list-style-type: none"> Les données régionales SitraM 	<ul style="list-style-type: none"> http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/r/flux-marchandises-sitram-i.html
	<ul style="list-style-type: none"> Les données sur l'occupation par type de sols (via l'outil régional ARCH, le téléchargement des données de base de ARCH, ou l'outil national de visualisation des données statistiques territoriales Corine Land Cover accessibles via GEOIDD) 	<ul style="list-style-type: none"> http://www.arch.nordpasdecals.fr/ http://opendata.hautsdefrance.fr http://geoidd.developpement-durable.gouv.fr/geoclip_stats_o3/index.php#l=fr
	<ul style="list-style-type: none"> Les données sur les changements d'occupation du sol (via l'outil régional OccSol de SIGALE ou l'outil national de visualisation des données statistiques territoriales Corine Land Cover accessibles via GEOIDD) 	<ul style="list-style-type: none"> http://www.sigale.nordpasdecals.fr/cartotheque/ATLAS/Occsol_2005/OccSol_2005.html http://geoidd.developpement-durable.gouv.fr/geoclip_stats_o3/index.php#l=fr

Figure 104 : principales données utilisées pour le bilan GES territorial

3.1.3 Le Bilan de la MEL

Les émissions correspondant aux scopes 1 (émissions directes) et 2 (émissions indirectes liées à l'énergie)

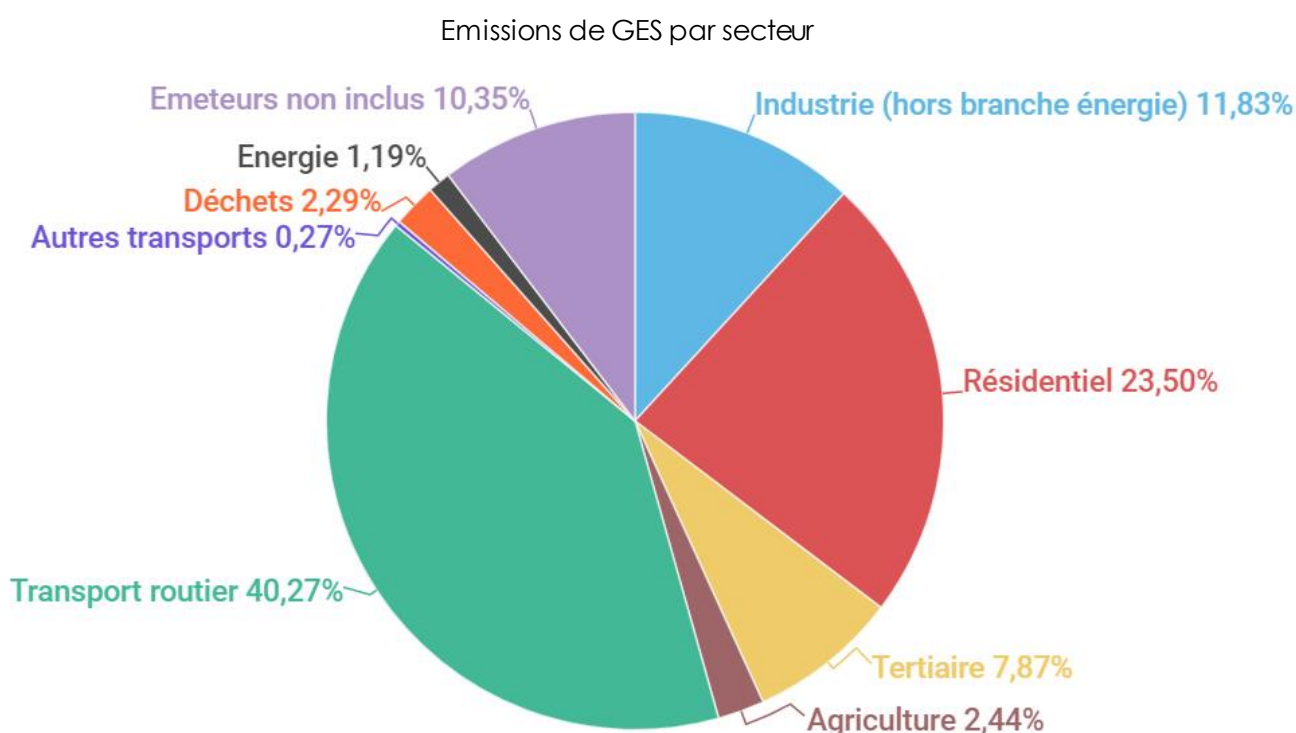
- Estimation des émissions scopes 1 et 2

Les émissions correspondant aux scopes 1 et 2 sont de 5076 kt.eq.CO₂/an

Les émissions (scopes 1 et 2) par habitant sont au-dessous de la moyenne nationale: 4,4 t.eq.CO₂/an/hab. alors que la moyenne française est de 7,5 t.eq.CO₂/an/hab et celle des Hauts-de-France d'environ 9 t.eq.CO₂/an/hab. (2015).

La répartition sectorielle (voir graphique ci-dessous) met en évidence le **poids important du transport routier (40% des émissions)** et du **secteur résidentiel (24% des émissions)** dans les émissions de gaz à effet de serre du territoire.

Les secteurs industriels et tertiaire sont moins importants et représentent respectivement 12% et 8% des émissions du territoire de la MEL. Le poids faible de l'agriculture (3% des émissions) s'explique par l'urbanisation importante du territoire.



Source : Extractions « Secteurs PCAET » de l'outil ESPASS, MyEmissair 2015
Extractions « Secteurs PCAET » MyEmissair, 2015

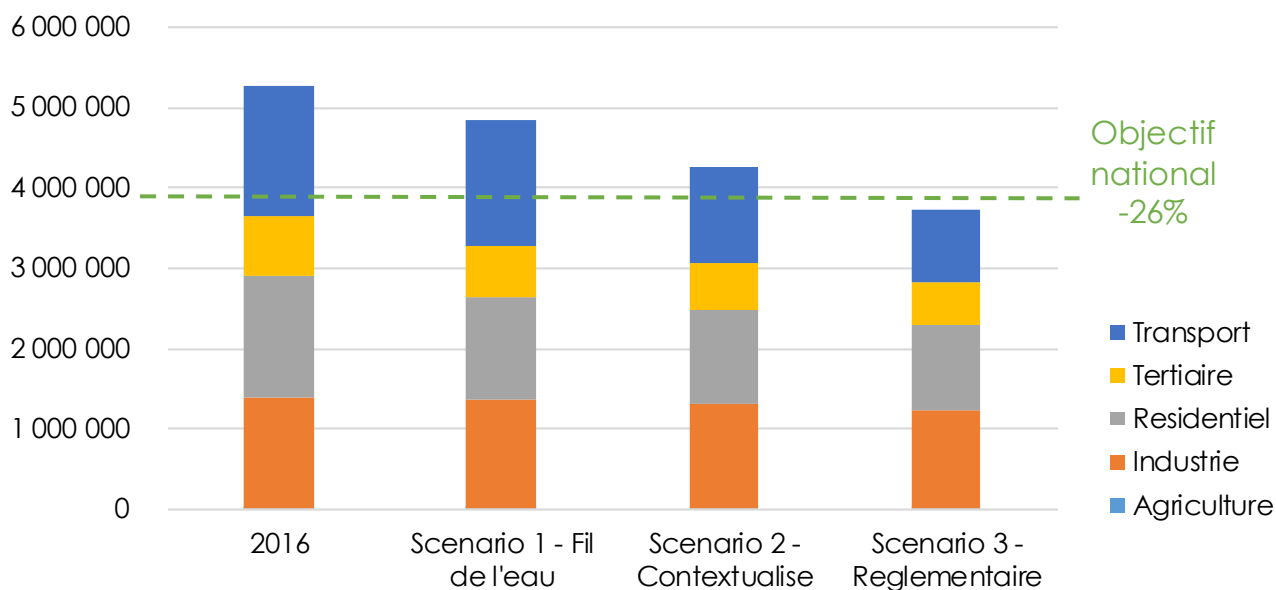
- **Potentiels de réduction des émissions (Scope 1 et 2)**

Les principaux **leviers** et potentiels de réduction des émissions (scopes 1 et 2) sont des actions de réduction des consommations énergétiques, portant notamment sur la **sobriété** et l'**efficacité** énergétique.

Secteur	Actions	Impact réduction des consommations et des émissions de GES
Résidentiel	Rénovations thermiques	+++
	Remplacement d'équipements de chauffage	++
	Sensibilisation et sobriété énergétique	++
Tertiaire	Rénovations thermiques	+++
	Remplacement d'équipements de chauffage	++
	Sensibilisation et sobriété énergétique	++
Industrie	Amélioration des processus industriels	+++
Transport	Voyageurs : baisse de l'utilisation de voitures individuelles, report vers les modes doux, augmentation transports en commun	+++++
	Marchandises : augmentation du ferroviaire, développement des circuits courts, baisse trafic routier	+++

Dans le cadre de l'étude de planification énergétique, une scénarisation des consommations d'énergie a été réalisée, permettant de distinguer trois scénarios : un scénario « fil de l'eau », un scénario « ambition nationale » et un scénario « contextualisé ». Ces trois scénarios correspondent à des réductions plus ou moins importantes des consommations d'énergie, et donc des émissions de GES associés.

Potentiels de réduction des émissions de GES associées à l'énergie à l'horizon 2030, selon 3 scénarios



Synthèse générale des émissions du territoire en prenant en compte les émissions liées à la consommation (scope 3)

- **Pertinence d'une prise en compte des émissions liées à la consommation**

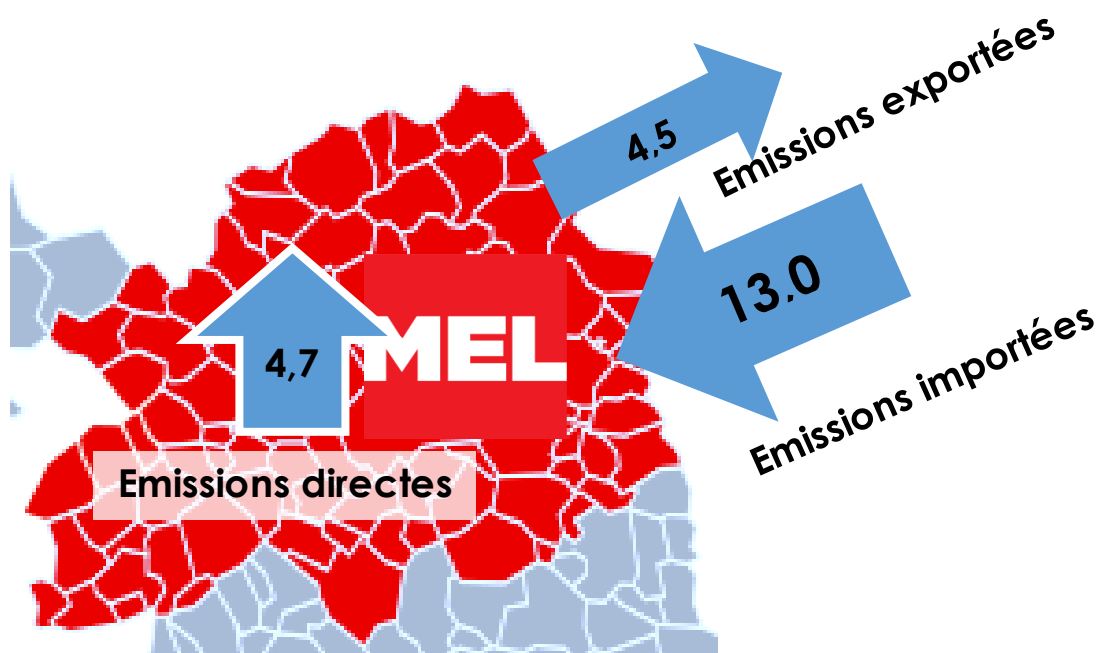
Les émissions correspondant aux scopes 1 et 2 ne représentent qu'une partie des émissions du territoire. En effet, le scope 3, qui englobe lui les émissions indirectes, est beaucoup plus important, et traduit les émissions associées à l'ensemble des biens et services consommés sur un territoire.

Pour avoir une vue globale des émissions du territoire, il faut donc prendre en compte les émissions liées à la consommation.

Définitions

Emissions liées à la consommation = émissions directes + émissions indirectes

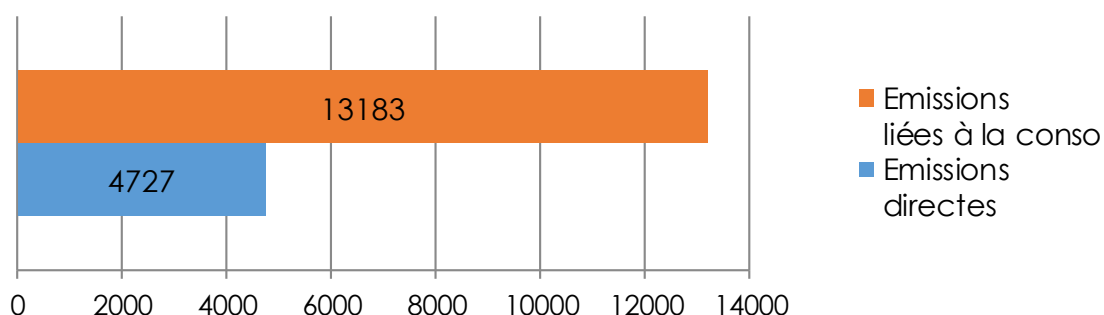
Emissions indirectes = émissions importées – émissions exportées



Emissions directes et indirectes de la MEL en Mt.eq.CO₂ (2015)

Les émissions correspondant aux scopes 1 et 2 représentent 36% des émissions liées à la consommation des habitants du territoire (scope 3). Ce qui signifie que plus de la moitié des émissions imputables au territoire sont dues aux services, biens et matériaux importés sur le territoire²⁷.

Emissions totales de GES (kt. eq. CO₂)

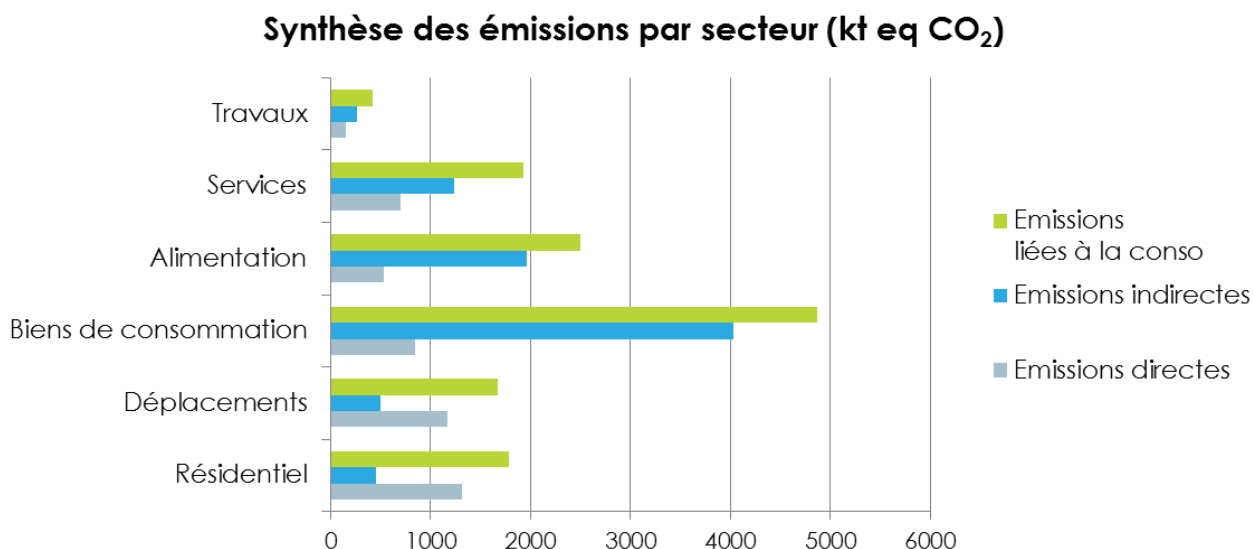


²⁷ Les méthodologies employées et les données mobilisées par l'outil ESPASS diffèrent entre émissions directes et émissions indirectes, l'additivité est donc limitée. Les « émissions exportées » représentent uniquement les émissions des exportations de biens de consommation des activités économiques du territoire (données des douanes), les exportations de services ne sont pas prises en compte dans ce visuel. Du fait de la méthode, une part des « émissions exportées » présentées ici sont directement reportées du flux des « émissions importées » (et ne sont donc pas issues des émissions directes). Il s'agit donc avant tout d'ordres de grandeur.

Ramenées au nombre d'habitants, les émissions liées à la consommation s'établissent à **11,6 t. eq. CO₂ par habitant** soit **109% des émissions d'un français moyen**.

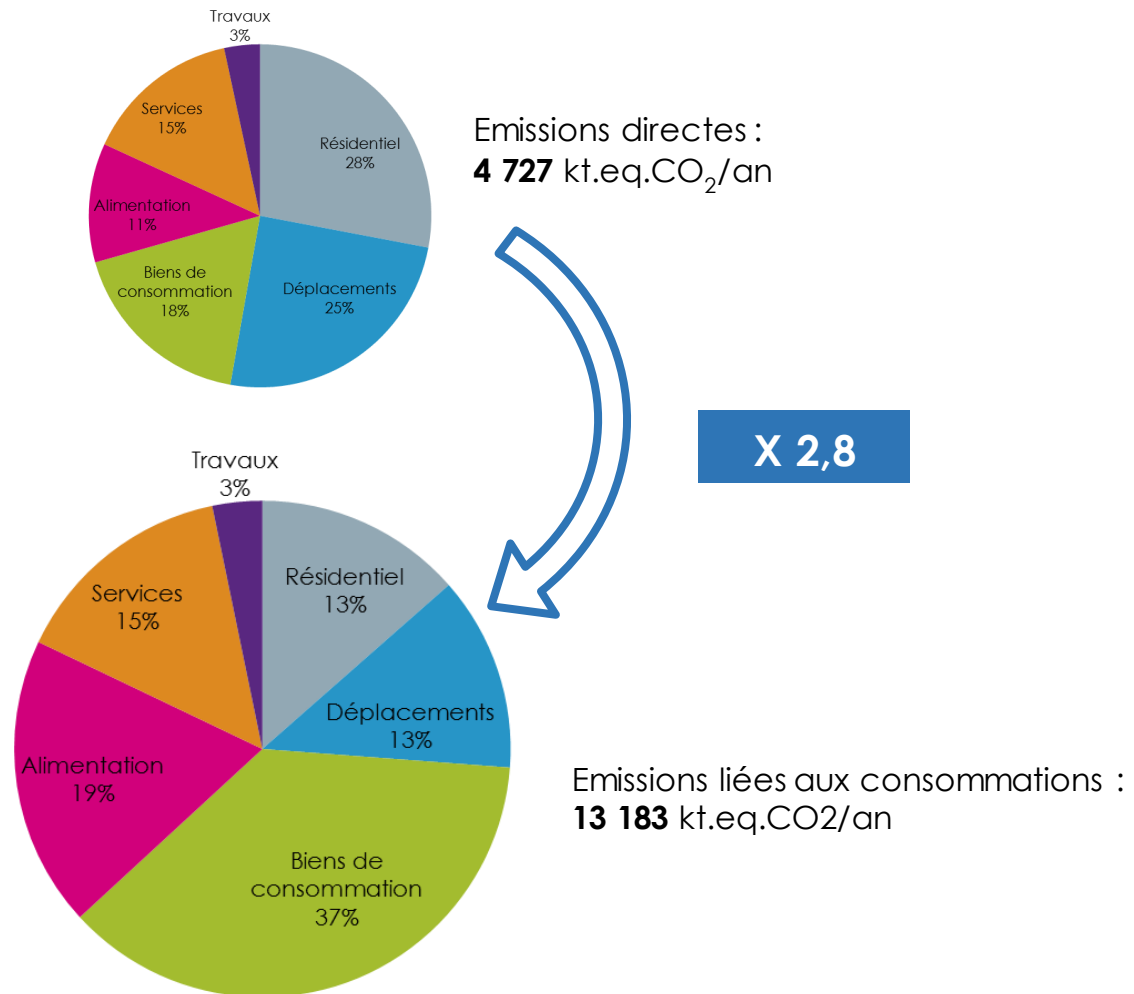
- **Répartition sectorielle des émissions globales**

Si l'on analyse les émissions totales par secteur d'activité, on observe une part prépondérante de l'alimentation et des biens de consommation.



Le premier secteur en termes d'émissions est assez largement celui des **biens de consommation** (s'agissant des émissions directes comme indirectes). Il est suivi du secteur des **services** puis de l'**alimentation**. La majorité des émissions de ce poste sont **indirectes**. Elles sont produites sur d'autres territoires. A contrario les secteurs **déplacements** et **résidentiel** sont avant tout responsables d'**émissions directes**.

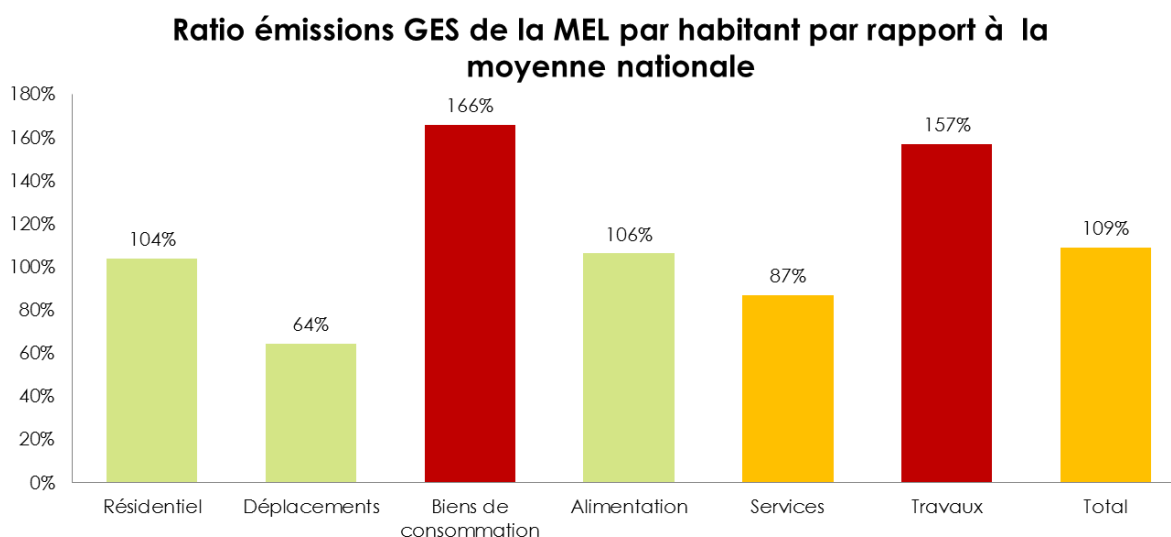
Le poids des différents secteurs varie selon que l'on considère les émissions directes ou indirectes. Les biens de consommation et l'alimentation prennent une part plus importante lorsque les émissions indirectes sont considérées (*note : les secteurs présentés ci-dessus diffèrent des secteurs « classiques » des PCAET*).



- **Un profil d'émissions typiquement métropolitain**

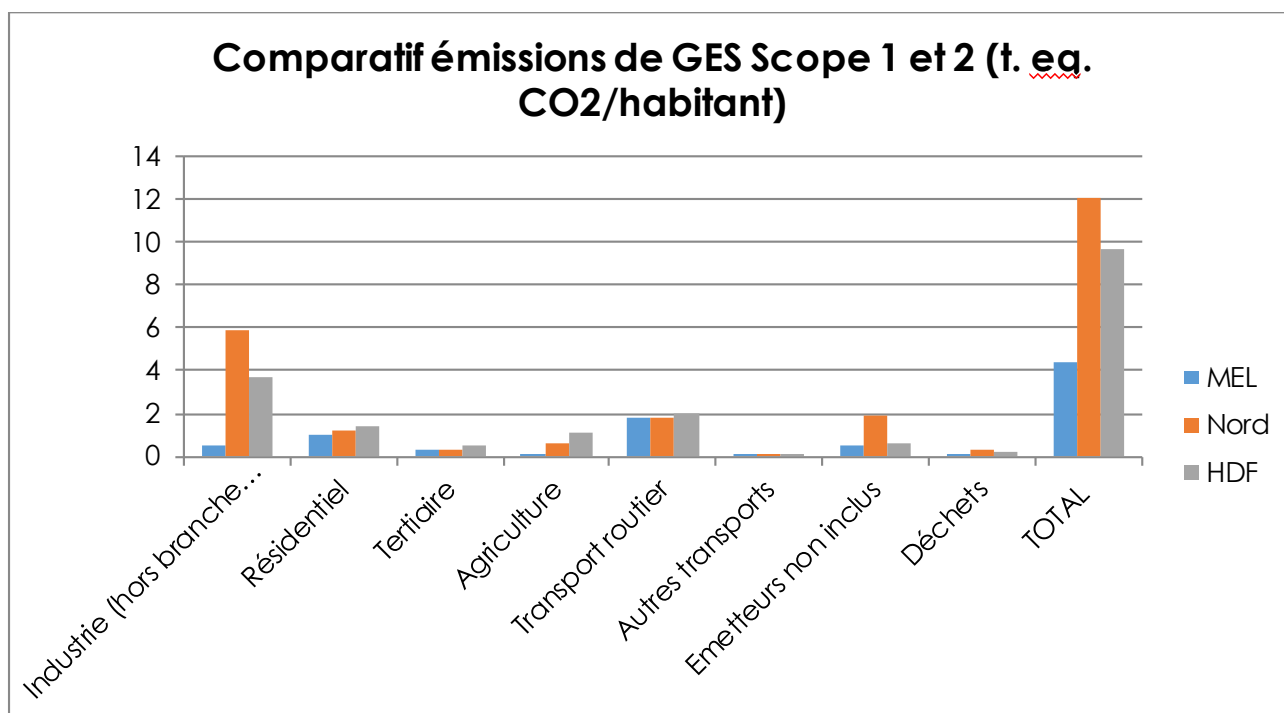
La MEL est un territoire plutôt **plus émetteur que la moyenne nationale** (de 22%), si ce n'est pour le poste « déplacements ». C'est un profil caractéristique d'un **territoire métropolitain** dense, avec une population en augmentation, qui concentre l'offre de service et importe davantage qu'il n'exporte²⁸.

- Les **déplacements** y sont plutôt plus courts et moins dépendants de la voiture individuelle qu'en milieu rural et l'offre de transport en commun mieux développée.
- La **consommation** de biens de consommation y est plus élevée (et les émissions associées également).
- La dynamique de **construction** et la densité des réseaux routiers sont plus élevées (entretien).



²⁸ La précision de la moyenne nationale utilisée n'est pas suffisante pour pouvoir en tirer des enseignements définitifs. La source mobilisée pour ces moyennes nationales est ECO2 Climat, 2009, et si le périmètre est le même (production, distribution, transport pour ce secteur) la méthodologie de calcul et l'année de référence diffère. Ces chiffres ne sont pas mobilisés à des fins de comparaisons fines, il s'agit d'ordres de grandeur.

Une comparaison des émissions de la MEL avec celles de la région Hauts-de-France et celles du Département du Nord fait apparaître des profils d'émissions différents, reflétant les caractéristiques économiques de chaque territoire.



NB : Il s'agit ici des postes PCAET « classiques »

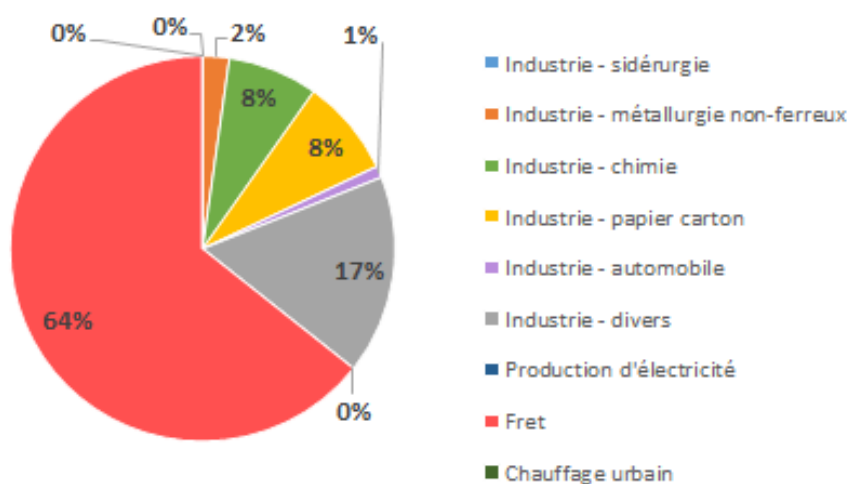
Si les émissions indirectes sont conséquentes, comme vu précédemment, les **émissions directes** pondérées par habitant sont en revanche très faibles sur le territoire en comparaison des territoires voisins. En effet les principales sources d'émissions régionales (industries) sont **localisées hors du périmètre** de la Métropole, alors que dans le même temps la métropole concentre un très grand nombre d'habitants.

Les émissions par secteur

- Les biens de consommation (émissions directes)**

Les émissions directes associées à la production et au transport des biens de consommation sur le territoire représentent **18% des émissions directes totales** (3^e poste), elles sont dues au transport de marchandises (64%), à l'industrie divers (17%), de la **chimie** (8%), ainsi qu'à l'industrie du papier carton (8%).

Biens de consommation - émissions directes de GES



Données considérées : industrie (hors-déchet et IAA) + fret associé.

Les GES considérés sont constitués de CO₂ pour 98% des émissions.

Biens de consommation - émissions directes de GES

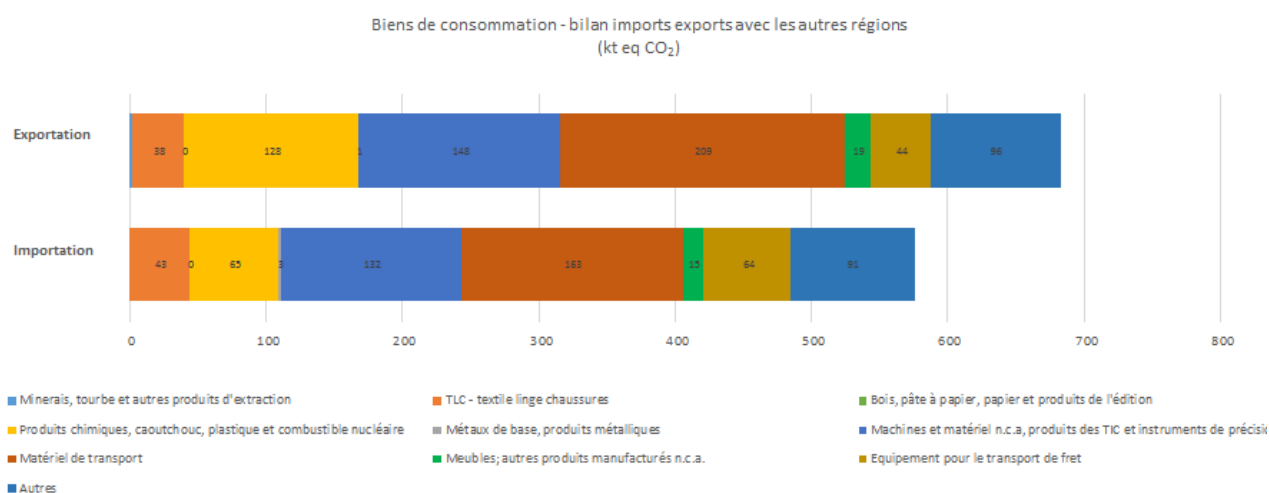
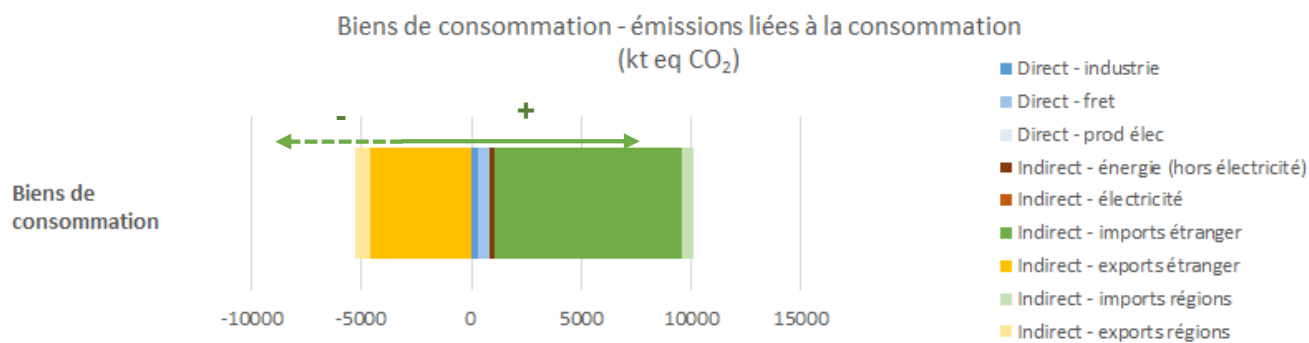


Levier d'action : logistique urbaine, écologie industrielle et territoriale (compétence développement économique, aménagement des ZAE)

• Les biens de consommation (émissions liées à la consommation)

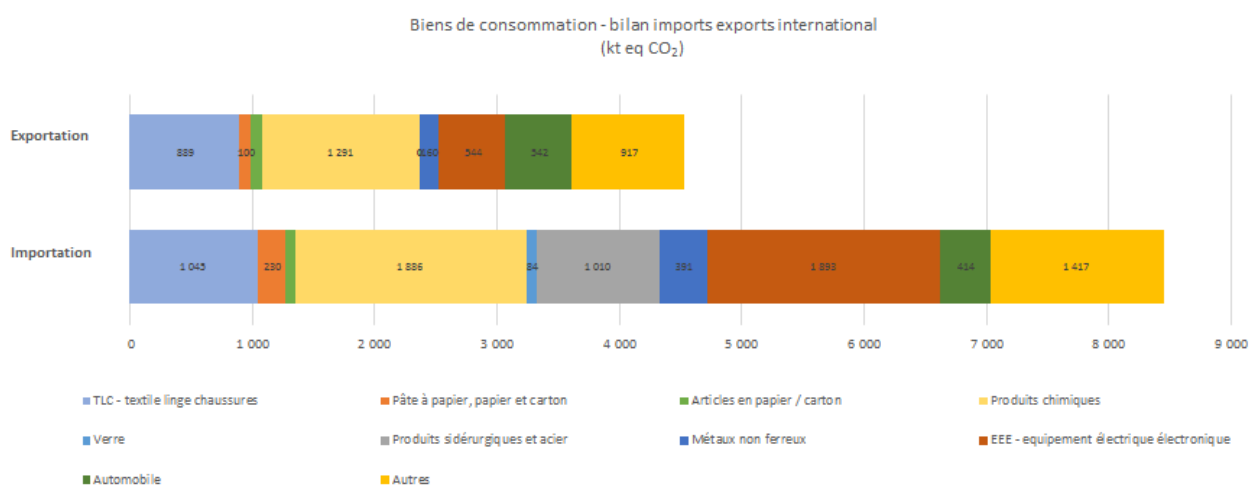
Le poste « biens de consommation » est le premier poste d'émissions liées à la consommation (scope 1, 2 et 3) du territoire de la MEL, avec **4 870 kt eq CO₂**, il représente ainsi **37% du bilan GES** (nomenclature ESPASS).

Ce poste est consolidé en tenant compte des *émissions directes* des industries et du transport de marchandise du territoire, ci-dessous **en bleu** auxquelles sont ajoutées les *émissions associées aux imports* de marchandises sur le territoire (**en vert**), et décomptées les *exports de marchandises* depuis le territoire (**en jaune**).



La MEL exporte davantage d'émissions liées à la production de biens de consommation qu'elle n'en importe de la part des autres régions de France.

Les autres régions de France sont indirectement « responsables » de davantage d'émissions de GES sur le territoire MEL (710 t. eq. CO₂) que l'inverse (592 t.eq.CO₂).



En revanche, c'est la situation inverse lorsqu'on considère l'échelle internationale.

A l'exception du secteur automobile, la MEL engendre davantage d'émissions à l'international (8450 t.eq.CO₂), que l'international n'en engendre sur le territoire (4530 t.eq.CO₂) : la balance commerciale du territoire explique en grande partie ce constat.

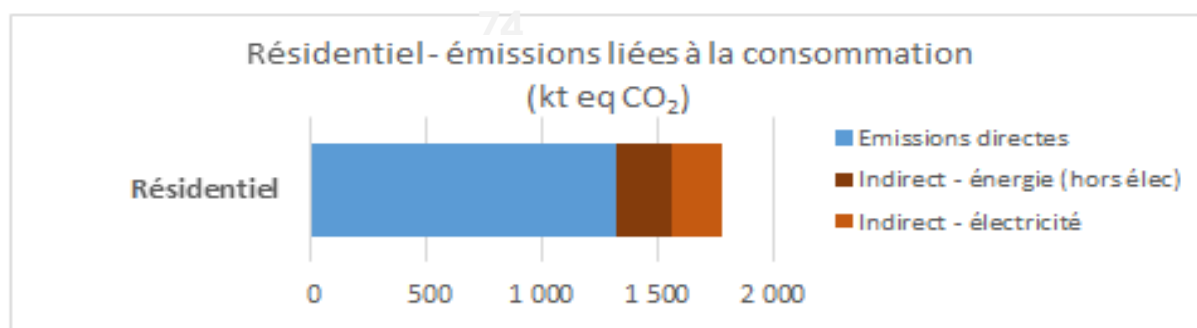
Ainsi, ce poids conséquent du secteur des biens de consommation dans les émissions du territoire, s'explique avant tout par les imports liés aux intrants de certaines industries :

- Les **produits sidérurgiques** et l'acier (1,01 MteqCO₂)
- Les **produits chimiques** et le plastiques (1,6 MteqCO₂)

Mais aussi par l'importation de certains biens de consommation courante :

- **Produits électroniques** grand public (0,6 Mteq CO₂)
- **Appareil ménagers** (0,58 MteqCO₂)

- **Le résidentiel (émissions directes + indirectes)**

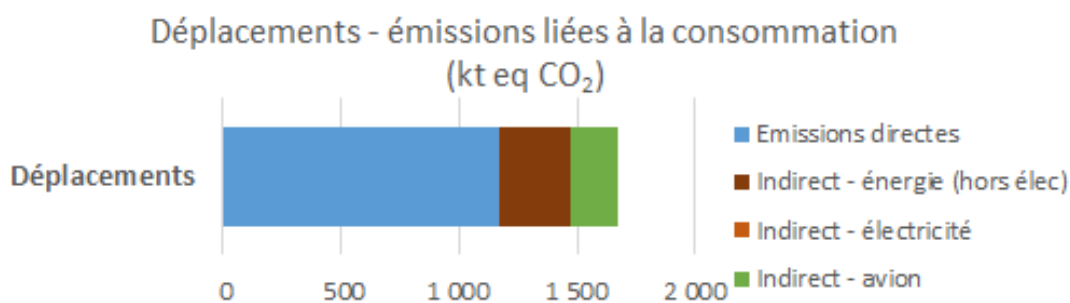


Avec **1 782 kt eq CO₂**, le résidentiel est le 4^e poste d'émission liée à la consommation (**12% des émissions totales**), il est par ailleurs le premier poste d'émissions directes (28%). Il est d'ailleurs avec le poste « déplacement », le seul secteur à émettre davantage sur le territoire (en émissions directe) qu'hors du territoire (émissions indirectes).

Périmètre : sont ici comptabilisées les émissions directes (combustibles...), les émissions indirectes liées à l'électricité ainsi que celles liées à l'amont des combustibles

Leviers d'action : compétences urbanisme et aménagement, compétences habitat, rénovation énergétique, logement social...

- **Les déplacements (émissions directes + indirectes)**

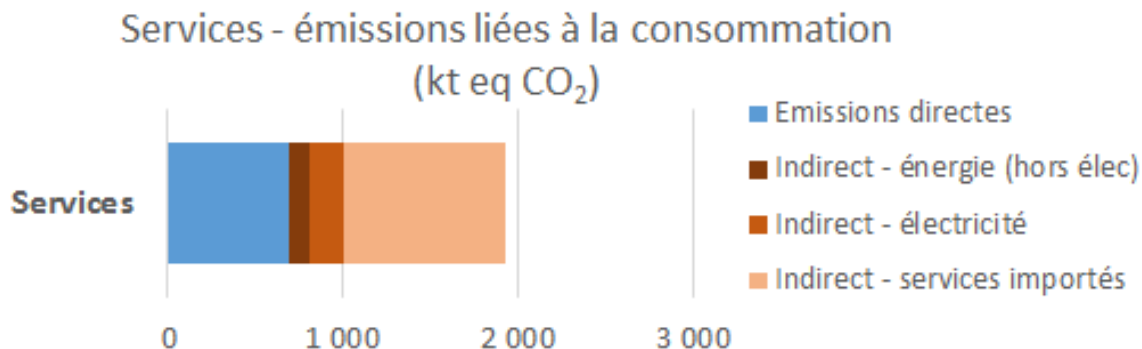


Le secteur représente, avec **1 670 kt eq CO₂**, **13%** des émissions liées à la consommation, et, avec 1170 kteq CO₂ il est le second poste en termes d'émissions directes (25%), En effet, la majorité des émissions liées aux déplacements sont des émissions directes, au sein de ces émissions directes, 99% des émissions directes sont imputables au **transport routier**. Au sein des émissions indirectes, 300 kt eq CO₂ représente les émissions liées à l'amont des combustibles, tandis que 200 kt eq CO₂ sont imputables à l'utilisation de l'avion par les habitants de la MEL.

Périmètre : sont ici comptabilisées les émissions **directes** routières, ferroviaires, bateau et avion (combustibles des véhicules...), les émissions **indirectes** liées à l'électricité, liées à l'amont des combustibles, ainsi qu'à l'utilisation de l'avion par les habitants de la MEL.

Leviers d'action : compétences urbanisme et aménagement (répartition spatiale des activités, limitation des déplacements), compétences transport en commun, plan vélo.

- **Les services (émissions directes + indirectes)**



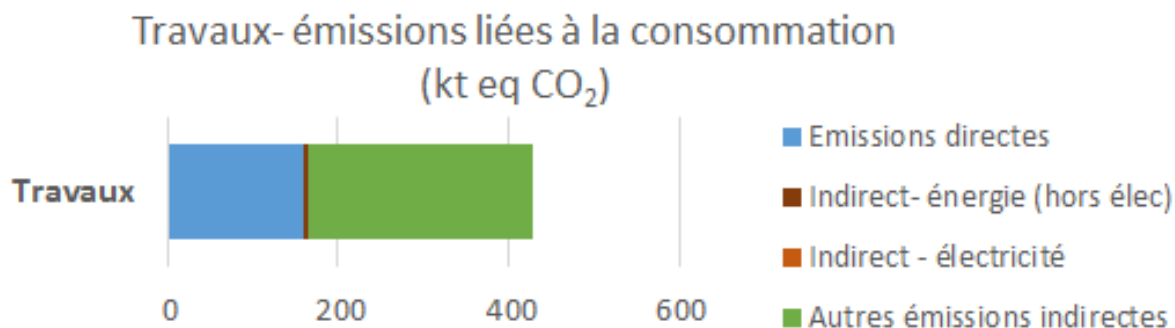
Avec **1 933 kt eq CO₂**, ce secteur représente **15% des émissions** liées à la consommation. Les émissions directes représentent 36% des émissions totales de ce secteur, au sein de ces **émissions directes** : le secteur tertiaire compte pour plus de la moitié des émissions (53%), celui des déchets en représente 36%.

Au sein des **émissions indirectes**, les services importés sont calculés au prorata du nombre d'habitants du territoire : ils représentent **930 kt eq CO₂ (48%)**. Les émissions de services de santé représentent 45% de ce poste, l'éducation 39%, la défense 16%.

Périmètre : sont ici comptabilisées les **émissions directes** du **secteur tertiaire et des déchets** (public ou privé), les émissions **indirectes** liées à l'électricité, liées à l'amont des combustibles, ainsi qu'à l'importation de services (notamment services publics) depuis l'extérieur du territoire (défense, éducation, santé)...

Levier d'action : compétence développement économique, gestion des déchets ménagers

- **Les travaux (émissions directes + indirectes)**



Pour ce secteur responsable de **427 t eq CO₂**, (3% des émissions liées à la consommation et 3% des émissions directes), seules 37% des émissions sont directes (l'industrie des matériaux de construction et le secteur de la construction sont ici pris en compte).

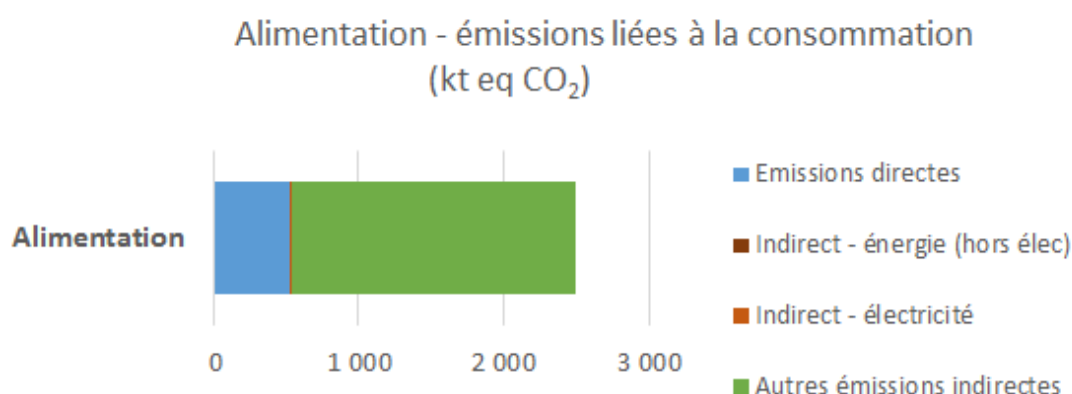
Le poste le plus important intitulé « Autres émissions indirectes » représente 61% des émissions, il comprend : les émissions indirectes liées aux travaux de construction neuves et de rénovation ainsi

que les émissions indirectes liées à l'amont des combustibles de l'industrie du BTP, ce chiffre est obtenu à partir de facteurs d'émissions appliqués aux surfaces de bâti (logements et locaux économiques).

Périmètre : sont ici comptabilisées les émissions **directes du secteur des travaux** (construction et rénovation des bâtiments, voirie) sur une année (il n'y a pas d'amortissement sur la durée de vie), les émissions **indirectes** liées à l'électricité et à l'amont des combustibles.

Leviers d'action : entretien et construction de la voirie, compétence habitat...

- **L'alimentation (émissions directes + indirectes)**



Environ 21% des émissions liées à l'alimentation sont des émissions de type Scope 1 et 2. Le reste est lié à la consommation de denrées alimentaires de la part des habitants. Le secteur de l'alimentation représente ainsi **19% des émissions** avec **2 500 t eq CO₂**, soit le second poste sur le territoire.

Périmètre : sont ici comptabilisées les émissions **directes** du secteur de l'alimentation (agriculture, industries agro-alimentaires, fret associé), les émissions **indirectes** liées à l'électricité et à l'amont des combustibles et à la consommation de produits alimentaires (approche par repas).

Leviers d'action : compétence agriculture, Projet Alimentaire Territorial, restauration collective (sensibilisation, accompagnement des collectivités), lutte contre l'artificialisation des sols...

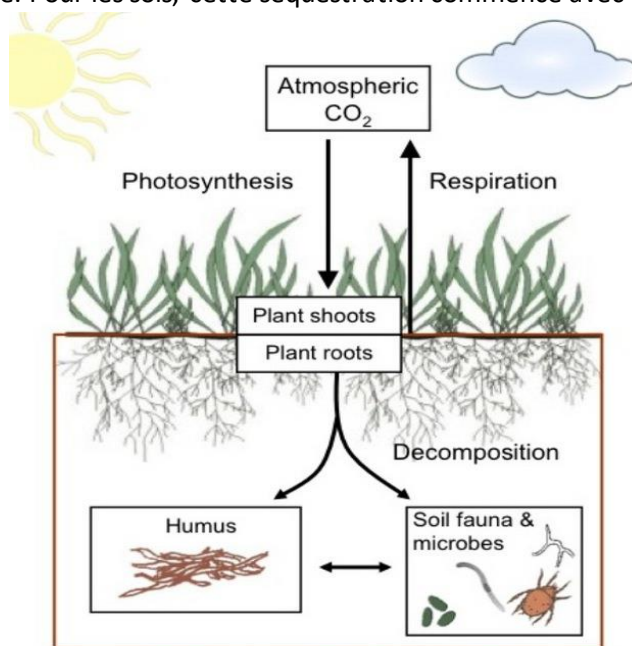
3.2 Estimation de la séquestration carbone du territoire

3.2.1 Qu'est-ce-que la séquestration carbone ?

Le CO₂ est l'un des principaux gaz à effet de serre. Depuis la première révolution industrielle, les activités anthropiques n'ont cessé d'augmenter l'émission de ce gaz dans l'atmosphère, source de réchauffement climatique. Le phénomène de séquestration carbone des sols permet de lutter contre le réchauffement en absorbant une partie du CO₂ présent dans l'atmosphère. Les sols stockent deux à trois fois plus de carbone que l'atmosphère. En France, trois à quatre milliards de tonnes de carbone sont stockés dans les trente premiers mètres de sol.

Cependant, suite à l'extension de la culture des terres et des villes, les sols parviennent de moins en moins à capter le CO₂ de l'atmosphère. Or cette fonction du sol est fondamentale pour parvenir à contenir le réchauffement climatique entre 1,5°C et 2°C. C'est pourquoi ce nouvel enjeu a été intégré aux Plans Climat Air Energie Territoriaux.

La séquestration carbone correspond au processus par lequel des écosystèmes (forêts, sols...) captent et stockent du carbone. Pour les sols, cette séquestration commence avec la photosynthèse. Pendant



Source : © 2012 [Nature](#)

la photosynthèse, les végétaux captent du CO₂ atmosphérique qu'ils stockent ensuite sous forme de carbone organique. Puis quand les plantes meurent et se décomposent, elles tombent sur le sol et le nourrissent ainsi en carbone organique. Ce carbone peut rester stocké dans le sol pendant des millénaires ou peut être libéré dans l'atmosphère. La longueur et la capacité de stockage du carbone dans le sol va dépendre des conditions climatiques, de la végétation qui pousse sur ce sol et de la composition du sol. Ces aspects vont faciliter ou non le phénomène de minéralisation des matières organiques. La minéralisation correspond à la dégradation des matières organiques (« tout ce qui est vivant ou a été vivant dans le sol »). Cette dégradation entraîne un relâchement du carbone et d'autres gaz, contenu par la matière organique, dans l'atmosphère. Cette perte de matière doit être compensée par l'arrivée d'une nouvelle quantité de matière organique qui stockera le gaz dégagé par la minéralisation de la première. Le stockage de CO₂ dans le sol correspond donc à un équilibre entre l'apport de débris végétaux (absorption de CO₂ par le sol) et aux pertes dues à la minéralisation

(relâchement de CO₂ dans l'atmosphère). Les sols jouent un rôle décisif dans le maintien de l'équilibre du cycle du carbone.

Toutefois, cet équilibre est de plus en plus précaire. Les sols parviennent de moins en moins à stocker du carbone principalement à cause des activités anthropiques. L'artificialisation des sols ou encore leur mise en culture réduit fortement la capacité de stockage des sols (manque d'approvisionnement en débris végétaux...). Or le stockage de carbone dans le sol en plus de limiter les émissions des CO₂ permet une amélioration de la qualité du sol, de sa fertilité ainsi qu'une meilleure rétention de l'eau et donc une baisse de la perte des nutriments.

Des initiatives permettent de restaurer la faculté des sols à stocker du carbone. Il y a par exemple le choix de **pratiques agricoles** améliorées qui favorisent le stockage du carbone dans le sol, comme le fait de ne pas labourer (le labour accentue le relâchement de CO₂), les cultures intermédiaires ou encore l'agroforesterie. Une autre option est de **préserver et de développer les sols ayant une forte capacité de stockage de CO₂** (forêts, prairies...).

3.2.2 Estimation n°1 réalisée par l'ADULM (2017)

La MEL a confié en 2017 à l'ADULM (Agence d'Urbanisme) le soin de réaliser une évaluation de la séquestration carbone, en lien avec la séquestration forestière directe et les changements d'affectation des sols.

Méthodologie utilisée

Pour réaliser cette évaluation, l'ADULM a mis à profit une base de données géographique d'occupation du sol (OCS ci-après) sur le territoire du SCOT de Lille Métropole, qui décrit de manière fine et diachronique les surfaces au sol selon une nomenclature précise (cf. annexe 5).

Cependant, une base plus précise d'occupation du sol est en cours de finalisation sur le territoire de l'ancienne région Nord-Pas-de-Calais. Contrairement aux bases de données unidimensionnelles (telle que l'occupation du sol de l'ADULM – cf. annexe 3) qui décrivent le territoire de la manière la plus immédiate possible, principalement en termes de couvert, une base de données multidimensionnelle permet de disposer d'une information plus fine et précise sur un territoire donné.

Cette nouvelle base est issue d'un projet porté par le Conseil Régional et la PPIGE, et décrit de manière homogène et fine l'occupation du sol sur le territoire régional sur deux millésimes (2005 et 2015), et selon deux dimensions (2D) :

- le couvert décrit ce qui recouvre le sol selon une vue physiologique du terrain. Elle décrit les matériaux ou végétaux et ce qui est perçu et lu directement sur une orthophotographie.
- A l'inverse, l'usage du sol (ou la fonction) est une vue « anthropique » du territoire. Celui-ci est donc partagé en fonction du rôle qui peut être attribué à un espace donné, notamment en termes d'activité humaine.

Les caractéristiques de cette OCS^{2D} sont résumées en fin de note (cf. annexe 1).

Résultats

L'évaluation de la séquestration carbone a permis d'estimer :

- La **séquestration forestière directe** à partir des bases OCS ADULM 2015 et OCS^{2D} 2015 ;
- Les **émissions liées au changement d'affectation des sols** sur la période 2008-2015 pour l'OCS ADULM et sur la période 2005-2015 pour l'OCS^{2D} ;
- **Surfaces défrichées** au cours de la dernière décennie ;
- **Surfaces artificialisées** au cours de la dernière décennie ;
- **Emissions liées à la conversion de prairies en terres cultivées** au cours de la dernière décennie.

• Séquestration forestière directe

	OCS ADULM 2015	OCS ^{2D} 2015
Description OCS	A partir de la couche de données « OCS 2015 », sélection des surfaces suivantes correspondant aux forêts non défrichées et aux surfaces arborées : Forêts de feuillus, Forêts de conifères, Forêts mixtes, Autres reboisements récents, Peupleraies, Peupleraies récentes, Vergers traditionnels, Espaces verts urbains et péri urbains	Au sein de la couche de données OCS2D, sélection des couverts suivants, correspondant aux forêts et formations arborescentes : Feuillus (CS4.1.2), Boisements humides (CS4.1.3), Conifères (CS4.2.2), Peuplements mixtes ou indéterminés (CS4.3.2), Vergers et petits fruits (CS4.4.0)
Résultat OCS	3 385,44 ha Dont : Forêts de feuillus : 1 057,59 ha Forêts de conifères : 8,55 ha Forêts mixtes : 60,19 ha Autres reboisements récents : 84,49 ha Peupleraies : 465,76 ha Peupleraies récentes : 14,73 ha Vergers traditionnels : 11,00 ha Espaces verts urbains et péri urbains : 1 683,13 ha	4 007,73 ha Dont : Feuillus : 3 242,78 ha Conifères : 5,39 ha Mixtes ou indéterminés : 46,59 ha Boisements humides : 670,49 ha Vergers : 42,48 ha
Méthode	Calcul des surfaces (en ha) et multiplication de la surface de forêt sur le territoire de l'EPCI par la séquestration forestière nette moyenne par hectare de forêt, soit : -4,8 teqCO₂/ha/an	
Résultat	Séquestration forestière directe MEL : -16 250,112 teqCO₂/an	Séquestration forestière directe MEL : -19 237,10 teqCO₂/an

- **Emissions liées au changement d'affectation des sols**

- **Surfaces défrichées au cours de la dernière décennie**

	OCS ADULM 2008 et OCS ADULM 2015	OCS^{2D} 2015
Description OCS	A partir de la couche de données « OCS ADULM 2008 et 2015 », sélection des surfaces boisées et identification des mutations pour : Forêts de feuillus, Forêts de conifères, Forêts mixtes, Autres reboisements récents, Peupleraies, Peupleraies récentes, Vergers traditionnels, Espaces verts urbains et périurbains.	A partir du millésime 2005 de l'OCS ^{2D} , sélection des surfaces boisées (CS4.) et identification des mutations entre 2005 et 2015. Avec la double dimension couvert-usage, et la plus grande précision de la base, il est possible de distinguer un boisement intégré à l'habitat, d'un boisement sylvicole. Par manque de temps, le calcul réalisé ici concerne l'ensemble des boisements identifiés sur le territoire de la MEL en 2005, qu'ils soient à usage sylvicole, ou intégrés dans un espace d'activité ou résidentiel.
Résultat OCS	Surfaces boisées en 2008 : 3 266,67 ha Surfaces boisées ayant évolué entre 2008 et 2015 : 195,06 ha (soit environ 27,87 ha/an) Dont : Surfaces boisées (2008) vers coupes forestières : 35,27 ha Surfaces boisées (2008) vers naturel/humide (2015) : 0,25 ha Surfaces boisées (2008) vers agricole (2015) : 8,75 ha Surfaces boisées (2008) vers artificialisé (2015) : 150,79 ha	Surfaces boisées en 2005 : 4 226,47 ha Surfaces boisées ayant évolué entre 2005 et 2015 : 503,52 ha (soit environ 50,03 ha/an) Dont, en couverture au sol : Surfaces boisées (2005) vers surface artificialisée (2015) : 142,01 ha (96,07 ha imperméables et 45,94 ha perméables) Surfaces boisées (2005) vers surface en eau : 3,23 ha Surface boisée (2005) vers surface à végétation rase : 55,54 ha Surface boisée (2005) vers surface agricole (2015) : 22,77 ha Surface boisée vers formation herbacée basse (hors surface agricole) : 229,50 ha Les 50,46 ha restants correspondent à des surfaces boisées d'un certain type (feuillu par exemple), ayant changé de type (feuillu vers conifère)
Méthode	Calcul des surfaces boisées (en ha) ayant évolué sur la période et multiplication de la moyenne annuelle des surfaces défrichées au cours de la dernière décennie par 263,5 tCO ₂ /ha.	
Résultat	Emissions annuelles des surfaces défrichées : 7 343,75 teqCO₂/an	Emissions annuelles des surfaces défrichées : 11 269,89 teqCO₂/an

➤ **Surfaces artificialisées au cours de la dernière décennie**

Deux approches sont proposées ici : tout d'abord, une approche en termes d'artificialisation globale, qui correspond à l'ensemble des surfaces considérées comme artificialisées dans les modèles d'occupation du sol utilisés ici. Cependant, la nomenclature du nouveau modèle d'occupation en deux dimensions permet d'aller au-delà de la simple notion d'artificialisation, et de distinguer au sein de ces surfaces, celles qui sont imperméables et perméables.

	OCS ADULM 2015 et OCS ADULM 2008	OCS^{2D} 2005 et OCS^{2D} 2015
Description OCS	<p>A partir de la couche de données « OCS ADULM 2008 » et « OCS ADULM 2015 », sélection des surfaces « Territoires artificialisés » et ventilation en quatre thématiques : habitat, activité, équipement, infrastructures. Ces thématiques renvoient aux libellés suivants :</p> <p>Pour l'habitat : Tissu urbain continu, Tissu urbain discontinu, Pour l'activité : Zones industrielles et commerciales, Mines décharges et chantiers, Pour les équipements : Tissu urbain spécial, Équipements sportifs et de loisirs Pour les infrastructures : Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés, Zones portuaires, Aéroports</p> <p>Ne sont pas comptabilisés dans les surfaces artificialisées : les espaces verts urbains (traités dans la séquestration forestière directe), et les jardins ouvriers (traités dans les émissions liées à la conversion prairies/terres arables).</p>	<p>Grâce à la nomenclature en deux dimensions de la nouvelle occupation du sol, il est possible de distinguer les surfaces artificialisées imperméables et perméables, qu'elles soient revêtues/stabilisées (i.e. bâties ou bétonnées), ou « naturelles » (boisements, surfaces en herbes, etc.). De plus, grâce à l'information sur l'usage du sol, il est possible de ventiler les surfaces dites « artificialisées » en 4 thématiques :</p> <p>Habitat Activité Services et usages collectifs (équipements) Infrastructures</p> <hr/> <p>Tout d'abord, isolation des surfaces revêtues ou stabilisées (CS1.) Puis ajout des usages liés à l'activité humaine (US2., US3., US4., US5., US6.1.)</p> <p>Même démarche sur le millésime 2015 de l'OCS^{2D}, et calcul des évolutions.</p>
Résultat OCS 2008 et 2005	<p>Surfaces artificialisées en 2008 : 28 771,89 ha</p> <p>Dont :</p> <p>Habitat : 13 166,94 ha Activités : 6 328,81 ha Equipements : 3 344,65 ha Infrastructures : 5931,49 ha</p>	<p>Surfaces artificialisées « globales » en 2005 : 30 230,88 ha, dont :</p> <p>Habitat : 12 917,00 ha Activités : 4 804,49 ha Equipements : 4 794,65 ha Infrastructures : 6 697,35 ha Milieu agricole : 543,89 ha Espaces en mutation ou indéterminés : 473,5 ha</p> <p>Surfaces imperméables en 2005 : 15 237,71 ha, dont :</p> <p>Habitat : 5 239,22 ha Activités : 3 520,56 ha Equipements : 1 613,52 ha Infrastructures : 4 446,06 ha Milieu agricole : 338,14 ha Espaces en mutation ou indéterminés : 80,21 ha</p> <p>Surfaces perméables en 2005 : 14 993,17 ha, dont :</p>

		Habitat : 7 677,78 ha Activités : 1 293,93 ha Equipements : 3 181,13 ha Infrastructures : 2 251,29 ha Milieu agricole : 205,75 ha Espaces en mutation ou indéterminés : 393,29 ha
Résultat OCS 2015	Surfaces artificialisées en 2015 : 29 700,95 ha (+929,09 ha) Dont : Habitat (+540,87 ha) : 13 707,81 ha Activités (+43,5 ha) : 6 372,31 ha Equipements (+119,29 ha) : 3 463,94 ha Infrastructures (+225,40 ha) : 6 156,89 ha	Surfaces artificialisées « globales » en 2015 : 31 700,19 ha (+1 469,31 ha) , dont : Habitat : 13 587,07 ha (+670,07 ha) Activités : 4 913,17 ha (+108,68 ha) Equipements : 4 988,46 ha (+193,81 ha) Infrastructures : 6 937,70 ha (+240,35 ha) Milieu agricole : 612,81 ha (+68,92 ha) Espaces en mutation ou indéterminés : 660,98 ha (+187,48 ha) Surfaces imperméables en 2015 : 16 136,25 ha (+898,54 ha) , dont : Habitat : 5 561,26 ha (+322,04 ha) Activités : 3 651,10 ha (+130,54 ha) Equipements : 1 779,98 ha (+166,46 ha) Infrastructures : 4 635,62 ha (+189,56 ha) Milieu agricole : 364,80 ha (+26,66 ha) Espaces en mutation ou indéterminés : 143,49 ha (+63,28 ha) Surfaces perméables en 2015 : 15 563,94 ha (+570,77 ha) , dont : Habitat : 8 025,81 ha (+348,03 ha) Activités : 1 262,07 ha (-21,86 ha) Equipements : 3 208,48 ha (+27,35 ha) Infrastructures : 2 302,08 ha (+50,79 ha) Milieu agricole : 248,01 ha (+42,26 ha) Espaces en mutation ou indéterminés : 517,49 ha (+124,20 ha)
Evaluation annuelle des surfaces artificialisées	Evolution annuelle des surfaces artificialisées : +132,72 ha/an depuis 2008. Dont : Habitat : +77,27 ha/an Activités : +6,21 ha/an Equipements : +17,04 ha/an Infrastructures : +32,20 ha/an	Evolution moyenne annuelle des surfaces artificialisées globales : +146,93 ha/an depuis 2005. Evolution moyenne annuelle des surfaces artificialisées imperméables : +89,854 ha/an Evolution moyenne annuelle des surfaces artificialisées perméables : +57,07 ha/an
Méthode	Surfaces artificialisées (en ha) en moyenne annuelle multipliées par le coefficient 147 tCO₂/ha.	Distinction des surfaces imperméables (CS1.1.) et perméables (tous les autres couverts dans leur ensemble : sols nus ou revêtus, boisements, arbustes, herbacées, etc.). Application du coefficient 293 tCO₂/ha pour les surfaces imperméables (0 tCO₂/ha pour les surfaces perméables).
Résultat	Emissions annuelles des surfaces artificialisées : 19 509,84 teqCO₂/an	Emissions annuelles des surfaces imperméabilisées : 26 327,222 teqCO₂/an

- Emissions liées à la conversion de prairies en terres cultivées et de terres cultivées en prairie au cours de la dernière décennie

	OCS ADULM 2015 et OCS ADULM 2008	OCS ^{2D} 2005 et OCS ^{2D} 2015
Description OCS	A partir de la couche de données « OCS ADULM 2008 », sélection des surfaces suivantes : Cultures annuelles, Maraîchages et serres, Espaces agricoles non cultivés, Jardins ouvriers	A partir du millésime 2005 de l'OCS ^{2D} , sélection des surfaces suivantes : Terres arables (CS6.3)
Résultat OCS	Terres cultivées en 2008 : 26 425,68 ha Terres cultivées en 2015 : 26 146,00 ha Prairies en 2008 : 5 701,01 ha Prairies en 2015 : 5 106,24 ha Prairies (2008) vers terres cultivées (2015) : 716,08 ha, soit environ 102,30 ha/an Terres cultivées (2008) vers prairies (2015) : 435,79 ha soit environ 62,26 ha/an	Terres cultivées en 2005 : 25 097,58 ha Terres cultivées en 2015 : 24 895,41 ha (- 202,17 ha) Prairies en 2005 : 6 115,72 ha Prairies en 2015 : 4 950,00 ha (-1 165,72 ha) Prairies (2005) vers terres cultivées (2015) : 935,76 ha soit environ 93,58 ha/an Terres cultivées (2005) vers prairies (2015) : 323,53 ha soit environ 32,35 ha/an
Méthode	Calcul des surfaces cultivées qui sont devenues des prairies (temporaires ou permanentes) en 2015, et multiplication par le coefficient -110 teqCO₂/ha . Démarche inverse en partant des prairies, et multiplication par le coefficient 110 teqCO₂/ha .	Calcul des surfaces qui sont devenues des prairies (CS6.1) en 2015, et multiplication par le coefficient -110 teqCO₂/ha . Démarche inverse en partant des prairies (CS6.1) et multiplication par le coefficient +110 teqCO₂/ha .
	Emissions liées à : conversion de prairies en terres cultivées : 11 253 teqCO₂/an conversion de terres cultivées en prairies : -6 848,6 teqCO₂/an	Emissions liées à : conversion de prairies en terres cultivées : 10 293,8 teqCO₂/an conversion de terres cultivées en prairies : - 3 558,5 teqCO₂/an

➤ Synthèse des résultats

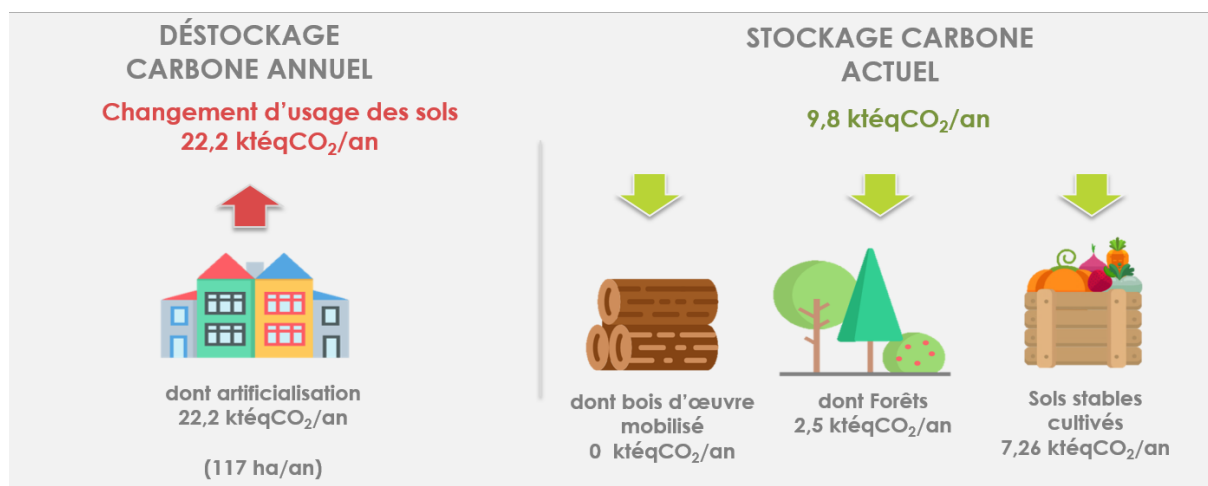
	OCS ADULM 2015/2008	OCS ^{2D} 2015/2005
Séquestration forestière directe	OCS ADULM 2015 - 16 250,112 teqCO ₂ /an	OCS ^{2D} 2015 - 19 237,10 teqCO ₂ /an
Surfaces défrichées	7 343,75 teqCO ₂ /an	11 269,89 teqCO ₂ /an
Surfaces artificialisées	19 509,84 teqCO ₂ /an	26 327,222 teqCO ₂ /an
Conversion de prairies en terres cultivées	11 253 teqCO ₂ /an	10 293,8 teqCO ₂ /an
Conversion de terres cultivées en prairies	- 6 848,6 teqCO ₂ /an	- 3 558,5 teqCO ₂ /an
Solde	15 007, 878 teqCO ₂ /an	25 095,312 teqCO ₂ /an

Selon la méthode utilisée, le solde de la séquestration carbone est donc entre +15 et +25 kteqCO₂/an, ce qui correspond à une diminution de la capacité du territoire à séquestrer du carbone.

3.2.3 Estimation n°2 réalisée par Auxilia grâce à l'outil ESPASS (2018)

Dans le cadre de la réalisation du bilan des émissions de GES du territoire, le bureau d'études Auxilia a également pu estimer la séquestration carbone du territoire de la MEL grâce à l'outil ESPASS. Cette estimation a donné les résultats suivants.

Les changements d'affectation des sols peuvent entraîner un stockage ou un déstockage de carbone (via le défrichement ou l'artificialisation). Dans le même temps, les surfaces de forêt et agricoles stockent chaque année une certaine quantité de carbone.



9,8 ktéqCO₂ sont stockées par an et 22,2 ktéqCO₂ ont été rejetées chaque année entre les années 2006 et 2012 soit un solde de 12,4 ktéqCO₂.

Cette estimation donne un résultat du même ordre de grandeur que l'estimation de l'ADULM (15 à 25 ktéqCO₂) mais légèrement plus favorable.

Ces résultats sont à mettre en regard des émissions de GES du territoire soit 4727 ktéqCO₂/an pour les émissions scopes 1 et 2, et 13 183 ktéqCO₂/an en prenant en compte les émissions indirectes. Le territoire est donc loin d'être en mesure d'absorber l'équivalent de ses propres émissions, comme recommandé par le WWF.

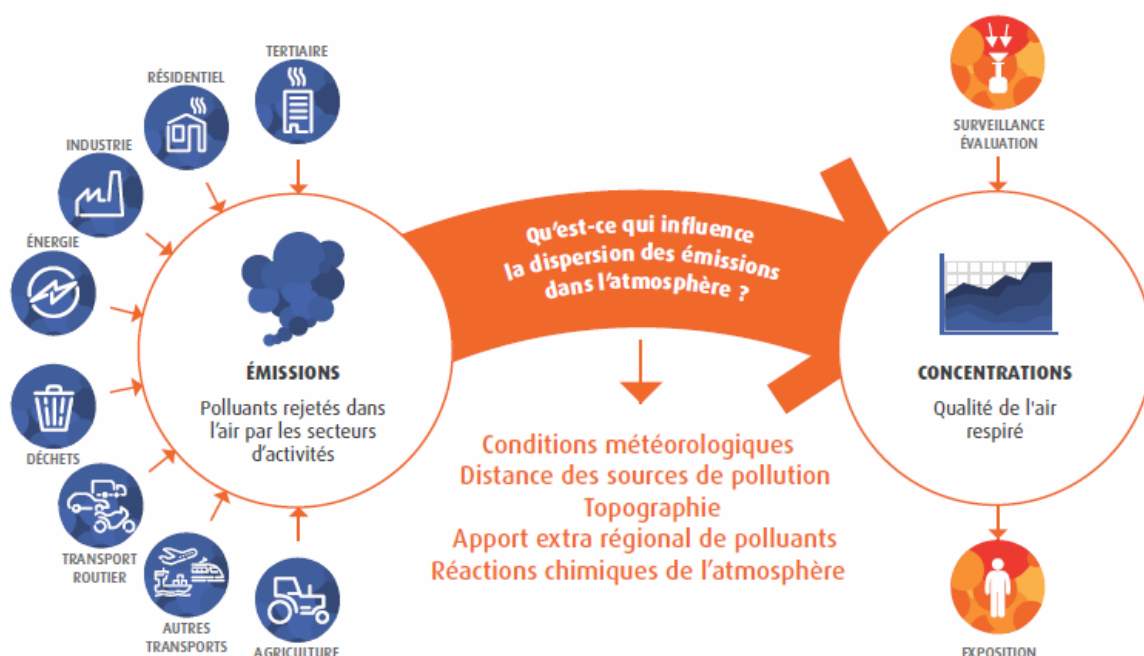
4. Bilan de la qualité de l'air : estimation des polluants atmosphériques

4.1 Quelques notions préalables sur la qualité de l'air

La **qualité de l'air** est un phénomène **localisé** (à l'échelle d'une ville ou d'un département) avec des **effets à court et moyen termes** sur la santé, les ressources biologiques et les écosystèmes. Les polluants atmosphériques peuvent être d'origine naturelle (érosion, pollens, feux de forêt, etc.) ou anthropique (liés aux transports, aux activités domestiques, agricoles ou industrielles). Ils se distinguent en deux familles : les polluants primaires et les polluants secondaires.

Les **polluants primaires** sont émis dans l'air, la plupart du temps par des sources identifiées d'origine humaine sur le territoire. Les **polluants secondaires** sont quant à eux issus de réactions chimiques ou photochimiques entre différents polluants primaires dans l'atmosphère (ex : les NOx réagissent sous l'influence du rayonnement UV pour former de l'ozone).

La qualité de l'air peut avoir un **impact indirect sur l'effet de serre**. Par exemple, la formation d'ozone conduit à une altération de la structure des végétaux et donc à leur capacité d'absorption du CO₂, gaz en partie responsable de l'effet de serre. Les particules, en fonction de leur couleur, peuvent également accentuer ou diminuer le phénomène de réchauffement planétaire.



La **qualité de l'air** dépend des polluants rejetés dans l'air par différents secteurs d'activité couplés à une série de phénomènes auxquels ils vont être soumis lors de leur temps de résidence dans l'atmosphère. **Ainsi, on ne respire pas directement à la source des émissions.** L'air respiré dépend donc des concentrations de polluants qui varient en fonction des conditions météorologiques, chimiques et topographiques locales.

Les émissions de polluants correspondent aux quantités de polluants directement rejetées dans l'atmosphère par les activités humaines ou par des sources naturelles. Elles sont exprimées en unité de masse (souvent en kilogrammes ou en tonnes) par unité de temps (généralement sur une année) ou par hectare. **L'inventaire** des émissions recense, à un instant donné, la quantité de polluants émis dans l'atmosphère. Il intègre les polluants directement rejetés dans l'air par secteur d'activité (Résidentiel, Tertiaire, Industrie hors branche énergie, Industrie branche énergie, Transport, Autres Transports, Agriculture et Déchets) sur un périmètre défini et ce, pour tous les polluants considérés.

Les concentrations de polluants correspondent aux quantités de composés présents dans l'air et s'expriment en masse par mètre cube d'air. Elles caractérisent la qualité de l'air respiré. Les concentrations sont **mesurées** tout au long de l'année sur le territoire Hauts-de-France par **62 stations fixes**. Elles sont aussi estimées par le biais de **modèles à résolution spatiale plus ou moins fine** (modèle régional ESMERALDA et modèle fine échelle sur une agglomération dont celle de la MEL). La modélisation prend en compte les émissions de polluants, les conditions météorologiques, la topographie du territoire, les apports de polluants extra-régionaux et les réactions chimiques de l'atmosphère pour mettre en évidence les niveaux de pollution de fond et les pics de pollution sur le territoire.

4.2 Les polluants atmosphériques sur le territoire de la MEL

4.2.1 Les oxydes d'azote (Nox) :

Les oxydes d'azote représentent les formes oxydées de l'azote, les principaux sont le dioxyde d'azote (NO_2) et le monoxyde d'azote (NO). Ils proviennent de la **combustion de sources fossiles** et des **procédés industriels** (fabrication d'engrais, traitement de surface etc.). Les principaux émetteurs sont le **transport routier et les grandes installations de combustion, ainsi que les feux de forêts, les volcans et les orages**.

Le NO_2 est un gaz très toxique (40 fois plus que le monoxyde de carbone et quatre fois plus que le monoxyde d'azote). Il pénètre profondément dans les poumons et irrite les bronches. Chez les asthmatiques, il augmente la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

Les NOx participent au phénomène des pluies acides et à **l'accroissement de l'effet de serre**.

La situation de la MEL :

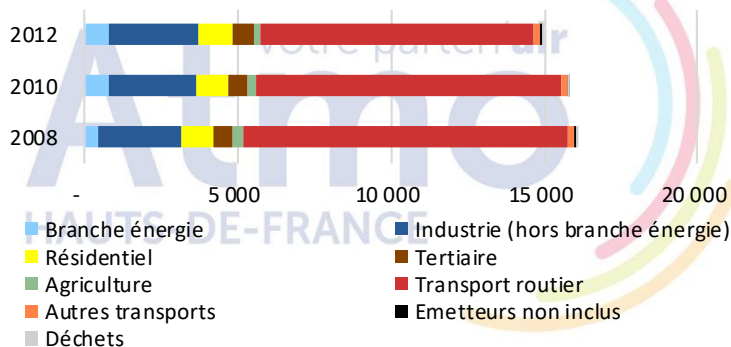
Les émissions de NOx sont **en baisse de 7%**, soit environ 1100 tonnes sur la période 2008-2012. Cette diminution est essentiellement due au secteur des transports qui subit une réduction de 16% de ses émissions, engendrée par le renouvellement du parc automobile.

Pour l'année 2012, les émissions estimées pour le territoire de la MEL sont de 14 900 tonnes. Cela correspond à 12,5% des émissions totales régionales en matière d'oxydes d'azote.

Pour l'année 2012, les émissions de NOx par unité de surface de la MEL sont **six fois** supérieures à celles de la région.

La présence de **nombreux axes routiers** et la plus **forte urbanisation** du territoire par rapport à la région expliquent cette différence.

Evolution des émissions de NOx (en tonnes)

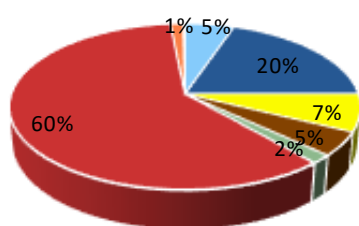


Evolution des émissions de NOx (2008-2012) par secteurs d'activité

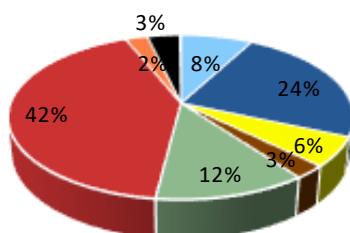
Source : Inventaire_EPCI(2017)_A2008_A2010_A2012_M2012_V5

La répartition sectorielle :

Métropole Européenne de Lille



Hauts-de-France



Quantité de NOx émise sur la MEL - année 2012 (en tonnes)

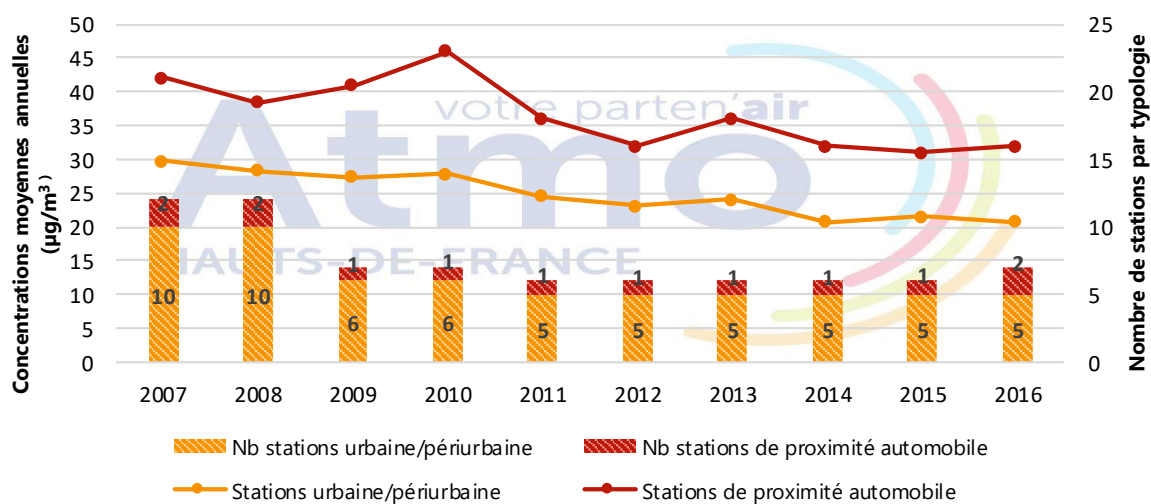
Les répartitions sectorielles des émissions de NOx diffèrent sur certains secteurs entre la MEL et la région.

Le secteur des **Transports routiers** reste le principal émetteur dans les deux cas avec 61% des émissions totales qui y sont associées pour la MEL contre 42% pour les Hauts-de-France.

Le secteur **Industriel** arrive ensuite avec **20%** des émissions, suivi par les secteurs **Résidentiel et Branche Energie** pour respectivement **7%** et **5%** pour l'EPCI.

Par rapport à la région, les émissions liées au secteur de l'agriculture sont peu représentées sur le territoire de la MEL (seulement 2% du total contre 12% pour la région). Elles sont contrebalancées par le secteur des Transports Routiers bien plus important sur l'EPCI qui se situe au cœur des axes d'échanges transfrontaliers.

Les évolutions :



Evolution des concentrations annuelles du NO₂ de la MEL

Source : Stations en activité sur la MEL par année de mesure

Globalement sur la période **2007-2016**, les concentrations de dioxyde d'azote **sont en baisse** avec une **stabilisation** à partir de 2014. Les stations en proximité automobile enregistrent une diminution globale de 24% sur cette période, soit 10 µg/m³. Les stations urbaines, quant à elles, observent une réduction de 30% des concentrations, soit 9 µg/m³. Une augmentation des concentrations est observée à partir de 2009 avec un pic en 2010 où un **dépassement des valeurs limites réglementaires** est enregistré à la station **Roubaix Serres (46 µg/m³)** pour une VL fixée à 40 µg/m³. Bien que les concentrations moyennes annuelles des stations de **proximité automobile** franchissent les 40 µg/m³ en 2007 et 2009, il n'y pas de dépassement de valeur limite observé pour ces années, en raison d'une marge de dépassement tolérée (VL fixée à 46 µg/m³ en 2007 et 42 µg/m³ en 2009, VL à 40 µg/m³ applicable en 2010).

Les concentrations semblent reprendre l'évolution tendancielle après 2010, avec une baisse observée sur les deux typologies de surveillance en 2012 (-17% en stations urbaines/périurbaines et -30% en proximité automobile). Les concentrations augmentent de nouveau en 2013 avant de se stabiliser.

La même tendance est observée pour le dioxyde d'azote au niveau de la région.

4.2.2 Les particules (PM10 et PM2.5) :

Les particules en suspension varient en fonction de la taille, des origines, de la composition et des caractéristiques physico-chimiques. Les particules fines PM10 et PM2.5 ont un diamètre respectivement inférieur à 10 micromètres (µm) et à 2,5 µm. Elles sont d'origine naturelle ou d'origine humaine. Les particules **PM10** proviennent essentiellement du **chauffage au bois**, de **l'agriculture**, de **l'usure des routes**, des **carrières** et **chantiers BTP**. Les **PM2.5**, quant à elles, proviennent essentiellement des **transports routiers** et du **chauffage au bois**.

Plus les particules sont fines, plus elles pénètrent profondément dans les voies respiratoires. Les PM2.5 ont ainsi un impact sanitaire plus important que les PM10. Elles peuvent irriter et altérer la fonction respiratoire. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes du fait de leur capacité à adsorber des polluants et les métaux lourds.

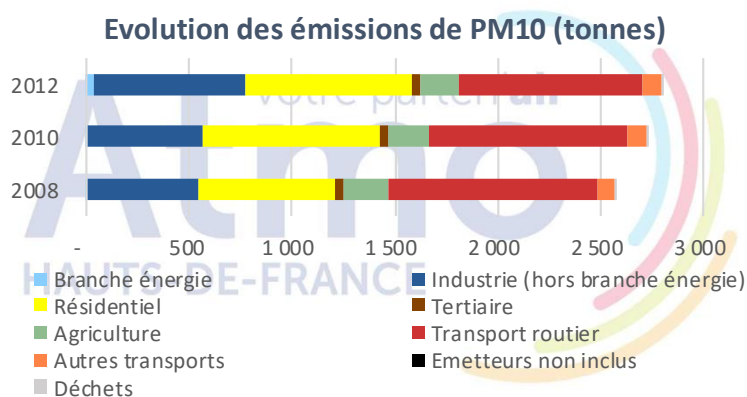
D'un point de vue environnemental, les particules sont responsables de la **salissure des bâtiments et des monuments**. De plus, elles contribueraient au **réchauffement climatique**.

Les particules PM10 :

Le contexte de la MEL :

Les émissions de particules PM10 sont en **augmentation de 9%, soit environ 220 tonnes** sur le territoire de la MEL sur la période 2008-2012. Cette hausse est essentiellement liée aux secteurs de l'Industrie et Résidentiel qui enregistrent des augmentations respectives de **35%** et **22%** sur la même période.

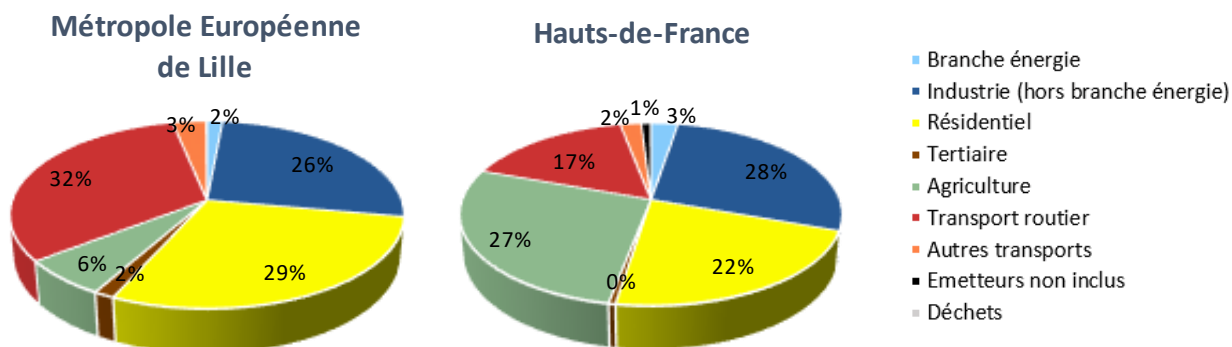
En 2012, le territoire de la MEL émet près de **2 800 tonnes** de PM10 soit **7,6%** des émissions totales régionales.



Evolution des émissions de PM10 (2008-2012) par secteurs d'activité

Source : Inventaire_EPCI(2017)_A2008_A2010_A2012_M2012_V5

La répartition sectorielle :

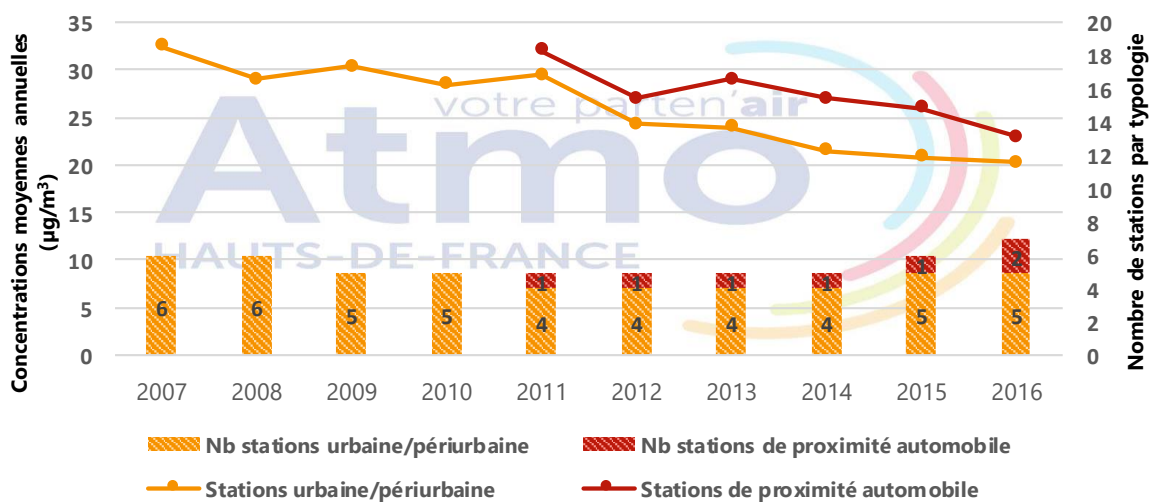


Répartition sectorielle des émissions de PM10 par secteur d'activité - Année 2012

Source : Inventaire_EPCI(2017)_A2012_M2012_V5

La répartition sectorielle des émissions de particules PM10 de la MEL se distingue de celle de la région. En effet, le secteur des **Transports Routiers** arrive en tête avec **32%** des émissions sur l'EPCI contre 17% pour les Hauts-de-France. Les secteurs **Industriel** et **Résidentiel** sont représentés par des parts équivalentes sur les deux échelles spatiales. Ce n'est pas le cas pour le secteur Agricole qui ne représente que 6% des émissions sur le territoire de la Métropole contre 27% pour la région.

Les évolutions :



Evolution des concentrations annuelles des particules PM10 de la MEL

Les particules PM10 en situation urbaine affichent **une diminution** de 38%, soit 13 µg/m³ sur la période 2007-2016. Il **n'y a pas de dépassement de la valeur limite** en moyenne annuelle pour la période considérée.

Entre 2007 et 2011, les concentrations des stations urbaines fluctuent pour arriver à un pic en 2011, une année qui a été exceptionnellement élevée sur l'ensemble des Hauts-de-France en matière de particules.

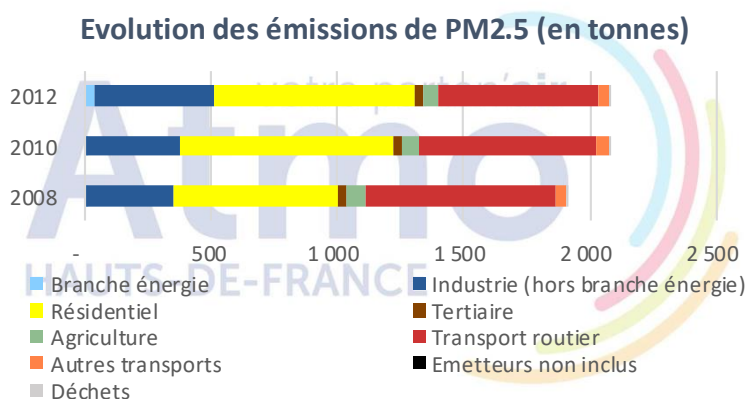
Une diminution des concentrations est observée sur l'ensemble des stations en 2012 avec une baisse de 18% (soit 6 µg/m³) sur les stations urbaines et de 16% (soit 5 µg/m³) sur les stations de proximité automobile. Les températures supérieures aux normales de saison en hiver ont permis l'utilisation moins prononcée du chauffage réduisant les émissions de PM10. La pluviométrie importante en été et en automne a donné lieu à la précipitation des particules sur le sol.

Les particules PM2.5 :

Le contexte de la MEL :

Les émissions de particules fines sont en **augmentation** entre 2008 et 2012 avec une **croissance de 9%, soit 165 tonnes**.

Cette hausse est essentiellement causée par les secteurs de l'Industrie et Résidentiel qui croissent respectivement de 37% et 22% sur cette même période. L'année 2012 marque aussi l'émergence du secteur de l'Energie dans les contributions des émissions de particules fines.

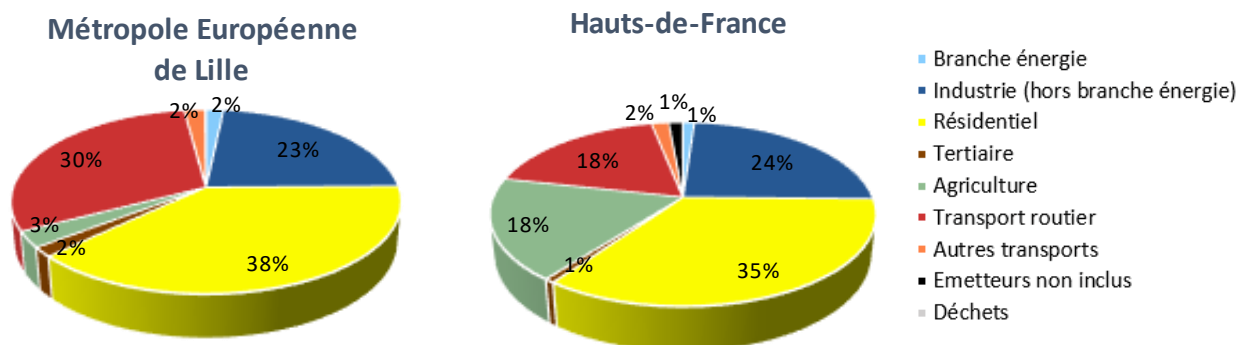


Evolution des émissions de PM2.5 (2008-2012) par secteurs d'activité

Source : Inventaire_EPCI(2017)_A2008_A2010_A2012_M2012_V5

En **2012**, les émissions de particules fines PM2.5 sont de **2 076 tonnes** soit **9,1% des émissions totales régionales**.

La répartition par secteur :

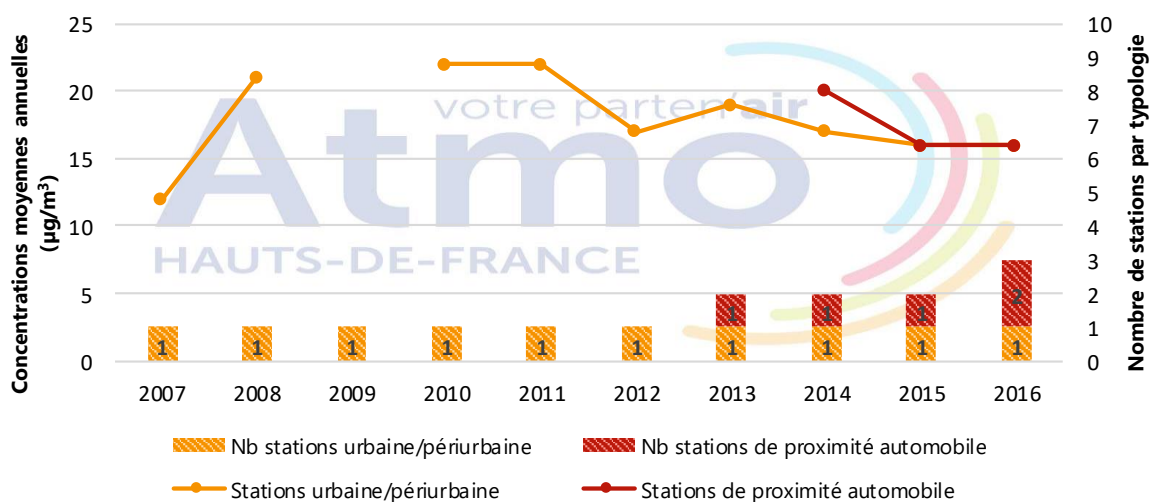


Répartition sectorielle des émissions de PM2.5 par secteur d'activité - Année 2012

Source : Inventaire_EPCI(2017)_A2012_M2012_V5

La répartition sectorielle des émissions de PM2.5 diffère légèrement entre la MEL et la région. Le secteur **Résidentiel** reste premier dans les deux cas avec une part supérieure à 35%. La part de l'**Industrie** est équivalente pour les deux échelles spatiales (de l'ordre de 23-24%). En revanche, le secteur des **Transports Routiers** prend une place beaucoup plus importante au niveau de l'EPCI (30% contre 18% pour les Hauts-de-France), expliquée par la présence de nombreux axes routiers sur son territoire. La représentativité des émissions liées à l'Agriculture est moindre au niveau de la MEL, compte tenu de sa plus faible occupation des sols par rapport à la région.

Les évolutions :



Evolution des concentrations annuelles des particules fines PM2.5 de la MEL

Source : Stations en activité sur la MEL par année de mesure

Le changement de métrologie pour les particules PM2.5 est intervenu en 2008 (2007 pour les PM10). Les données antérieures à cette année ne sont donc pas comparables avec les mesures réalisées depuis. Les concentrations de particules fines PM2.5 suivent la même tendance que les PM10. Entre 2010 et 2016, une **diminution des concentrations** est observée sur la station urbaine avec une baisse de 24%, soit 5 µg/m³. Tout comme pour les PM10, une **baisse est observée en 2012** due aux conditions météorologiques de cette année. Les concentrations ont tendance à se stabiliser à partir de 2014 pour la station urbaine, et à partir de 2015 pour les stations de proximité automobile.

Il n'y a pas de dépassement de la valeur limite constaté l'ensemble des stations de mesure du PM2.5 sur la période considérée.

4.2.3 Le dioxyde de soufre (SO₂) :

Le dioxyde de soufre est un gaz incolore issu de la combustion de combustibles fossiles contenant du soufre (charbon, fioul, gazole).

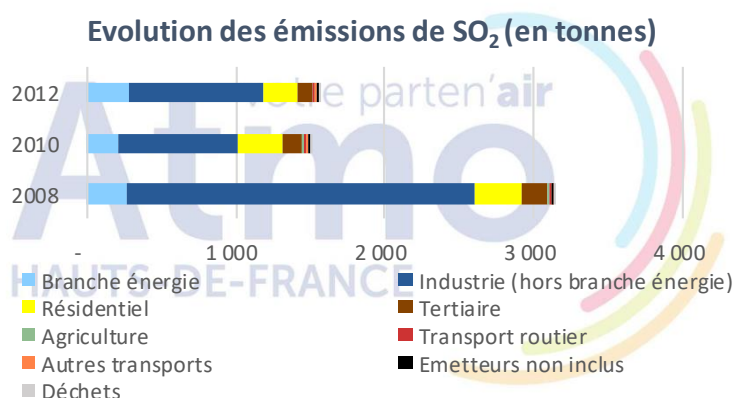
Les **sources** principales sont les **installations de chauffage individuel et collectif** (chaufferies), les véhicules à moteur **diesel**, les **centrales thermiques**, certaines installations industrielles. Le SO₂ est aussi produit naturellement (éruptions volcaniques, feux de forêts).

Il irrite les muqueuses, la peau et les voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire). Il agit en synergie avec d'autres substances, notamment les particules fines. Ses effets peuvent être amplifiés par le tabagisme.

Il participe au phénomène des pluies acides perturbant, voire détruisant les écosystèmes fragiles. Il peut également acidifier les sols et les océans. Il contribue à la dégradation de la pierre et des matériaux des monuments.

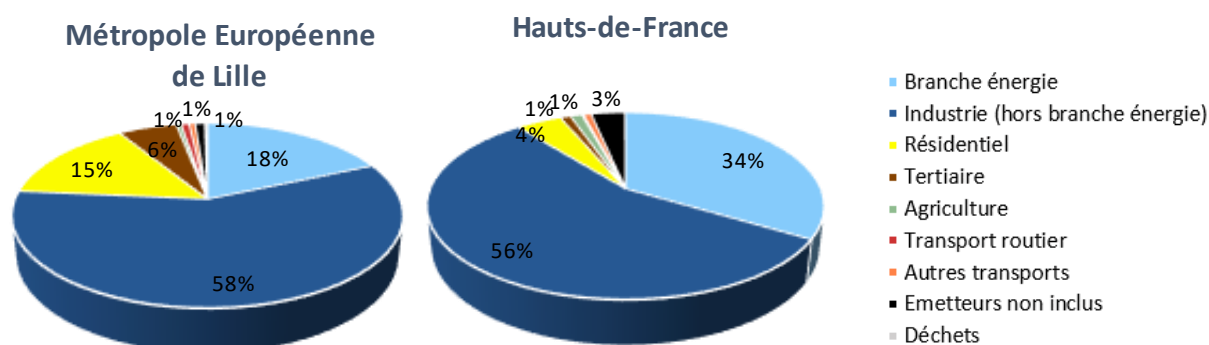
Contexte de la MEL :

Sur la période 2008-2012, les émissions de SO₂ **sont divisées par deux**. Cela est principalement dû au changement d'utilisation d'énergie pour la combustion dans le secteur de l'Industrie qui enregistre une baisse de **61%** sur la même période. En 2012, les émissions de SO₂ de la MEL sont d'un peu plus de **1550 tonnes**, soit **3% des émissions régionales**.



Evolution des émissions de SO₂ (2008-2012) par secteurs d'activité
Source: Inventaire_EPCI(2017)_A2008_A2010_A2012_M2012_V5

Répartition sectorielle :



Répartition sectorielle des émissions de SO₂ par secteur d'activité - Année 2012

Source : Inventaire_EPCI(2017)_A2012_M2012_V5

Que ce soit au niveau de la région Hauts-de-France ou à l'échelle de la MEL, les émissions de dioxyde de soufre sont dues pour plus de moitié au secteur de l'**Industrie**. Vient ensuite le secteur de l'**Energie** avec une part de 34% pour la région et de **18%** pour l'EPCI. Le secteur **Résidentiel** arrive en troisième position avec néanmoins une part différente pour les deux échelles spatiales (15% pour la MEL contre 4% pour la région). Cela traduit la plus grande part de la surface urbanisée sur le territoire de la Métropole par rapport à l'ensemble des Hauts-de-France.

4.2.4 L'ammoniac (NH₃) :

L'ammoniac est un gaz incolore et odorant utilisé dans l'industrie notamment pour la fabrication d'engrais, d'explosifs et de polymères. L'ammoniac est **émis principalement par le secteur agricole lors de l'épandage** des lisiers provenant des élevages d'animaux.

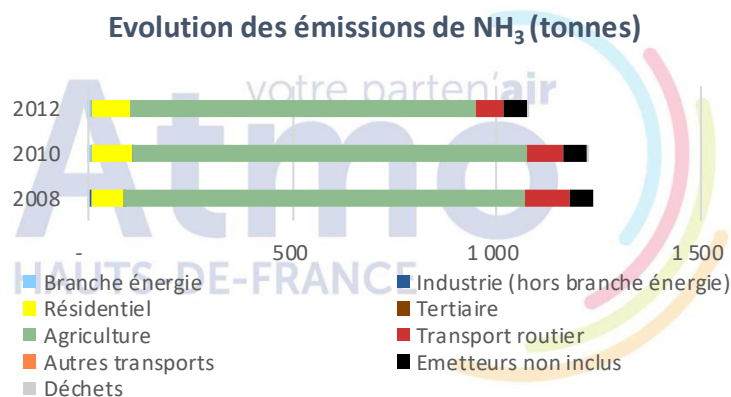
C'est un gaz très irritant pour le système respiratoire, la peau et les yeux pouvant provoquer des brûlures à son contact direct.

Il est précipité au sol par les **pluies acides** contribuant à l'eutrophisation des milieux. Il est responsable à hauteur de 25% au phénomène **d'acidification des sols**.

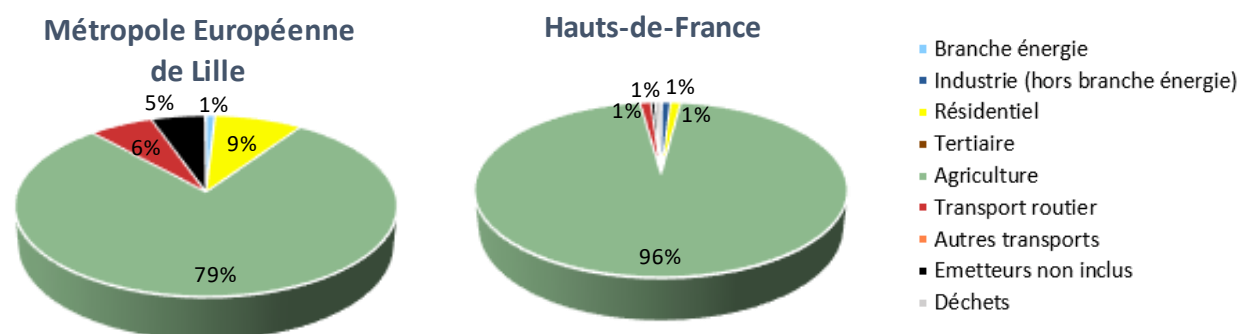
Contexte de la MEL :

Les émissions de NH₃ **diminuent** entre 2008 et 2012 avec une **baisse de 13%** soit environ **160 tonnes**, principalement due une réduction des émissions du secteur Agricole (-14%).

En 2012, les émissions d'ammoniac sont de **1073 tonnes**, soit **1,9% des émissions totales régionales**.



Présentation sectorielle :



Répartition sectorielle des émissions de NH₃ par secteur d'activité - Année 2012

Source : Inventaire_EPCI(2017)_A2012_M2012_V5

Pour la Métropole Européenne de Lille comme pour la région Hauts-de-France, la grande majorité des émissions de NH₃ est due au secteur de l'**Agriculture (79% pour l'EPCI et 96% pour la région)**. Les émissions du secteur Agricole proviennent des **déjections animales** issues de l'élevage (36%) et de l'**épandage d'engrais** sur les cultures (30%).

4.2.5 Les composés organiques volatiles (COVnM) :

Les composés organiques volatils sont composés au moins d'un atome de carbone associé à des atomes d'hydrogène auquel se rajoutent d'autres atomes (oxygène, azote, halogènes, etc.). Ils proviennent de sources biogéniques ou anthropiques (combustion, solvants, carburants, etc.) et sont présents à l'état gazeux dans l'atmosphère.

Les effets des COVnM sur la santé sont multiples et varient selon la nature du polluant. En contact direct avec la peau ou par inhalation, ils peuvent provoquer des troubles cardiaques, respiratoires

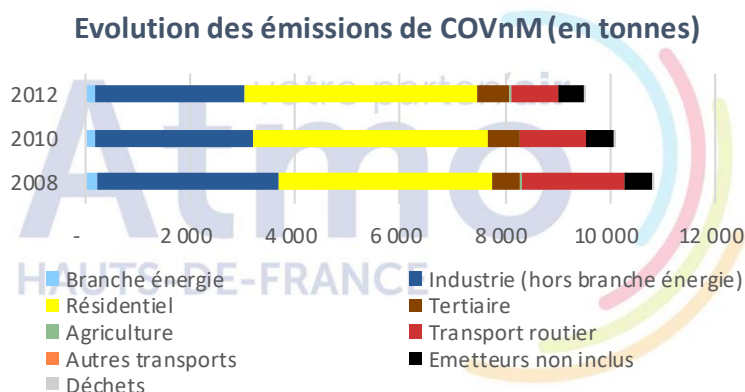
(irritations), digestifs, rénaux, nerveux et dans certains cas des effets mutagènes et cancérigène (Benzène).

Au niveau environnemental, les COVnM participent à la **formation de l'ozone** en réagissant avec les NOx sous l'effet du rayonnement solaire. De plus, les réactions chimiques impliquant les COVnM provoquent **un effet de serre additionnel indirect**.

Contexte de la MEL :

Sur la période 2008-2012, les émissions de COVnM **diminuent de 12% soit 1300 tonnes**. Cette baisse est principalement due à la réduction des émissions du secteur Industriel (-18%), liée à l'utilisation moins prononcée de solvant, et du secteur des Transports Routiers (-54%), engendré par le renouvellement du parc automobile.

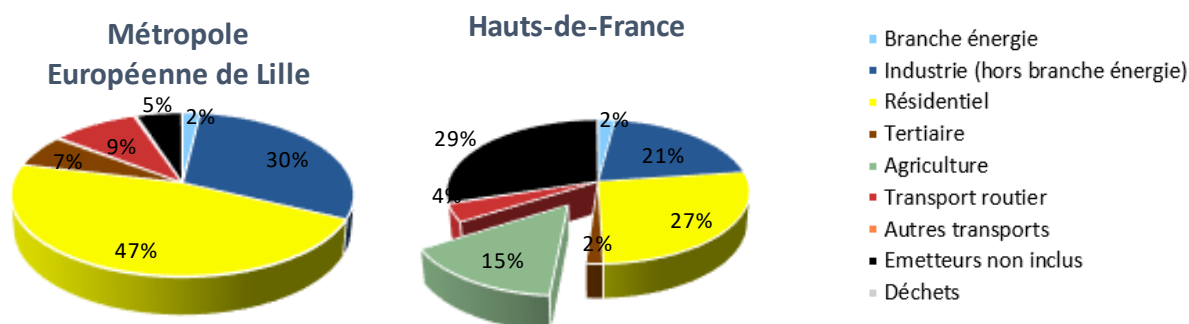
En 2012, les émissions de COVnM sont d'environ **9500 tonnes, soit 13,5% des émissions régionales**.



Evolution des émissions de COVnM (2008-2012) par secteurs d'activité

Source : Inventaire_EPCI(2017)_A2008_A2010_A2012_M2012_V5

Répartition sectorielle :



Répartition sectorielle des émissions de COVnM par secteur d'activité - Année 2012

Source : Inventaire_EPCI(2017)_A2012_M2012_V5

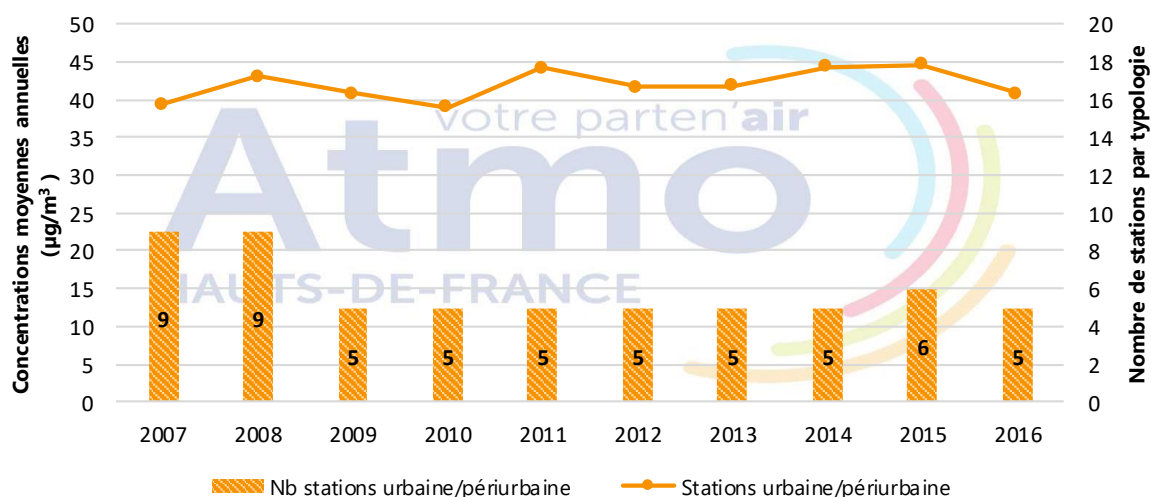
4.2.6 L'ozone :

L'ozone est un **polluant secondaire** qui se forme à partir de polluants primaires émis par différentes sources de pollution (trafic automobile, activités résidentielle et tertiaire, industries) sous l'effet du rayonnement solaire.

Ainsi, les niveaux moyens relevés en ozone sont généralement plus élevés au **printemps et les pics de concentrations s'observent en période estivale**. Les concentrations sont minimales en début de matinée et maximales en cours d'après-midi.

On distingue l'ozone stratosphérique (altitude de 10 à 60 km) qui forme la couche d'ozone protectrice contre les UV du soleil et l'ozone troposphérique (0 à 10 km) qui devient un gaz agressif en pénétrant facilement jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il provoque toux, altération pulmonaire ainsi que des irritations oculaires.

L'ozone a un effet néfaste sur la végétation (rendement des cultures, respiration des plantes) et sur certains matériaux (caoutchouc). **Il contribue également à l'effet de serre.**



Evolution des concentrations annuelles de l'ozone de la MEL

Source : Stations en activité sur la MEL par année de mesure

Les concentrations de fond en ozone sont **quasi-stables** sur la période 2007-2016 avec une hausse de 3%, soit $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Néanmoins, une **diminution est visible en 2010** qui peut être corrélée avec le **pic de concentration du dioxyde d'azote** enregistré à la même période. En effet, les concentrations d'ozone dépendent du rapport entre les concentrations de NO_2 et de NO , ce dernier étant considéré comme un puit d' O_3 . Ainsi, plus les émissions de NO sont importantes (en particulier en milieu urbain et en proximité autoroutière), plus l'ozone est susceptible d'être détruit, car consommé par le NO pour former du NO_2 .

Une seconde baisse des niveaux de concentration est observée entre 2015 et 2016 ($-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en lien avec des conditions météorologiques estivales moins propices à sa formation.

Des tendances similaires sont constatées à l'échelle régionale sur la période considérée.

4.3 Le respect des valeurs réglementaires

Polluants	Respect des valeurs réglementaires annuelles									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Dioxyde d'azote	●	●	●	● VL ¹	●	●	●	●	●	●
Particules PM10	● VL	● VL	● VL	● VL	● VL	● VL	●	●	●	●
Ozone	● OLT ²	● OLT	● OLT	● OLT	● OLT	● OLT	● OLT	● OLT	● OLT	● OLT
Dioxyde de soufre	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Particules PM2.5	● OQ ³	● OQ	-	● OQ	● OQ	● OQ	● OQ	● OQ	● OQ	● OQ

Cf : ¹ VL : valeur limite ; ² OLT : objectif à long terme ; ³ OQ : objectif de qualité

Si la majorité des moyennes annuelles respectent la réglementation, nous constatons des non respects pour d'autres valeurs limites.

Seul **le dioxyde de soufre respecte la réglementation pour l'ensemble des valeurs limites** entre 2007 et 2016.

Les concentrations de fond en **dioxyde d'azote** dépassent la valeur limite réglementaire fixée à 40 µg/m³ en 2010 sur la station de **Roubaix Serres** avec une concentration moyenne annuelle de 46 µg/m³.

Pour les **particules PM10**, la **valeur limite réglementaire est aussi dépassée** sur la période 2007-2012. Pour **chacune des années**, plus de **36 jours de dépassements de la valeur limite journalière fixée à 50 µg/m³** ont été enregistrés sur au moins une des stations de la métropole. Un maximum de **70 jours** a été relevé à **Tourcoing en 2007**. Cette situation, constatée sur de nombreuses stations de mesure du Nord et du Pas-de-Calais a induit la mise en œuvre d'un **Plan de Protection de l'Atmosphère dans les deux départements**. Depuis **2013**, l'ensemble des stations de la MEL sont repassées **sous la valeur limite réglementaire**, comme la totalité des stations de mesure du Nord et du Pas-de-Calais.

Pour les **PM2.5**, si la valeur limite n'est pas franchie, **l'objectif de qualité n'est quant à lui pas respecté** (valeurs supérieures à 10 µg/m³) depuis le début des mesures sur le territoire.

Enfin, les valeurs de concentrations annuelles pour **l'ozone ne sont pas conformes avec l'objectif long terme** sur la période 2007-2016 (le constat est identique en Hauts-de-France et dans d'autres régions de France).

4.4 Vue globale des enjeux de la qualité de l'air sur le territoire de la MEL

4.4.1 La carte stratégique de l'air

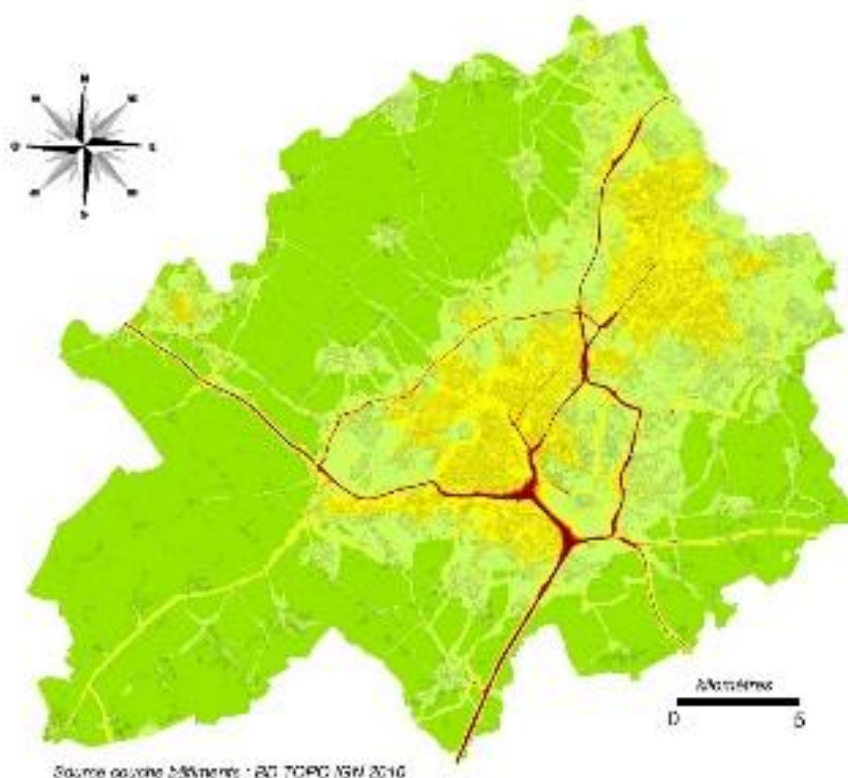
Carte Stratégique de l'Air de la MEL

Années : 2014 - 2015 - 2016

Polluants : NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}

Valeurs Limites (VL) : - moyenne annuelle (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5})
- moyenne journalière (PM₁₀)

Date d'édition : 03/2018



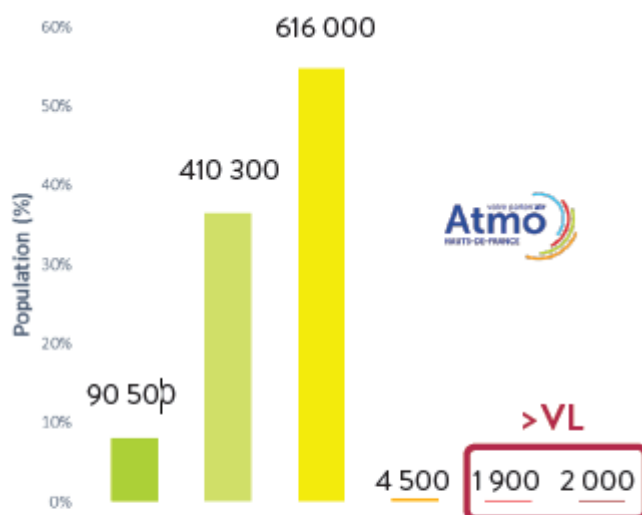
- zone "air prioritaire" (>120% de VL)
- zone en dépassement réglementaire (>100% de VL)
- zone en dépassement potentiel (>90% de VL)
- zone de vigilance (>75% de VL)
- zone en dépassement du seuil OMS pour les PM₁₀
- zone à préserver



La carte stratégique de l'air présente une vue synthétique de l'état de la qualité de l'air sur le territoire en superposant les résultats de plusieurs années (2014, 2015 et 2016) et pour plusieurs polluants (dioxyde d'azote NO₂, particules PM10 et PM2.5). Elle permet de distinguer plusieurs zones (6 couleurs) basées sur le respect ou non d'objectifs environnementaux : valeurs limites réglementaires, préconisations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour la santé.

Sur le territoire de la MEL, on constate des dépassements de valeurs limites réglementaires (VL), en rouge et rouge foncé, aux abords des principaux axes routiers. On estime à environ 4000 le nombre d'habitants exposés à ces niveaux de pollution.

Les préconisations de l'OMS sont plus ambitieuses que les seuils réglementaires en terme de protection de la santé. La zone de dépassement du seuil OMS pour les particules PM10 (en vert clair sur la carte) couvre, en terme de population, la majeure partie du territoire qui correspond aux secteurs les plus urbanisés. Cette pollution aux particules s'explique par l'activité humaine, le trafic routier notamment, mais aussi par le chauffage de bâtiments résidentiels ou tertiaires. Plus de 90% de la population de la MEL vit dans cette zone.



Exposition de la population de la MEL (édition mars 2018)

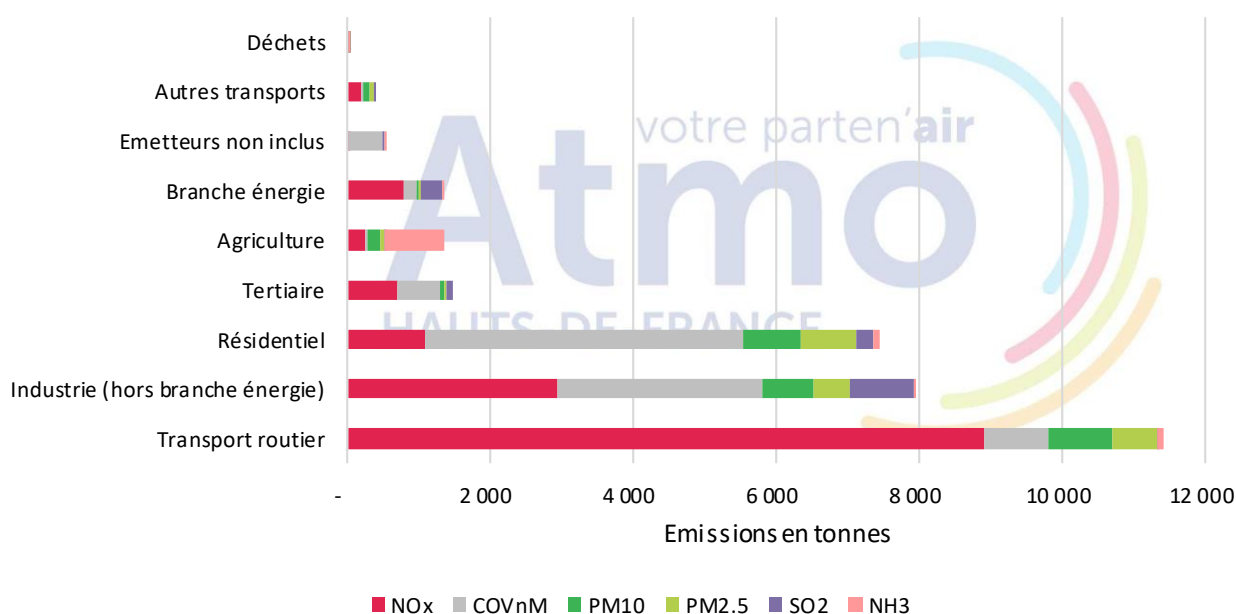
Distribution de la population et du nombre d'habitants concernés selon les classes définies par les zones de la Carte Stratégique Air de la MEL

Source : Bilan territorial 2017 de la qualité de l'air, ATMO Hauts de France

4.4.2 Les secteurs à enjeux du territoire

Le diagnostic de la qualité de l'air a permis de mettre en évidence les principales **sources d'émissions** pour chacun des polluants réglementés sur le territoire. Associé à l'analyse de leurs **concentrations mesurées en station et modélisées**, ce diagnostic permet de mettre en relief les secteurs à enjeux, pour lesquels les leviers d'action sont les plus intéressants.

Emissions totales des polluants réglementés par secteur d'activité



Emissions totales des polluants réglementés dans le cadre du PCAET par secteur d'activité (année 2012)

Source : Inventaire_EPCI(2017)_A2012_M2012_V5



Transports Routiers

Le secteur des **Transports Routiers** est le **principal émetteur** sur l'ensemble des polluants réglementés dans le cadre du PCAET pour l'année 2012. La **présence de nombreux axes de transport** et la localisation privilégiée de la MEL située à la porte d'entrée de la Belgique, fait des Transports Routiers un secteur à fort enjeu stratégique.

Il est le principal responsable des **émissions de NOx** sur le territoire en lien avec la **combustion de carburant** par les véhicules. Il est à noter que le dioxyde d'azote est un des gaz **précurseurs d'ozone**.

L'abrasion et la remise en suspension jouent un rôle important dans les émissions de particules (PM10 et PM2.5). Les cartes de modélisation ainsi que la carte stratégique de l'air viennent appuyer cette analyse en mettant en relief les mêmes zones dans des dépassements potentiels des valeurs limites.

La diminution des émissions du secteur des Transports Routiers peut passer par la **réduction du nombre de véhicules** circulant sur le territoire, associée au **changement de comportement des utilisateurs** (réduction du nombre de kilomètre parcourus, utilisation des transports en commun, etc.). **L'amélioration technologique** et le **renouvellement du parc automobile** sont des solutions à étudier également afin de réduire les émissions.



Industrie

Le secteur **Industriel** est le **second émetteur** sur l'ensemble des polluants réglementés dans le cadre du PCAET pour l'année 2012. La **combustion de matières premières** telles que le **fioul** ou les **agglomérés** est principalement responsable des émissions de **SO₂** et de **NO_x** liées à ce secteur. Il est à noter que le secteur Industriel est le premier émetteur de dioxyde de soufre sur le territoire. Les **procédés industriels** utilisés dans les différents domaines de l'industrie émettent des quantités importantes de **particules** et l'utilisation de **solvants** est responsable des émissions de COVnM.

La baisse des émissions de ce secteur passe par **l'amélioration des technologies de combustion** associée à un changement pour des carburants moins émetteur. La mise en place de **système d'épuration des fumées** sur les engins est une solution à étudier pour diminuer les émissions de particules.



Résidentiel

Le secteur **Résidentiel** est le **troisième émetteur** sur l'ensemble des polluants réglementés dans le cadre du PCAET pour l'année 2012. Il est le principal responsable des émissions de COVnM sur le territoire de la MEL en lien avec **l'utilisation de solvants**. Le **chauffage individuel, et en particulier, le chauffage d'appoint** génère la majorité des émissions de ce secteur. Les émissions de SO₂ sont essentiellement dues à la consommation du gaz naturel qui reste la première énergie utilisée. Néanmoins, bien qu'elles ne constituent pas les principales sources d'énergies employées, **l'utilisation de bois de chauffage** dans les **inserts** et les **foyers ouverts** ainsi que **l'utilisation d'agglomérés et de fioul** dans les poêles domestiques constituent des sources importantes d'émissions de particules et de dioxyde de soufre.

La réduction des émissions du secteur Résidentiel passe avant tout par la **maîtrise et l'utilisation rationnelle de l'énergie**. La **rénovation énergétique** des bâtiments peut jouer un rôle primordial dans la baisse de l'utilisation du chauffage par les particuliers. De plus, le changement de comportement des particuliers sur leurs consommations d'énergie associé au **renouvellement des appareils de chauffage** constitue un levier d'action à étudier. Enfin, la **sensibilisation** pour une utilisation plus raisonnée des solvants peut permettre une diminution des émissions de COVnM de ce secteur.



Tertiaire

Le secteur Tertiaire est le **quatrième émetteur** du territoire sur l'ensemble des polluants pris en compte dans la réglementation PCAET pour l'année 2012. Ce secteur émet principalement des COVnM issus de l'utilisation de solvant et du dioxyde d'azote liée à la combustion de gaz naturel pour le chauffage. Bien qu'il n'émette pas autant que les autres secteurs, la réduction des émissions du Tertiaire reste un enjeu important.

Tout comme pour le secteur Résidentiel, la **maîtrise de l'énergie** constitue un levier d'action efficace. La **sensibilisation** des commerçants sur l'utilisation des solvants permettrait de réduire les émissions de COVnM.



Agriculture

Le secteur **Agricole** est le **cinquième émetteur** du territoire sur l'ensemble des polluants pris en compte dans la réglementation PCAET pour l'année 2012. Il émet principalement de l'ammoniac en lien avec **l'épandage d'engrais** sur les cultures et les **déjections animales**. La **consommation de carburant** par les divers engins agricoles est responsable d'une partie des émissions de particules mais aussi des oxydes d'azote.

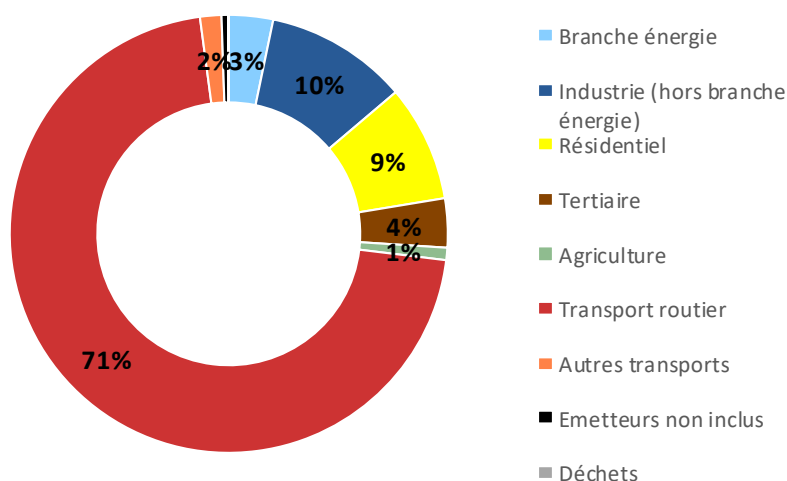
La réduction des émissions engendrées par le secteur agricole peut être initiée par **l'amélioration technologique des moteurs** des engins spéciaux ainsi que par le renouvellement du parc. La **sensibilisation** des agriculteurs sur l'utilisation plus rationnelle d'engrais et une migration vers des **méthodes d'épandage plus respectueuses de l'environnement** constituent des solutions à étudier.

4.5 Actualisation du diagnostic de la qualité de l'air avec les données 2015

Atmo HdF a réalisé en 2018 une mise à jour de ses données concernant l'année 2015. Ces émissions ont été estimées à partir d'une nouvelle méthodologie (M2017), il faut donc rester prudent quant à une comparaison avec les données pour 2012 et 2008. Cette nouvelle méthodologie sera appliquée aux données 2012 et 2008 courant 2019 pour permettre une comparaison d'une plus grande fiabilité.

4.5.1 Les oxydes d'azote (Nox) :

Répartition des émissions de NOx par secteur



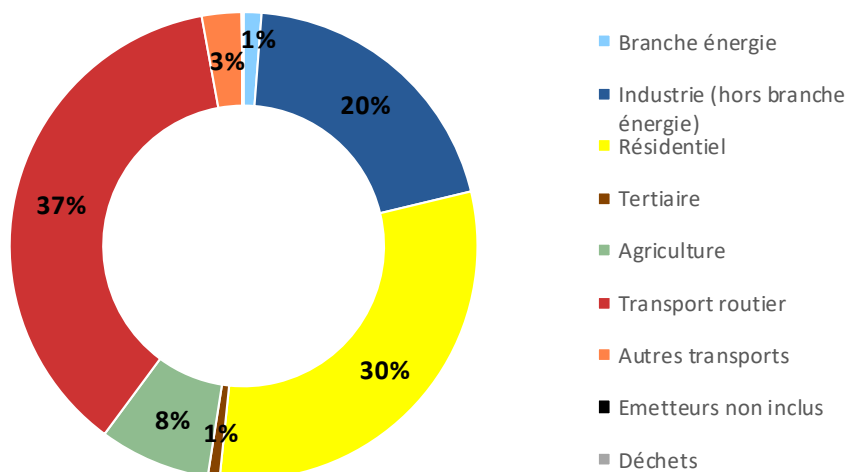
Source : Inventaire EPCI(2018) A2015 M2017 V1

Les émissions d'oxydes d'azote ont représenté un total de 10 955 tonnes en 2015. Ces émissions sont principalement dues au secteur du transport routier qui représente 71% de ces émissions soit 7 774 tonnes. Le reste des émissions est surtout dû à l'industrie et au secteur résidentiel (respectivement 10% et 9%)

4.5.2 Les particules (PM10 et PM2.5) :

Les particules PM10 :

**Répartition des émissions de PM10
par secteur**

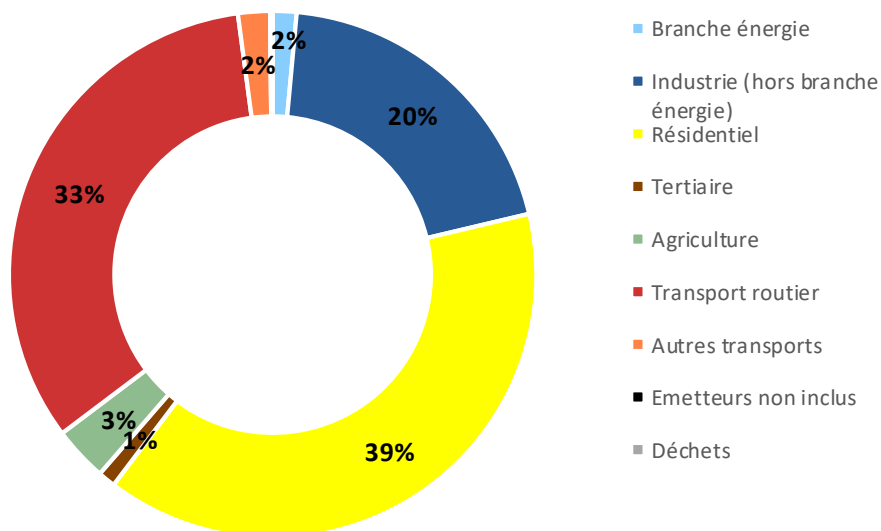


Source : Inventaire_EPCI(2018)_A2015_M2017_V1

2020 tonnes de PM10 ont été émises lors de l'année 2015. Les secteurs du résidentiel et du transport routier ont les principaux émetteurs, ils représentent à eux deux 67% des émissions. L'industrie est la troisième cause de ces émissions avec 20% des émissions qui lui sont liées.

Les particules PM2.5 :

Répartition des émissions de PM2.5 par secteur

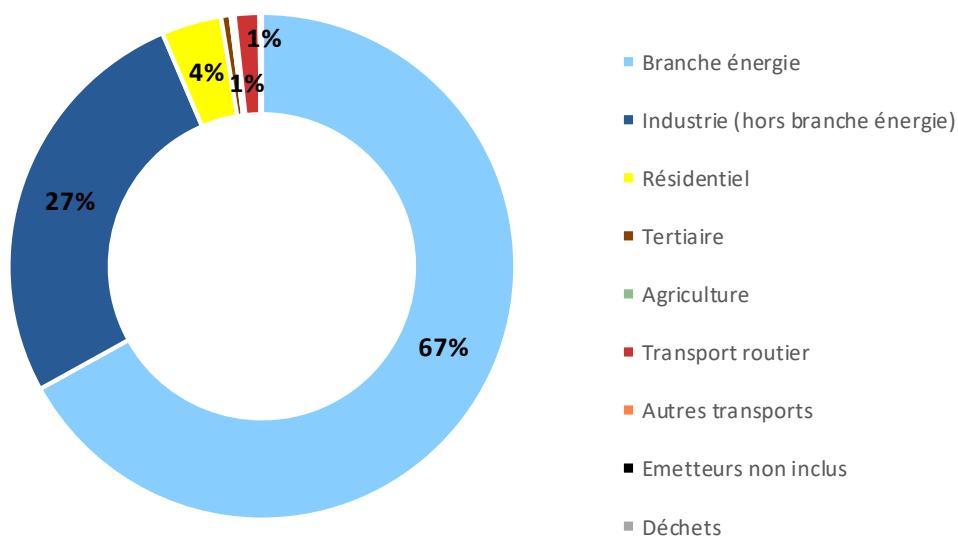


Source : Inventaire_EPCI(2018)_A2015 _M2017_V1

1526 tonnes de PM2.5 ont été émises lors de l'année 2015. La répartition des secteurs émetteurs de PM2.5 est relativement proche de celle des PM10 : ce sont les secteurs du résidentiel et transport routier qui sont les principaux émetteurs, qui représente à eux deux 72% des émissions. L'industrie est la troisième cause de ces émissions avec 20% des émissions qui lui sont liées.

4.5.3 Le dioxyde de soufre (SO₂) :

**Répartition des émissions de SO₂
par secteur**

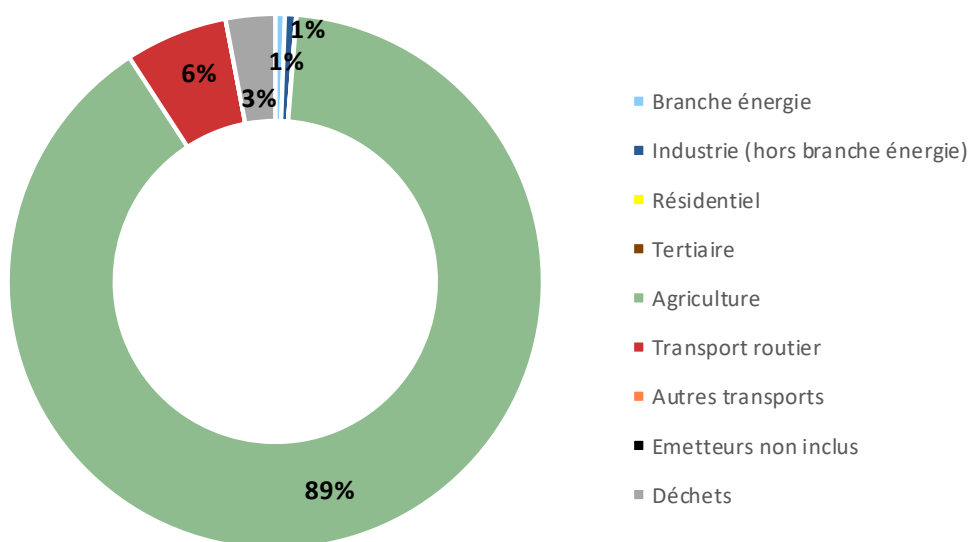


Source : Inventaire_EPCI(2018)_A2015 _M2017_V1

En 2015, 836 tonnes de dioxyde de soufre ont été émises sur le territoire de la MEL. 67% de ces émissions sont dues à la branche énergétique, ce qui représente 560 tonnes de SO₂. La deuxième origine de ces émissions est le secteur industriel : 27% du SO₂ émis.

4.5.4 L'ammoniac (NH₃) :

**Répartition des émissions de NH₃
par secteur**

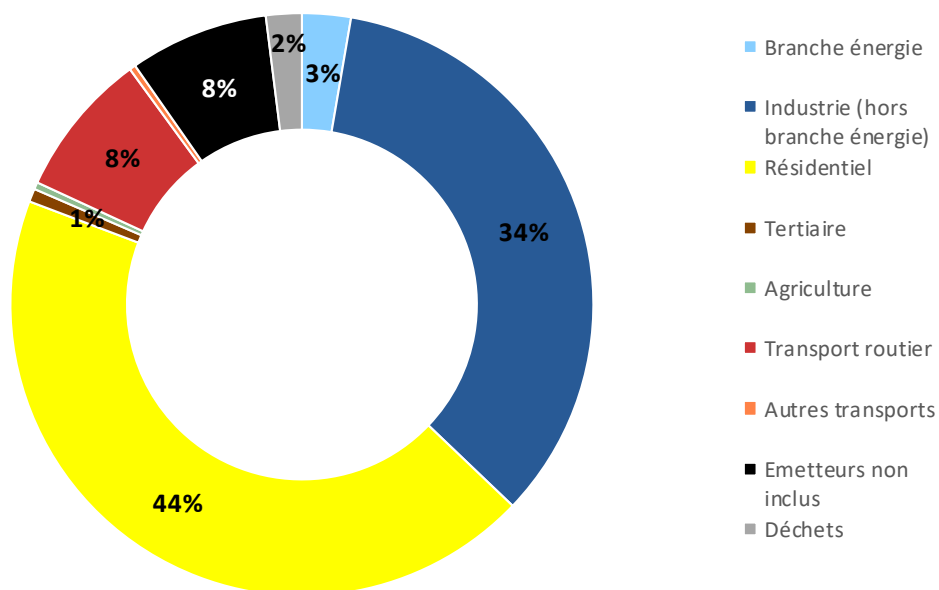


Source : Inventaire_EPCI(2018)_A2015 _M2017_V1

746 tonnes d'ammoniac ont été émises sur le territoire de la MEL en 2015. Ces émissions sont principalement dues aux activités agricoles qui représentent près de 90% de l'ammoniac émis.

4.5.5 Les composés organiques volatiles (COVnM) :

**Répartition des émissions de COVnM
par secteur**



Source : Inventaire EPCI(2018) A2015 M2017 V1

Les émissions de composés organiques volatiles ont représenté un total de 7 897 tonnes en 2015. Elles sont principalement dues au secteur résidentiel (44%) et au secteur industriel (34%)

5. Analyse de la vulnérabilité du territoire au changement climatique

Le changement climatique nécessite des démarches d'atténuation et d'adaptation complémentaires

Pour lutter contre le changement climatique, l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, cause du réchauffement, ne suffit pas. Il faut également anticiper les conséquences d'un réchauffement considéré comme inéluctable, et s'y préparer. C'est ce que l'on appelle l'adaptation au changement climatique. Il s'agit donc de limiter les impacts du réchauffement et les dommages associés sur les activités socio-économiques et sur la nature.

La Métropole, un cadre d'action incontournable pour mener une démarche d'adaptation

La MEL a d'une part l'obligation réglementaire de mettre à jour son Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) et d'y inclure un volet sur l'adaptation, et notamment un diagnostic de la vulnérabilité au changement climatique.

Par ailleurs, le contexte institutionnel est de plus en plus engageant en matière d'adaptation : le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC) fixe une ambition nationale, le Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire (SRADDET) pose une stratégie régionale. Les nombreuses démarches volontaristes des villes en matière de résilience attestent quant à elle d'une prise de conscience et d'une volonté d'intégrer la gestion des risques climatiques dans les politiques publiques locales. Si les efforts d'atténuation des émissions de GES ont un impact global, l'adaptation quant à elle ne peut se faire qu'à l'échelle locale, en fonction des caractéristiques de chaque territoire.

La MEL constitue une échelle d'action pertinente en matière d'adaptation au changement climatique, parce que via ses compétences, elle dispose de leviers d'actions vis-à-vis des différents axes de vulnérabilité exposés dans ce diagnostic.

Un diagnostic de vulnérabilité conçu comme un porté à connaissance des données existantes

De nombreuses études et bases de données existantes offrent une bonne connaissance des tendances à l'œuvre en matière de changement climatique, et des impacts locaux associés. L'exercice ici réalisé vise à faire connaître aux décideurs, partenaires et grand public l'état de la connaissance en matière de vulnérabilité et de leviers d'adaptation. Ce diagnostic s'appuie et reprend les éléments de cinq études principales :

- Publications de l'Observatoire Climat Hauts-de-France du CERDD (« Changement Climatique : Réalités et Impacts ») 2014
- Etude MEDCIE sur les stratégies d'adaptation au changement climatique de 2013
- L'étude de vulnérabilité du territoire métropolitain réalisée en 2011 par la MEL ;
- L'atlas des risques majeurs sur la MEL ;
- L'étude ADULM sur les îlots de chaleurs urbains (2017).

5.1 Les aléas climatiques : observations et projections

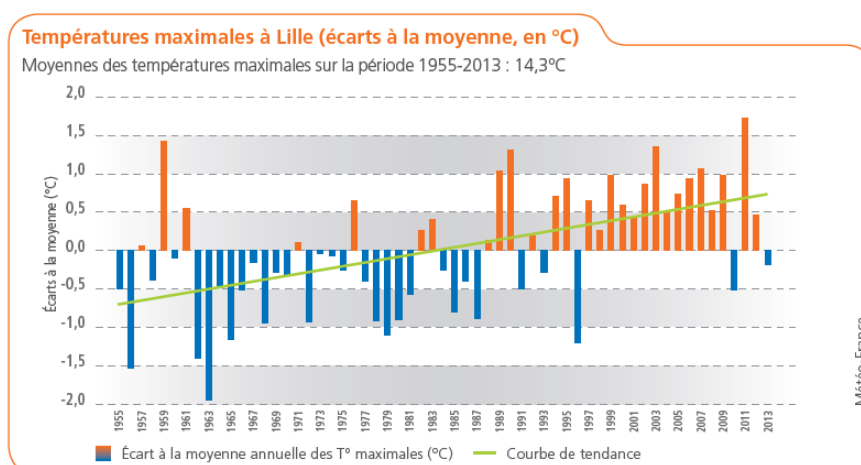
5.1.1 Observations 1955 - 2013

Les données sur l'observation présentées dans cette première partie sont pour l'essentiel issues de l'Observatoire Climat Hauts-de-France du CERDD, sur la base des données d'observation régionales de Météo-France. Les données sur les projections ont été traitées à partir du portail climat DRIAS.

Le changement climatique est une réalité déjà observable en Région Hauts-de-France.

Températures

L'évolution des températures, moyennes ou extrêmes, est le signal le plus clair du changement climatique. A la surface du globe, la température moyenne s'est élevée de 0,69°C entre 1955 et 2013. A Lille, sur la même période, la température moyenne s'est accrue de 1,37°C.



+1,37°C

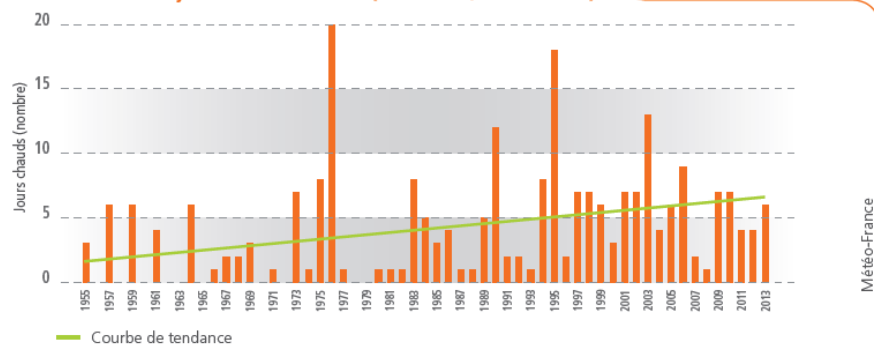
C'est l'augmentation de la température moyenne observée à Lille entre 1955 et 2013.

En synthèse la vitesse moyenne d'augmentation de la température moyenne en région est de +0,23°C/décennie.

Les épisodes de température extrême sont en hausse sensible

Observer les extrêmes de température de l'air permet de construire des indicateurs fiables illustrant les changements en marche ; ils sont d'autant plus pertinents que leurs impacts sur la santé humaine et les écosystèmes sont directs.

Nombre annuel de jours chauds à Lille (Tn > 30°C, en nombre)



+ 1 jour
chaud par décennie

C'est l'augmentation moyenne du nombre de jours où la température dépasse 30°C lors de la dernière décennie, avec une tendance à +1 jours/décennie (sur les stations de référence).

+ 0,49 nuit
chaude par décennie

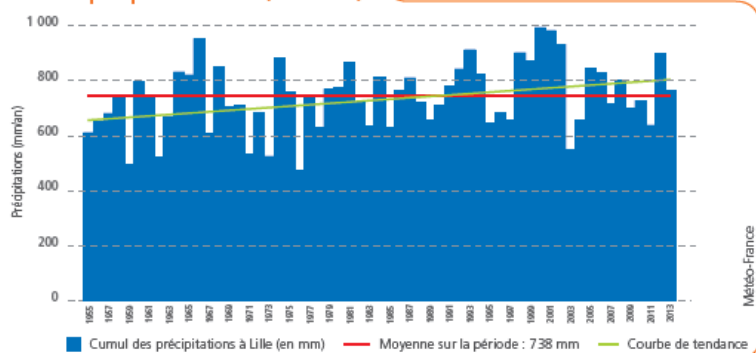
C'est l'augmentation du nombre de nuits lors desquelles la température ne descend pas au dessous de 18°C, sur la période 1955-2013 (sur les stations de référence).

Précipitations

Les précipitations représentent une autre facette importante des influences du changement climatique. A l'échelle de la planète, les constats sont globalement à l'augmentation du volume des précipitations : la tendance est faible mais visible dans notre région. Les changements globaux sont aussi à la modification de la saisonnalité des précipitations et à une fréquence accrue des événements extrêmes ; ces tendances sont par contre clairement observées en Nord-Pas-de-Calais.

A Lille, les précipitations moyennes ont eu tendance à augmenter en hiver sans que le cumul global soit significativement impacté.

Cumul des précipitations à Lille (en mm/an)



+20 %
de précipitations hivernales

Augmentation du cumul des pluies en hiver à Lille entre 1955 et 2013.

Les fortes pluies augmentent localement : le nombre de jours de fortes pluies, c'est-à-dire avec des précipitations supérieures à 10 mm, augmente légèrement depuis 1955.

5.1.2 Projections

Les projections climatiques suivantes ont été réalisées sur la base des données du portail DRIAS, avec un choix de projections à **deux horizons temporels** : à moyen terme (2041-2071, soit env. 2055) et long terme (2071-2100, soit env. 2085) et sur la base des scénarios « RCP » (Representative Concentration Pathways) :







- **Scénario « volontariste » RCP 2.6** : conduit à un forçage radiatif de $2,6 \text{ W/m}^2$ d'ici la fin du siècle, soit un pic des émissions à horizon 2055 puis leur diminution, permettant de maintenir le réchauffement depuis le début du siècle de l'ère industrielle en dessous de 2 degrés.
- **Scénario intermédiaire RCP 4.5** : forçage radiatif de $4,5 \text{ W/m}^2$ d'ici la fin du siècle, avec une stabilisation des émissions avant 2100, conduit à une augmentation des températures de + $2,9^\circ\text{C}$
- **Scénario « fil de l'eau » RCP 8.5** : forçage radiatif de $8,5 \text{ Wm}^2$ d'ici la fin du siècle, les émissions continuent de croître sur la même trajectoire, conduit à une augmentation des températures de + $5,1^\circ\text{C}$.

Analogues climatiques de la ville de Lille selon les scénarios du GIEC



Réalisation DREAL à partir de l'étude "Fourniture d'indicateurs pour caractériser le changement climatique" Météo-France pour la DATAR, novembre 2010

Le tableau ci-dessous résume les projections climatiques aux horizons 2055 et 2085.

	Aujourd'hui	Horizon env. 2055	Horizon env. 2085
Augmentation des chaleurs estivales			
Hausse des températures moyennes annuelles			
	10°C	De 11.3 à 12.2°C +1,5°C à +2°C	De 12.3 à 13.9°C +2,3°C à +3,9°C
Augmentation des températures moyennes en été			
	16.8°C	De 18.3°C à 19.5°C +1.5°C à + 2,7°C	De 17.9°C à 21.6°C +1.1°C à +4.8°C
Augmentation du nombre de jours chauds (>25°C)			
	19J	De 30J à 45 J + 11 à +26J	De 29J à 67 J +10J à +48J
Augmentation des vagues de chaleurs (5 jours consécutifs de jours anormalement chauds) :			
	9J	De 25 à 41 J + 16J à +30J	De 20 à 87 J + 10J à +78J
Apparition de nuits tropicales			
	0 N	De 3 à 6N + 3 N à + 6 N	De 2 à 19 N + 2N à + 19 N
Augmentation des besoins énergétiques pour la climatisation (DJU de climatisation)			
	89.96°C	De 179°C à 262°C +90 à +173°C	De 163°C à 463°C +74°C à +374°C

Des hivers plus doux

Augmentation des températures moyennes en hiver



3.5°C

De 4.2 à 5.4°C

De 4.4 à 6.9°C

+0.7 °C à +1.9°C

+0.9°C à +3.9°C

Augmentations des minimales en hiver

-4°C

De -3.2°C à -1.6°C

De -2,8°C à -0,8°C

+ 0.8 à +2.4°C

+1.2 °C à 3.2°C

Baisse du nombre de jours de gel



41J

De 33 à 20 J

De 30 à 13J

- 8 J à -21 J

-11J à -22J

Baisse du nombre jours anormalement froids en hiver (<5°C à la normale)

9J

De 7 à 2J

De 7 à 2J

- 2 J à - 7 J

- 2J à - 7 J

Baisse des besoins énergétiques en chauffage



2666°C

De 2086°C à 2298°C

De 1676°C à 2325°C

Des précipitations plus contrastées :

Les projections climatiques ne permettent pas d'établir de conclusions robustes en termes d'évolutions des cumuls annuels de précipitations. On anticipe les effets suivants :

- des étés plus secs et des hivers plus pluvieux ;
- moins de jours de pluie par an mais recrudescence des précipitations intenses (crues hivernales +5 à +15% selon étude MEDCIE) ;
- une diminution de la recharge des nappes phréatiques (-6 à -46%) et baisse des débits moyens des cours d'eau (-25% à -40%) selon l'Agence de l'eau ;
- une dégradation de la ressource en eau selon le SRCAE 2012 ;
- une alternance de périodes sèches et humides : augmentation des retraits-gonflements d'argiles (RGA) ;
- des périodes d'étiages plus importantes (occurrence des étiages +5% à +20% selon étude MEDCIE).

Des précipitations ayant tendance à augmenter en hiver et au printemps :



Hiver 158mm	De 167 à 176mm	De 162 à 183 mm
Printemps 154mm	De 155 à 179mm	De 161 à 176 mm

Une sécheresse en légère augmentation (nombre de jours secs consécutifs) :



23 J	De 22J à 27 J	De 23 J à 28 J
------	---------------	----------------

Tendance à la baisse du nombre de jours de pluie :



131 J	De 124 à 133J	De 114 à 129J
-------	---------------	---------------

Tendance à la hausse des précipitations intenses en automne (précipitations au-dessus du 90^e centile annuel)



62%	De 64% à 67%	De 63 à 69%
-----	--------------	-------------

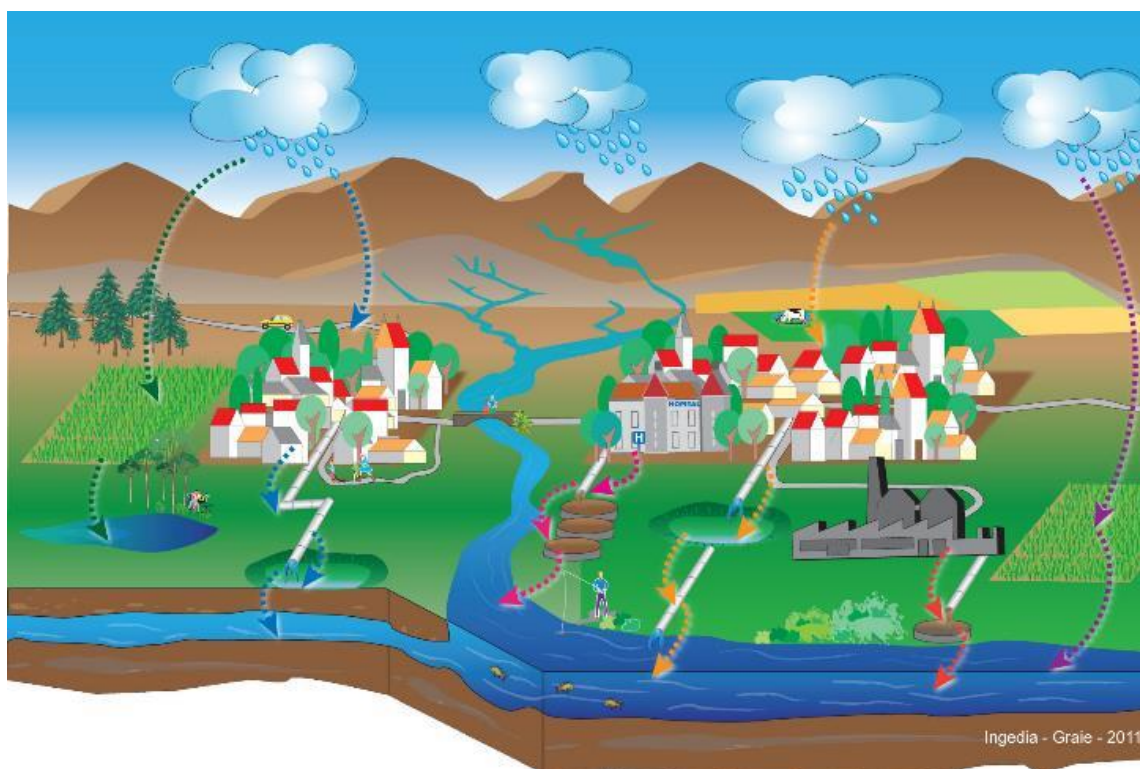
Elévation du niveau de la mer :

Les conclusions sont très incertaines. Il n'est pas envisagé de submersion marine directe à l'horizon 2100, mais une submersion de certaines parties du territoire métropolitain serait possible aux abords des rivières et canaux.

5.2 Enjeux de vulnérabilité

On peut distinguer **trois grands enjeux de vulnérabilité au changement climatique** pour le territoire de la MEL : la préservation de la ressource en eau, les impacts sanitaires et les impacts sur les milieux naturels, la biodiversité et l'agriculture.

5.2.1 Enjeu n°1 : l'évolution du cycle de l'eau



Le cycle de l'eau du territoire étant déjà très impacté par une forte artificialisation, l'évolution de la pluviométrie devrait renforcer les déséquilibres naissants :

- **les cours d'eau sont majoritairement artificialisés** : tous les grands cours d'eau sont majoritairement canalisés ou rectifiés (Lys, Deûle, Marcq) et le réseau secondaire est également très modifié, avec des cours d'eau qui s'apparentent à des fossés agricoles, et /ou avec des berges bétonnées. Cette artificialisation dégrade l'habitat aquatique, l'équilibre écologique, et les échanges entre nappes et rivières ;
- **les échanges entre les nappes et les cours d'eau se sont inversés** : alors que les cours d'eau drainaient autrefois les nappes affleurantes, ils les alimentent aujourd'hui suite à la baisse de leur niveau (du fait des prélèvements), ce qui impacte la qualité de l'eau ;
- **l'artificialisation croissante des sols nuit à l'infiltration des eaux pluviales** : l'urbanisation et l'artificialisation des sols qu'elle induit, contraint l'infiltration directe des eaux pluviales (moindre recharge des nappes) et génère du ruissellement, charriant davantage de pollutions (baisse de la qualité de l'eau) et augmentant le risque d'inondations ;

- **la mauvaise qualité des eaux** : l'état physique et chimique des cours d'eau est médiocre à mauvais du fait de multiples pollutions (rejets assainissements, pollutions agricoles, pollutions industrielles historiques stockées dans les sédiments) ; et la nappe de la Craie, plus grosse pourvoyeuse d'eau potable sur la MEL, est également en mauvais état chimique du fait de pollutions diverses et principalement agricoles (forte teneur en nitrates notamment).

Inondations et érosion : première vulnérabilité régionale et locale

- **Le risque d'inondation : une vulnérabilité majeure et croissante**

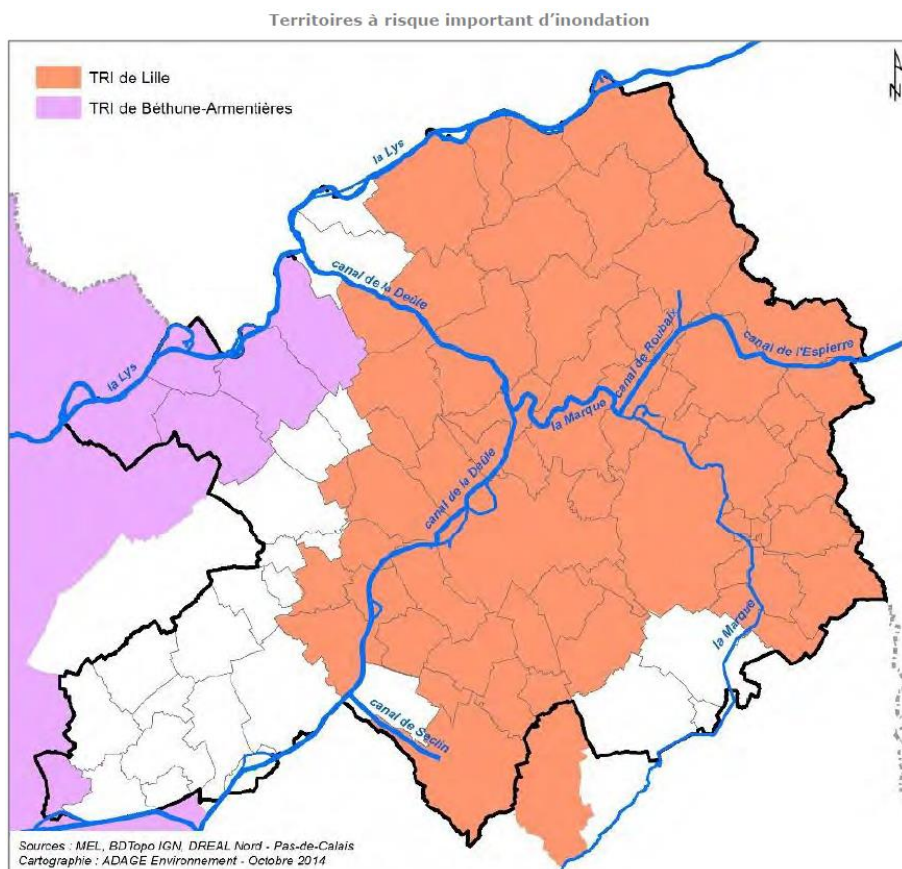
L'évolution de la pluviométrie, avec l'augmentation des pluies hivernales et surtout automnales, ainsi que la fréquence en hausse des crues intenses en hiver et des pluies extrêmes en toutes saisons, viennent aggraver les risques inondations déjà existants. Or, les inondations constituent déjà aujourd'hui le premier risque naturel en région en termes de population exposée et d'occurrences²⁹.

Le SAGE Marque-Deûle (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux Pluviales – en cours de rédaction) confirme cette vulnérabilité à l'échelle plus locale des deux bassins versants :

- « - un territoire où le risque inondation est bien présent (ruissellement, débordement des cours d'eau)
- changement climatique : une intensification des événements extrêmes à prévoir »³⁰.

²⁹ Cf. Tour d'horizon Climat-Energie HdE, 2017

³⁰ Source : <http://sagemarquedeule.fr/>



A l'échelle de la MEL, la quasi-totalité des communes se trouvent concernées par cet aléa, les trois quarts étant caractérisées par un risque important d'inondation. Sur la période 1994-2004, une quarantaine d'arrêtés de catastrophes naturelles ont été recensés sur le territoire, toutes les communes ayant été concernées au moins une fois, et le tiers au moins 3 fois. C'est le tissu urbain dense qui est le plus concerné : Lille,

Villeneuve d'Ascq, Seclin, Tourcoing, Roubaix et Armentières ont connus 7 à 10 arrêtés sur cette période, surtout pour ruissellement pluvial.³¹

Différents phénomènes sont à l'œuvre :

- une **lente montée des eaux par débordement des cours d'eau** (avec une hausse des crues à prévoir en fréquence et en intensité en hiver) et/ou remontée de nappes phréatiques affleurantes ;
- des **inondations rapides par ruissellement** (du fait de la saturation des sols et/ou de leur artificialisation), pouvant s'accompagner de coulées de boues, et entraînant l'érosion des sols).

Les inondations dues aux crues :

« Lors d'une crue, tout cours d'eau peut abandonner son lit ordinaire (ou lit mineur) dont la capacité est généralement limitée à des débits de crue courante (de période de retour de l'ordre de 1 à 5 ans) pour occuper tout ou partie du lit majeur en fond de la vallée qui constitue une zone d'expansion» selon *L'Atlas des risques majeurs de la MEL*.

³¹ Cf. *Etude Adage, Etude Etat Initial de l'environnement pour le PLU*

Les crues lentes font suite à de longues pluies, pas nécessairement intenses (saturation des sols, puis ruissellement sur le bassin).



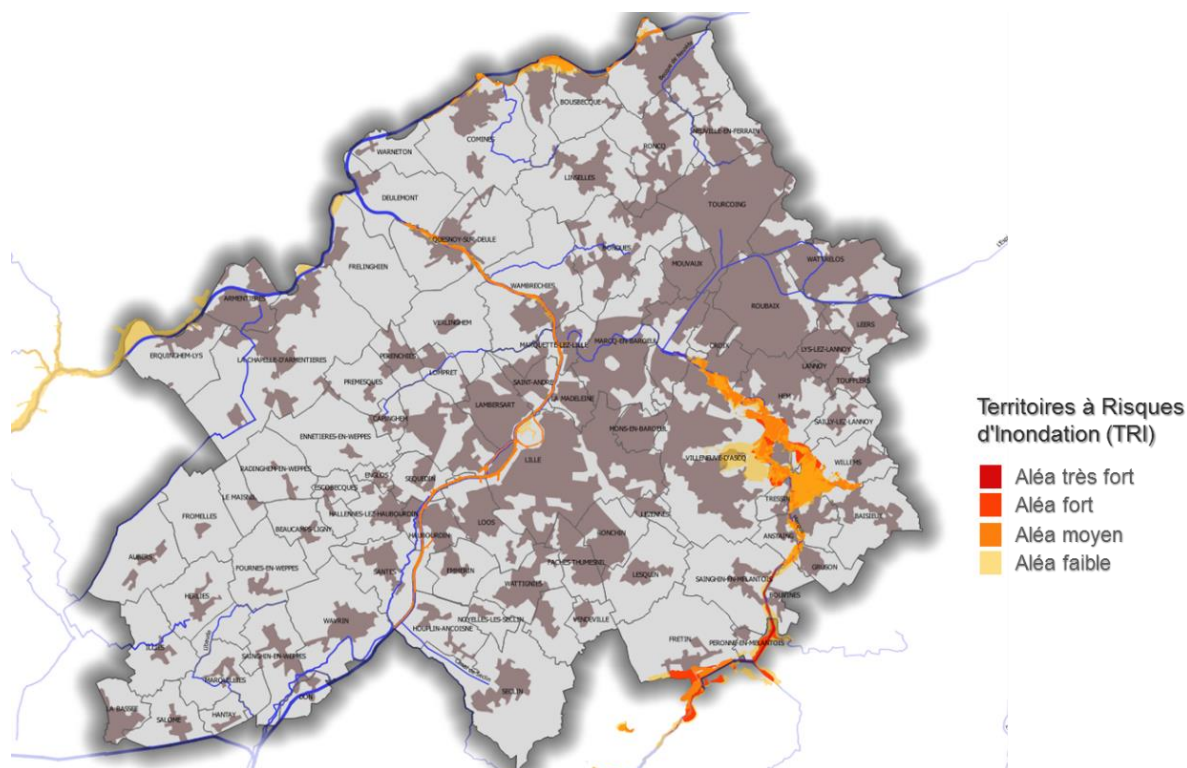
Lit mineur



Lit majeur

Le débordement des cours d'eau concerne surtout la rivière de la Marque et l'aval de la Lys.

Carte des inondations par débordement des cours d'eau (Atlas des risques naturels MEL)



Les inondations dues aux remontées de nappes phréatiques sub-affleurantes :

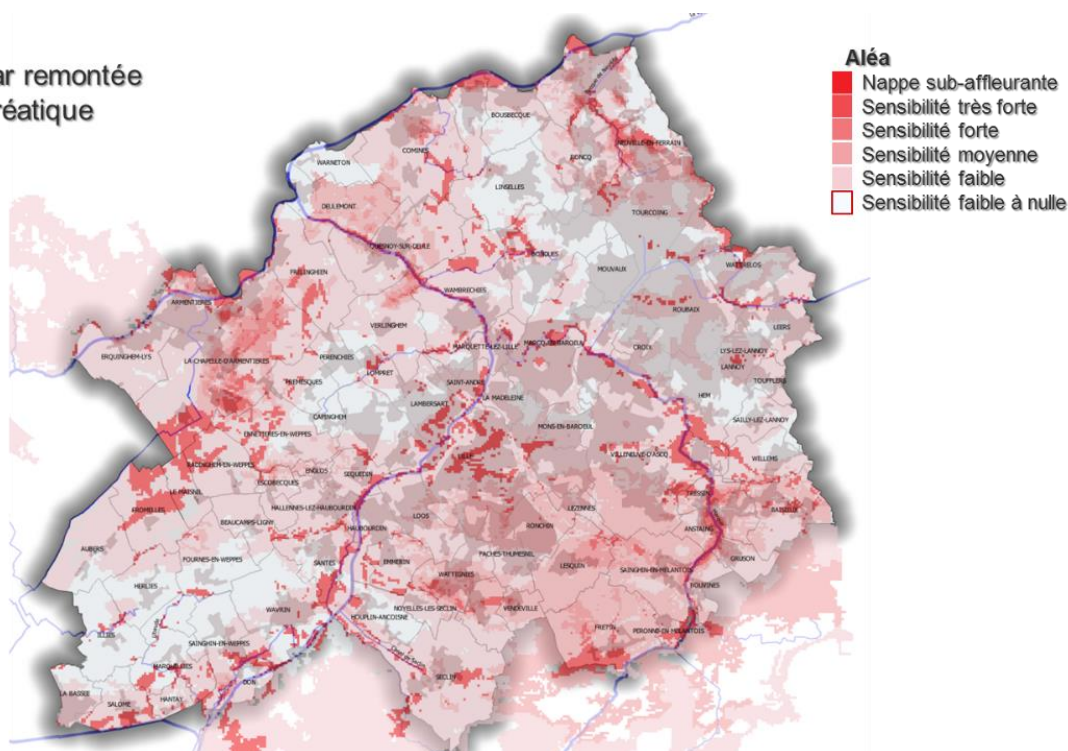
Les nappes affleurant à la surface du sol, dites aussi nappes libres, ne sont pas séparées hermétiquement du sol. Alimentées par les pluies, ces remontées de nappes peuvent de plus se conjuguer aux crues des cours d'eau.



« Si dans ce contexte, des éléments pluvieux exceptionnels surviennent, au niveau d'étiage inhabituellement élevé se superposent les conséquences d'une recharge exceptionnelle. Le niveau de la nappe peut alors atteindre la surface du sol. La zone non saturée est alors totalement envahie par l'eau lors de la montée du niveau de la nappe : c'est l'inondation par remontée de nappe. » (*Atlas des risques urbains*)

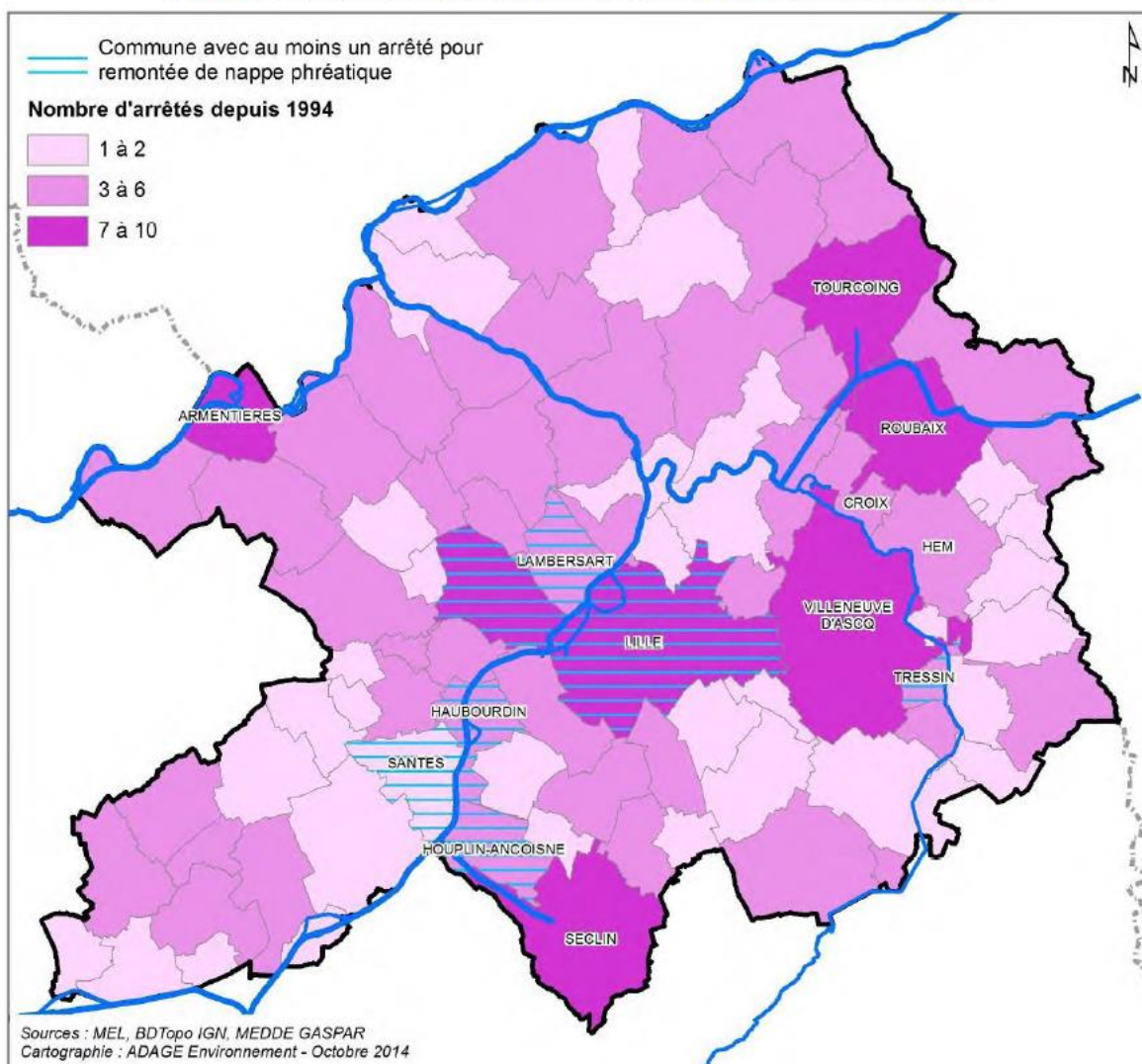
Les communes de Lille, Lambersart et Houplin-Ancoisne sont particulièrement concernées par ce risque.

inondation par remontée
de nappe phréatique



Source : *Atlas des risques naturels MEL*

Communes ayant fait l'objet d'arrêtés de catastrophe naturelle inondation



Les inondations dues au ruissellement : des impacts en chaîne

« Le ruissellement correspond à la circulation de l'eau en dehors du réseau hydrographique lors d'un événement pluvieux. Ce phénomène localisé dans le temps apparaît lorsque les eaux de pluie ne peuvent pas ou plus s'infiltrer dans le sol » (CERDD, 2013).

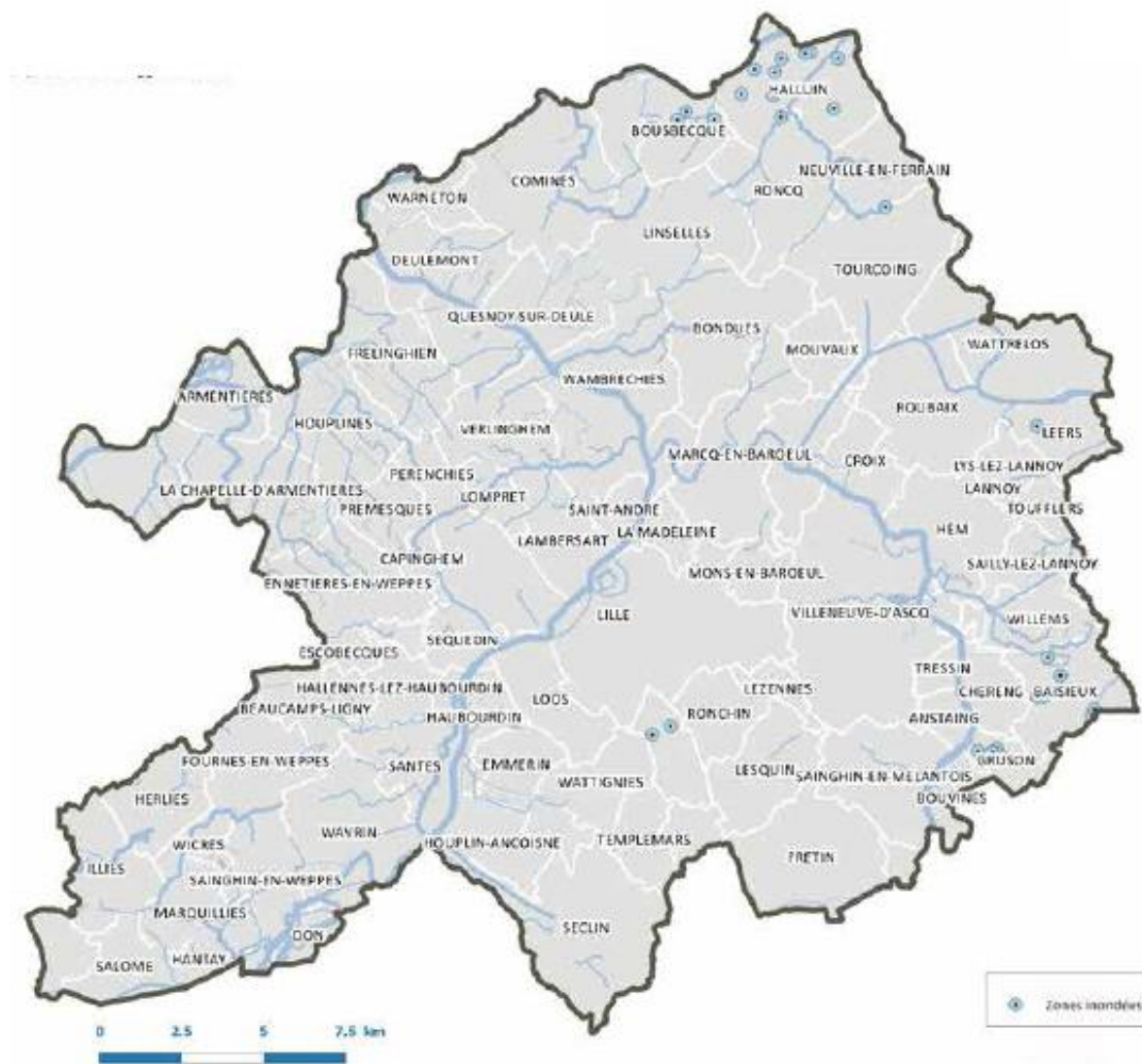
Cet aléa, causé par la pluviométrie, est renforcé par l'imperméabilisation des sols (artificialisation des sols ou faible tapis végétal) et les pratiques culturales limitant l'infiltration des précipitations. En effet, les réseaux d'assainissement unitaires (gérant les eaux usées et pluviales) peuvent jouer un rôle aggravant voire de déclenchement d'inondations³², alors qu'à l'inverse une gestion durable des eaux pluviales favorisant l'infiltration directe, y compris en tissu urbain, peut fortement atténuer ce risque. De même, l'agriculture peut aussi être levier de préservation comme d'aggravation à cet aléa (via l'arrachage des haies, le développement des grandes cultures aux dépens des prairies, le remblaiement

³² Cf. Etude ADAGE

des fossés). Alors que les projections d'augmentations des pluies intenses sur l'année, laissent présager une forte augmentation de ce risque.

La majeure partie du territoire est concernée par cet aléa, tout particulièrement dans les zones urbaines de Lille, Roubaix, Tourcoing³³.

Carte des inondations par ruissellement répertoriées sur la MEL (Atlas des risques urbains MEL)



³³ Etude Adage

Les coulées de boue peuvent accompagner les phénomènes de ruissellement :

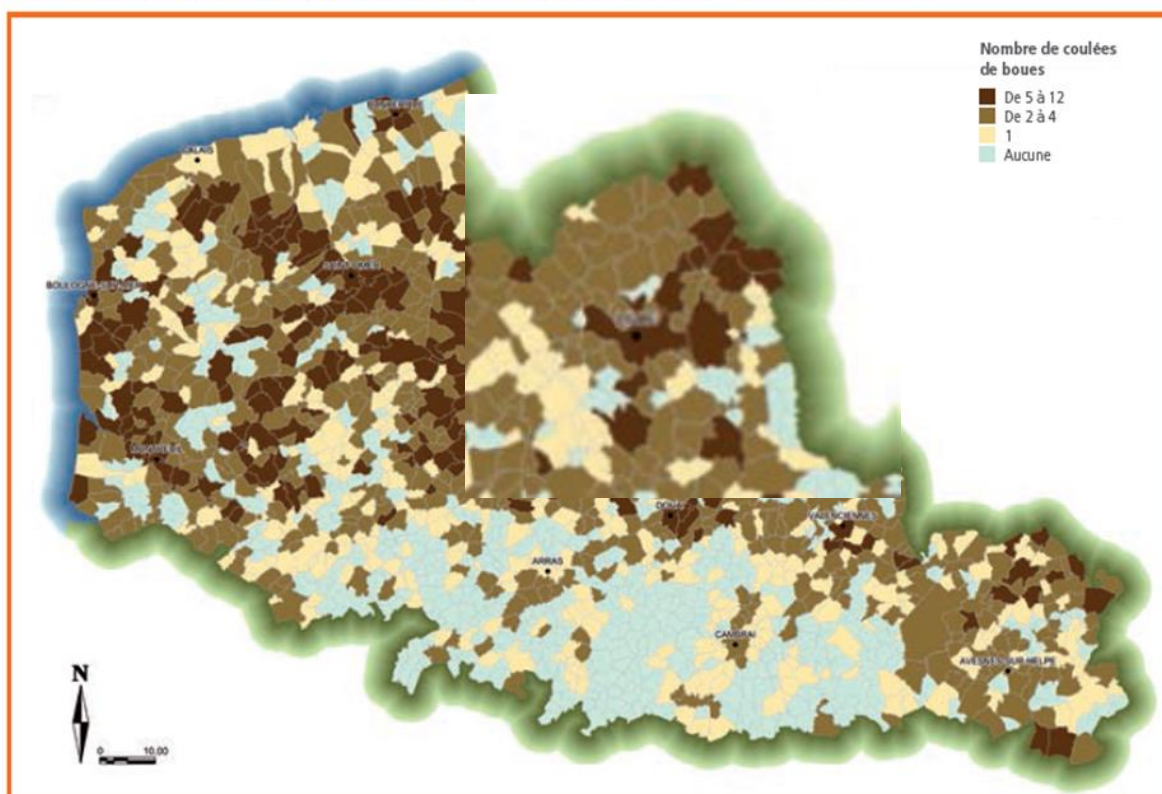


Les épisodes de ruissellement peuvent causer certains glissements de matériaux avec l'afflux d'eau, et charrier des boues plus ou moins fluides. Les coulées de boues sont particulièrement fréquentes dans et autour des grandes agglomérations où la densité de population les rend particulièrement dangereuses.

« Notre région comptabilise le plus grand nombre de coulées boueuses en toutes saisons. Plus de cinq coulées pour 100 km² en moyenne annuelle. De 1983 à 2000, près de 46% des communes de la région ont été touchées, environ 6% des communes françaises concernées»³⁴. La forte urbanisation

du territoire, et le maillage très dense des voiries explique ce fort risque.

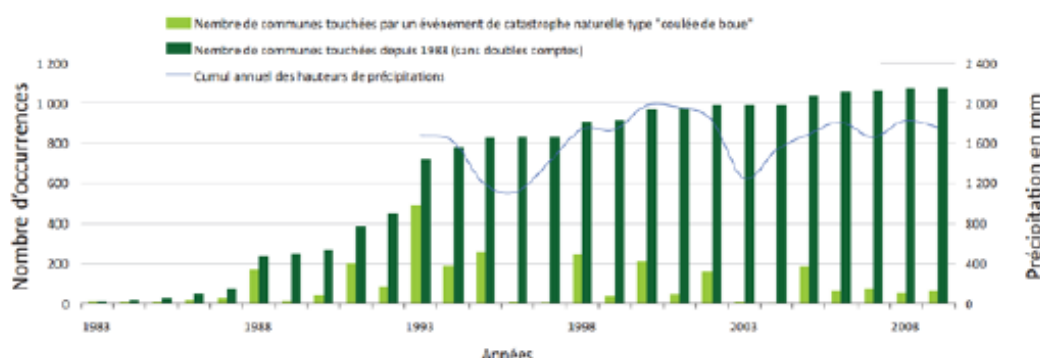
Nombre d'occurrences d'événements "coulée de boue" de 1983 à 2013



Source : GASPARD, référentiels PPIGE. Cartographie : DREAL DSIC mai 2014

³⁴ Atlas des risques urbains MEL

Nombre de communes touchées par des événements «coulées boueuses» dans la région entre 1985 et 2001 (source : GASPAR & SOeS)

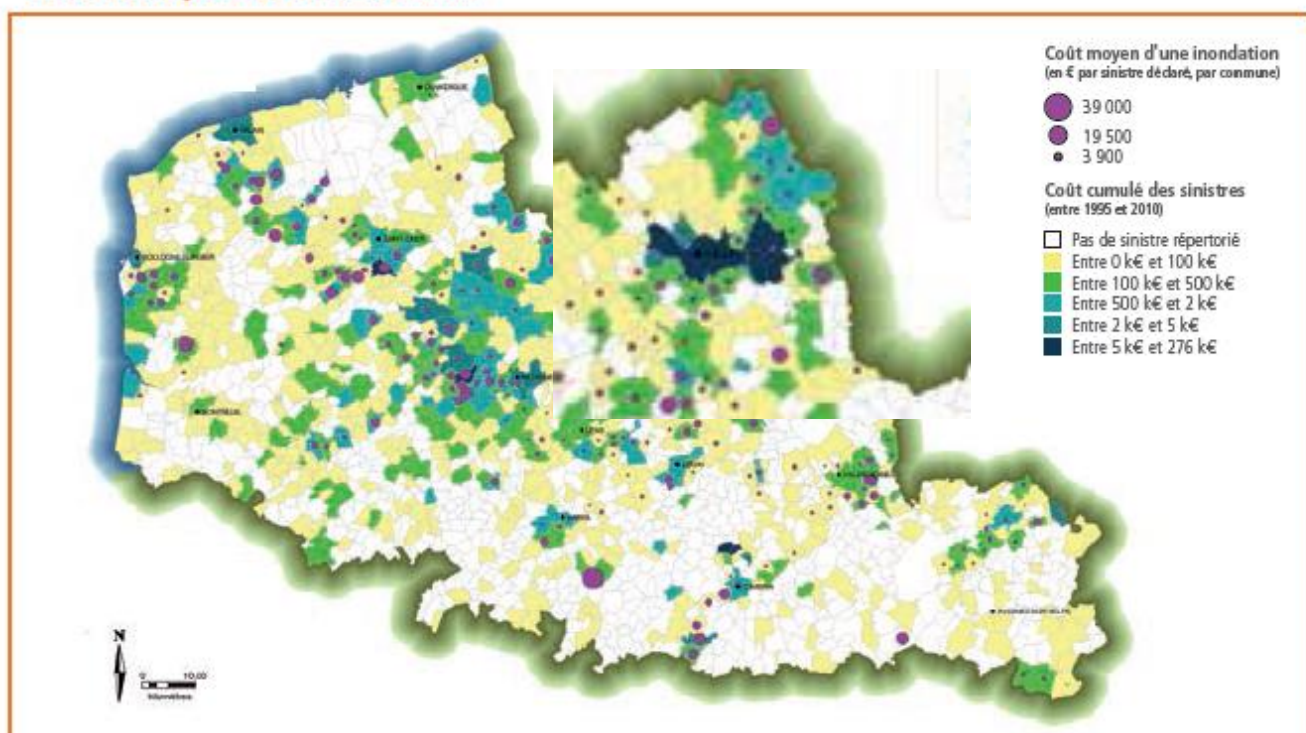


Ces épisodes de ruissellement peuvent entraîner des problèmes d'érosion des sols (et de recharge des nappes – cf. partie suivante) ce qui implique de lourds enjeux environnementaux. La fertilité des sols s'en trouve diminuée avec des impacts majeurs pour l'agriculture mais aussi pour toute la faune et la flore qui en sont dépendants. La qualité des eaux superficielles est également impactée : pollution des cours d'eau, changement de turbidité, colmatage des fonds...

- **L'impact socio-économique des inondations**

Les dangers pour la sécurité des personnes sont relativement limités (aux inondations rapides, et aux problèmes de communication et d'accès aux services de secours et de soin). Les coûts matériels sont par contre conséquents. Les indemnisations pour les sinistres « inondations » sur la période 1995-2010 permettent de mesurer l'impact financier des catastrophes et donc leur gravité au regard de la situation socio-économique du territoire (cf. CERDD, Tour d'horizon Climat, 2014).

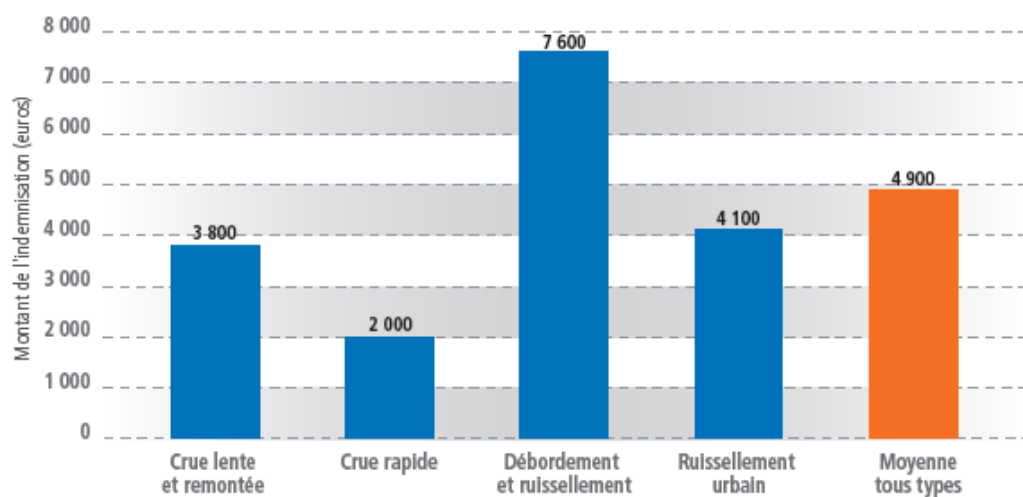
Volume d'indemnisation cumulé des sinistres inondations entre 1995 et 2010 et coût moyen d'indemnisation



Cartographie : DREAL SIC, mai 2014. Source : ONRN (d'après IGN, SANDRE), MRN, DREAL NPDC

Les débordements et les ruissellements se révèlent être les sinistres les plus coûteux pour la population (« Pour un habitant de l'ex-Région Nord-Pas-de-Calais, l'indemnisation moyenne des dommages liés à un sinistre inondation est de 4 900€ (moyenne sur 12 ans) »³⁵).

Montant de l'indemnisation moyenne en Nord-Pas de Calais par type de sinistre en €, pour un particulier, 1999-2011



Thèse D. Bourguignon, collecte et traitement MRN
(données issues de 50 % du marché français
de l'assurance)

³⁵ Observatoire Climat, Changement Climatique. Réalités et Impacts, 2014.

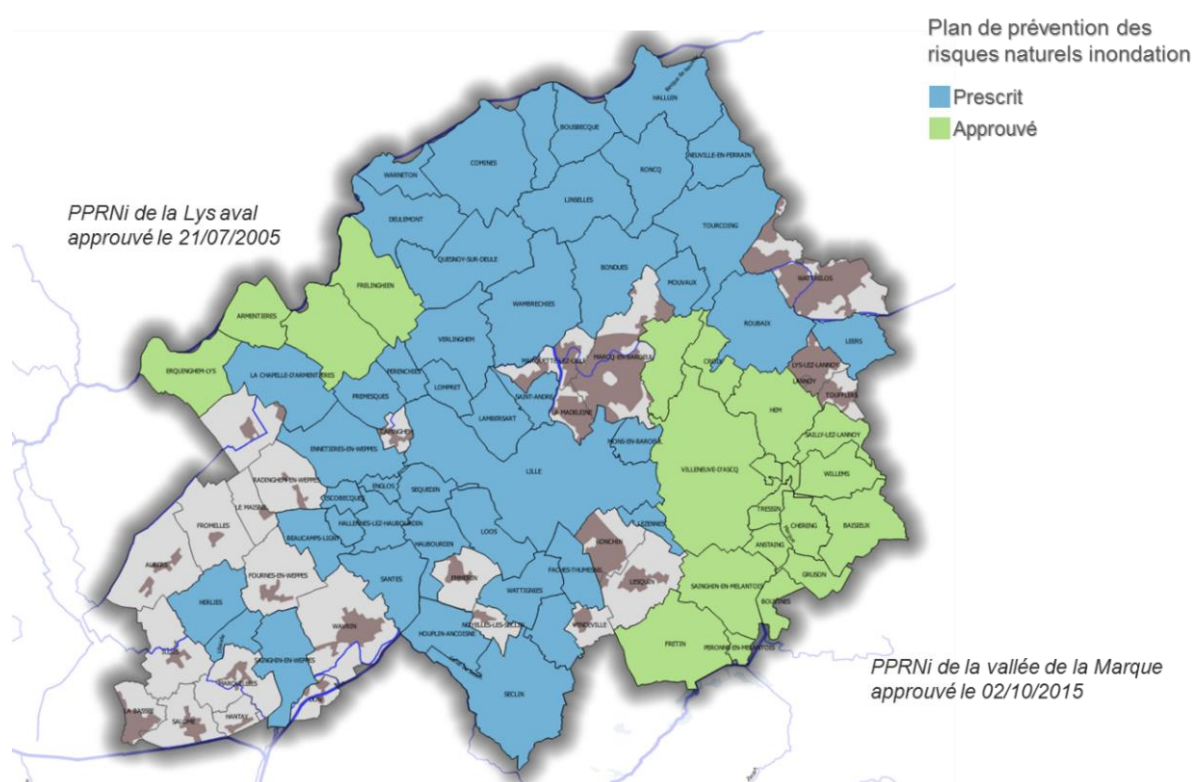
- **Une gestion du risque qui gagnerait à intégrer une vision prospective d'adaptation**

A l'échelle métropolitaine, la lecture du risque « inondation » se fait via deux plans de prévention des risques inondations (PPRi - compétence de l'Etat).

Le PPRi de la Vallée de la Marque a été validé et indique la vulnérabilité (aléa et exposition) des zones naturelles (interdiction d'urbaniser), à urbaniser (urbanisation adaptée aux « conditions hydrauliques »), et urbanisées (mises en sécurité au fur et à mesure des changements de destination).

Le PPR Ruissellement du Nord-Ouest de Lille est quant à lui en cours d'élaboration.

Si aujourd'hui l'impact du changement climatique sur le risque inondation ne peut pas être quantifié avec exactitude, on peut cependant réévaluer à la hausse le risque (en fréquence, en intensité, et en zone de répartition) aux vues des variations du régime des précipitations.



Source : Atlas des risques naturels MEL

Des mesures d'adaptations ont été préconisées par le Comité de Bassin Artois-Picardie et le SDAGE Marque-Deûle :

- favoriser le ralentissement des écoulements, la restauration des zones naturelles d'expansion de crues, ainsi que les zones humides ;
- entretenir les cours d'eau et préserver les zones humides pour leur rôle de zones d'expansion de crues ;
- mettre en œuvre une gestion durable des eaux pluviales ;
- adapter les espaces ruraux pour la maîtrise du ruissèlement et de l'érosion ;

- réévaluer le risque d'inondation, renforcer la prévision et la gestion des crises et développer la culture du risque ;
- limiter l'imperméabilisation des sols par l'étalement urbain.

Préservation de la ressource en eau

Selon le CERDD, le confort hydrique de la région est potentiellement menacé

« L'évolution du régime des pluies liée au changement climatique impacte nécessairement le cycle de l'eau et donc la disponibilité de cette dernière pour les habitants du Nord-Pas-de-Calais tant en quantité qu'en qualité. L'intensité des pluies et la pluviométrie régule aussi le débit des rivières et la recharge des nappes d'eau souterraine. En région, le confort hydrique des populations ou les rendements agricoles peuvent donc être impactés par le climat. A ce titre, la baisse de la quantité et de la qualité de l'eau disponible fait partie des vulnérabilités régionales ; aujourd'hui 81% de l'eau domestique est prélevée dans la nappe d'eau souterraine de la craie. »³⁶

• Des fragilités dans l'équilibre hydrique de la MEL

L'alimentation en eau potable de la MEL provient :

- à 80% du pompage de nappe (18% des prélèvements dans nappe du carbonifère, et 60% dans la nappe de la craie) ;
- à 20% des eaux de surface (le SMAEL), principalement sur la Lys (12% des prélèvements sur la rivière à Sailly sur la Lys, hors périmètre MEL, car en aval de l'usine Roquette, l'eau est trop polluée).

Aujourd'hui la MEL ne dispose pas d'autre ressource exploitable à un coût économiquement acceptable.

L'alimentation en eau potable de la MEL est majoritairement dépendante de la nappe de la Craie, en bon état quantitatif mais en mauvais état qualitatif.

La nappe de la Craie est peu profonde, sa recharge est donc dépendante de l'infiltration des eaux de pluie, et sa proximité avec la surface la rend fortement vulnérable aux pollutions. Elle présente ainsi un mauvais état chimique, avec des pollutions d'origine diverses : principalement agricoles (avec une teneur élevée en nitrates, et phytosanitaire), industrielle (présence de pollution liée au passé industriel) et assainissement (conséquences des débordements d'ouvrages).

Le bon état quantitatif de la nappe compense aujourd'hui son mauvais état qualitatif, autrement dit l'approvisionnement en eau sur la nappe dépend de son bon rechargement.

L'aire d'alimentation des champs captants du Sud de Lille, où la nappe est libre (affleurante), présente ainsi une forte vulnérabilité aux pollutions (agricoles notamment) et/ou à l'urbanisation, qui menacerait sa capacité de recharge.

³⁶ Changement Climatique : Réalités et Impacts, CERDD, 2014

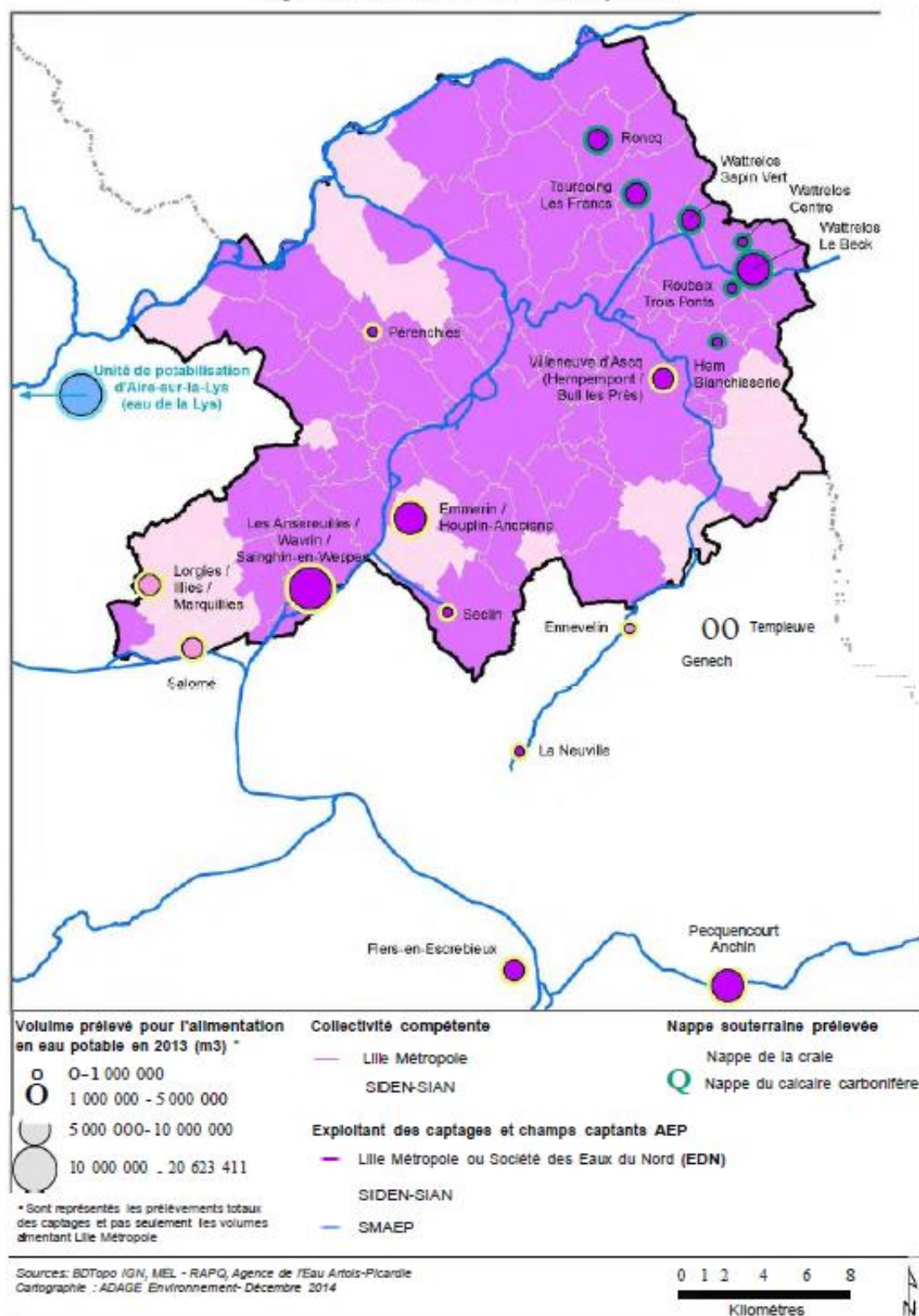
La nappe du Carbonifère présente un bon état qualitatif mais un mauvais état quantitatif.

Elle est partagée avec la Belgique (où se trouve ses champs captants), elle est majoritairement captive, de 50 m à 150 m de profondeur, ce qui la préserve des pollutions mais contraint sa recharge. Elle présente ainsi un état chimique globalement bon, mais un mauvais état quantitatif.

Le risque hydrique pour la MEL porte aujourd'hui davantage sur un problème de qualité que de quantité, avec diverses sources de pollutions (sels d'origine anthropique, pollutions d'origine géologique, pollutions aux nitrates et dans une moindre mesure, médicamenteuses (sur lesquelles on est moins mûrs). La dureté de l'eau, bien que non toxique, présente également une problématique d'entretien des systèmes. La difficulté pour la MEL étant qu'elle compte 16 unités de productions, là où les autres métropoles en ont généralement trois : tout engagement de traitement entraînera de gros investissements, et deviendra alors l'occasion de traiter plus d'une source de pollution.

Si aujourd'hui les unités de production permettent de répondre à la demande journalière, les marges de manœuvre sont faibles et ne permettent pas la gestion d'une situation de crise (comme une sécheresse, ou l'arrêt d'une unité de production). Les capacités de stockage d'eau à la MEL se limitent à 39% des besoins d'un jour de pointe. Les interconnexions entre les réseaux sont insuffisantes pour assurer un niveau de sécurité suffisant. Tout particulièrement dans la partie Nord du territoire métropolitain qui est fortement dépendante des captages sur la Lys.

Organisation de l'alimentation en eau potable



- **Des fragilités qui pourraient être accentuées par les évolutions climatiques**

L'augmentation des chaleurs estivales devrait entraîner un changement des usages et **une augmentation de la demande domestique et agricole** :

- vulnérabilité sur la qualité de l'eau : le système d'exploitation actuel est très productif, mais plus on tire de l'eau, plus on draine de la pollution et les systèmes de dépollution pourraient se retrouver débordés ;
- tension sur la ressource : avec la moindre recharge des nappes, la baisse de la pluviométrie efficace (augmentation de l'évaporation), les besoins en irrigation pourraient augmenter, et en période de sécheresse, entraîner une forte tension dans le partage de la ressource avec la demande domestique.

L'augmentation des pluies intenses et des périodes de sécheresses, combinées au développement de l'urbanisation devrait entraîner une **diminution de la recharge naturelle des masses d'eau souterraines** (de -6 à -46% à horizon 2070 selon l'Agence Artois-Picardie). Avec de forts impacts pour la MEL qui s'alimente à 80 % sur les nappes souterraines.

Les cours d'eau seront également fortement impactés, étant en région principalement alimentés par les nappes. Ainsi il est à prévoir une forte diminution du débit moyen des rivières (avec une baisse de -25% à 40%, le bassin serait un des plus impactés en France) et de leurs débits d'étiage (de -10% à -60%). Or une période d'étiage sévère pourrait avoir des impacts importants, car même si la MEL ne s'alimente qu'à 20% sur les eaux de surfaces (le SMAEL), la partie nord du territoire en est fortement dépendante. De plus la nappe du carbonifère suit les périodes d'étiages, donc s'il y a baisse de l'étiage la nappe se trouve également très basse.

Enfin, l'augmentation du phénomène de Retrait-gonflement des argiles (cf. partie suivante) pourrait générer une augmentation des casses, et donc des fuites sur les réseaux.

- **La résilience hydrique métropolitaine peut être confortée par différentes mesures**

Pour la bonne alimentation des ressources d'eau :

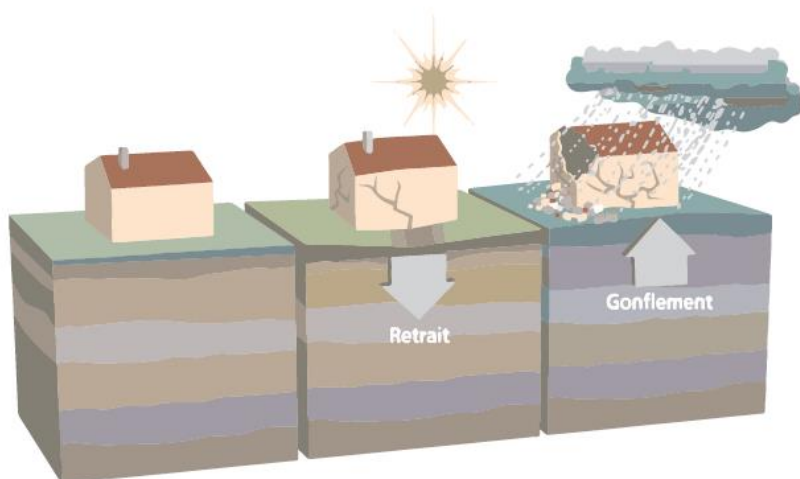
- favoriser l'alimentation des nappes d'eau : favoriser l'infiltration plutôt que le ruissellement ;
- économiser l'eau et limiter les prélèvements ;
- mobiliser davantage sur la reconquête des champs captants du sud de Lille (opération ORQUE).

Pour l'approvisionnement en eau :

- anticiper le manque d'eau
- construire un partenariat avec la Belgique et Noréade (en cours de mise en place) pour favoriser des interconnexions ;
- organiser des transferts d'eau par le Canal Seine Nord,
- augmenter l'alimentation par le SMAEL
- élaboration d'un schéma directeur des interconnexions à l'échelle de l'aire métropolitaine

Le retrait-gonflement des argiles

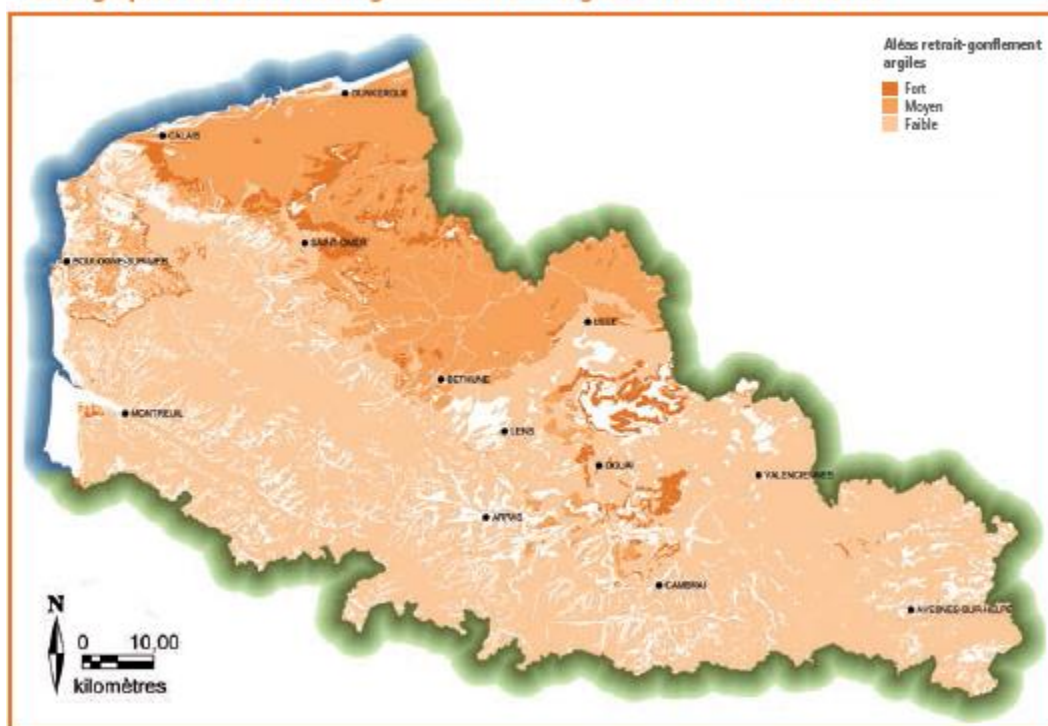
Les sols argileux gonflent et se rétractent avec l'humidité. Ces phénomènes, nommés « retrait-gonflement des argiles », fragilisent les sols et les constructions qu'ils supportent et constituent l'une des vulnérabilités majeures du Nord-Pas-de-Calais au changement climatique.



Cet aléa a été évalué comme une vulnérabilité régionale forte et devrait être renforcé par les évolutions climatiques

Les sols argileux varient selon leur teneur en eau, or la variabilité de celle-ci devrait augmenter : augmentation des sécheresses en été, de la pluviométrie automnale et des pluies intenses tout au long de l'année. Ces variations vont ainsi induire d'importants mouvements des sols, ce qui vient fragiliser le cadre bâti. Cela se traduit par des fissurations en façade, tout particulièrement aux angles des structures légères comme les maisons.

Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des argiles en Nord-Pas de Calais



Source : BRGM, référentiels PPGE. Cartographie : DREAL D51C mai 2014

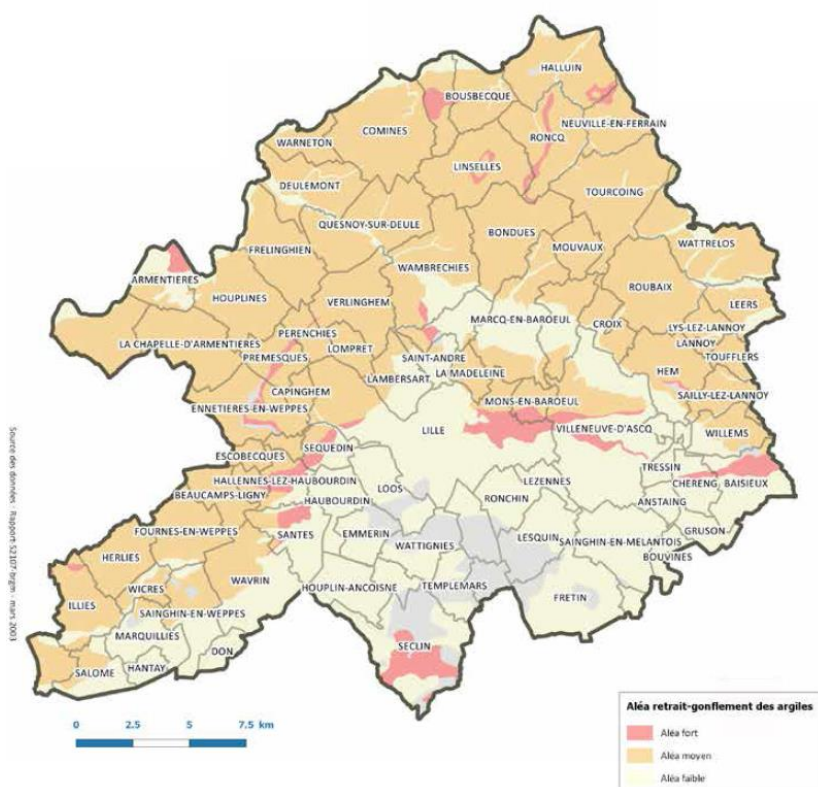
Dans le département du Nord et sur le territoire métropolitain :

Le Nord, particulièrement touché par ce phénomène, est placé par la Caisse Centrale d'Assurance en 5^e position nationale à la fois par le nombre d'arrêtés pris à ce jour et par les coûts cumulés des indemnisations.

Environ un tiers des communes de la métropole ont en effet déjà fait l'objet d'une reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle au titre du retrait-gonflement des argiles.

L'étude menée par le BRGM démontre que la quasi-totalité des communes de l'arrondissement de Lille est concernée à des degrés divers par le phénomène RGA.

La préfecture a prescrit 9 plans de prévention des risques, en général sur les zones à aléa fort.



• L'aléa RGA a de forts impacts économiques

Si l'aléa RGA comporte peu de risques directs pour les populations, les impacts indirects financiers pour le territoire se révèlent importants.

Ces sinistres relèvent d'un régime d'assurance permettant d'évaluer cet impact : en France cet aléa constitue le 2^e régime de la CATNAT en volume indemnisé³⁷. En Région, 19% du territoire se situent en zone d'aléa moyen avec 24% des maisons individuelles concernées, et 2% du territoire sont en zone d'aléa fort avec 3% des maisons individuelles concernées, principalement en Flandres intérieure et maritime.

³⁷ Cf CERDD, Changement Climatique. Réalités et impacts, 2014.

Selon l'étude MEDCIE, 11,5% du coût Catnat lié au RGA est attribué à l'ex-région Nord-Pas-de-Calais.

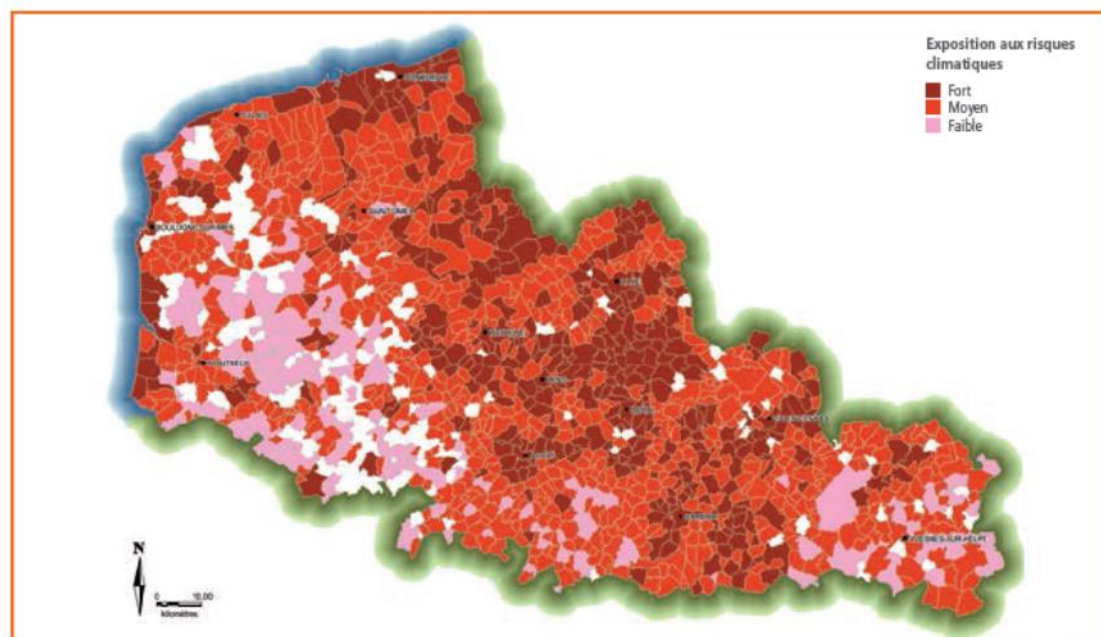
En millions d'euros	Coût CatNat d'une année « normale »	Coût CatNat d'une année type 2003	Coût CatNat d'une année moyenne de référence
Nord-Pas-de-Calais	23	149,8	24,2
Picardie	8,4	54,5	8,8
Total	31,3	204,3	33

En se projetant à un horizon 2100, sans politique d'adaptation, l'étude MEDCIE évalue que le surcoût annuel moyen de la recrudescence des canicules de type 2003 pour le régime CatNat pourrait atteindre jusqu'à 16 millions d'euros en 2030, de 4 à 93 millions d'euros en 2050 et de 22,6 à 175 millions d'euros en fin de siècle.

5.2.2 Enjeu n°2 : les impacts sanitaires

L'exposition de la population aux risques climatiques est particulièrement forte sur notre territoire. En ex-région Nord-Pas-de-Calais 25% des communes sont fortement exposées, 76% en moyenne contre 16 et 30% en France (cf. étude MEDCIE, repris par l'observatoire Climat).

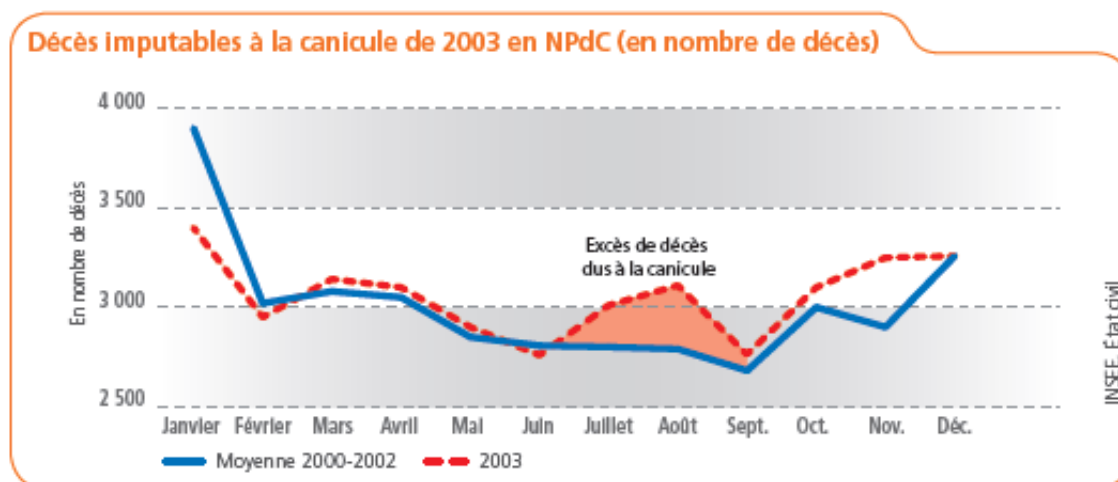
Exposition des populations aux risques climatiques



Source : ONERC, référentiels PPIGE. Cartographie : DREAL DSIC mai 2014

Inconfort thermique, canicules et îlots de chaleur urbains

Les projections climatiques laissent entrevoir une augmentation des températures tendancielle, avec des étés plus chauds, une recrudescence des vagues de chaleur, et des périodes de canicules plus nombreuses et plus intenses. En 2003, il avait été constaté une surmortalité de 31% du fait de la canicule, et le Nord-Pas-de-Calais avait comptabilisé 380 décès supplémentaires.



Source : Observatoire Climat du CERDD, 2013.

Les impacts de l'inconfort thermique sur la santé des populations augmentent selon différents facteurs de vulnérabilité :

- **l'âge** : les personnes âgées et tout particulièrement les plus de 70 ans sont les plus concernés, et avaient été particulièrement touchés par la surmortalité en 2003 ; or les projections de population faites par l'INSEE prévoient une forte augmentation de la tranche d'âge des plus de 65 ans dans la Région à moyen et long terme ;
- **les conditions de santé** : les personnes fragiles, malades ou handicapées seront particulièrement vulnérables ;
- **la localisation** : c'est dans les centres urbains denses que l'inconfort thermique se fait le plus sentir, ainsi l'expérience de 2003 a permis d'observer une corrélation forte entre l'augmentation des décès et la localisation en centre-ville ;
- **le niveau socio-économique** : on constate une plus grande fragilité des personnes vivant dans des logements précaires mal isolés, avec un accès moindre à l'information et aux soins.
- **l'isolement social** : personnes âgées notamment.

Pour prévenir les conséquences les plus graves de l'inconfort thermique, des mesures d'adaptation telles qu'un renforcement de l'accès aux soins, une adaptation des infrastructures en réponse aux besoins grandissants ou la mise en place de systèmes d'alertes en cas de canicule, peuvent être envisagées.

• Un effet d'îlots de chaleur urbain déjà observable sur le territoire métropolitain

L'étude sur les îlots de chaleur urbain (ICU) réalisée par l'ADULM en 2017 a permis d'analyser et de caractériser la manifestation de ce phénomène sur la MEL.

Définition

De par leur minéralité et leur densité, « les villes se réchauffent plus vite que le reste du territoire »³⁸, la ville-centre absorbant pendant la journée de 15 à 30% d'énergie de plus que l'aire urbaine plus vaste. Cette énergie est ensuite lentement restituée la nuit, constitutive de l'effet ICU, ce qui nuit particulièrement à la capacité de résilience des organismes.

Les ICU sont donc des microclimats artificiels opérant un effet de dôme thermique, influencés par la nature de l'occupation du sol (végétal, minéral, milieu urbain...), les coloris des revêtements (qui influent sur l'albédo : pourcentage de lumière solaire réfléchi), ainsi que les conditions géographiques (relief naturel et urbain, orientation du bâti et exposition aux vents) et climatiques (temps et saison).

Sur la MEL, la schématisation de ces microclimats artificiels donne un profil thermique caractérisé par la multipolarité de l'agglomération, avec des ICU observables sur les trois villes les plus grandes et les plus denses (Lille, Roubaix, Tourcoing).

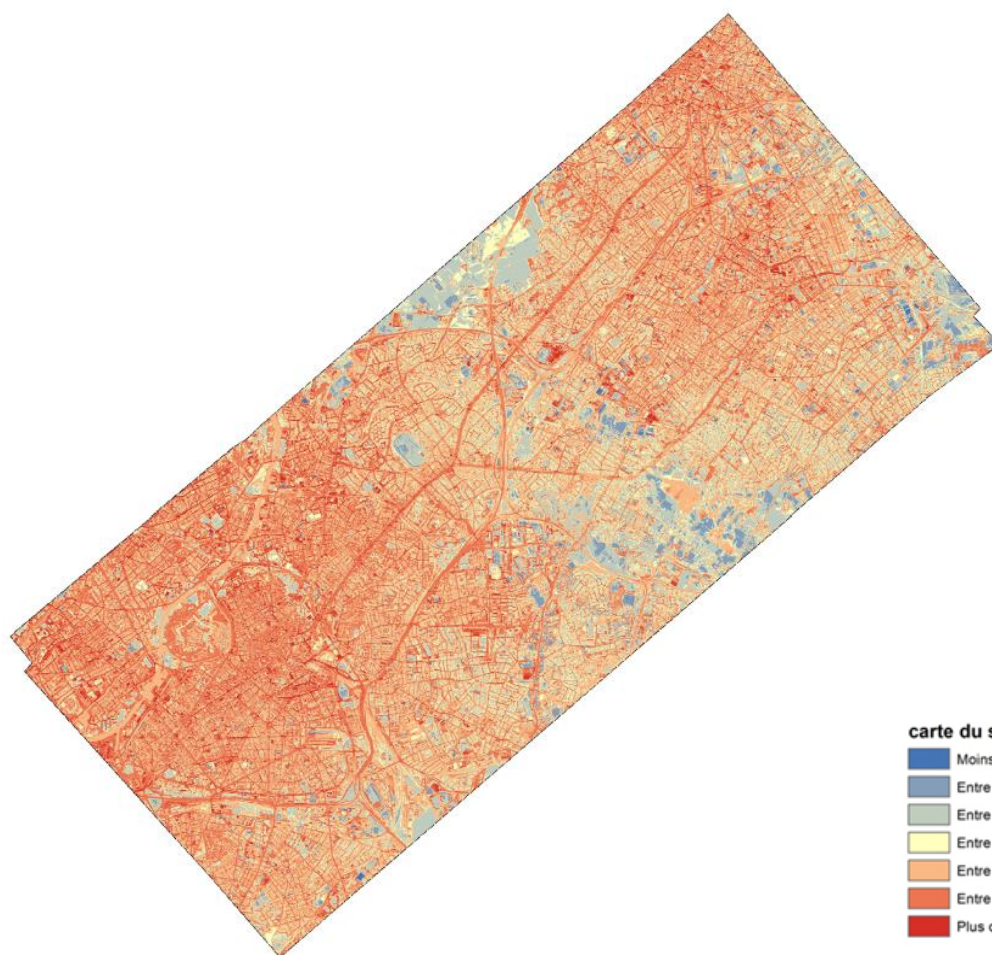


Les îlots de chaleur urbains sur la MEL, ADULM, 2017

©ADULM janvier 2017

Les vues aériennes thermographiques permettent ainsi de constater la surchauffe des centres villes les plus denses, via celles des voiries et de l'espace public :

³⁸ Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique.



carte du soir

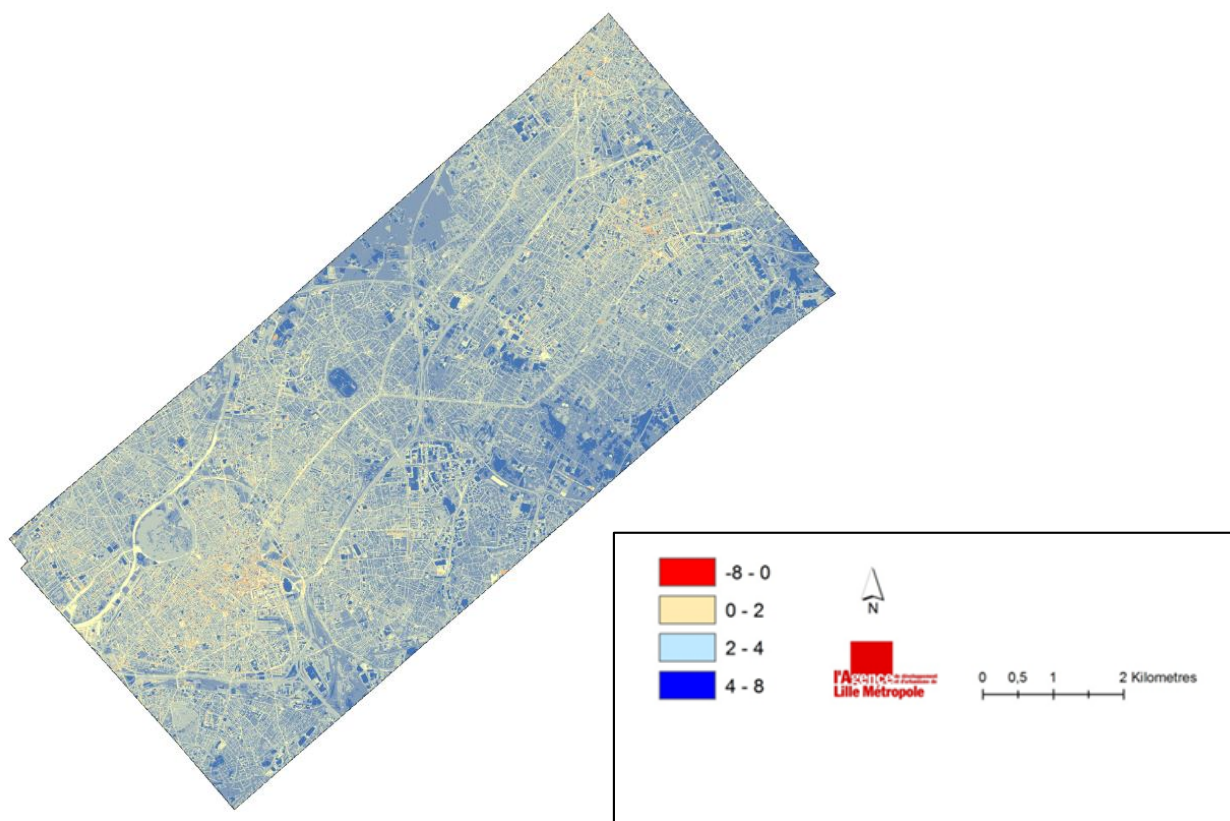
- Moins de 19°
- Entre 19 et 21°C
- Entre 21 et 23°C
- Entre 23 et 24°C
- Entre 24 et 26°C
- Entre 26 et 28°C
- Plus de 28°C



FA
Lille Métropole

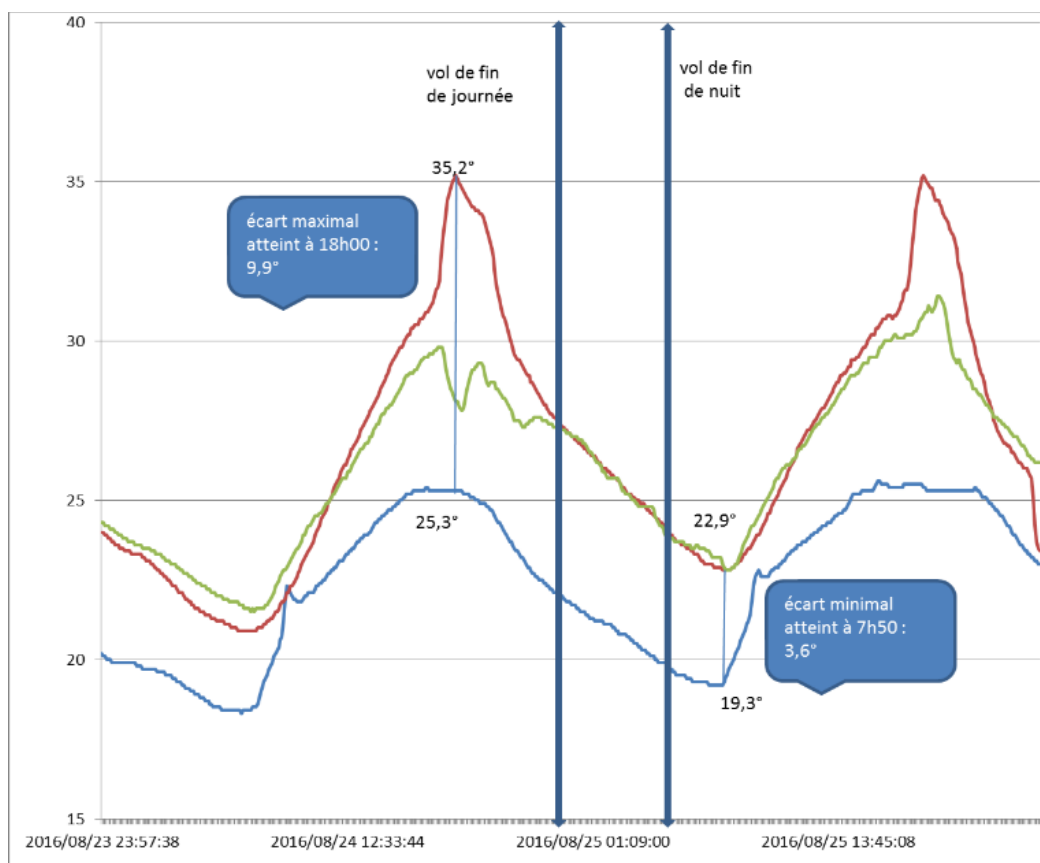
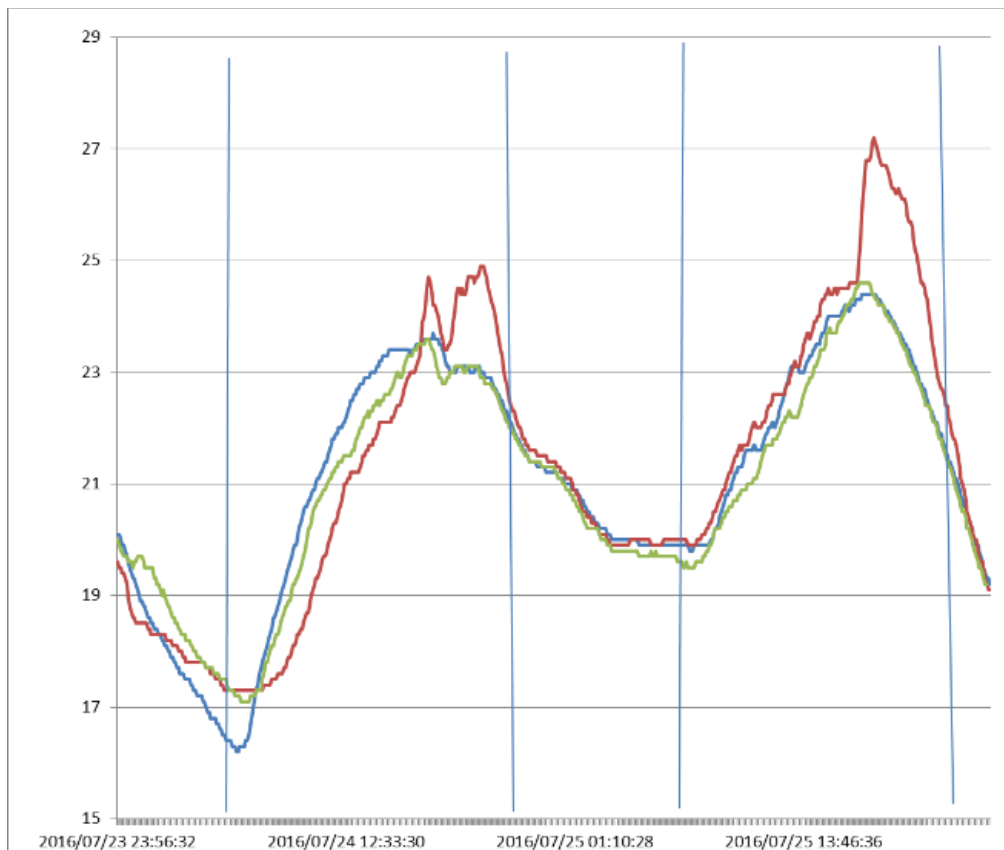
0 0,5 1 2 Kilom

En fin de nuit il est constaté que les centres villes ne se sont pas ou peu refroidis, tout particulièrement dans leur composante espace public et voirie :



La formation des microclimats artificiels, de l'effet ICU donc, est particulièrement flagrante en période de canicule.

Les relevés de températures en période d'été « normale » pour la MEL, comparés avec les relevés pendant une vague de chaleur, montrent que **les écarts de température entre les différentes stations sont fortement accentués en période de canicule**, allant au pic de l'effet ICU (à 18h00) jusqu'à une différence de température de près de 10°C entre Lille et Hem.

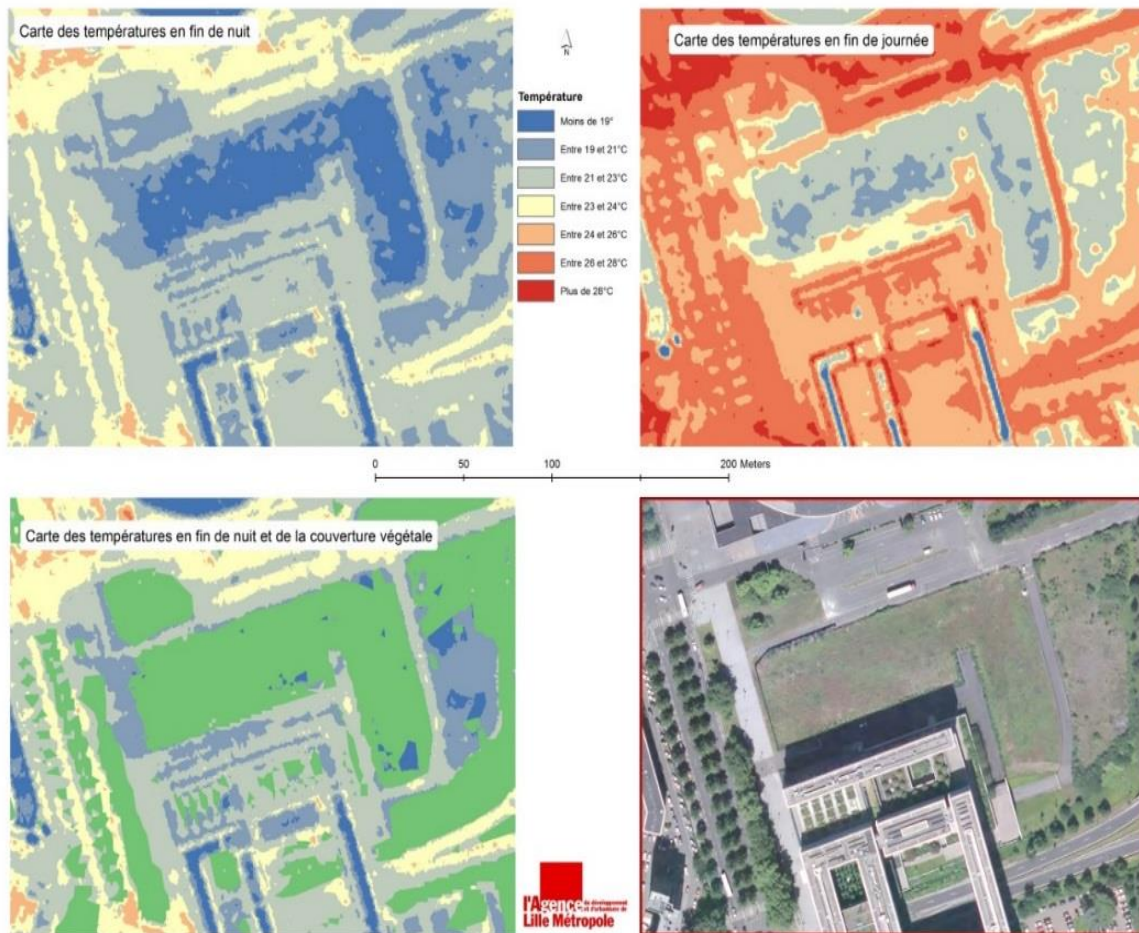


- **Caractérisation des facteurs de l'effet ICU**

L'effet « îlot de fraîcheur » de la couverture végétale

La couverture végétale (les arbres, les plantes, l'herbe) joue un rôle de régulateur thermique en rafraîchissant l'air par l'évaporation issue des sols et la transpiration des plantes.

Effet « Ilot de fraîcheur » de la couverture végétale (boulevard Hoover à Lille)



Ainsi, si nous prenons l'exemple du Boulevard Hoover à Lille (photo ci-dessus), nous distinguons nettement la zone enherbée jouxtant le siège du Conseil Régional, cerclé d'une zone minérale importante (parking, pavés, voiries) avec un différentiel de température de 6 degrés.

De manière générale, les îlots de fraîcheur de la métropole lilloise se confondent avec l'occupation végétale comme les pelouses, parcs urbains, stades, vélodromes, certains cimetières et autres délaissés d'infrastructures.

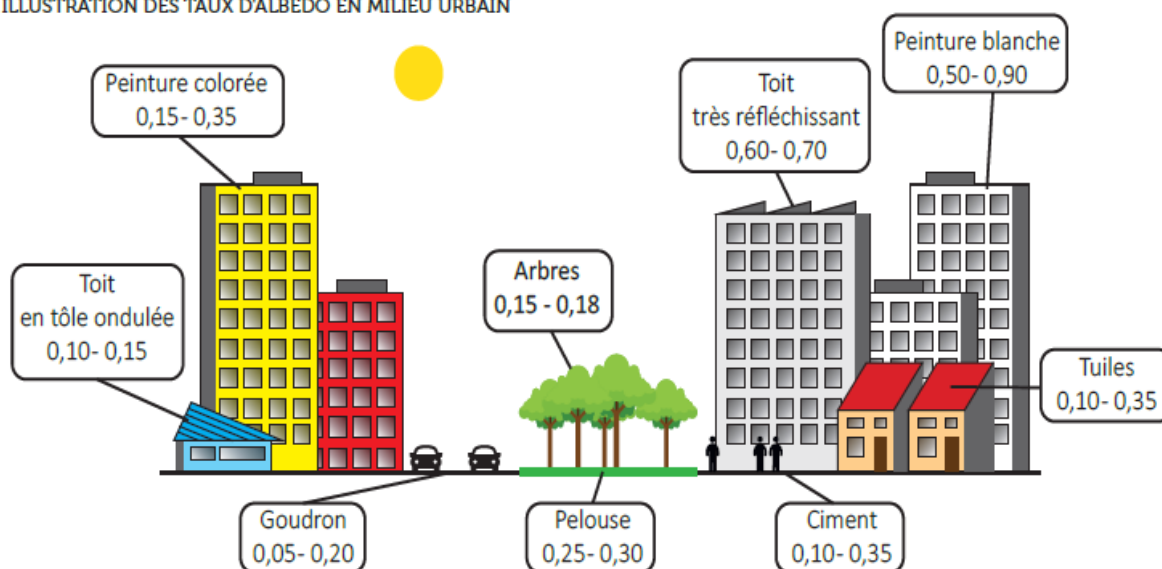
L'effet matériaux

L'effet matériau est fortement lié à la couleur des revêtements qui influence directement le degré de réfléchissement de l'énergie solaire incidente.

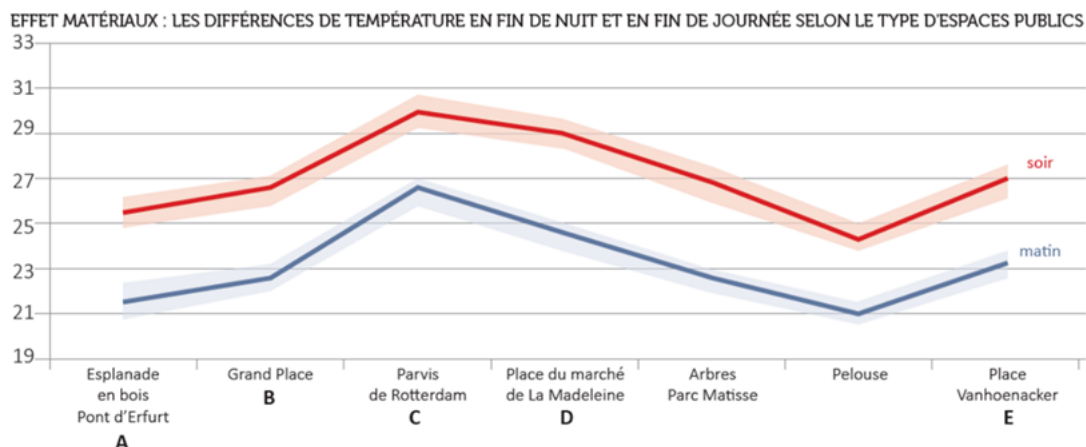
Cette particularité se mesure par le taux d'albédo qui varie de 0 à 1. La valeur 0 correspond à une situation pour laquelle l'ensemble de l'énergie incidente est absorbée (cas d'une surface totalement noire) et la valeur 1 correspond à une surface qui renvoie la totalité de l'énergie incidente (par exemple, un miroir).

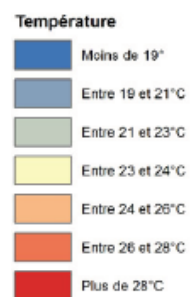
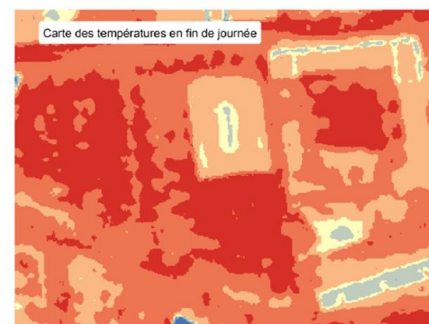
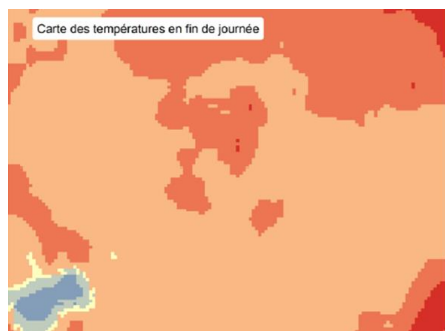
L'albédo terrestre moyen se situe entre 0,3 et 0,25 pour les villes les plus minérales et grises, ce qui équivaut à une absorption de l'énergie solaire supérieure de 15 à 30% la journée et une lente restitution pendant la nuit.

ILLUSTRATION DES TAUX D'ALBÉDO EN MILIEU URBAIN

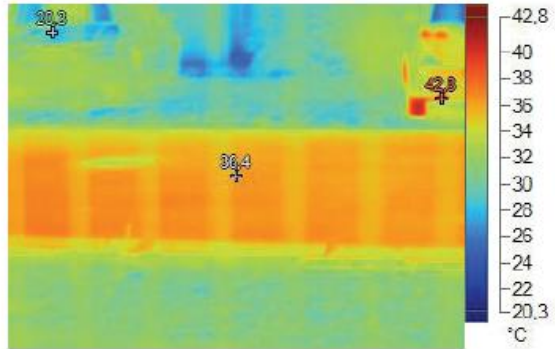


Les zones de rayonnement les plus intenses de la zone d'étude (plus de 28°C en fin de journée et plus de 23°C en fin de nuit) concernent majoritairement les enrobés bitumeux de parkings et des routes ainsi que quelques places, cours et autres équipements en pierre naturelle ou résine.





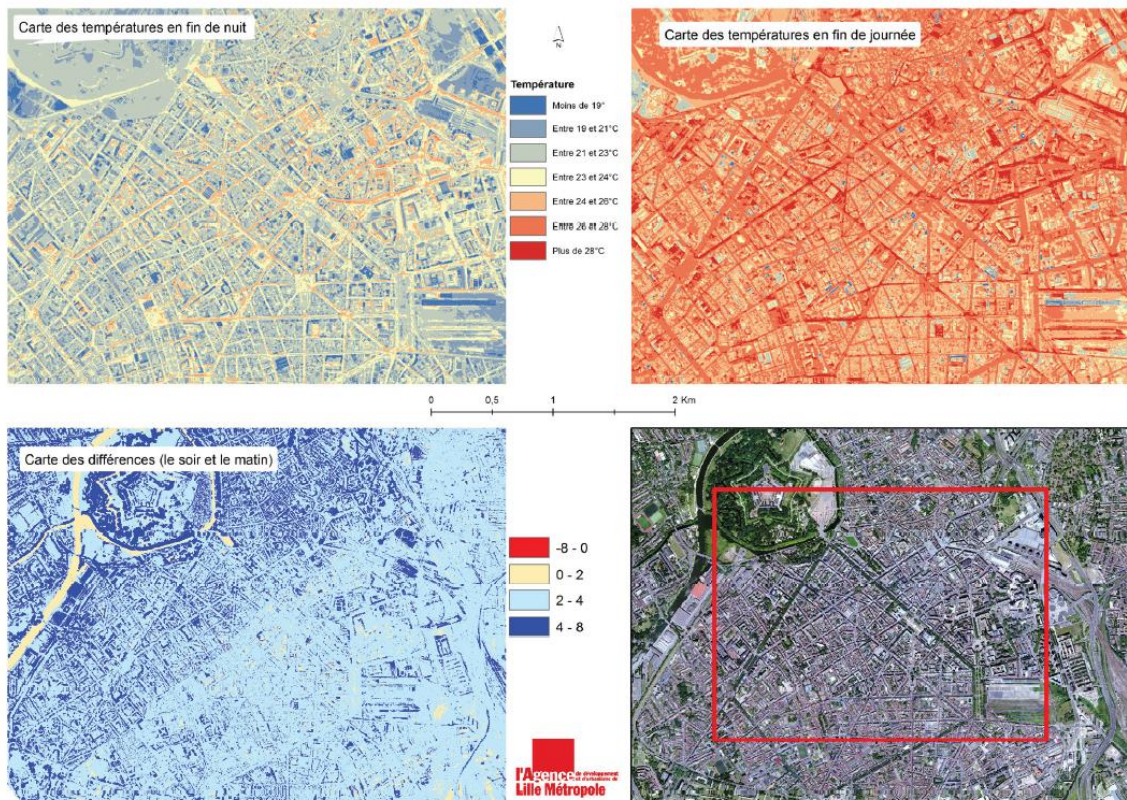
EFFET MATÉRIAUX : PARKING VÉGÉTALISÉ RUE DE L'ASIE (LILLE)



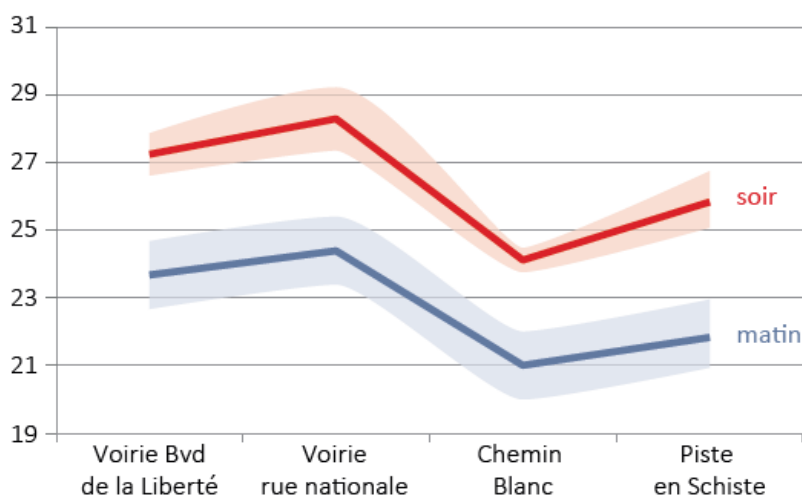
Le réseau routier, facteur d'échauffement de la ville.

Le réseau routier est particulièrement échauffé en journée (plus de 28°C en fin de journée) et, par inertie thermique, refroidit moins la nuit (plus de 24°C en fin de nuit). Il représente l'essentiel des zones chaudes repérées par l'image aérienne thermique de fin de nuit.

EFFET MATÉRIAUX : LE RÉSEAU ROUTIER, FACTEUR D'ÉCHAUFFEMENT DE LA VILLE (ZONE CENTRALE DE LILLE)



EFFET MATÉRIAUX : LES DIFFÉRENCES DE TEMPÉRATURE EN FIN DE NUIT ET EN FIN DE JOURNÉE SELON LE TYPE DE VOIRIE



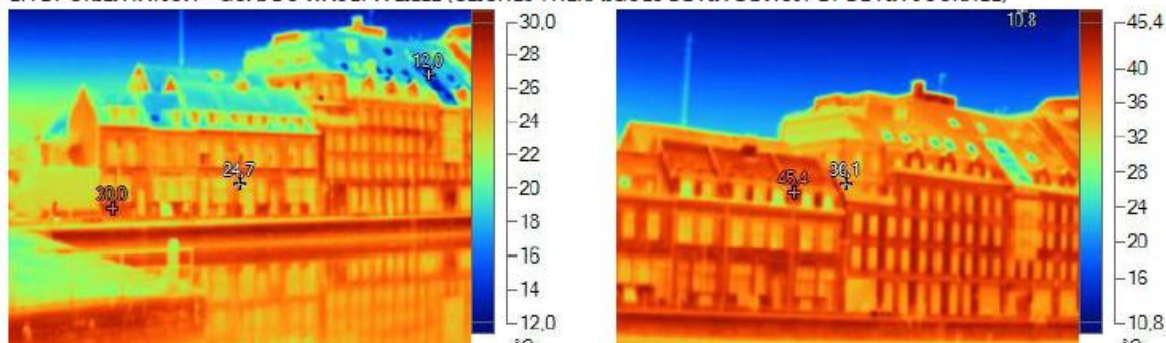
L'effet orientation et la forme urbaine

La forme urbaine et notamment l'orientation sud/sud-ouest du bâti est également un facteur explicatif de l'échauffement des villes en période caniculaire.

En fin de journée, les façades orientées à l'ouest et sud-ouest sont en surchauffe. A partir des relevés thermiques au sol, nous pouvons illustrer ce phénomène avec les murs en briques (57,4°C), les parois anti-bruit (52°C) de la voie rapide urbaine, ou les façades de la place du Général de Gaulle (51,6°C) et de la gare Lille Flandres (43,3°C) à Lille.

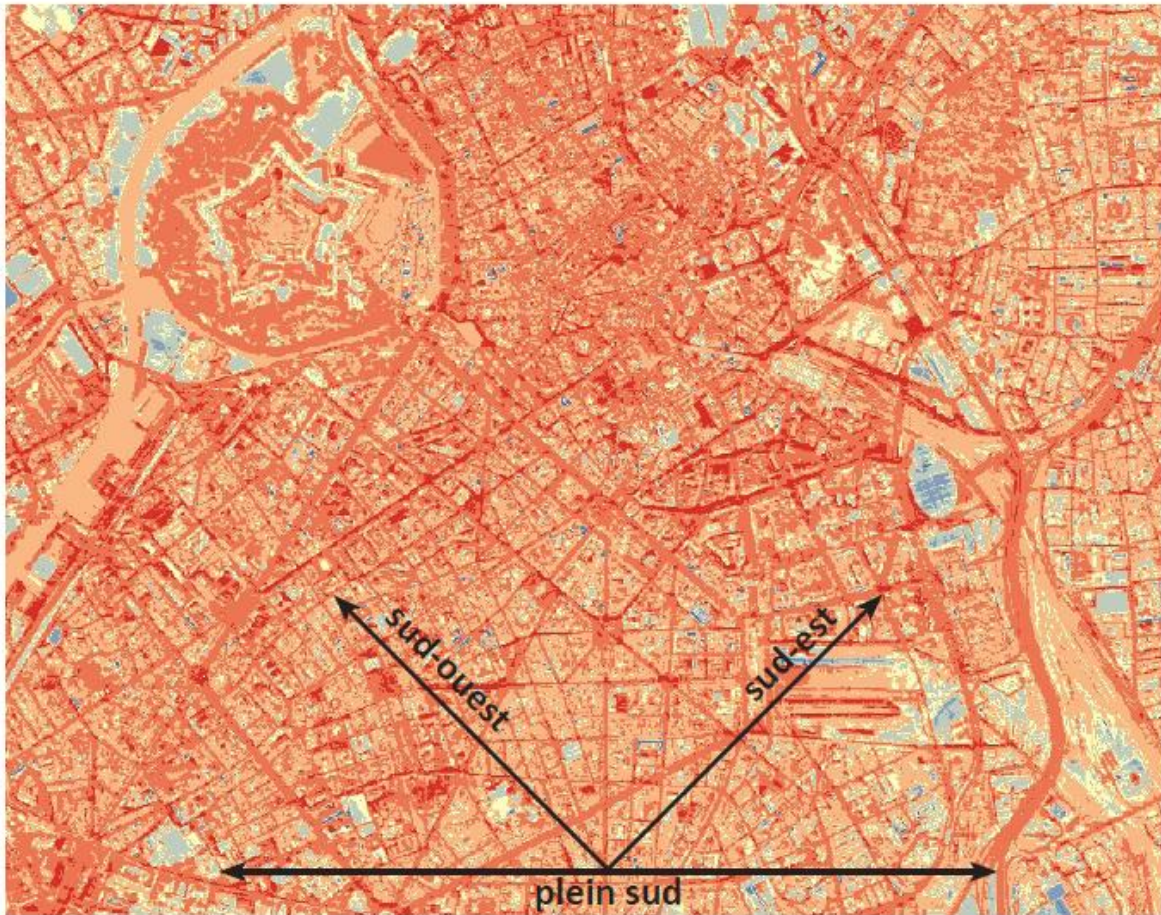
Les façades des logements résidentiels du Quai du Wault ont ainsi été mesurées à 45,4°C en fin de journée caniculaire et 30°C en fin de nuit (ornées de pavés en grès de Chine et bordures en pierre bleue).

EFFET ORIENTATION - QUAI DU WAULT À LILLE (CLICHÉS THERMIQUES DE FIN DE NUIT ET DE FIN JOURNÉE)



Une partie des fortes différences de températures pour la partie Nord de Lille s'explique par la disposition « en éventail » des rues, soit une exposition progressive des façades vers l'ouest.

Enfin, les formes urbaines denses et compactes montrent une plus grande inertie thermique en raison d'une concentration minérale plus élevée.



Disposition en éventail des rues de Lille (orientation plein sud, sud-est à sud-ouest)

Pollutions atmosphériques

- **Une vulnérabilité forte liée à l'augmentation des pollutions atmosphériques**

Les conditions climatiques (températures élevées diurnes et nocturnes, un fort ensoleillement, des vents faibles ou une faible dispersion des polluants) impactent le développement des pollutions à l'ozone et aux particules.

Or, la santé des populations est vulnérable à ces conditions atmosphériques, lesquelles :

- induisent une perte d'espérance de vie entre 11 et 16 mois dans les Hauts-de-France,
- Ont un impact sur les systèmes respiratoires et cardiovasculaires,
- Peuvent être à l'origine de troubles de la reproduction et du développement de l'enfant,
- Peuvent être à l'origine de maladies endocriniennes et neurologiques,
- induisent un coût économique et financier de plus de 100 milliards d'euros sur la santé, les bâtiments, les écosystèmes et l'agriculture,
- Sont à l'origine de 48 000 décès chaque année en France.

Carte de la qualité de l'air sur la Métropole Européenne de Lille

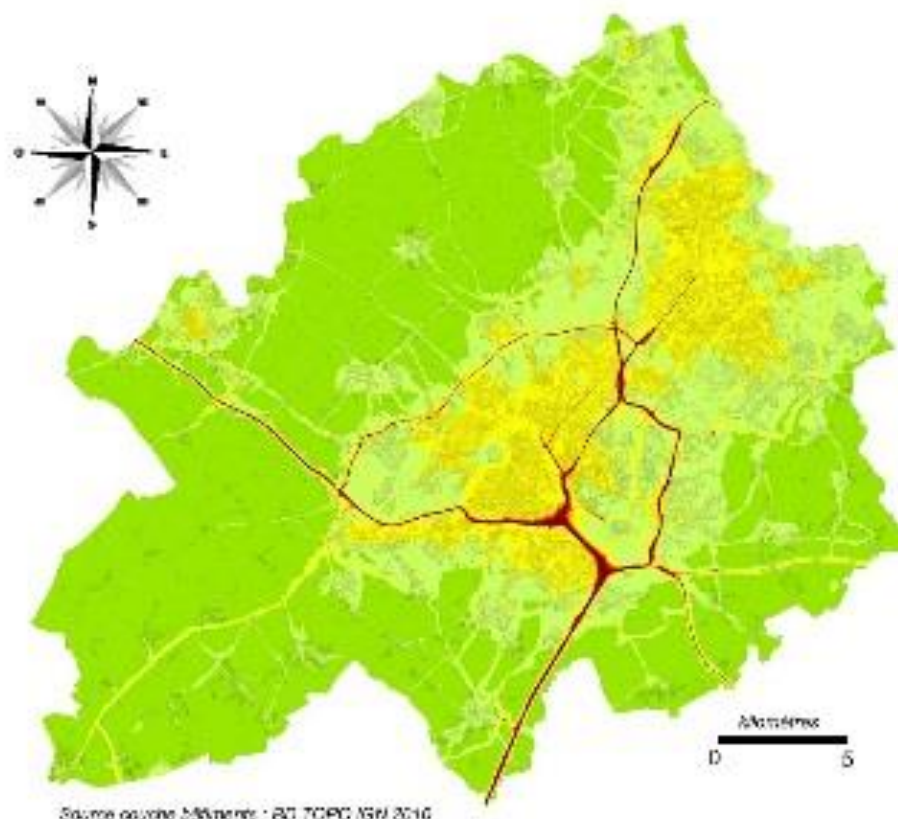
Carte Stratégique de l'Air de la MEL

Années : 2014 - 2015 - 2016

Polluants : NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}

Valeurs Limites (VL) : - moyenne annuelle (NO₂, PM₁₀, PM_{2,5})
- moyenne journalière (PM₁₀)

Date d'édition : 03/2018



Source couche bâtiments : BD TOPIC IGN 2016

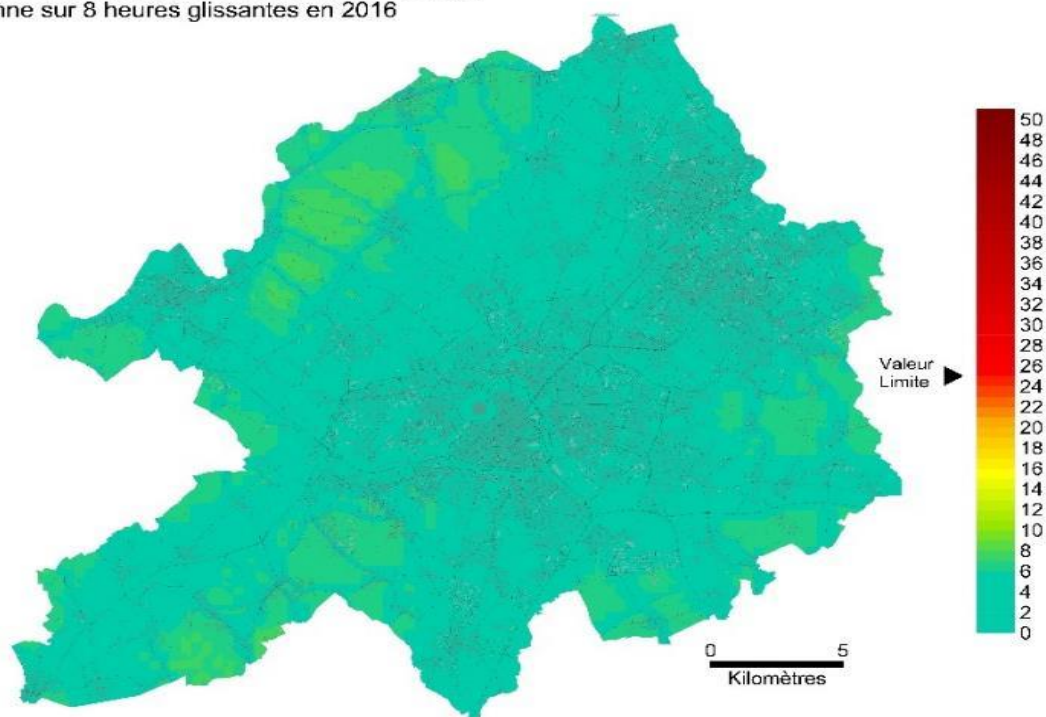
- zone "air prioritaire" (>120% de VL)
- zone en dépassement réglementaire (>100% de VL)
- zone en dépassement potentiel (>90% de VL)
- zone de vigilance (>75% de VL)
- zone en dépassement du seuil OMS pour les PM₁₀
- zone à préserver



- **Pollution à l'ozone**

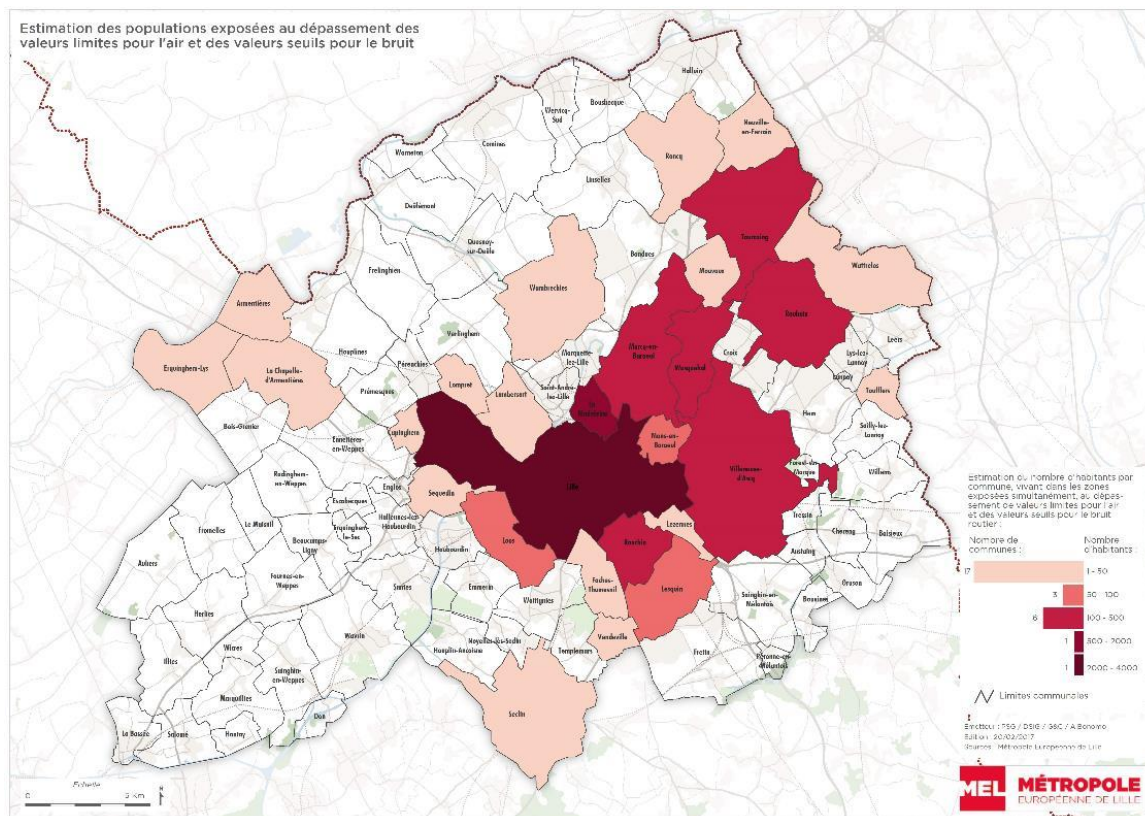
L'augmentation des vagues de chaleur et de canicules pourrait favoriser la recrudescence des pollutions à l'ozone. L'ozone est un polluant secondaire qui se forme à partir de polluants primaires émis par différentes sources de pollution (trafic automobile, activités résidentielle et tertiaire, industries) sous l'effet du rayonnement solaire. Les niveaux moyens relevés en ozone sont généralement plus élevés au printemps et les pics de concentrations s'observent en période estivale.

Ozone O₃
Nombre de jours de dépassement de la VL 120 µg/m³
en moyenne sur 8 heures glissantes en 2016



• Pollutions dues aux particules

Les concentrations moyennes de PM10 devraient diminuer en hiver sous l'effet de l'augmentation des températures. En revanche elles pourraient augmenter en été avec l'augmentation des vagues de chaleurs, qui peuvent avoir des impacts forts sur l'augmentation des polluants complexes.



• Les maladies allergènes et vectorielles susceptibles de se développer à moyen et long terme

Les plantes les plus allergisantes sont le bouleau (3/5) et les graminées (5/5) selon le classement allergisant du Réseau National de Surveillance Aérobiologique. Les facteurs de développement des maladies allergènes sont :

- L'allongement progressif des saisons de pollinisation ;
- L'augmentation des concentrations de pollens émis dans l'atmosphère (dû à l'augmentation des températures, à l'augmentation des vents, des précipitations, des concentrations de CO² dans l'atmosphère) ;
- L'augmentation du potentiel allergisant de certains pollens ;
- La remontée vers le Nord des aires de répartitions de certaines plantes allergisantes comme l'ambrosie et la chenille processionnaire du pin.

La population régionale est tout particulièrement vulnérable aux maladies respiratoires :

- les pollens affectent 20% de la population ;

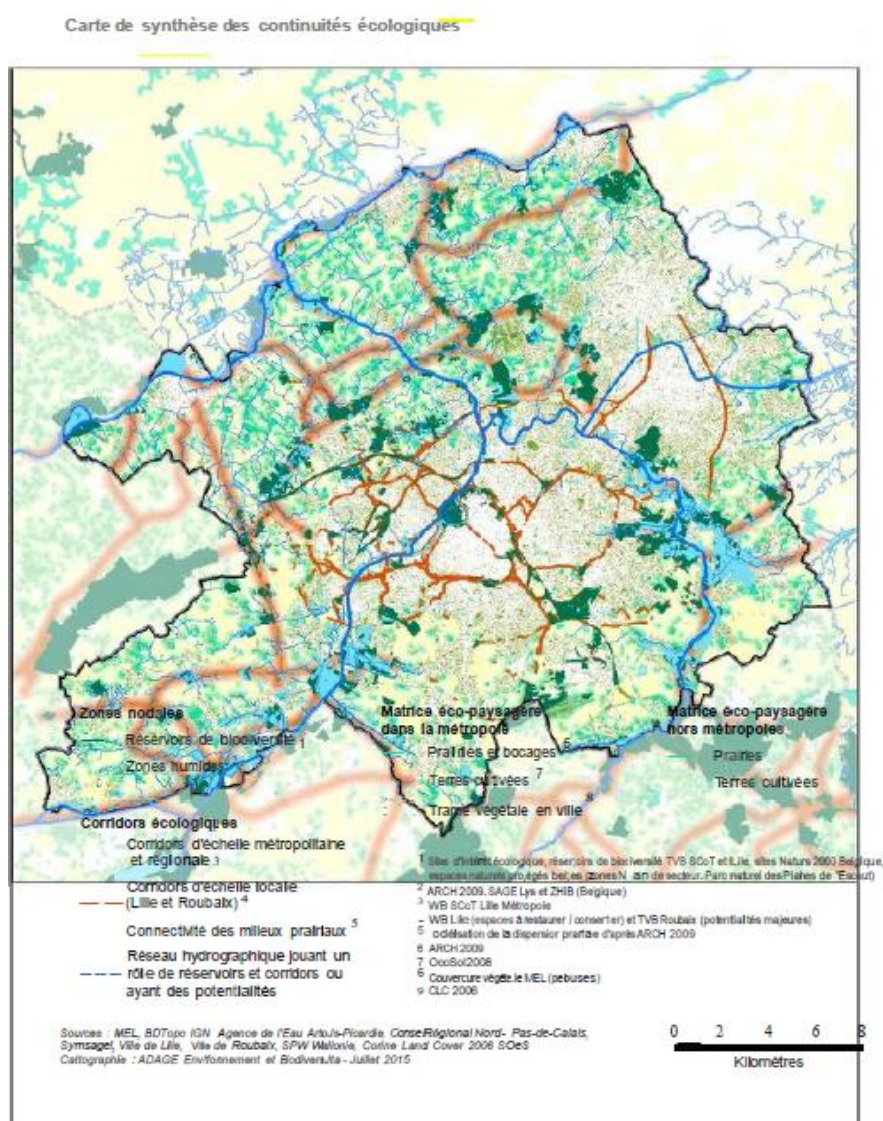
- dans le Nord 12% de la population est asthmatique contre 6,7% à l'échelle nationale³⁹ ;
- la surmortalité due aux maladies respiratoires avait ainsi touché 180 hommes et 121 femmes en Nord-Pas-de-Calais en 1998-2000.

5.2.3 Enjeu n°3 : impacts sur les milieux naturels, la biodiversité et l'agriculture

Enjeux biodiversité, faune et flore

- **Le territoire métropolitain, un patrimoine d'espaces naturels et de biodiversité modeste au regard des besoins**

A l'image de la Région, le territoire métropolitain comporte une faible proportion de milieux naturels et semi-naturels, quoique marquée encore davantage : 10% des surfaces de la métropole (contre 12,23% pour la région), soit 6000 ha de surfaces d'intérêt écologique, principalement le long des cours d'eau en activités agricoles extensives (prairies).



³⁹ Mutuelle Radiance, 2006, Cap vers l'asthme dans nos régions, citée dans l'Etude Medcie, 2012

Le SAGE Marcq Deûle fait état sur son territoire :

- de cours d'eau très artificialisés et très pollués notamment en raison du passé industriel ;
- d'une forte pression urbaine sur les milieux humides
- d'une gestion hétérogène, voire absente pour l'ensemble du maillage hydraulique

- **Un risque de fragilisation de l'ensemble des milieux naturels et humides (avec baisse du nombre d'espèces et impacts directs sur la biodiversité)**

Les milieux humides sont définis par la loi sur l'eau de 1992 et correspondent aux prairies humides, aux forêts alluviales, rieds, étangs, mares tourbières, etc.... Ils concentrent l'essentiel de la richesse écologique : la moitié des espèces d'oiseaux, la totalité des espèces d'amphibiens et de poissons.

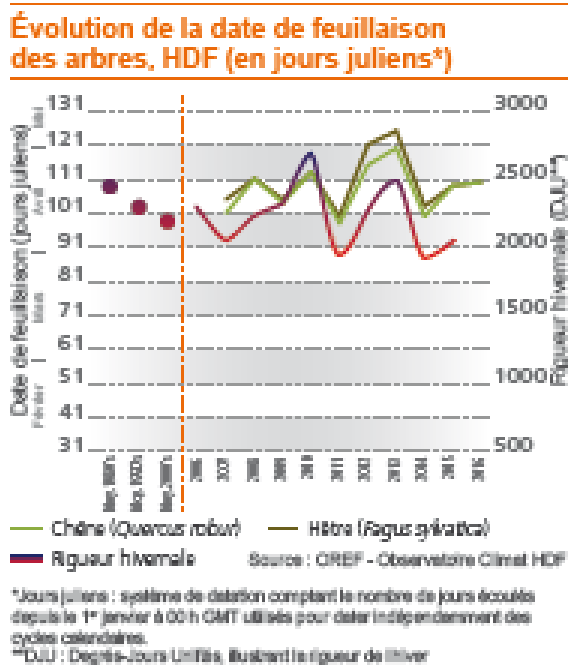
Or ils sont soumis à de multiples facteurs de fragilisation :

- **l'assèchement progressif des zones humides** : par l'augmentation des températures, la diminution des débits des cours d'eau et les épisodes de sécheresse ; l'agence de l'eau Artois-Picardie prévoit ainsi une baisse des débits moyens annuels de -25% à -40% , et l'augmentation des températures de l'eau, de l'ordre de 1,6°C pour 2070 en moyenne.
- **leur salinisation** : par remontée des sels du sol après évaporation et intrusion d'eau saline ;
- **l'activité anthropique** vient aggraver la régression des zones humides et des écosystèmes associés par le pompage d'eau pour l'irrigation, le drainage pour l'urbanisation. C'est ainsi 550ha de milieux remarquables qui sont soumis à la pression de l'urbanisation dans le cadre du PLU.
- **la baisse de la qualité de l'eau** : la baisse de la qualité de l'eau est d'origine anthropique. Les rejets de polluants entraînent un surplus de nutriments (nitrates, azote et phosphore) dû à aux activités agricoles et urbaines, qui entraîne un déséquilibre dans la composition de l'eau. De plus du fait de la baisse des débits et donc du niveau des rivières, il y aura un risque accru de pollution par diminution de la capacité de dilution.
- **et l'eutrophisation** sera accentuée par l'augmentation des températures : la mauvaise qualité de l'eau entraînent des effets toxique, le développement d'algues vertes et de cyanobactéries qui appauvrissent et étouffent les milieux aquatiques. En effet cette modification de la fore aura un effet sur la quantité de la ressource halieutique. L'augmentation des températures et de l'ensoleillement viendra accentuer les problèmes de booms de phytoplanctons déjà observés actuellement en été, avec de forts impacts pour la vie aquatique et les activités de loisirs (fermeture des lieux de baignade naturelle).
- **Modification de la répartition géographique des espèces**

On commence à assister à la remontée des aires géographiques des espèces vers le Nord, avec disparition des écosystèmes associés et des espèces qui en sont dépendantes. D'où l'importance d'assurer des continuités dans la Trame Verte et Bleue.

- **Transformation phénologique et physiologique des espèces**

Le changement climatique induira une évolution phénologique des espèces, c'est-à-dire des bouleversements dans les stades de maturité des espèces végétales (dormance, floraison, débourrement) et animales (migrations, nidifications, reproduction). Cela peut consister en une floraison plus précoce, ou en la remontée vers le Nord d'espèces aquatiques. A titre d'exemple, on peut déjà constater une précocité plus importante dans l'apparition des premières feuilles chez le chêne et le hêtre en Hauts-de-France.



Le fonctionnement physiologique (organisation mécanique, physique et biochimique) sera également impacté, avec certaines qui arriveront à s'adapter et d'autres moins. De ces évolutions, découleront des réactions en chaînes difficiles à prévoir dans un contexte d'interdépendance des espèces dans les écosystèmes existants. Il y a ainsi un important risque d'assynchronie entre espèces liées (relation prédateurs/proies, hôte/parasite).

- **Emergence et développement de parasites et envahisseurs**

L'augmentation des températures favorisera le développement des parasites dans de plus grandes aires géographiques, (avec une remontée vers le Nord où certaines espèces végétales ne se seront pas encore adaptées) et sur un temps d'exposition plus long, étant donné que les hivers seront plus doux.

Les espèces envahissantes sont des « espèces introduites par l'homme (volontairement ou fortuitement) et dont l'implantation et la propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques et/ou économiques et/ou sanitaires négatives ». ⁴⁰ Celles-ci constituent ainsi la 3^e cause de disparition de la biodiversité après la dégradation des espaces naturels (d'après l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature [UICN]).

⁴⁰ Définition de l'UICN reprise dans l'étude MEDCIE de 2012

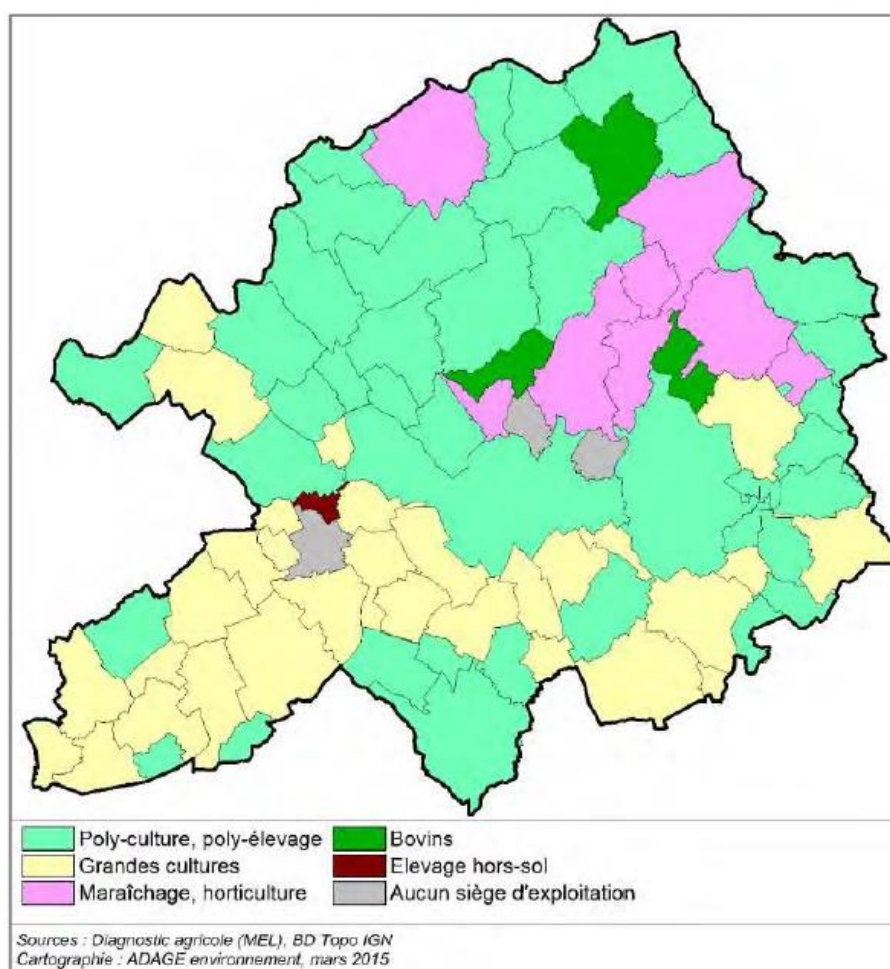
La forte anthropisation des systèmes est ainsi révélée par la forte proportion d'espèces exogènes, de 45% sur notre territoire⁴¹, or ces espèces exogènes peuvent perturber les écosystèmes et devenir invasives. Celles-ci sont ainsi surtout présentes dans les milieux urbains les plus denses. Cependant les zones humides se trouvent par contagion, particulièrement vulnérables à cette problématique des espèces envahissantes.

Enjeux agriculture

- **Les principales caractéristiques de l'agriculture métropolitaine**

Les espaces agricoles représentent environ la moitié du territoire métropolitain. Les activités prépondérantes sont les cultures de pommes de terre (production emblématique de l'ex-Région Nord-Pas-de Calais), de légumes (maraîchage et pleins champs), et l'élevage bovin (lait et viande) à l'herbe. La moitié des exploitations sont en polyculture et poly-élevage. Au sud et dans les Weppes se concentrent les grandes cultures intensives, de betteraves à sucres et de céréales.

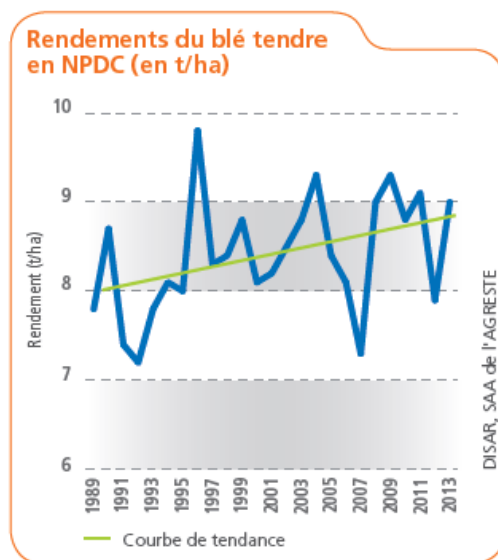
Orientation d'exploitation dominante des communes



⁴¹ D'après le conservatoire Botanique National de Bailleul

- **A court et moyen terme, une augmentation possible des rendements agricoles**

Sous l'effet de la hausse des températures, et de la concentration de CO₂ (augmentation de la photosynthèse et diminution du besoin en eau pour certaines cultures) les rendements du blé, du maïs et de la betterave pourraient augmenter. Il a ainsi été observé une augmentation de 10,6% du rendement du blé de 1989 à 2013, qui pourrait encore augmenter de 8 à 10% à moyen terme (à horizon 2035).



- **A long terme une vulnérabilité croissante des productions agricoles**

La baisse du nombre de gel pourrait engendrer un **manque de vernalisation**, problématique pour certaines cultures comme le blé et l'orge.

Des difficultés liées à l'augmentation des besoins en eau pour **l'irrigation** : depuis les années 1990, les surfaces irriguées ont diminué sur le Nord-Pas-de-Calais (de 38 à 17% de 1995 à 2007⁴²). Cependant il est à prévoir une augmentation des besoins d'irrigation à moyen/long terme, sous l'effet combiné de l'augmentation des températures, du développement possible de nouvelles cultures (maïs grain notamment) plus consommatrices d'eau, de la baisse de la pluviométrie efficace (augmentation de l'évapotranspiration sous l'effet de l'augmentation des températures, contribuant à la diminution de la recharge des nappes).

On peut également anticiper une **baisse de la qualité de l'eau** : les projections climatiques laissent prévoir une diminution des débits des cours d'eau, entraînant une augmentation des concentrations de polluants.

Les **sécheresses et les inondations** seront également impactantes. Par exemple, la sécheresse de l'été 2017 a entraîné de fortes pertes agricoles pour les cultures de légumes tout particulièrement, avec des mesures prises par la préfecture restreignant de 10% la consommation d'eau des agriculteurs et interdisant l'irrigation pendant les heures chaudes de la journée (11h-17h). La Chambre d'Agriculture

⁴² Etude MEDCIE, faisant référence à la base de données EIDER

du Nord-Pas-de-Calais a ainsi fait état de « 20% de production en moins sur l'ensemble de la région pour le pois »⁴³.

Les pics de **pollution à l'ozone** qui perturbent la productivité des végétaux pourraient conduire à terme à la baisse des rendements agricoles.

Enfin le danger qui pèse sur les **pollinisateurs** ferait perdre 8,6% de la valeur de la production agricole, le service de pollinisation rendu à l'agriculture étant évalué à 8,6% de celle-ci (soit 2,9 milliards d'euros à l'échelle nationale).

- **Les activités d'élevage seront également impactées**

Une moindre productivité des prairies en ressources fourragères (pour l'alimentation du bétail), sous l'effet de l'augmentation des températures et de la diminution de l'alimentation en eau, à l'exemple de la canicule de 2003, qui avait entraîné une forte diminution des productions fourragères. Une piste d'adaptation possible consiste à travailler sur les stocks fourragers, le partage entre régions des stocks, et une plus grande diversité des productions fourragères (autres espaces herbacées, légumineuses, sorho...).

Des impacts sanitaires à prévoir sur les animaux d'élevage : les animaux d'élevage seront soumis à davantage de stress hydrique et thermique, avec notamment pour conséquences une baisse de la productivité laitière (et donc un impact important pour le territoire métropolitain). L'augmentation des températures favorise également la prolifération des vecteurs de maladies (par piqûres de moustiques et parasites), conduisant à l'émergence de maladies affectant le bétail.

- **L'agriculture, levier d'adaptation comme de mal-adaptation au changement climatique**

Les terres agricoles, et notamment les prairies, fournissent de précieux **services écosystémiques** : elles sont des lieux essentiels pour la biodiversité, pour la préservation de la ressource en eau (filtration des polluants), et constituent des zones tampons pour la maîtrise des inondations, et la séquestration du carbone.

Ces services écosystémiques pourraient diminuer avec la baisse des surfaces de prairies sous la pression de l'urbanisation. Les pics de pollution à l'ozone pourraient conduire à la baisse de la capacité d'absorption de CO₂ par les végétaux.

A l'inverse les exploitations intensives (grandes cultures et activités d'élevage intensives) sont un facteur de mal-adaptation avec une concentration des polluants menaçant notamment la qualité des sols et des eaux, et la grande consommation d'eau qu'elles nécessitent.

Les principales vulnérabilités liées à l'agriculture sont donc :

- une augmentation des rendements de blé à moyen terme mais une vulnérabilité croissante des activités agricoles à long terme (augmentation des besoins en eau, sécheresse, inondations, pics de pollution à l'ozone, manque de vernalisation) ;

⁴³ Article voix du Nord du 20 juillet 2017

- les activités d'élevage impactées sur le plan de la moindre production fourragère et des impacts sanitaires du changement climatique pour les animaux (stress hydrique, thermique, et développement des vecteurs de maladie) ;
- des services écosystémiques de l'agriculture potentiellement affectés.

5.2.4 Synthèse des vulnérabilités du territoire de la MEL au changement climatique

Evolution du cycle de l'eau : synthèse des vulnérabilités et des pistes d'adaptation

Inondations, une vulnérabilité majeure et croissante :

- les trois quarts des communes métropolitaines sont déjà caractérisées par un risque important d'inondation, or l'évolution de la pluviométrie va venir renforcer les risques d'inondations existants
- les inondations par ruissellement sont particulièrement impactantes, car elles peuvent entraîner des coulées de boues – la région comptabilisant le plus grand nombre de coulées boueuses en toutes saisons - et des problèmes d'érosion des sols.
- Des impacts économiques importants : le cœur métropolitain connaît les plus lourds impacts économiques à l'échelle régionale avec un coût cumulé des sinistres entre 1995 et 2010 entre 5000 et 276000€.

Préservation de la ressource en eau :

- Si aujourd'hui les unités de production permettent de répondre à la demande journalière, les marges de manœuvre sont faibles et ne permettent pas la gestion d'une situation de crise ;
- L'évolution climatique va venir accentuer ces fragilités : tension probable sur la ressource en eau du fait d'une augmentation de la demande domestique et agricole et d'une moindre disponibilité de la ressource (sécheresses plus fréquentes, baisse de la recharge des nappes et du débit des rivières)

Retrait-gonflement des argiles :

- Vulnérabilité régionale forte (1/3 des communes de la MEL ont été reconnues catastrophes naturelles) qui s'accroît avec l'évolution des écarts de la pluviométrie (pluies intenses et sécheresses)
- Le surcoût annuel moyen sans politique d'adaptation pourrait atteindre 93 millions d'€ en 2050 et 175 millions d'€ d'ici la fin de siècle dans la région.

Pistes d'adaptation

Diffuser les bonnes pratiques pour réduire la pression sur la ressource en eau :

- pour préserver la qualité de la ressource en eau : protéger les zones de captages ;
- pour les prélèvements d'eau : étudier les ressources alternatives (eaux usées traitées, réseau d'eau non potable, récupération des eaux pluviales) ;
- pour la distribution de l'eau : améliorer le rendement du réseau ;
- pour les consommateurs d'eau : introduire des dispositions visant les économies d'eau dans les cahiers des charges ou règlement des projets d'aménagement, inciter les usagers à réduire leur consommation d'eau ;
- informer et sensibiliser sur la situation de la ressource en eau et des moyens d'actions pour la préserver : auprès des habitants, des acteurs économiques, des agents des collectivités.

Apporter des solutions concrètes dans les zones sensibles aux inondations :

- imposer des dispositions constructives spécifiques pour les zones à risques (pas de sous-sol, points d'entrée à plus de 30 cm par rapport à l'axe de la voirie, construire de manière à ne pas bloquer l'écoulement des eaux)
- échanger avec les occupants des zones concernées et construire un programme d'actions : aménagement (déplacement d'activités), remonté des prises de courant), protections passives/active, systèmes d'alertes, etc...
- préserver les zones d'expansion de crues et notamment les zones humides.

Favoriser l'infiltration des eaux pluviales à la source :

- techniques alternatives de gestion durable des eaux pluviales : ne pas concentrer les eaux pluviales, éviter le ruissellement, gérer au plus près du point de chute, intégrer l'eau dans l'urbanisme, ne pas imperméabiliser les sols ;
- réduire la superficie des sols imperméables, utiliser des systèmes de revêtement poreux pour l'espace public, diffuser le végétal en milieu urbain, préserver les zones humides en milieu péri-urbain et rural.

Limiter le risque RGA pour les bâtiments :

- sensibiliser sur les problématiques locales du phénomène RGAZ : pour les habitants, les parties prenantes de la construction, les futurs acquéreurs ;
- diffuser les mesures préventives de construction (dispositions à prendre sur les fondations, la structure du bâtiment, et l'éloignement des sources d'humidité, qui sont évaluées à 5 à 8% du coût de la construction).

Impacts sanitaires : synthèse des vulnérabilités et pistes d'adaptation

Inconfort thermique, canicules et ilots de chaleur urbains :

- La population régionale est ou devrait être fortement vulnérable à l'inconfort thermique du fait des facteurs de sensibilité : âge, condition de santé, localisation, niveau socio-économique et isolement social ;
- En période de canicule, un écart de 10°C est observable entre Lille et Hem.
- Quatre facteurs à l'effet ICU : l'absence de couverture végétale (et de son rôle de régulation thermique), l'inertie thermique des matériaux (notamment pour les revêtements foncés de l'espace public), l'effet orientation et la forme urbaine
- Des façades de logements ont ainsi pu être mesurées à 45,4°C.

Pollution de l'air

- L'évolution des conditions climatiques devrait favoriser la recrudescence des pollutions atmosphériques, déjà fortes sur le territoire métropolitain (pollution à l'ozone, aux particules, et développement des maladies allergènes) ;
- Ces pollutions ont un lourd impact en termes de santé-environnement, et la population métropolitaine y est particulièrement vulnérable : perte d'espérance de vie entre 11 et 16 mois dans les Hauts-de-France, 12% de la population asthmatique dans le Nord contre 6 % à l'échelle nationale.

Pistes d'adaptation

Assurer les bonnes conditions sanitaires du territoire face au changement climatique :

- Mettre en place un réseau de surveillance des risques et favoriser l'accès aux soins et à l'information des populations
- Réduire les risques sanitaires liés aux changements climatiques : identifier et accompagner les personnes fragiles, intensifier les démarches existantes pour lutter contre les menaces sanitaires déjà identifiées

Insuffler les bonnes pratiques pour améliorer le confort d'été :

- Prescrire des mesures spécifiques au confort thermique dans la construction (étude spécifique à l'échelle du projet, architecture bioclimatique)
- Adapter les quartiers et les bâtiments : végétalisation, choix des coloris, etc...
- Sensibiliser sur la gestion du bâtiment : bonnes pratiques (fermeture des ouvrants la journée, mise en veille des appareils), mettre en place la sur-ventilation nocturne, un système d'éclairage performant, une température minimale d'exploitation si obligation d'un système de climatisation

- Favoriser la nature en ville, et maximiser son potentiel : diversifier les strates pour pouvoir l'intégrer dans toutes les formes urbaines, diversifier les espèces et éviter les espèces allergènes.

Impacts sur les milieux naturels, la biodiversité et l'agriculture : synthèse des vulnérabilités et pistes d'adaptation

Préservation nécessaire de la biodiversité métropolitaine

- Le patrimoine d'espaces naturels et de biodiversité est modeste au regard des enjeux ;
- Une fragilisation probable de l'ensemble des milieux naturels et humides (baisse du nombre d'espèces et impacts directs sur la biodiversité) ;
- Modification de la répartition géographique des espèces ;
- Transformation phénologique et physiologique des espèces
- Emergence et développement de parasites et d'envahisseurs

Enjeux liés à l'agriculture

- A court et moyen terme une augmentation possible des rendements agricoles.
- A long terme une vulnérabilité croissante des productions agricoles sous l'effet de l'augmentation des températures, du stress hydrique, des impacts des canicules, sécheresses et inondations.
- Les activités d'élevage seront également impactées : moindre production de fourrage et impacts sanitaires sur les animaux d'élevage.
- L'agriculture peut constituer un levier d'adaptation comme de mal-adaptation au changement climatique, mais les services éco-systémiques de l'agriculture sont actuellement en diminution.

Pistes d'adaptations

Partager le socle de connaissance avec l'ensemble des acteurs (agriculteurs notamment), informer et valoriser les services écosystémiques rendus par la biodiversité.

Renforcer les capacités d'adaptation des écosystèmes de la région : développer des modes de gestion favorables au bon fonctionnement des écosystèmes.

Renforcer la protection des espaces naturels et lutter contre l'artificialisation des sols : reconquérir les continuités écologiques, préserver les milieux aquatiques.

Ancrer l'agriculture sur son territoire : soutenir les filières agricoles locales et diversifiées, réaffirmer la place de l'agriculture dans les documents d'urbanisme, inscrire la question de l'adaptation agricole dans le Plan Climat (s'appuyer au besoin sur la démarche Climagri).

Elaborer des politiques locales de prévention de la ressource en eau de manière actualisée et concertée avec les acteurs du monde agricole : limiter l'érosion des sols agricoles via :

- une approche agronomique (préventive) : le non labour, le paillage, les cultures intermédiaires, le travail du sol ;
- une approche hydraulique (curative) : limiter la concentration des ruissellements, organiser l'écoulement des eaux.

6. Bilan synthétique du Plan Climat Energie Territorial 2014-2020

BILAN SYNTHETIQUE DE LA MISE EN ŒUVRE DU PLAN CLIMAT ENERGIE TERRITORIAL 2014-2020



Introduction

La Métropole Européenne de Lille a adopté en octobre 2013 un premier Plan Climat Energie Territorial (PCET), reposant sur **quatre grands objectifs chiffrés à l'horizon 2020** :

- La réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) de 30% par rapport à 1990 ;
- La réduction des consommations d'énergie de 10% par rapport à une évolution tendancielle ;
- L'augmentation de la part des énergies renouvelables et de récupération à 17% des consommations d'énergie
- Une multiplication par 4,7 de la production locale d'énergies renouvelables.

Le PCET comprenait également un plan d'actions qui a été mis en œuvre sur la période 2014-2020. Un bilan synthétique de la mise en œuvre de ce PCET est présenté ci-dessous. Ce bilan s'appuie notamment sur le travail de suivi réalisé dans le cadre :

- du Contrat d'Objectifs Territorial sur l'amplification de la Troisième Révolution Industrielle (COTTRI) signé avec l'ADEME en 2016, qui a permis un suivi plus précis d'une quinzaine d'objectifs chiffrés.
- de la démarche de labellisation Cit'ergie, un label européen qui récompense les collectivités les plus ambitieuses en matière de politique climat-air-énergie, qui implique un travail de suivi annuel des actions mises en œuvre. La MEL a reçu le label Cit'ergie en janvier 2019, et poursuit aujourd'hui la démarche vers une labellisation Cit'ergie Gold.

Synthèse du bilan

1. Les **objectifs chiffrés** de réduction des émissions de gaz à effet de serre ainsi que de consommation et production d'énergies renouvelables à l'horizon 2020 ne seront que **partiellement atteints**. En revanche l'objectif de réduction des consommations d'énergie sera atteint (sous réserve de confirmation des données).
2. Le **plan d'actions** a été **largement mis en œuvre** et a même été « rattrapé par les événements », à savoir l'évolution des compétences de la MEL en application de la loi MAPTAM de janvier 2014 et l'élaboration de nouvelles actions au cours du mandat 2014-2020, actions qui n'avaient pas été envisagées initialement. La MEL est notamment fortement montée en compétences sur l'énergie et la qualité de l'air.
3. La politique climat-air-énergie de la Métropole et les actions menées depuis une dizaine d'années ont permis à la MEL d'obtenir le **label européen Cit'ergie** en janvier 2019. L'objectif est désormais d'atteindre le label Cit'ergie Gold.

I – Les objectifs 2020 du PCET seront partiellement atteints

Le diagnostic territorial réalisé en 2018 (sur des données de 2015 et 2016) à l'occasion de la préparation du nouveau Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) a montré qu'à mi-parcours de la mise en œuvre du PCAET, seul l'objectif de réduction des consommations d'énergie avait été atteint, comme le montre le tableau ci-dessous.

Un prochain diagnostic portant sur les données de l'année 2020 pourra confirmer et préciser les trajectoires du territoire au regard des objectifs fixés pour 2020.

Tableau récapitulatif sur l'atteinte des objectifs chiffrés

	2007	2015-2016	Objectifs 2020	Atteinte des objectifs
Emissions de GES (en millions de tonnes équivalent CO2)	8*	Scopes 1-2 : 5 Scopes 1-2-3 : 13,2	-30 % par rapport à 1990 soit -10% par rapport à 2007 soit 7,2 Mteq CO2	Non**
Consommations d'énergie (TWh)	35,8	27	-10% par rapport au scénario tendenciel soit 30,3 TWh	Oui**
Part des EnR dans la consommation d'énergie finale*** (%)	7,2	9	17	non
Production locale d'EnR (GWh)	676 <i>chaleur : 600 électricité : 76</i>	1205 <i>chaleur : 1125 électricité : 80</i>	Multiplication par 4,7 soit 2820	non
Part des EnR produites localement dans la consommation d'énergie finale	1,7	4,5	8	non

Légende :

GES : gaz à effet de serre

EnR : énergies renouvelables

Scope 1 : émissions directes

Scope 2 : émissions indirectes liées à l'énergie

Scope 3 : émissions indirectes

teqCO2 : tonne équivalent CO2

TWh : térawattheure

GWh : gigawattheure

Au cours de la réalisation du diagnostic, des **difficultés de mise en cohérence des chiffres** obtenus lors du diagnostic réalisé en 2009 et lors du diagnostic 2018 sont toutefois apparues, en raison de l'évolution des méthodologies, des périmètres pris en compte et des sources de données. Le tableau ci-dessus est donc construit sur la base des hypothèses suivantes :

* Hypothèse concernant le périmètre du BEGES 2007 : émissions directes et indirectes (scopes 1, 2 et 3)

** Problème de mise en cohérence des chiffres 2007 et 2016 en raison de l'évolution de la méthodologie et de la complexité et diversité des données

*** part d'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie finale du territoire (tenant compte de la biomasse, du mix national de production de l'électricité ainsi que de la part des biocarburants pour le transport)

En raison des incertitudes méthodologiques, les chiffres présentés dans le tableau ci-dessus sont donc à considérer comme des ordres de grandeur indicatifs, à confirmer et préciser lors des prochains diagnostics, sur la base d'une stabilisation des méthodes et des données .

II – Un plan d'actions largement mis en œuvre et complété par des actions non prévues initialement

Le plan d'actions 2014-2020 comprenait 80 actions réparties en 9 axes :

- Axe 1 : engager la transition énergétique
- Axe 2 : construire une stratégie d'adaptation au changement climatique à l'échelle du territoire
- Axe 3 : élaborer une feuille de route pour préserver et restaurer la qualité de l'air
- Axe 4 : construire une politique d'aménagement des temps de la ville
- Axe 5 : renforcer la prise en compte des enjeux climat-air-énergie dans l'aménagement durable du territoire
- Axe 6 : accentuer la politique de mobilité durable
- Axe 7 : généraliser la construction et la réhabilitation durables
- Axe 8 : favoriser la production et la consommation durables et la compétitivité économique du territoire
- Axe 9 : mobiliser les acteurs concernés par les enjeux climat-énergie vers le passage à l'action.

Un bilan synthétique est présenté pour chacun des axes ci-dessous.

La MEL labellisée CIT'ERGIE en 2019

La mise en œuvre du plan d'actions du PCET a permis à la MEL d'obtenir le label Cit'ergie en janvier 2019. Ce label de niveau européen récompense les collectivités mettant en œuvre des politiques climat-air-énergie ambitieuses. En 2018, la MEL avait réalisé 56% des actions du référentiel Cit'ergie. Ce taux de réalisation a atteint 60% début 2020. La MEL vise désormais l'obtention du label Cit'ergie Gold, qui correspond à 75% d'actions réalisées.



Vu la délibération du conseil du 19 octobre 2018,

Vu la décision de la Commission nationale du label du 21 novembre 2018,



La Métropole

Européenne de Lille

reçoit pour la première fois le label **Cit'ergie**
European Energy Award
pour les résultats démontrables et exemplaires de sa politique Climat-Air-Energie.

Fait à Dunkerque, le 23 janvier 2019

Pour la Commission nationale du label,
la Présidente,
Marie-Pierre SIRUGUE

Pour l'ADEME,
le Président,
Arnaud LEROY



Le label Cit'ergie est l'appellation française du European Energy Award. Cit'ergie est un dispositif diffusé par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie.

Axe 1 : engager la transition énergétique

L'évolution majeure en termes de transition énergétique au cours du mandat 2014-2020 a été l'acquisition par la MEL de la **compétence « énergie » au 1^{er} janvier 2015**, en application de la loi MAPTAM du 27 janvier 2014. Ce transfert de compétences a véritablement changé les règles du jeu pour la mise en œuvre du Plan Climat adopté en 2013, qui recommandait en tout premier lieu la mise en place d'une gouvernance métropolitaine de l'énergie. La MEL est ainsi en charge depuis 2015 de la gestion des concessions de service public relatives à l'électricité, au gaz et aux réseaux de chaleur.

Cette prise de compétence a été suivie de la **création d'une direction « Energie »** de 7 personnes en 2015, direction qui a fusionné en 2019 avec la « Mission stratégique Développement Durable et Transition Énergétique » pour devenir la **direction « Transitions Energie Climat »**. Cette direction a désormais en charge à la fois la planification de la politique climat-air-énergie, la gestion des outils de la transition énergétique que sont les réseaux d'énergie, et la mise en œuvre d'une série de projets opérationnels relatifs à la transition énergétique et climatique (avec les communes et les habitants notamment).

La prise de compétence énergie a été suivie d'un **important travail de planification stratégique à l'horizon 2030 et d'études** ayant permis de poser les bases d'une **phase plus opérationnelle à venir** : ainsi au cours du mandat 2014-2020, une **stratégie 2030 de développement des réseaux de chaleur** et des **stratégies de développement de la méthanisation et du biogaz** ont été adoptées, une étude de **planification énergétique** a été réalisée et un nouveau Plan Climat Air Energie Territorial (PCAET) a été élaboré. L'ensemble de ces documents ont permis de poser les objectifs stratégiques à atteindre d'ici 2030 voire 2050.

Sur les **15 actions** comprises dans l'axe 1 :

- 11 actions ont été réalisées
- 1 action a été abandonnée (la création d'une agence locale de l'énergie)
- 3 actions sont en cours

Les principales actions à retenir en matière de transition énergétique :

- **Planification stratégique** : stratégies de développement de la méthanisation en milieu agricole et du gaz naturel véhicule adoptées en 2017, schéma directeur des réseaux de chaleur adopté en 2018, étude de planification énergétique menée en 2018, étude sur le développement des énergies renouvelables sur les friches industrielles, étude pour la mise en place d'un cadastre solaire, étude « REGES-STARTER », étude pour la mise en place d'un opérateur dédié au développement des énergies renouvelables ;
- Le **projet phare** mis en œuvre en 2017-2020 est « **l'autoroute de la chaleur** », soit le raccordement du Centre de Valorisation Énergétique (CVE) des déchets ménagers d'Halluin aux réseaux de chaleur de Lille, Roubaix, Tourcoing... Ce raccordement permettra d'augmenter la part d'énergies renouvelables et de récupération dans les réseaux de chaleur de 20 à 60%, mais également de stabiliser la facture de chauffage des ménages, notamment dans les quartiers en « politique de la ville » ;

- La MEL continue par ailleurs à opérer et développer des **équipements exemplaires** : après la mise en œuvre du Centre de Valorisation Énergétique et du Centre de Valorisation Organique des déchets ménagers dans les années 2000, elle a mis en service en 2015 une **nouvelle station d'épuration à Marquette**, station qui produit du biogaz grâce à la méthanisation des boues d'épuration.

Les perspectives pour 2021-2026 :

- Une priorité majeure pour les années à venir concerne le **développement des énergies renouvelables et de récupération**. En raison de la configuration très urbanisée du territoire métropolitain, toutes les EnR ne peuvent pas être développées, toutefois d'importants potentiels ont été identifiés dans le cadre de l'étude de planification énergétique menée en 2018-2019, notamment sur la géothermie, la biomasse et le solaire. Un outil envisagé pour développer la production locale d'EnR est la **création d'un opérateur spécifique**. Concernant la méthanisation, un **objectif de 5 unités de méthanisation d'ici 2025** a été fixé.
- Le développement des **réseaux de chaleur** constituera un autre volet important de la décennie à venir, avec la volonté de raccorder 70 000 équivalents logements aux réseaux de chaleur, notamment en quartiers « politiques de la ville ».
- Dans le cadre de la mise en œuvre du nouveau PCAET, un important travail de **gestion des données climat-air-énergie** doit être menée afin d'améliorer le pilotage de la politique climat-énergie métropolitaine et de pouvoir mieux rendre compte des évolutions du territoire, tant auprès des élus que du grand public.

Axe 2 : construire une stratégie d'adaptation au changement climatique à l'échelle du territoire

La MEL a abordé dès le début des années 2010 la question de l'adaptation au changement climatique et l'a intégrée dans son premier Plan Climat, ce qui était à l'époque précurseur (le volet « adaptation » des Plans Climat n'est devenu obligatoire qu'en 2015). Une étude très complète et poussée de la vulnérabilité du territoire de la MEL aux effets du changement climatique a été réalisée dès 2011.

Dans le PCET 2013, trois objectifs d'adaptation au changement climatique ont été retenus :

- la préservation de la ressource en eau et la lutte contre les inondations ;
- la préservation des espaces naturels et cultivés ;
- le développement des boisements, notamment grâce à la mise en œuvre d'une Trame Verte et Bleue.

Sur les **7 actions** comprises dans l'axe 2 :

- 5 actions ont été réalisées
- 2 actions en cours

Les principales actions en matière d'adaptation au changement climatique :

- **Cycle de l'eau** : stratégie de gestion durable des eaux pluviales, élaboration du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Marque-Deûle, projet ORQUE sur les champs captants, projet des communes « Gardiennes de l'Eau » sur les champs captants (2019).
- Prise en compte de l'**effet « îlots de chaleur urbains »** : étude de l'ADULM en 2017 sur les îlots de chaleur urbains, intégration de préconisations dans le PLU2, dans le guide des matériaux métropolitain et dans différents projets d'aménagement, identification de quatre sites pilotes pour tester un aménagement améliorant la résilience du territoire aux conséquences du réchauffement climatiques dans 4 communes (Lille, Haubourdin, Tourcoing et Houplines).
- Développement des **espaces naturels** et de la **nature en ville**: adoption en 2016 et mise en œuvre de la **stratégie de développement des espaces naturels** de la Métropole, adoption en 2017 et mise en œuvre d'une **stratégie de boisement**, mise en place d'un dispositif métropolitain pour la **végétalisation des façades** (2015), renforcement de la place du végétal en ville (délibération d'octobre 2019);

Les perspectives pour 2021-2026 :

En 2017, un diagnostic a permis de confirmer les **priorités en matière d'adaptation** au changement climatique pour la MEL :

- La gestion et la préservation de la **ressource en eau**, tant en quantité qu'en qualité ;
- La préservation des **milieux naturels** et des écosystèmes ;
- La mitigation des **impacts sanitaires** du réchauffement climatique (canicules, dégradation de la pollution de l'air...).

Un volet sur l'adaptation au changement climatique a été inclus dans le nouveau PCAET. L'une des ambitions du PCAET concerne la résilience du territoire et comporte trois actions :

- **Protéger la population face aux risques climatiques** : en actualisant les connaissances sur la vulnérabilité du territoire de la MEL, en intégrant les enjeux d'adaptation au changement climatique dans le Plan Métropolitain de Sauvegarde, et en améliorant la gestion des risques inondation et retrait-gonflement des argiles.
- **Développer la végétalisation et la nature en ville** : en développant des actions de végétalisation de l'espace public, ainsi que des actions de communication, sensibilisation et partage de bonnes pratiques par exemple en matière de gestion des espaces verts.
- **Protéger la ressource en eau** : en améliorant la gestion de l'eau et en sécurisant l'alimentation en eau, notamment en protégeant les champs captants à travers le projet des communes « Gardiennes de l'Eau », et en mettant en œuvre deux projets agro-environnementaux et naturels (PPAENP).

Axe 3 : élaborer une feuille de route pour préserver et restaurer la qualité de l'air

En matière d'amélioration de la qualité de l'air, le PCET voté en 2013 ne comportait pas d'actions opérationnelles mais prévoyait l'élaboration d'une feuille de route relative à la qualité de l'air et l'adoption d'une délibération cadre sur la qualité de l'air.

La question de la qualité de l'air a connu une **importance grandissante** au cours de la période 2014-2020, d'une part du fait de la loi MAPTAM qui a conféré la compétence « qualité de l'air » aux métropoles à partir du 1^{er} janvier 2015, et d'autre part parce que la qualité de l'air a émergé dans le débat public, tant au niveau national qu'au niveau local, comme une **question de santé publique majeure**, suscitant assez régulièrement des mobilisations citoyennes sur la Métropole lilloise.

Face à ce constat, la MEL a organisé une **concertation publique** sur la qualité de l'air début 2017. Elle a ensuite progressivement élaboré un plan d'actions, avec comme action phare envisagée la **mise en place d'une Zone à Faibles Emissions** (ZFE). Le principe de la création d'une ZFE sur 11 communes a été acté en conseil métropolitain en juin 2019. La mise en œuvre est prévue à partir de 2020.

Les deux actions prévues dans l'axe 3 ont été réalisées :

- la feuille de route relative à la qualité de l'air a été réalisée et sera intégrée au futur PCAET
- une délibération-cadre sur la santé environnementale a été votée en décembre 2018.

Les principales actions en matière de lutte contre la pollution de l'air :

- L'adoption d'une **délibération cadre et d'un plan d'actions sur la santé environnementale**, où la qualité de l'air apparaît comme un enjeu majeur.
- **De nombreuses actions liées à la surveillance de la qualité de l'air et à la production de données** : grâce notamment à différents partenariats, dont celui avec ATMO Hauts de France qui donne lieu à la publication d'un **bilan annuel de la qualité de l'air** sur le territoire métropolitain, ou avec l'ADEME et Santé Publique France (expérimentation AirQ+ en 2018). Suite à la production d'une « **carte stratégique de la qualité de l'air** » à l'échelle de la métropole, un **atlas de la qualité de l'air** a été publié et diffusé aux communes, afin de leur permettre de savoir quelles sont les zones potentiellement problématiques au regard de la pollution atmosphérique. Sur la base de ce travail, une **base de données des établissements sensibles** a été établie. On peut citer également le projet **Pollutrack**, démarré en 2018, qui vise à recueillir et exploiter les données collectées via une série de micro capteurs mobiles ou statiques en vue d'identifier d'éventuels « hot spots » (zones de concentration de la pollution atmosphérique). Par ailleurs, différentes études permettant de mieux comprendre les sources et les phénomènes physico-chimiques à l'origine de la pollution de l'air sont régulièrement menées ;

- **Des actions visant à agir directement sur deux sources principales de la pollution de l'air que sont le chauffage des logements et la circulation routière** : ainsi la MEL a initié en 2019 la mise en place d'un **Fonds Air**, subventionné par l'ADEME, qui permettra de financer le remplacement par les particuliers des systèmes de chauffage les plus polluants (fioul, charbon, bois). Par ailleurs, outre la mise en place d'une **Zone à Faibles Emissions** sur 11 communes prévue à partir de 2022, la MEL travaille au déploiement d'un **réseau de 250 bornes de recharge pour véhicules électriques**, afin de réduire les émissions de polluants atmosphériques liées aux véhicules thermiques. Au 31 décembre 2019, 53 bornes ont été installées par la MEL et sont en service dans 48 communes, 5 bornes Bolloré étaient en service et 22 étaient prêtes à être mises en service dans une dizaine de communes, soit un total de 80 bornes installées sur les 250 prévues à terme ;
- **Des actions portant sur la création d'une culture commune et transfrontalière sur la qualité de l'air** : par exemple avec l'organisation de plusieurs **séminaires et rencontres sur le thème de la santé environnementale**, qui ont vocation à acculturer les acteurs territoriaux (collectivités, entreprises...) aux enjeux de la santé environnementale. La MEL anime également un **réseau de référents pour la qualité de l'air dans les communes**, ainsi que des **formations à destination des communes sur la qualité de l'air intérieur** et sur la manière de répondre à l'obligation de surveillance dans les établissements recevant du public. Enfin, en matière de coopération transfrontalière, une délibération cadre sur la **coopération sur la qualité de l'air** a été adoptée en mars 2019 par l'Eurométropole Lille-Kortrijk-Tournai. La MEL participe par ailleurs au projet Interreg TRANSF'AIR sur le développement d'outils pour une **harmonisation de la mesure de la qualité de l'air dans un contexte transfrontalier**. Ce projet est piloté par l'équivalent flamand d'ATMO Hauts-de-France. La MEL participe également aux **exercices de crise transfrontaliers sur la pollution de l'air** menés par la préfecture du Nord.

Les perspectives pour 2021-2026 :

Les derniers bilans territoriaux font apparaître une **dégradation de la qualité de l'air** au cours des dernières années, après plusieurs années d'amélioration.

La priorité pour les prochaines années sera :

- De mettre en place des **actions opérationnelles d'envergure**, avec notamment la mise en place de la **Zone à Faibles Emissions** sur les 11 communes volontaires, et du **Fonds Air** d'aide au remplacement des systèmes de chauffage les plus polluants. Ces deux mesures structurantes devraient permettre d'obtenir des résultats significatifs en matière de réduction des émissions locales de polluants atmosphériques ;
- De renforcer le partenariat avec ATMO Hauts de France et de mobiliser d'autres acteurs (APPA, CEREMA...) ;
- De renforcer la communication sur la qualité de l'air auprès des agents de la MEL, des communes et des citoyens ;
- D'équiper la MEL pour réaliser ses propres mesures de qualité de l'air.

Par ailleurs, il existe un enjeu de **réduction des émissions d'ammoniac dans le secteur agricole**. Des mesures concrètes seront à définir avec le monde agricole. En 2019, la MEL et la Chambre d'Agriculture, ont lancé une **démarche CLIM'AGRI** qui a vocation à identifier les sources d'émissions de GES et de polluants liés à l'agriculture et à réduire ces émissions.

Axe 4 : construire une politique d'aménagement des temps de la ville

L'axe 4 du PCET portait sur la mise en place d'une **politique des temps** au sein de la MEL et prévoyait l'adoption d'une délibération cadre sur la politique des temps et la mise en place d'un Bureau des Temps. Cela a été chose faite dès 2015.

Les actions prévues dans l'axe 4 ont été mises en œuvre, avec :

- la réalisation d'un diagnostic temporel en 2014
- la création d'un Bureau des Temps en 2015
- l'adoption d'une délibération cadre en 2015.

Les principales actions à retenir en matière de politique des temps :

- Projet « **Heures de Pointe** » sur la régulation des flux de déplacements aux heures de pointe ;
- Projet « **Rythme ma Bibliothèque** » sur les horaires d'ouverture des bibliothèques ;
- Projet « **Télétravail** » avec la production d'un guide sur le télétravail en 2016 et une expérimentation sur l'introduction du télétravail pour 150 agents à la MEL en 2018. Depuis, le télétravail a été généralisé à la MEL.
- Organisation régulière **d'événements de sensibilisation** : colloque national des Temporelles en 2018, temps fort sur l'été en 2019.

Les perspectives pour 2021-2026 :

La politique des temps, sur laquelle la MEL a été en pointe dès 2015, continuera à être abordée dans le prochain Plan Climat, et une action y sera spécialement consacrée, avec les projets suivants prévus :

- Projet sur la régulation de la **congestion urbaine aux heures de pointe**, en travaillant sur les flux domicile-travail, les déplacements des étudiants et sur la promotion d'horaires de travail décalés ;
- Projet autour de la **prise en compte du temps de l'été dans les politiques publiques**, en travaillant sur la réduction des inégalités sociales via l'accessibilité des services publics durant cette période (piscines, loisirs), ou la mise en place de rendez-vous culturels ou sportifs pendant la période estivale ;
- Des réflexions à mener sur de nouvelles formes d'organisation du travail (horaires, lieux, télétravail...), les horaires des marchés, le rapport au temps...

La réflexion sur la politique des temps s'inscrit par ailleurs désormais dans un **contexte de crise sanitaire** qui a brusquement et massivement modifié les pratiques en termes de déplacements domicile-travail ou de télétravail.

Axe 5 : renforcer la prise en compte des enjeux climat-air-énergie dans l'aménagement durable du territoire

L'axe 5 du PCET posait deux ambitions en termes d'aménagement durable :

- maîtriser l'étalement urbain et mettre en œuvre la délibération « ville intense » ;
- réaliser des projets exemplaires et faire tendre les aménageurs vers des villes et villages durables.

Sur les **6 actions** comprises dans l'axe 5 :

- **3 actions réalisées** : réalisation d'éco-quartiers exemplaires, introduction de clauses environnementales dans le projet d'éco-quartier Ange Gardien, aménager les parcs d'activité du 21^e siècle
- **3 actions en cours** : renforcement de l'urbanisation à proximité des points d'arrêt des réseaux de transports, programmer un habitat durable, optimiser l'utilisation du foncier.

Les principales actions en matière d'aménagement durable :

- l'adoption d'un **nouveau SCOT** (2017) et d'un **nouveau PLU intercommunal** dit PLU2 (2019) ;
- la **poursuite des projets d'éco-quartiers phares du territoire** (Union, Rives de la Haute-Deûle à Lille et Lomme, Ange Gardien à Quesnoy-sur-Deûle, Fives Cail à Lille...) s'inspirant de la charte des éco-quartiers de la métropole et bénéficiant pour certains du label national EcoQuartiers ;
- la mise en œuvre de **programmes de renouvellement urbains**, avec 9 quartiers prioritaires intégrés au NPRNU (par exemple le Quartier Concorde à Lille ou le projet Nouveau Mons). Ces projets tendent à intégrer de plus en plus de critères environnementaux notamment la maîtrise des consommations d'énergie ;
- Un travail de **requalification des friches urbaines**, avec la réalisation d'un inventaire et des projets de requalification menés avec l'Etablissement Public Foncier (16 sites requalifiés en 2017-2019) ;
- Des avancées en terme **d'aménagement et de gestion des parcs d'activité**, avec la mise en œuvre de la Charte des Parcs d'Activité du 21^e siècle (2013), la parution d'un guide de gestion durable des parcs d'activités, l'aménagement de 3 parcs prototypes, laboratoires d'expérimentation (site de la Lainière à Roubaix et Wattrelos, site Rhodia à Marquette-Lez-Lille et site Seclin A1 Est), et la mise en œuvre du projet européen BISEPS sur la gestion de l'énergie dans les parcs d'activité.

Les perspectives pour 2021-2026 :

Un enjeu majeur en termes d'aménagement durable pour les années et décennies à venir concerne la **maîtrise de l'extension urbaine et de l'artificialisation des sols**. En termes de lutte contre le changement climatique, la stabilisation de l'artificialisation des sols est essentielle afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre, d'accroître la capacité de séquestration carbone du territoire, et de maintenir suffisamment de surfaces naturelles ou végétalisées qui jouent un rôle important dans la régulation des températures.

Une atteinte de la neutralité carbone d'ici 2050 implique une **augmentation de la capacité de séquestration carbone du territoire** afin que celui-ci soit le plus possible en mesure de capter l'équivalent de ses émissions résiduelles (les émissions incompressibles de GES). C'est pourquoi la mise en œuvre du PLU2, mais également de tous les documents de planification (PLH, PDU) sera déterminante pour la **trajectoire carbone de la MEL** au cours des prochaines décennies.

Axe 6 : accentuer la politique de mobilité durable

En matière de mobilité durable, le PCET voté en 2013 s'appuyait largement sur les actions du Plan de Déplacements Urbains adopté en 2011 et couvrant la décennie 2010-2020.

Une enquête déplacements réalisée en 2016 a mis en exergue le retard pris sur l'atteinte de certains objectifs du PDU, ce qui a induit l'adoption de nouvelles mesures entre 2016 et 2019, notamment un Plan Vélo, un Schéma Directeur des Infrastructures de Transports et un Plan Marche.

Par ailleurs, l'élaboration d'un nouveau Plan de Déplacements Urbains, désormais dénommé « Plan de Mobilité » a été initiée en 2018, en vue d'une adoption en 2022.

Les 10 actions comprises dans l'axe 6 ont été mises en œuvre dans le cadre du Plan de Déplacements Urbains (PDU) adopté pour la période 2010-2020. La nouvelle CSP transports conclue en 2018 intègre par ailleurs les objectifs du PCET relatifs au développement des transports en commun.

Les principales actions en matière de politique de mobilité durable :

- La conclusion d'une **nouvelle concession de service public sur la gestion du réseau de transports** (métro, bus, tram) pour la période 2018-2025. Le réseau a pris le nom d'Ilévia et est géré par l'entreprise Kéolis. Cette CSP intègre une série d'objectifs sur le développement de la fréquentation du réseau de transports, ce qui va dans le sens des objectifs du Plan Climat, ainsi que des objectifs de performance environnementale.

- L'adoption d'un **Schéma Directeur des Infrastructures de Transports** à l'horizon 2035, prévoyant 2 milliards d'euros d'investissements dans des projets d'infrastructures et de transports (nouvelles lignes de bus et de tram) ;
- **Un Plan Vélo de 30 millions d'euros** sur 2017-2020 : sur la période 2014-2020, 147 km de linéaires cyclables ont été réalisés et un certain nombre d'obstacles à la bonne circulation des vélos ont été levés. En 2017, une **aide à l'achat de vélos** a bénéficié à environ 10 000 personnes pour un total de subventions accordées par la MEL de 1 350 000 euros. Des actions de sensibilisation ont été menées régulièrement comme par exemple le **Challenge Vélo** organisé depuis plusieurs années et qui voit le nombre de participants augmenter d'année en année ;
- **Un Plan Marche** a été élaboré en 2018-2019 ;
- Une étude d'opportunité et de préfaisabilité d'une **Zone à Faibles Emissions (ZFE)** a abouti à la décision en 2019 de créer une telle ZFE **sur 11 communes de la Métropole**.

Les perspectives pour 2021-2026 :

La politique métropolitaine de mobilité pour la décennie à venir sera définie dans le **nouveau Plan de Mobilité**, actuellement en cours d'élaboration et dont l'adoption est prévue pour 2022.

En termes de développement des transports, les deux documents cadres que sont la **CSP transports 2018-2025** et le **Schéma Directeur des Infrastructures de Transports** ont posé les objectifs et les projets prévus pour les années à venir.

Le défi qui reste à relever concerne une **évolution massive des pratiques** de déplacements. Comme le montre l'enquête déplacements de 2016, la part modale de la voiture tend à croître au détriment de la marche, du vélo et des transports en commun. Or les transports routiers de personnes (et de marchandises) représentent 40% des émissions de gaz à effet de serre du territoire. Il est donc essentiel, pour réduire ces émissions de GES, de **basculer massivement vers des modes de déplacements décarbonés**. Pour cela, il faut d'une part mettre à disposition des habitants des infrastructures et des services de mobilité performants, mais également amener la population à modifier largement ses pratiques. Un large travail de sensibilisation est à mener, via l'ensemble des parties prenantes (communes, entreprises).

Axe 7 : généraliser la construction et la réhabilitation durables

Le Plan Climat pour 2014-2020 avait posé quatre objectifs en matière de construction et réhabilitation durables :

- Rénover l'habitat (habitat privé et habitat social) en s'orientant progressivement vers le facteur 4 (soit la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050) ;
- Améliorer la qualité des logements neufs ;
- Améliorer l'efficacité énergétique et rénover les bâtiments publics et tertiaires ;
- Développer la filière économique de l'écoconstruction et l'éco-réhabilitation

Sur les **14 actions** comprises dans l'axe 7 :

- 11 actions ont été réalisées
- 3 actions sont toujours en cours

Les principales actions en matière de construction et réhabilitation durables :

En matière de rénovation énergétique de logements privés ou sociaux :

- Sur 2017-2019, environ **6900 logements** ont été rénovés (dont 2645 dans le cadre des PIG dédiés à l'habitat et 4261 logements sociaux).
- En moyenne, **1500 logements sociaux** sont rénovés par an. Le plan de relance post-COVID portera l'effort à **2500 logements sociaux** rénovés par an.

Depuis fin 2013, la MEL anime un réseau du conseil et de l'accompagnement des particuliers en faveur d'un habitat plus durable et plus confortable, le réseau AMELIO. Créé en partenariat avec les communes, la Région Hauts-de-France, l'ADEME et l'ANAH, ce réseau se structure autour de :

- **La Maison de l'habitat durable (MHD)**, équipement de la ville de Lille à dimension métropolitaine et positionnée comme tête du réseau AMELIO;
- **les 11 conseillers info-énergie**, dont 10 conseillers territorialisés et 1 conseiller métropolitain spécifiquement dédié à l'accompagnement des copropriétés ;
- **les 6 équipes pluridisciplinaires AMELIO+** accompagnant à domicile les propriétaires occupants modestes et très modestes, propriétaires bailleurs, locataires et copropriétés afin de lutter contre l'habitat indigne et la précarité énergétique, et d'adapter également les logements au handicap et au vieillissement. AMELIO+ a complété en 2018 sa palette de solutions avec le déploiement d'une sensibilisation aux éco-gestes avec fourniture de petits équipements, une médiation sur la précarité énergétique pour les locataires et bailleurs ainsi que la mise en place d'un fond « petits travaux » et d'un partenariat avec le Département du Nord dans le cadre du dispositif Nord Equipement Habitat Solidarité (NEHS). Ce dispositif est accessible aux propriétaires, locataires et bailleurs du parc privé à faibles revenus dont les ressources mensuelles n'excèdent pas deux fois le RSA. Il vise à aider ces personnes à faibles revenus à améliorer leur habitat, que ce soit en termes de sécurité, d'isolation ou d'insalubrité.
- **un programme d'animations pédagogiques trimestriel**, proposé tout au long de l'année à la MHD et dans les communes volontaires, avec notamment trois parcours d'animations (rénovation, éco gestes et copropriétés).

L'ensemble de cette offre de services a été regroupé en 2018 sous la marque « **AMELIO, l'Habitat Durable dans la MEL** ».

Elle a été complétée en 2018 par un dispositif appelé « AMELIO PRO » qui consiste en une **concession de service public dédiée à la rénovation énergétique de l'habitat privé**. La mise en œuvre de cette CSP a commencé en septembre 2019. Elle vise à accompagner la **rénovation de 1660 logements en trois ans** et à dégager un **modèle économique** pouvant être ensuite généralisé. Les premiers contrats d'accompagnement ont été signés avec les ménages début 2020. Une charte de partenariat avec les artisans a été élaborée et une plateforme web de suivi des projets et de mise en relation avec les artisans a été développée.

Un nouveau **Programme d'Intérêt Général consacré à la rénovation énergétique de l'habitat** a été lancé en 2018 pour une durée de 5 ans et avec un objectif d'accompagnement de 10 500 ménages et de **rénovation de 6000 logements**.

Enfin, en décembre 2019, la MEL a voté l'octroi d'une **aide à la rénovation énergétique pour les ménages intermédiaires** (au-dessus des plafonds ANAH) de 2000 euros par ménage, ainsi que la possibilité d'une prime supplémentaire BBC rénovation de 5000 euros dans le cadre du programme Facilaréno de Dorémi (dynamique interrégionale de mobilisation de la filière professionnelle en faveur de la rénovation complète et performante des maisons individuelles).

Ces actions s'inscrivent dans un contexte de **renforcement du partenariat avec les artisans**. Un volet spécifique à la rénovation énergétique des logements a été développé dans la convention de partenariat conclue avec la Chambre des métiers et de l'artisanat en avril 2019.

En matière d'accompagnement des communes sur la performance énergétique de leurs bâtiments et équipements :

La MEL a mis en place plusieurs dispositifs pour accompagner les communes sur la maîtrise des consommations d'énergie.

- **Conseil en énergie partagé**

En partenariat avec l'ADEME et la Région Hauts-de-France, la Métropole Européenne de Lille a créé en septembre 2017 une nouvelle offre de service mutualisée de Conseil en énergie partagé (CEP) à destination des communes de moins de 15 000 habitants. Ainsi, trois conseillers ont été recrutés par la MEL au 1^{er} septembre 2017, avec un soutien financier de l'ADEME et de la Région Hauts-de-France.

Initialement, 23 communes se sont engagées dans cette démarche d'amélioration de la performance énergétique de leur patrimoine. Un état des lieux énergétique et patrimonial a été réalisé par les trois conseillers en énergie partagés. Cet état des lieux a permis d'élaborer de manière concertée avec les communes un programme d'actions pluriannuel adapté. En 2018, 22 communes ont adopté leur programme d'actions pluriannuel par délibération, et ont entamé la deuxième phase de ce dispositif de mise en œuvre des actions.

En 2019, 14 nouvelles communes ont rejoint ce dispositif, portant à 36 le nombre de communes participantes, soit 49% des communes de moins de 15 000 habitants sur la MEL.

Concernant les projets d'économies d'énergie engagés dans le cadre de ce dispositif, on note :

- 77 actions de premier niveau (sans investissements lourds) sur les 23 premières communes engagées
- 5 rénovations partielles réalisées la première année
- 34 projets de rénovations partielles
- 21 projets de rénovation globale de niveau BBC
- 23 projets d'ENR identifiés

1 219 298 kWh de consommations énergétiques ont ainsi été évitées, correspondant à 120 211 € d'économies financières.

- **Participation au programme ACTEE (2020-2021)**

En 2019, la MEL a candidaté avec succès, avec Amiens Métropole et Valenciennes Métropole, au **programme ACTEE** porté par la FNCCR. L'objectif de ce programme est d'accompagner les territoires souhaitant s'investir dans la rénovation énergétique dans une logique de mutualisation. Le programme ACTEE permettra de cofinancer 22 audits énergétiques à hauteur de 1000 euros/audit pour les communes engagées dans le CEP et de collaborer avec les deux territoires partenaires dans le domaine de la rénovation énergétique (plusieurs rencontres seront organisées d'ici la fin du programme prévue en juin 2021).

- **Dispositif mutualisé de valorisation des CEE**

Par ailleurs, la MEL a mis en place en 2019 un **dispositif mutualisé de valorisation des certificats d'économie d'énergie (CEE)** dont les communes peuvent bénéficier.

Ce dispositif a produit les résultats suivants en 2018-2019 :

Quantité de CEE obtenus :

CEE 2018 = 1 542 900 kWh cumac

CEE 2019 = 179 677 338 kWh cumac (dont 165 894 164 kWh cumac pour la MEL et 13 783 174 kWh cumac pour les communes)

soit un **total de 181 220 238 kWh cumac sur 2 ans**

Recettes en euros :

1 177 932 euros (dont 1 088 341 euros pour la MEL et 89 591 euros pour les communes)

- **Appels à projets pour les communes de moins de 15 000 habitants**

Les communes de moins de 15 000 habitants peuvent également répondre à deux **appels à projets** lancés par la MEL en 2017, concernant la **rénovation énergétique** du patrimoine communal et le **développement des énergies renouvelables**. En 2019, ces appels à projet ont porté une exigence accrue avec une approche en coût global et une meilleure cohérence avec d'autres programmes de financement incitatifs (ex : intégration des critères CEE).

33 projets de 20 communes (dont 16 communes CEP) ont été soutenus dans le cadre des AAP 2019.

Au total, **sur 3 ans, 73 projets ont été soutenus**, à hauteur d'environ 5% de l'investissement HT.

Les perspectives pour 2021-2026 :

Sur la rénovation énergétique des logements : le nouveau PCAET fixe un objectif de rénovation énergétique de **8200 logements par an d'ici 2030** (dont 20 copropriétés), soit une multiplication par trois de l'effort de rénovation actuel. L'atteinte d'un tel objectif implique une **massification des programmes de soutien et d'accompagnement à la rénovation énergétique** des logements et donc la **définition d'un modèle économique** adéquat.

Un nouveau **Programme Local de l'Habitat** est par ailleurs en cours d'élaboration, et devra intégrer les enjeux de rénovation énergétique des logements.

Sur l'accompagnement des communes : cet accompagnement a vocation à perdurer sur le sujet de la maîtrise de l'énergie et à se développer sur de nouvelles thématiques du Plan Climat (qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sensibilisation du public...).

Axe 8 : favoriser la production et la consommation durables et la compétitivité économique du territoire

L'axe 8 du PCET ambitionnait de :

- favoriser la mobilisation des acteurs économiques en faveur du développement durable et d'un changement de paradigme, en travaillant notamment sur la **gestion durable des parcs d'activité** ;
- répondre aux besoins alimentaires de proximité en favorisant le **développement d'une agriculture durable**, en mettant à disposition des terrains pour le développement de jardins familiaux, en garantissant des débouchés aux agriculteurs locaux grâce à l'approvisionnement de la restauration collective en produits locaux et bio, et en développant les marchés de proximité ;
- optimiser le **transport de marchandises et les activités logistiques**, en favorisant l'essor des modes de transport ferroviaire et fluvial, en optimisant le transport routier de marchandises ainsi que l'organisation de la logistique urbaine, en favorisant le développement des éco-activités ainsi que les filières de valorisation des déchets.

Sur les **12 actions** comprises dans l'axe 8 :

- 5 actions ont été réalisées
- 7 actions sont en cours
- des actions non prévues ont été mises en œuvre

Les principales actions à retenir en matière de production et consommation durables :

Concernant la mobilisation des acteurs économiques :

- **Gestion durable des parcs d'activité**: mise en œuvre de la **charte des parcs d'activités du XXI^e siècle** sur les cinq parcs d'activités labellisés, démonstrateurs d'un aménagement économique durable, sur les valeurs de mobilité, densité, performance énergétique, performance écologique, gouvernance, et mixité.
- **Développement des énergies renouvelables dans les zones d'activité** : proposition d'audits énergétiques aux entreprises dans le cadre des financements TEPCV (Territoires à Energie Positive pour la Croissance Verte), et étude de planification énergétique à l'échelle d'un parc d'activité test (Ravennes-les-Francis) dans le cadre du projet européen BISEPS ;
- **Soutien à l'économie sociale et solidaire** via l'appel à projets permanents « entreprendre autrement » et la prise en compte de critères de responsabilité sociale et environnementale pour le versement d'aides aux entreprises ;
- **Soutien au lancement d'une monnaie locale**.

En matière de soutien à une alimentation locale et de qualité :

- En octobre 2019, la MEL a adopté son premier **Programme Alimentaire Territorial (PAT)** ;
- Accompagnement des communes pour la place des produits locaux dans la restauration collective et le développement d'une alimentation durable ;
- Création d'un fonds de concours en soutien à des projets agricoles communaux : soutien à l'installation d'exploitations agricoles à forte valeur ajoutée (micro-maraîchage intensif, fermes urbaines...) sur de petites unités foncières communales. Les projets ont vocation à contribuer au maintien et à l'amélioration des ressources naturelles du territoire (via l'installation de baux environnementaux par les communes sur les parcelles concernées) ;
- Projets agricoles, environnementaux et climatiques : aides UE (dans le cadre de la PAC) versées aux agriculteurs pour services environnementaux (fauches, mares...) ;
- Développement de la production en agriculture biologique : actions de sensibilisation (ex. mois de l'agriculture bio...), accompagnement des exploitants dans la démarche de conversion... ;
- Zone maraîchère de Wavrin : créée en 2017, projet d'extension en 2019-2020 ;

- Projet agro-environnemental et naturel (PAEN) : projet de protection du foncier agricole et naturel par arrêté interministériel, associé à un projet agricole, environnemental et naturel sur le parcellaire protégé (ex. développement de l'agriculture bio, chemins de randonnées...). Premier PAEN sur l'Arc Nord de la MEL d'ici 2022 ;
- Actions de protection de la biodiversité : plantation de haies paysagères, agroforesterie, préservation de l'abeille noire (installation de ruchers) ;
- Développement des agro-technologies : réseau de capteurs partagés (pluie, vent) en vue d'optimiser les traitements ;
- Développement de la méthanisation agricole : sensibilisation et accompagnement des agriculteurs, développement de projets ;
- Plan de circulation des engins agricoles : la MEL fournit un espace de dialogue entre les Unités Territoriales, le service de la voirie et les agriculteurs : remontée d'informations sur les problèmes de circulation des engins agricoles.

Les perspectives pour 2021-2026 :

Les entreprises et le monde économique en général (industrie, tertiaire) sont à l'origine d'une part importante des consommations d'énergie ainsi que des émissions de GES et de polluants atmosphériques du territoire. Ce sont donc des partenaires indispensables pour l'atteinte des objectifs climatiques et d'amélioration de la qualité de l'air du territoire.

Le nouveau PCAET propose donc de **poursuivre et généraliser la mobilisation et l'accompagnement des entreprises et des grands sites d'activités** sur la réduction des consommations d'énergie, des émissions de GES et de polluants atmosphériques, mais également sur la prise en compte des enjeux de résilience et d'adaptation au changement climatique, à travers des contrats d'objectifs et de moyens. Le diagnostic territorial réalisé à l'occasion de l'élaboration du nouveau Plan Climat Air Energie Territorial a permis d'identifier les entreprises les plus consommatrices d'énergie du territoire. Des contrats d'objectifs et de moyens entre la MEL et ces entreprises sont en cours d'élaboration depuis 2019 avec pour objectif premier la réduction des consommations d'énergie de ces entreprises.

Par ailleurs, le **plan de relance post-COVID prévoit un accompagnement des entreprises bénéficiaires d'aides de la MEL sur les sujets de la transition énergétique et climatique**.

Concernant le monde agricole, une démarche CLIM'AGRI a été engagée en 2019, afin de définir des actions de réduction des émissions de GES et de polluants atmosphériques.

La mise en œuvre du PAT et la démarche CLIM'AGRI constitueront donc deux actions majeures du futur PCAET pour le secteur de l'agriculture.

Axe 9 : mobiliser les acteurs concernés par les enjeux climat-énergie vers le passage à l'action

Cet axe du PCET prévoyait une large mobilisation des acteurs, tant au sein de la MEL que sur le territoire :

- au sein de la MEL, avec un travail prévu sur le recyclage des matériaux de voirie, la mise en œuvre d'un Plan de Déplacements Administration (PDA), la réduction des émissions de GES du centre de valorisation énergétique d'Halluin, le développement des produits biologiques et locaux dans le restaurant métropolitain, la réduction des consommations d'énergie des équipements sportifs métropolitains et la réduction de la consommation de papier ;
- la mobilisation des communes, avec la poursuite des politiques de développement durable, et des actions de mutualisation sur la maîtrise de l'énergie ;
- la mobilisation des entreprises, notamment sur la gestion des déplacements professionnels et domicile-travail ou, dans le secteur du tourisme, la valorisation de modes de transports alternatifs à la voiture.

Sur les **13 actions** comprises dans l'axe 9 :

- 5 actions ont été réalisées
- 8 actions sont en cours

Les principales actions à en matière de mobilisation des acteurs

Sur la mobilisation des services métropolitains :

Le projet phare en la matière a été le lancement de **l'élaboration d'un premier « budget climatique »**, c'est-à-dire d'une estimation de l'impact climatique du budget métropolitain 2019. Une première méthodologie a été élaborée avec le bureau d'études I4CE et les métropoles de Strasbourg et Lyon, ainsi que la Ville de Lille en 2019-2020, méthodologie que la MEL a appliqué sur son budget (compte administratif) 2019.

Cette démarche innovante et encore expérimentale a vocation à perdurer et à se consolider dans les années à venir, afin de devenir un réel outil d'aide à la décision aux services et aux élus tout au long de la procédure budgétaire et en amont, lors de l'élaboration des projets.

Sur la mobilisation des communes :

- Mise en place de **services mutualisés comme le Conseil en Energie Partagé**, dans lequel 36 communes de moins de 15 000 habitants sont engagées, ou la **valorisation de certificats d'économies d'énergie** ;
- Mise à disposition des communes de **deux fonds de concours** à partir de 2017 sur la rénovation énergétique des bâtiments publics et le développement de la production d'énergies renouvelables ;

- Animation d'un **groupe d'échanges techniques** entre la MEL et les communes sur la maîtrise de l'énergie ;
- Animation de **formations** dans les communes sur les obligations réglementaires relatives à la **qualité de l'air dans les ERP**.

Sur la mobilisation des partenaires (entreprises, associations...)

Environ 40 chartes d'engagement avec des partenaires du Plan Climat (entreprises, communes, associations) ont été signées en 2015-2016. Le suivi de la mise en œuvre de ces chartes nécessite toutefois un important travail qui n'a pu être réalisé sur la durée du mandat.

Sur la mobilisation des citoyens :

- Lancement en 2016 de l'**appel à projets permanent « Mets la Transition dans ton Quartier »** : au total, **100 projets ont bénéficié d'une subvention métropolitaine** entre 2016 et début 2020. Ces projets ont porté sur différentes thématiques : éco-responsabilité, agriculture et alimentation (potagers partagés, bacs incroyables comestibles), zéro déchet et réparation (repair café, outil-thèques, ressourceries), cadre de vie et biodiversité (chantiers, friches), mobilité (vélo, réparation vélo), énergies renouvelables (panneaux solaires).

Le **montant total des subventions accordées a été de 523 944 euros**, pour un budget prévisionnel total des projets de 2 310 210 euros. 31 communes de la MEL ont accueilli au moins un projet sur leur territoire et 54 projets ont comporté au moins une action se déroulant dans un quartier « politique de la ville ».

Selon les bilans reçus pour les actions terminées, plus de 16 000 personnes ont été impactées par ces projets : 9 240 "sensibilisées", 5 350 "avec une participation active mais ponctuelle", 1484 avec un « accompagnement pratique dans la durée » et 349 considérées comme "autonomes dans le nouveau comportement".

- **Animation de plusieurs défis citoyens** : notamment le défi « Familles à Energie Positive » depuis fin 2015 (devenu le défi DECLICS en 2019), et le défi Zéro Déchet en 2017-2018. Ces dispositifs ont permis de sensibiliser plus de 1500 familles entre 2017 et 2019.
- De **nombreuses animations organisées tout au long de l'année à la Maison de l'Habitat Durable**, avec des ateliers sur le thème de la rénovation énergétique et l'habitat durable en général.
- De **nombreuses animations réalisées dans le cadre du Plan de Prévention des Déchets** adopté pour la période 2017-2021.

Les perspectives pour 2021-2026 :

Au sein de la MEL, le déploiement généralisé de la méthode du « **budget climatique** » devrait permettre de mieux prendre en compte l'impact des politiques métropolitaines sur le climat et la qualité de l'air et d'améliorer ainsi la prise en compte des enjeux climatiques. Cet outil pourra aussi être déployé auprès des communes intéressées.

La mobilisation de l'ensemble des acteurs du territoire est une condition *sine qua none* à l'atteinte d'objectifs ambitieux de réduction des émissions de GES et des consommations d'énergie à l'échelle du territoire métropolitain. Ainsi des **dispositifs d'accompagnement des communes et des entreprises** plus systématiques et mieux dotés en moyens humains et financiers devront être mis en place.

La réduction massive des émissions de GES voire l'atteinte de la neutralité carbone à plus ou moins longue échéance nécessitent par ailleurs des **évolutions majeures des comportements** de l'ensemble des habitants, que ce soit en termes de déplacements, de consommation, d'habitat... Dès lors, une large sensibilisation du public doit être envisagée, parallèlement à la mise à disposition des conditions structurelles permettant aux citoyens d'effectivement modifier leurs comportements (mise à disposition d'infrastructures de mobilités alternatives performantes, circuits courts, aides à la rénovation énergétique des logements....). Pour cela, de nouveaux dispositifs devront être imaginés, afin de toucher un plus grand nombre de personnes.

Le budget climatique, une démarche innovante

à systématiser au cours des prochaines années

Le budget climatique est un outil d'aide à la décision qui permet d'appréhender la capacité des projets et des politiques publiques portés par la MEL et votés à travers son budget annuel à répondre aux objectifs fixés dans le Plan Climat-Air-Energie Territorial.

Ce budget climatique, à travers ses indicateurs, permet d'acculturer l'ensemble des acteurs de la MEL au lien étroit entre budget et impacts climatiques. En éclairant ainsi les décisions, le budget climatique a pour objectif de devenir un véritable outil d'aide à la décision pour les élus métropolitains, leur permettant d'apprécier l'impact des politiques publiques et des projets de la MEL au regard des trois enjeux du Plan Climat : atténuation des émissions de GES, adaptation aux conséquences du réchauffement, amélioration de la qualité de l'air.

Le développement de la méthodologie d'élaboration d'un budget climatique a été réalisé par un groupe de travail piloté par I4CE (think-tank spécialisé sur l'économie du climat qui a déjà mené un travail similaire sur le budget de l'Etat) et les métropoles de Strasbourg, Lyon et Lille ainsi que les villes de Paris et Lille. Un premier guide méthodologique paraîtra en milieu d'année 2020.

La MEL mène parallèlement un travail d'élaboration d'un budget climatique en interne avec un premier test en 2020 sur le compte administratif 2019 ainsi que sur la construction du budget primitif 2021. Le travail mené en interne va au-delà de la réflexion menée avec le groupe de travail national qui concerne uniquement l'enjeu de l'atténuation du changement climatique. En effet l'analyse des dépenses portera également sur les objectifs d'adaptation au réchauffement et de santé environnementale, notamment à travers la qualité de l'air.

De plus, le budget climatique de la MEL intègrera un indicateur sur l'impact brut de nos dépenses, indicateur fortement lié au Schéma de Promotion des Achats Publics Socialement et Ecologiquement Responsables (SPAPSER) adopté le 14 décembre 2018, dont l'un des objectifs est d'intégrer des clauses et des critères environnementaux, notamment climatiques, dans les marchés de commande publique pour les rendre compatibles avec les objectifs fixés dans le PCAET.

Le budget climatique permettra également une analyse sur la mobilisation des fonds sollicités pour financer les politiques et les projets métropolitains et objectiver l'intérêt ou non de souscrire voire d'émettre des fonds verts ("green bonds").

III – Quelques points d’amélioration à anticiper pour le prochain Plan Climat

Le dispositif de suivi et d’évaluation

Le pilotage de la politique climat-air-énergie implique d’avoir une vision précise de :

- l’évolution des **indicateurs territoriaux** (émissions de GES, consommations d’énergie, polluants atmosphériques), de façon régulière, dans l’idéal sur un pas de temps annuel ;
- la mise en œuvre de l’ensemble des **actions portées par la MEL**, et l’estimation de leur impact environnemental, ce qui implique un suivi transversal en interne ;
- la mise en œuvre de l’ensemble des **actions portées par des acteurs du territoire** (communes, entreprises...), ce qui implique un travail de suivi et remontée des données de multiples structures vers la MEL.

Afin de mesurer l’adéquation des plans d’actions avec les objectifs territoriaux fixés dans le PCAET en matière de réduction des émissions de GES, de consommations d’énergie et de polluants atmosphériques, il faut pouvoir estimer l’impact de chaque action portée par la MEL ou un acteur du territoire. Or l’estimation de l’impact GES d’une action peut très vite s’avérer complexe et/ou nécessiter de nombreuses données.

L’ensemble de ces tâches de collecte et gestion des données climat-air-énergie, de suivi de la mise en œuvre des actions du Plan Climat et d’estimation de leur impact climatique requièrent donc des compétences spécifiques, ainsi qu’un important travail de collecte et d’analyse de données, et donc des moyens humains et financiers dédiés. Il s’agit aussi de systématiser une méthode de suivi des données et des actions.

La gouvernance territoriale

Les objectifs territoriaux à atteindre dans le cadre d’un Plan Climat sont extrêmement ambitieux. Ils ne peuvent être atteints avec les seules actions portées par la MEL, mais nécessitent bien un **engagement de l’ensemble des acteurs du territoire** (95 communes, entreprises, mais aussi l’ensemble des habitants qui par leurs comportements ont une influence prépondérante sur les émissions de GES du territoire).

Le rôle de la MEL sur son territoire est celui d’un « chef de file » de la transition climatique et énergétique. Elle doit ainsi animer une gouvernance territoriale permettant d’associer le plus grand nombre possible d’acteurs territoriaux à la mise en œuvre du Plan Climat, c’est-à-dire à la mise en œuvre d’actions permettant d’atteindre les objectifs territoriaux de réduction des émissions de GES ou de polluants atmosphériques et de réduction des consommations d’énergie.

La MEL a initié dès 2010 des formes de gouvernance territoriales sur les enjeux climatiques, avec notamment la mise en place d'un comité partenarial associant tous les acteurs du territoire intéressés par le Plan Climat. Ce comité a toutefois connu un certain essoufflement et son fonctionnement doit être redynamisé et amélioré pour lui permettre de véritablement jouer son rôle d'instance de concertation territoriale.

Par ailleurs, il apparaît également pertinent de mieux associer le monde académique et les chercheurs à la mise en œuvre du Plan Climat, de façon à ce que les politiques climatiques de la Métropole soient fondées sur les résultats scientifiques les plus récents possibles. L'élaboration et la mise en œuvre d'un nouveau PCAET seront donc l'occasion de renouveler et redynamiser la gouvernance territoriale sur les enjeux climatiques.

7. Annexes

Liste des annexes

Annexe 1 : Description technique de la filière solaire thermique

Annexe 2 : Description technique de la filière solaire photovoltaïque

Annexe 3 : Description technique de la filière bois énergie

Annexe 4 : Description technique de la filière géothermie

Annexe 5 : Description technique de la filière aérothermie

Annexe 6 : Limites et précautions d'utilisation de la base de données occupation du sol de l'ADULM

Annexe 7 : carte de l'occupation du sol du SCOT de Lille Métropole en 2015 (ADULM)

Annexe 8 : Nomenclature de l'occupation du sol unidimensionnelle de l'ADULM

Annexe 9 : Limites et précautions d'utilisation de la base de données diachronique d'occupation du sol en deux dimensions (OCS^{2D}) sur le Nord et le Pas-de-Calais en 2005 et 2015

Annexe 10 : Nomenclature de l'occupation du sol en deux dimensions (OCS^{2D})

7.1 Annexes relatives à la partie « énergies renouvelables »

Annexe 1 - Description technique de la filière solaire thermique

Principe de fonctionnement

Le principe consiste à capter le rayonnement solaire et à le stocker dans le cas des systèmes passifs (véranda, serre, façade vitrée) ou, s'il s'agit de systèmes actifs, à redistribuer cette énergie par le biais d'un circulateur et d'un fluide caloporteur qui peut être de l'eau, un liquide antigel ou même de l'air.

Une surface exposée au soleil capte une partie du rayonnement, se réchauffe, et réfléchit une autre partie. Un capteur solaire thermique convertit le rayonnement en chaleur.

Vecteurs énergétiques

L'eau est le principal vecteur énergétique dans le cas des applications suivantes du solaire thermique :

- le chauffage de l'eau chaude sanitaire et des bâtiments ;
- la climatisation solaire.

L'air est utilisé pour les applications de chauffage des bâtiments et de séchage des récoltes.

Énergie finale produite :

La chaleur produite par un capteur solaire thermique est fonction de l'ensoleillement qu'il reçoit, de son positionnement (inclinaison et orientation), de la température ambiante et du lieu d'implantation. L'énergie finale produite est de type thermique, elle est exprimée en Wh.

Performances énergétiques typiques :

Un capteur solaire plan vitré d'un mètre carré produit environ 400 kWh/an⁴⁴ à Châlons-en-Champagne, pour une couverture des besoins de 55 %. Selon le type de capteurs, la régularité des besoins, l'orientation, l'inclinaison et la présence de masques (obstacles produisant des ombres portées sur les capteurs) ; la productivité d'un capteur solaire thermique varie entre 300 et 500 kWh/m².an. La productivité diminue également lorsqu'une installation est plus largement dimensionnée, puisque la température du système augmente et que la stagnation des capteurs se produit plus fréquemment.

Mise en œuvre de la technologie

L'énergie solaire thermique peut être utilisée efficacement selon plusieurs méthodes. Les applications ayant trait à l'utilisation de l'énergie solaire thermique peuvent être regroupées en cinq catégories principales :

- la production d'eau chaude,
- le chauffage des bâtiments,
- le séchage,
- la haute température,

⁴⁴ Résultats obtenus à partir de simulations réalisées sur le logiciel SOLO 2000.

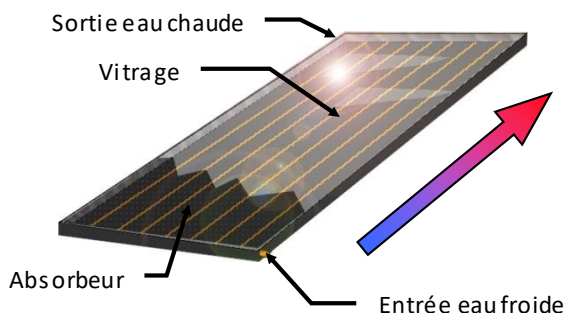
- le refroidissement.

La production d'eau chaude

Les capteurs solaires de type plan sont les plus couramment utilisés. Ils se composent d'un absorbeur situé dans un coffrage isolé en face arrière et constitué d'un vitrage en face avant.

Cet absorbeur possède une couche sélective qui augmente la captation de l'énergie solaire tout en limitant les pertes par rayonnement.

Le vitrage quant à lui évite le refroidissement de l'absorbeur par le vent et crée un effet de serre qui augmente le rendement du capteur. L'isolation à l'arrière du capteur diminue les pertes de chaleur.



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

Schéma d'un capteur solaire de type plan

Les capteurs plans sont utilisés pour la production d'eau chaude sanitaire sur des habitations ou des installations collectives. Un premier ballon de stockage solaire est généralement placé en amont d'un deuxième ballon d'appoint (au gaz, fioul ou électrique) ; celui-ci assure le maintien en température de consigne de l'eau chaude.



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

Dans le cas d'une habitation neuve, il est possible d'installer un seul ballon qui intègre un deuxième échangeur ou une résistance électrique.

 Terminologie :

Dans le domaine de l'habitat, le Chauffe-Eau Solaire Individuel est appelé **CESI**. Dans le secteur collectif, le Chauffe-Eau Solaire Collectif est appelé **CESC**.

Il est toujours nécessaire de recourir à un appoint, l'énergie solaire ne pouvant couvrir l'intégralité des besoins.

En ce qui concerne les installations collectives, diverses solutions techniques existent afin d'adapter la préparation d'eau chaude au contexte de chaque bâtiment. Le plus souvent, la production d'eau chaude est centralisée et collective pour tout le bâtiment. Dans le cas d'un bâtiment existant, l'ancienne installation de production d'eau chaude est conservée en appoint au système solaire.

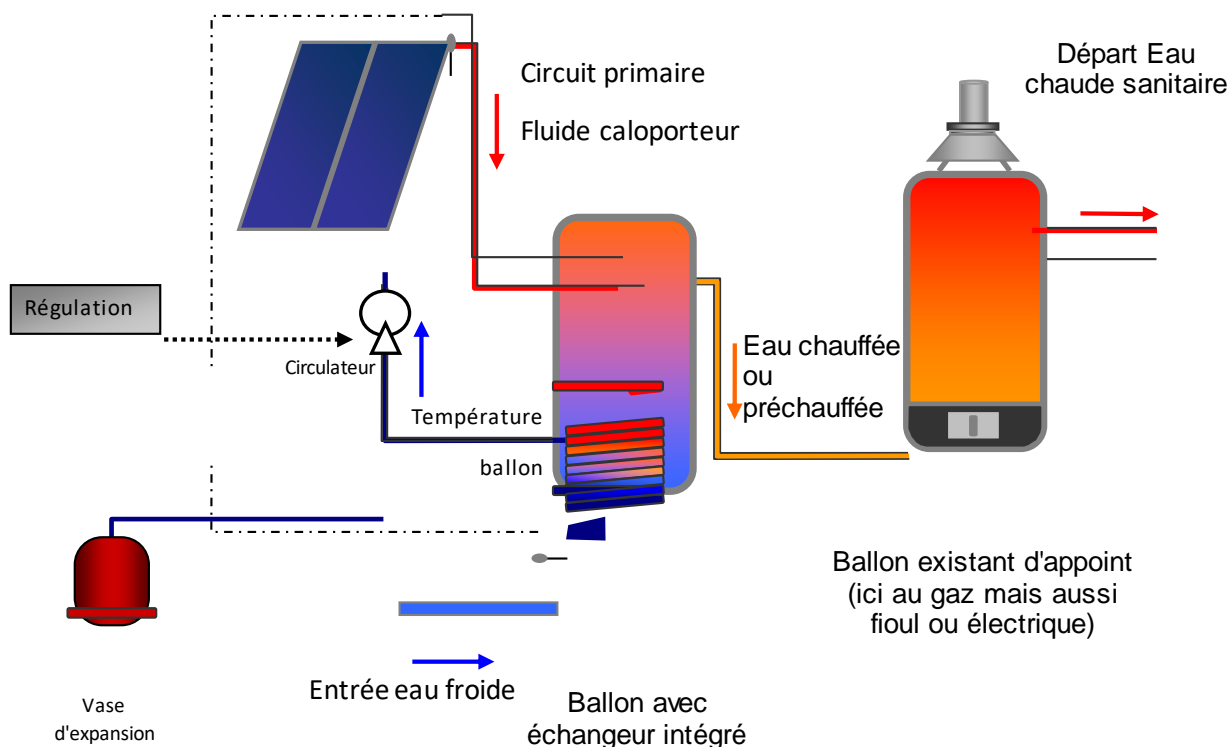


Schéma de principe d'une installation solaire individuelle

Remarque : Pour une installation collective, le principe est le même, simplement l'échangeur de chaleur est extérieur au ballon solaire ; il est situé en amont du ballon, après les capteurs.

Dans le cas d'un bâtiment neuf, la préparation d'eau chaude solaire peut être individuelle à chaque logement/bureau. Une installation comme celle décrite dans le schéma ci-contre permet une gestion individuelle de l'énergie : le syndic de l'immeuble n'a pas à gérer la facturation d'une énergie centrale.

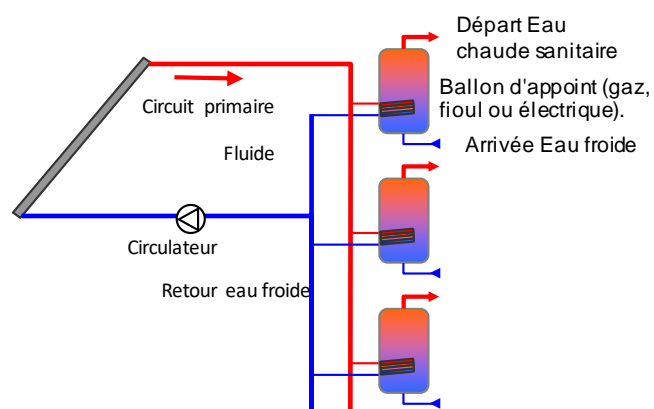
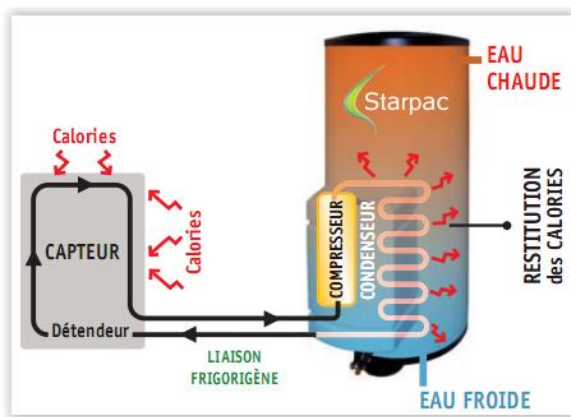


Schéma de principe d'une installation d'eau chaude collective individualisée

LE CHAUFFE-EAU SOLAIRE THERMODYNAMIQUE

Le chauffe-eau solaire thermodynamique fonctionne sur le même principe qu'un chauffe-eau thermodynamique (ballon d'eau chaude associé à une pompe à chaleur). En revanche, le fluide frigorigène passe en circuit fermé dans le capteur solaire. Il s'évapore au contact de la chaleur de l'atmosphère (rayonnement solaire, chaleur du vent et de la pluie). Il passe ensuite dans un compresseur puis restitue ses calories à l'eau du ballon via un condenseur. Le fluide est alors détendu avant de repartir vers le panneau pour un nouveau cycle.



Principe de fonctionnement (Source : Lumensol)



Chauffe-eau, pompe à chaleur et panneau thermodynamique (Source : Neo[E]nergy)

Les chauffe-eau solaires thermodynamiques présentent un rendement plus intéressant que les chauffe-eau thermodynamiques classiques: le COP varie entre 2,5 et 7 au lieu de 2,5 à 4.

- ➔ Il serait intéressant de tester ce type de matériel sur une **petite installation** (logement d'un gardien par exemple) et de suivre la performance énergétique sur les trois premières années.

Le chauffage des bâtiments : capteurs à eau

Le principe consiste à distribuer la chaleur provenant des capteurs solaires dans des radiateurs de grande surface ou dans un plancher chauffant (bâtiment neuf), le chauffage des locaux étant réalisé dans les deux cas en basse température. Ces systèmes de chauffage doivent recourir à un appoint puisque l'on ne couvre jamais 100 % des besoins de chauffage.

Il existe essentiellement deux types d'installations :

1. la première utilise un ballon de stockage solaire tampon plus ou moins important qui va permettre de continuer à chauffer le bâtiment même pendant les périodes consécutives de faible insolation.

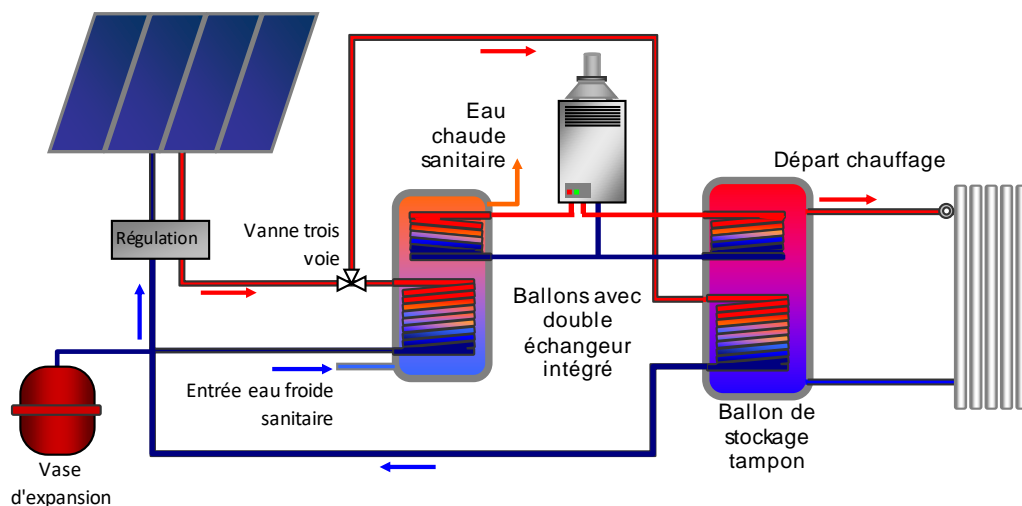


Schéma de principe du chauffage solaire avec tampon

Il est courant de voir aujourd'hui un seul ballon de stockage combiné qui permet ainsi de limiter l'encombrement et de simplifier la construction et la régulation de ces systèmes.

Terminologie :

Dans le domaine de l'habitat, le chauffage solaire d'une habitation et de l'eau chaude sanitaire est appelé **SSC** (Système Solaire Combiné).

2. La seconde installation envoie directement le fluide caloporteur provenant des capteurs solaires dans un circuit de tuyaux qui circulent dans la dalle en béton. L'inertie de cette dalle d'une épaisseur de 10 à 15 cm permet de restituer en soirée l'énergie accumulée pendant la journée.

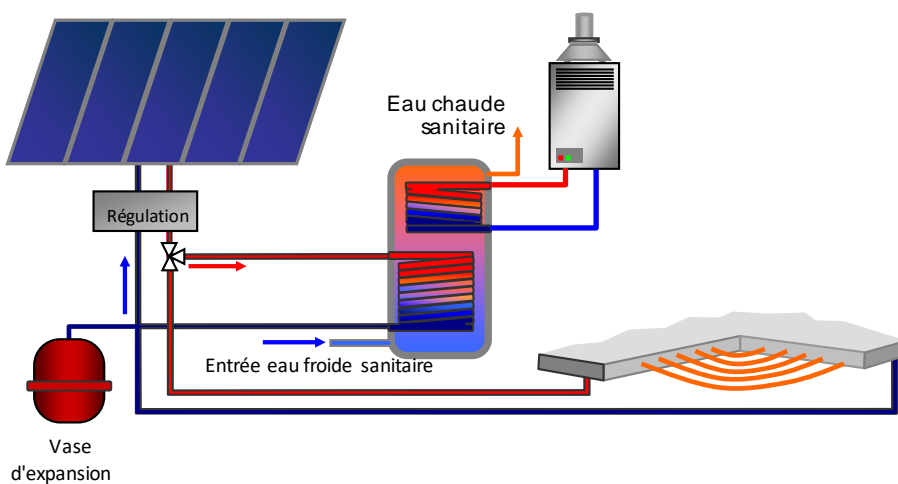


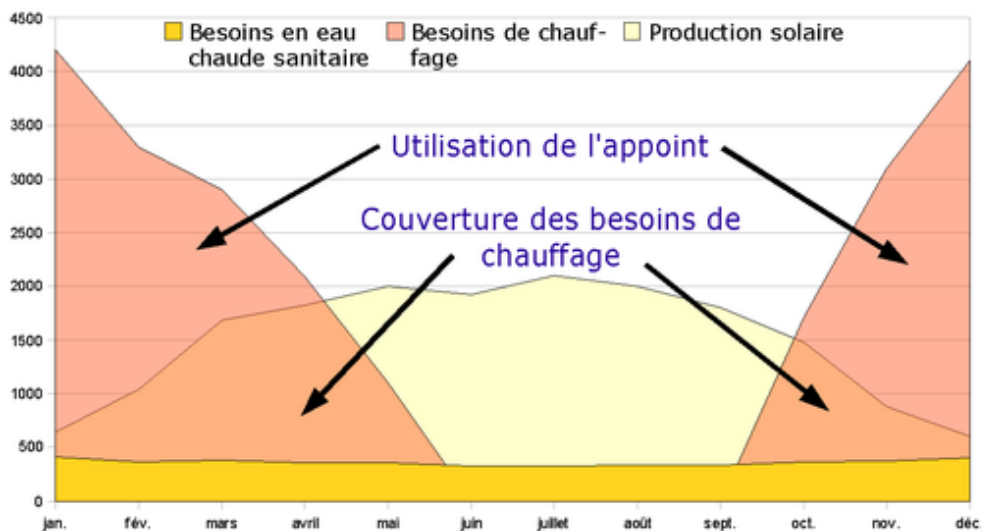
Schéma de principe d'une installation solaire avec chauffage direct

L'appoint peut être intégré au système solaire et dans ce cas, le plancher chauffant ou les radiateurs servent à distribuer la chaleur complémentaire qui provient d'une résistance électrique ou d'une chaudière gaz ou fioul.

 Terminologie :

Dans le domaine de l'habitat, le terme *plancher solaire direct* est une marque déposée de la société Clipsol. On parle alors de **PSDAI** (Plancher solaire direct à appoint intégré) ou de **PSDAS** (Plancher solaire direct à appoint séparé).

Ci-dessous un graphique permettant de visualiser la couverture des besoins possible grâce à un système solaire combiné.



Couverture des besoins d'un système solaire combiné
Source : <http://les-energies-renouvelables.eu/>

Le chauffage solaire de l'air des bâtiments

Encore peu utilisé en Europe, le chauffage solaire de l'air des bâtiments est couramment utilisé, notamment au Canada.

Le capteur le plus communément utilisé pour le chauffage de l'air de ventilation est le capteur solaire à plaque perforée sans vitrage, et cela, grâce à son faible coût, à sa grande efficacité ainsi qu'à sa facilité d'installation.

Le principe de ce type de capteur est un recouvrement mural extérieur professionnel perforé de nombreux petits trous espacés de 2 à 4 cm. L'air traverse les trous dans le capteur avant d'être envoyé à l'intérieur du bâtiment afin de fournir un nouvel air de ventilation préchauffé.

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



Les économies sont généralement importantes puisque le capteur fonctionne à des températures proches de celles de l'extérieur. Ces systèmes peuvent être très rentables, particulièrement lorsqu'ils remplacent un revêtement mural du bâtiment classique, puisqu'il est nécessaire de comparer uniquement les coûts différentiels aux économies d'énergie.

Une société française a développé un système de chauffage solaire de l'air des bâtiments par le biais de capteurs solaires thermiques à air. Leur conception est simple et ils sont souvent plus légers que les capteurs à circulation de liquide puisqu'ils ne possèdent pas de canalisations sous pression. Les capteurs à air n'ont pas de problèmes de refroidissement ni d'ébullition. Ce type de capteurs peut être intégré dans un bâtiment et être combiné à une masse thermique comme le mur trombe.

Le chauffage à air pulsé ou le couplage avec une VMC double-flux sont les applications principales. Ce type de technologie est particulièrement adapté aux hangars et entrepôts. Il peut également être envisagé dans des bâtiments tertiaires.



Capteurs solaires à air

La production de froid

Les systèmes solaires de climatisation sont constitués de capteurs solaires thermiques (capteur à air, capteur plan, capteur plan à concentration parabolique, capteur sous vide) associés à des machines à absorption ou à adsorption, ou encore à une pompe à chaleur.

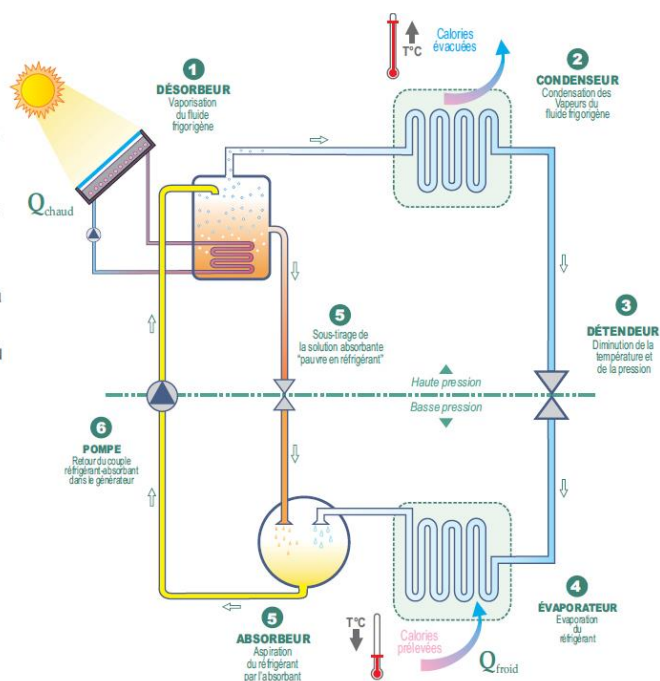
L'intérêt principal est de synchroniser les besoins de rafraîchissement avec les forts ensoleillements.

Ces systèmes peuvent être combinés afin de fournir le rafraîchissement en été, le chauffage en hiver et l'ECS toute l'année. Ils peuvent fonctionner sans appoint si le rafraîchissement en journée est suffisant. Sinon, on pourra coupler le réseau d'eau glacée à un climatiseur électrique (split).

- Les **machines à absorption** utilisent le circuit d'eau chaude issue du ballon pour alimenter un cycle à absorption qui produit de l'eau glacée. Pour cela, la machine comporte un cycle d'absorption contenant généralement du bromure de lithium entraînant un cycle de refroidissement avec une tour d'aération contenant un liquide réfrigérant.

Principe de fonctionnement :

- 1 Une solution composée d'un couple liquide réfrigérant et liquide absorbant est portée à ébullition à l'intérieur du désorbeur grâce à l'apport calorifique de panneaux solaires thermiques. La pression augmente et le réfrigérant s'évapore en se séparant de l'absorbant,
- 2 Les vapeurs du réfrigérant sont dirigées vers le condenseur où elles cèdent leur chaleur par refroidissement au contact de l'air ambiant,
- 3 Les condensats du réfrigérant sont détendus pour accéder à la zone basse pression de l'installation,
- 4 Le réfrigérant à l'état liquide est dirigé dans l'évaporateur où il se vaporise instantanément en prélevant les calories du local à refroidir,
- 5 Conjointement, la solution absorbante "pauvre en réfrigérant" est soustraite du désorbeur via une vanne de détente pour alimenter l'absorbeur. Les vapeurs du réfrigérant mises en contact avec cette solution sont alors absorbées.
- 6 Le couple réfrigérant-absorbant ainsi régénéré est ramené vers le désorbeur par une pompe. Le cycle peut alors recommencer.

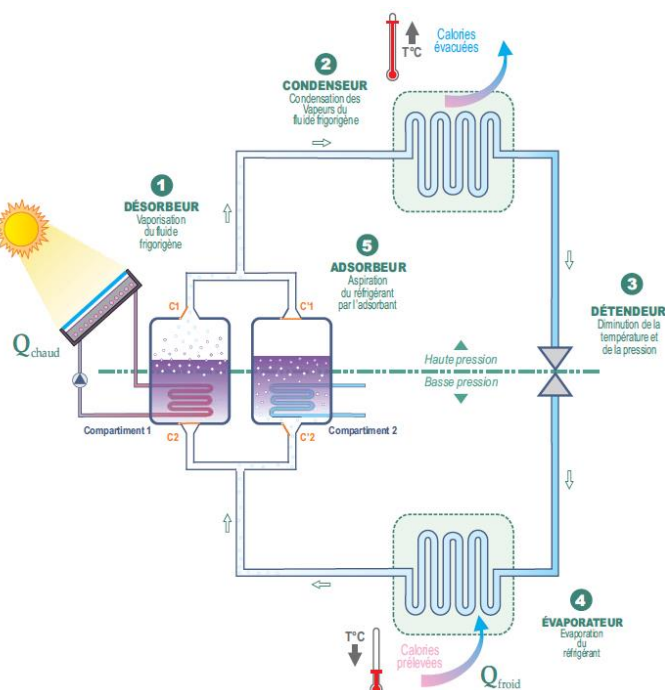


Principe de fonctionnement de la climatisation solaire à absorption
Source : Le Moniteur

- Les machines à **adsorption** fonctionnent de la même façon, mais utilisent un adsorbant solide.
-

Principe de fonctionnement :

- 1 Un premier compartiment contenant le solide adsorbant en équilibre thermodynamique avec le fluide réfrigérant reçoit l'apport calorifique de panneaux solaires thermiques. L'adsorbant s'échauffe, ce qui provoque la désorption du réfrigérant et une élévation de pression. Lorsque la pression de vapeur du réfrigérant atteint la valeur correspondant à la pression du condenseur, le clapet C1 est ouvert et les vapeurs sont connectées au condenseur,
- 2 Dans le condenseur, les vapeurs du réfrigérant cèdent leur chaleur par refroidissement au contact de l'air ambiant,
- 3 Les condensats du réfrigérant sont détendus pour accéder à la zone basse pression de l'installation,
- 4 Le réfrigérant à l'état liquide est dirigé dans l'évaporateur où il se vaporise instantanément en prélevant les calories du local à refroidir,
- 5 L'adsorbant du deuxième compartiment est refroidi au contact d'un circuit d'eau et maintient la basse pression. Le clapet C'2 est ouvert afin de permettre l'adsorption des vapeurs stockées dans l'évaporateur. Un nouveau cycle peut alors recommencer,
- 6 La fonction désorbeur-adsorbant de chaque compartiment est permutée à chaque cycle par ouverture et fermeture des clapets C1 C'2 et C'1 C2.



Principe de fonctionnement de la climatisation solaire à adsorption, Source : Le Moniteur

Le chauffage solaire des piscines

La mise en place d'une installation de chauffage solaire pour piscine permet de préchauffer l'eau du bassin et de prolonger la période d'utilisation de la piscine. Pour une piscine en plein air (utilisation estivale), les capteurs utilisés seront de type « moquette solaire » (également appelé « semi-rigide ») : les capteurs consistent en un réseau de tuyaux souples noirs qui peuvent être posés en toiture, en terrasse ou au sol.

Le chauffage solaire des piscines en plein air est la plus simple des applications solaires. Pour les piscines couvertes (utilisation annuelle), ce sont plutôt des capteurs plans vitrés qui sont utilisés.

En ce qui concerne le chauffage de l'eau d'une piscine, la température à atteindre est relativement basse (inférieure à 30°C) et la masse d'eau à chauffer importante ; ces deux paramètres permettent d'obtenir des rendements intéressants.

Par rapport aux autres énergies « traditionnelles » (électricité, gaz ou autre), le chauffage solaire d'une piscine est très économique.

Afin de dimensionner la surface de capteurs, une étude préalable doit être menée pour prendre en compte les éléments suivants :

- température extérieure et température de la piscine souhaitée,
- dimensions de la piscine,
- période d'utilisation,
- vent à la surface de l'eau,
- contraintes de fonctionnement propres à l'équipement.

L'utilisation de l'énergie solaire pour préchauffer l'eau des piscines permet d'économiser l'énergie habituellement utilisée à cet effet ; elle permet également d'allonger la période d'utilisation de la piscine sans frais supplémentaires. L'énergie solaire présente des avantages certains :

- la ressource d'énergie utilisée est renouvelable et gratuite, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre ;
- le processus de production de chaleur n'a aucun impact sur l'environnement (pas de rejet polluant, pas de déchets, etc.) ;
- dans le cas d'une substitution d'énergie électrique, le réseau électrique est soulagé.

Systèmes hybrides photovoltaïque et thermique

La réflexion de départ débute sur la surchauffe préjudiciable des modules photovoltaïques, surtout en été. Cet échauffement des cellules photovoltaïques entraîne un rendement en baisse et l'idée de pouvoir récupérer les calories du module photovoltaïque pour chauffer l'eau est alors légitime. Encore au stade de prototype pour certaines sociétés ou déjà commercialisé pour d'autres, le capteur hybride combine ainsi la production d'eau chaude par le biais d'un échangeur à l'arrière d'un module photovoltaïque dont les matériaux, la fabrication et les transferts de chaleur ont été optimisés pour cette bi-production.

Le principal intérêt est un gain de place sur les toitures. Côté production, une installation intégrant un capteur hybride voit sa production thermique diminuer d'environ 36% par rapport à un capteur thermique pur, et sa production électrique diminuer d'environ 19% par rapport à un module photovoltaïque pur (source : Performances énergétiques de capteurs solaires hybrides PV-T pour la production d'eau chaude sanitaire - Patrick DUPEYRAT, Yu BAI, Gérald KWIATKOWSKI, Gilles FRAISSE et Christophe MENEZO). Il faut noter qu'il existe une marge de progression et ce type de capteur pourrait se montrer compétitif face à des installations solaires standard.



Version bêta du panneau Dualsun 250 M

Annexe 2 - Description technique de la filière solaire photovoltaïque

Principe de fonctionnement

Les modules photovoltaïques **produisent de l'électricité** à partir de l'ensoleillement (les photons de la lumière du soleil), il ne faut donc pas les confondre avec les panneaux solaires thermiques qui produisent de la chaleur qui est transmise par un fluide caloporteur.

Actuellement, deux technologies principales existent et sont commercialisées :

- le polycristallin ou monocristallin,
- l'amorphe.

LES MODULES POLYCRISTALLINS OU MONOCRISTALLINS

La cellule photovoltaïque est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse et la transforme directement en courant électrique. Le principe de fonctionnement de cette cellule fait appel aux propriétés du rayonnement et à celles des semi-conducteurs.

Lorsqu'une cellule est exposée au rayonnement électromagnétique solaire, les photons de la lumière viennent frapper la face avant de la cellule. Cette énergie est suffisante pour permettre aux électrons (présents en abondance sur cette face) de se déplacer sur la face arrière de la cellule (qui présente un manque d'électrons).

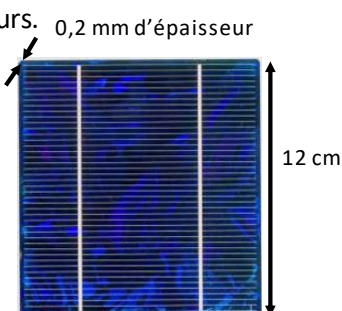


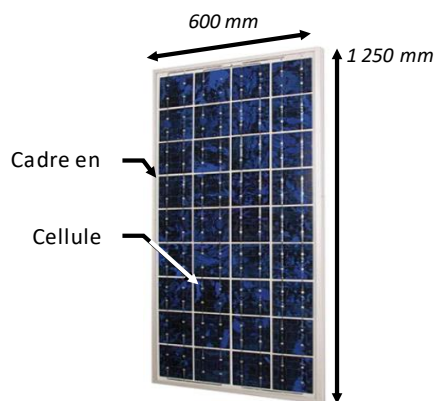


Figure 111 : Cellule photovoltaïque polycristalline

<p>Les cellules des modules photovoltaïques polycristallins sont bleues d'un aspect mosaïque.</p> 	<p>Les cellules des modules photovoltaïques monocristallins sont gris bleuté ou noir d'un aspect uniforme.</p> 
<ul style="list-style-type: none">• Avantages : bon rendement (13 %), moins cher que le monocristallin.• Inconvénients : rendement faible sous un faible éclairement. Rendement inférieur au monocristallin.	<ul style="list-style-type: none">• Avantage : très bon rendement (15 %).• Inconvénients : coût élevé, rendement faible sous un faible éclairement.



Un module photovoltaïque se compose généralement d'un circuit de 36 jusqu'à 60 cellules en série encapsulées entre deux plaques de verre ou une plaque de verre à l'avant et un matériau composite à l'arrière. Un cadre en aluminium permet la fixation de ce module sur différents types de supports. Des modèles sans cadre permettent différentes variantes pour l'intégration architecturale.

La puissance d'un module photovoltaïque est exprimée en Watt crête; c'est une valeur donnée pour un ensoleillement de $1\,000\text{ W/m}^2$ et une température ambiante de 25°

Un module photovoltaïque de 75 Wc ($0,68\text{ m}^2$)

Les puissances mises en jeu en fonction des différentes technologies, polycristallines ou monocristallines, vont respectivement de 120 Wc à 150 Wc par mètre carré (soit un rendement entre 12 et 15 %). Le module produit un courant continu et une tension d'environ 20 V. Les fabricants garantissent 80 % de la puissance après 25 ans de fonctionnement.

LES MODULES AMORPHES A COUCHE MINCE

Le silicium est déposé sur un support généralement flexible, le rendement est d'environ 6 à 11 %. Cette technologie permet de produire de l'énergie électrique même avec un temps nuageux (ceci n'est pas le cas avec les modules poly ou monocristallin).

Les bandes flexibles sont de longueur très variable (moins d'un mètre jusqu'à plus de 5 m).



Un module photovoltaïque de 192 Wc ($5,2\text{ m}^2$)

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

Remarque : Un panneau solaire photovoltaïque est appelé « *module* » (le terme capteur quant à lui, est réservé pour l'énergie solaire thermique). La mise en série de plusieurs modules est appelée « *une branche* » tandis que l'ensemble des branches connectées entre elles est appelé « *champ photovoltaïque* ».

Mise en œuvre de la technologie

Le générateur photovoltaïque se compose donc d'un champ de modules, des structures rigides (fixes ou mobiles) pour poser les modules, du câblage et des onduleurs qui permettent de convertir le courant continu en courant alternatif revendu au distributeur d'électricité local.

Un générateur photovoltaïque connecté au réseau n'a pas besoin de stockage d'énergie (parc batterie) et élimine donc le maillon le plus problématique et cher que l'on retrouve généralement en site isolé.

Cependant, dans certains endroits où la fiabilité du réseau électrique est plus incertaine où dans des sites où une panne d'électricité aurait des conséquences graves, il est possible de coupler le générateur à un parc batterie (fonction de sécurisation)

Les systèmes photovoltaïques sont extrêmement fiables : aucune pièce mécanique n'est en mouvement, les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle). Les capteurs photovoltaïques sont généralement garantis 25 ans et leur durée de vie est d'environ 40 ans.

Performances énergétiques typiques

Gamme de puissance électrique disponible (kVA) $\cos \varphi 0$:	Module photovoltaïque seul : entre 10 et 230 Wc Onduleurs : de 80 VA à 500 kVA (supérieur en spécifique)
Rendement électrique moyen :	Très peu de pertes dans les câbles et un rendement de l'onduleur supérieur à 95 %.
Rendement total :	Entre 6 % et 16 % selon les technologies employées

Photovoltaïque à concentration

Le solaire photovoltaïque à concentration (CPV) convertit l'énergie solaire en électricité, de la même manière que les modules photovoltaïques classiques. En revanche, la technologie CPV utilise des lentilles ou des miroirs paraboliques afin de concentrer les rayons solaires sur une surface réduite, avec de meilleurs rendements.

Des cellules multi-jonctions sont utilisées. Autrefois utilisées pour des applications spatiales, elles présentent un rendement énergétique supérieur à 30%, bien plus élevé que le rendement des cellules à base de silicium. En revanche, elles présentent également un coût de fabrication plus important. Concentrer la lumière du soleil sur les cellules permet néanmoins de réduire la quantité de semi-conducteurs et ainsi les coûts de production.

Les modules sont agencés sur des trackers solaires à deux axes pour suivre la courbe du soleil et s'assurer que le point focal de la lumière solaire concentrée soit situé sur la cellule à toute heure de la journée.

Il existe déjà plusieurs centrales photovoltaïques à concentration au niveau mondial. En France, la centrale de Rians a été mise en service en 2011 et présente une puissance de 630 kW.

Annexe 3 - Description technique de la filière bois énergie

Principe

Le terme « bois-énergie » désigne l'énergie produite à partir de la dégradation du bois. Cette énergie est au départ celle du soleil, transformée par les arbres lors de la photosynthèse. Elle est libérée sous forme de chaleur lors de la combustion du bois et est utilisée directement pour produire de la chaleur.

Le bois énergie est un mode de chauffage ancestral qui a récemment connu d'importantes évolutions technologiques : automatisation de l'alimentation, du décendrage et de la régulation pour les chaudières et certains poêles, amélioration des performances techniques et du rendement. Les produits développés apportent un grand confort sur le plan thermique et sont de plus en plus souples d'utilisation.

Les niveaux de pollution ont été réduits de manière importante par rapport aux anciens modèles, grâce notamment à la double combustion (combustion des combustibles solides dans un premier temps puis combustion des gaz générés lors de la première phase).

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

En France, la forêt s'accroît naturellement de 81 millions de m³ par an, pour une consommation nationale actuelle de 36 millions de m³. Elle couvre 27,1 % du territoire national.

Technologie - les combustibles

Le combustible majoritairement utilisé est le bois : sous-produits forestiers, industriels, agricoles et urbains qui sont valorisés sous différentes formes :

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



Bois bûche, granulés et plaquettes

Le pouvoir calorifique des combustibles bois dépend en grande partie de leur humidité. C'est pourquoi il est nécessaire de sécher le bois avant de le brûler sous forme de bûches ou de le déchiqueter pour en faire des plaquettes.

En plus du bois, les chaudières sont capables de brûler d'autres types de biomasse : paille essentiellement mais aussi céréales, cultures dédiées types miscanthus, rafles de maïs, tournesol, tourteaux de colza ou tournesol, coquilles de noix, restes de presse, pépins, noyaux, etc.

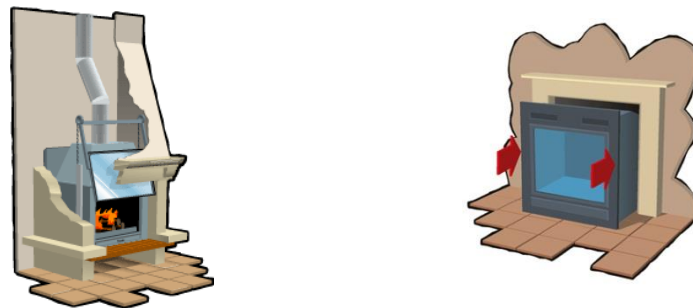
La paille peut être brûlée sous différentes formes : balles cylindriques, balles parallélépipédiques, paille hachée, granulés de paille. Le conditionnement influe sur le type d'installation à laquelle la paille est destinée, et notamment sur la puissance de la chaudière utilisée.

Technologie - les appareils

Les appareils indépendants

La traditionnelle cheminée, à foyer ouvert, n'apporte de la chaleur que dans un périmètre restreint ; de plus, son rendement est très faible (environ 15%). Elle est plus un élément de décoration qu'un réel moyen de chauffage de la maison. C'est pourquoi il est important de l'équiper d'un appareil permettant d'augmenter son rendement :

- Foyer fermé (pour une cheminée à construire) : rendement entre 70 et 80% pour un appareil moderne,
- Insert (pour une cheminée existante) : rendement entre 70 et 80% pour un appareil moderne,



Foyer fermé (à gauche) et insert (à droite) - ADEME

Le dernier type d'appareil indépendant est le poêle qui permet soit le chauffage d'une pièce, soit l'alimentation d'un circuit de chauffage voire la production d'eau chaude sanitaire (pour les plus puissants). Il existe plusieurs types de poêles qui diffèrent au niveau du mode de diffusion de la chaleur, de la technique de combustion, du rendement, du combustible utilisé et de l'autonomie : les poêles classiques à combustion améliorée, les poêles de masse, les poêles à granulés.

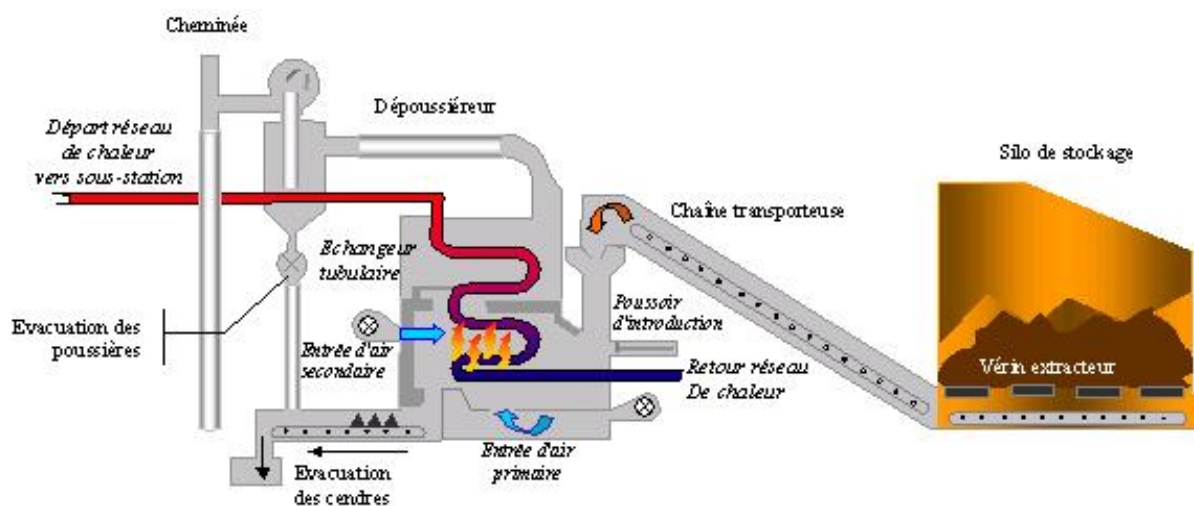
Rendement d'un poêle à bûches moderne : entre 70 et 85%.

Rendement d'un poêle à granulés moderne : > 85%.

Le chauffage central

Le chauffage central est assuré par une chaudière, de la même manière que pour le gaz ou le fioul. Traditionnellement, les chaudières utilisaient comme combustible des bûches avec un chargement manuel. De nos jours, les chaudières à bûche peuvent toujours être utilisées par les particuliers

(rendement : entre 60 et 80%) mais on leur préfère souvent les chaudières automatiques⁴⁵, disponibles pour les particuliers (rendement d'une chaudière à granulés : > 85%) ou pour des usages tertiaires et industriels (rendement d'une chaudière à plaquettes : entre 80 et 90%). L'autonomie des chaudières automatiques dépend du combustible utilisé et de la taille du silo de stockage ; elle peut être de quelques jours (chaudière de grande puissance) à une année (chaudière particulière).



Exemple de chaufferie bois - ADEME

Les réseaux de chaleur

Le réseau de distribution, ou réseau de chaleur, est un circuit fermé constitué par des tuyaux enterrés isolés, transportant un fluide caloporteur (eau le plus souvent). Il part de la chaufferie et dessert les bâtiments raccordés, transmet la chaleur puis revient à la chaufferie en retournant le fluide refroidi. La sous-station permet l'échange de chaleur entre le circuit primaire (réseau principal) et le circuit secondaire (installation de chauffage interne au bâtiment). Une sous-station est à prévoir pour chaque raccordement de bâtiment.

Il est par exemple intéressant pour une commune ou une collectivité de mettre en place un réseau de chaleur entre des bâtiments publics, s'ils ne sont pas trop éloignés, comme la mairie, une école, un hôpital, une maison de retraite, une piscine, le commissariat, la caserne des pompiers, etc. voire un immeuble d'habitations ou des habitations privées, auquel cas la commune devient fournisseur d'énergie. Un réseau de chaleur peut également être privé et raccorder des bâtiments et groupements d'habitations privées.

L'investissement dans un réseau de chaleur alimenté par une chaufferie bois est important, mais un projet bien conçu permet de réduire la facture énergétique finale des consommateurs. L'exploitation peut être confiée localement à un professionnel qui peut également avoir en charge la gestion d'autres réseaux de chaleur sur le territoire.

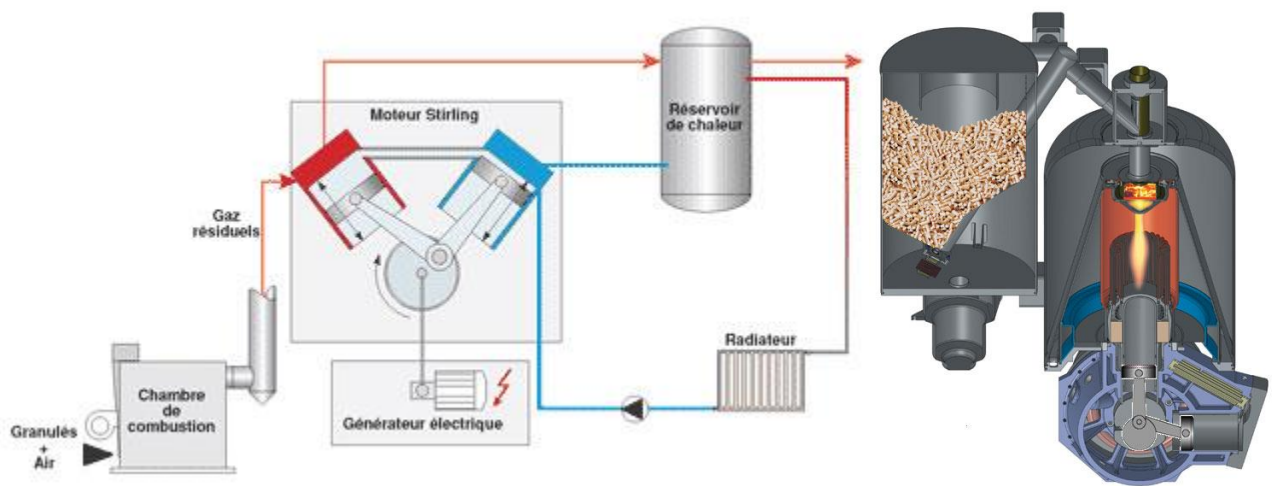
⁴⁵ Sont automatiques le chargement du combustible, la régulation et le décendrage (pour les grosses puissances).

Micro et mini-cogénération bois

La cogénération consiste à produire avec le même système de la chaleur et de l'électricité. Ces installations permettent ainsi d'assurer les besoins en chauffage et d'ECS du bâtiment tout en générant une production d'électricité.

Il est possible de produire du froid en plus de la chaleur et de l'électricité. On parle alors de trigénération.

La mini-cogénération désigne les installations de 36 à 215 kWe (pour les bâtiments collectifs) et la micro-cogénération celles inférieures à 36 kWe (pour les maisons individuelles). Ces systèmes sont des chaudières automatiques couplées à un moteur à combustion (généralement un moteur Stirling) qui fournit une énergie mécanique convertie en courant électrique. La chaleur issue de la combustion est récupérée sur les gaz d'échappement par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur.



Source : <http://www.astralys-solutions.com/nantes-energie-micro-cogeneration-bois.html>, Sunmachine

La société Sunmachine commercialise la Sunmachine pellet. Cette petite centrale électrique domestique à granulés de bois fournit en même temps jusqu'à 10,5 kW de chaleur à la maison et produit jusqu'à 3 kW de puissance électrique.

Concernant la vente d'électricité, il existe deux types de contrat selon la puissance de l'installation :

- Pour la micro-cogénération, en dessous de 36 kWe, l'utilisateur peut soit autoconsommer la totalité de l'électricité produite, soit en vendre une partie ou la totalité à EDF. Dans le second cas, il bénéficiera d'un tarif d'achat « petites installations » moins avantageux (4,34cts€/kWh), mais n'aura pas de contrainte sur la fourniture d'électricité au réseau. La chaudière sera dimensionnée pour répondre aux besoins de chauffage.
- Pour la mini-cogénération, entre 36 kWe et 215 kWe, le tarif d'achat sera plus intéressant. Mais le contrat contraindra l'utilisateur à faire fonctionner la chaudière à puissance nominale (95 %) de novembre à mars (3 623 heures) afin de fournir une puissance garantie sur le réseau électrique. Ce type de fonctionnement implique des besoins de chauffage stables et la chaudière sera généralement dimensionnée pour couvrir les besoins de base, avec un appoint pour assurer les pointes.

Le développement de la micro-cogénération bois est un enjeu dans les zones où la demande d'électricité est problématique en hiver du fait de l'appel de puissance des systèmes de chauffage électrique. En produisant localement de l'électricité au moment même où la demande d'électricité est importante, le réseau serait alors soulagé.

Climatisation

L'utilisation du bois énergie pour la climatisation des locaux est une solution intéressante sur les territoires disposant d'une ressource biomasse importante et dont le climat est aussi rigoureux en hiver que chaud en été. La ressource bois énergie peut alors être valorisée toute l'année puisqu'en été, une machine à absorption produira de l'eau glacée à partir de la chaleur fournie par la chaudière. La machine à absorption est également en mesure de produire de l'eau chaude sanitaire, ce qui augmente significativement son COP.

Le nombre d'installations en France est toutefois très confidentiel. La méconnaissance des machines à absorption, le nombre très restreint de modèles et de marques sur le territoire et leur prix encore élevé expliquent le faible nombre de projets.

Annexe 4 - Description technique de la filière géothermie

Les pompes à chaleur

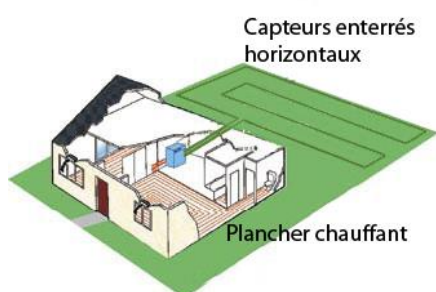
Les pompes à chaleur sont un élément indispensable pour la valorisation de la géothermie très basse énergie. Ce sont des systèmes thermodynamiques fonctionnant sur le même principe que les réfrigérateurs, le processus étant inversé pour produire de la chaleur. Ces systèmes fonctionnent généralement à l'électricité. Peu développés en France, on trouve également des systèmes fonctionnant au gaz naturel.

Les systèmes électriques ont globalement un COP (Coefficient de Performance) de 4 ce qui signifie que pour 1 kWh d'électricité consommée, la pompe à chaleur en produit 4. La consommation pour le chauffage est donc divisée par quatre par rapport à un chauffage électrique ; le confort est également nettement amélioré si l'on compare avec un chauffage électrique.

Les systèmes au gaz naturel proposent un rendement jusqu'à 170 %, soit 50 % supérieur aux chaudières gaz à condensation les plus performantes.

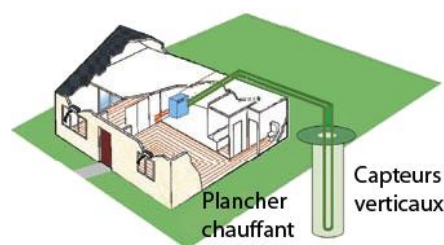
Parmi les pompes à chaleur, plusieurs technologies existent, qui se distinguent suivant leur type de capteur, ainsi que suivant le fluide frigorigène utilisé.

Les différents types de capteurs



- capteurs horizontaux : ils permettent une installation à moindre coût, mais ils nécessitent une grande surface de pose (1,5 à 2 fois la surface à chauffer). Il s'agit de tubes de polyéthylène ou de cuivre gainés de polyéthylène qui sont installés en boucles enterrées horizontalement à faible profondeur (de 0,60 m à 1,20 m). Dans ces boucles circule en circuit fermé de l'eau additionnée d'antigel ou le fluide frigorigène de la pompe à chaleur (selon la technologie employée).

- capteurs verticaux (sondes) : ils sont constitués soit de deux tubes de polyéthylène formant un U installés dans un forage (jusqu'à 80 m de profondeur) et scellés dans celui-ci par du ciment. On y fait circuler en circuit fermé de l'eau additionnée de liquide antigel. La capacité d'absorption calorifique moyenne d'un capteur vertical est d'environ 50 W par mètre de forage, il faut donc souvent utiliser deux ou plusieurs capteurs qui doivent être distants d'au moins une dizaine de mètres. Pour les systèmes au gaz naturel, la dimension des sondes nécessaires est réduite de 70 % par rapport à une PAC électrique de même puissance.



- Capteurs verticaux sur nappe : Il peut également s'agir de deux tubes distincts venant puiser de l'eau dans un aquifère peu profond. Le fluide utilisé est alors directement l'eau de l'aquifère.

D'une manière générale, les capteurs verticaux sont plus délicats à poser. Il est nécessaire de faire appel à une entreprise de forage qualifiée et de respecter les procédures administratives concernant la protection du sous-sol.

Les différentes technologies de PAC

- PAC à détente directe ou PAC sol/sol : le fluide frigorigène circule dans les capteurs et le plancher chauffant (ou radiateurs...). Ce procédé n'est utilisable qu'avec des capteurs horizontaux ;
- PAC mixte ou PAC sol/eau : le fluide frigorigène de la PAC circule dans les capteurs et de l'eau circule dans les émetteurs de chauffage. Ce procédé n'est utilisable qu'avec des capteurs horizontaux
- PAC avec fluide intermédiaire ou PAC eau (glycolée)/eau : de l'eau additionnée d'antigel ou non circule dans les capteurs et de l'eau circule dans les émetteurs de chauffage. Le fluide frigorigène reste confiné dans la PAC. Le procédé est utilisable en capteurs horizontaux ou verticaux
- PAC air/eau : la chaleur est puisée dans l'air ambiant. Il n'y a alors pas de capteurs, ce qui en fait une solution facile à installer.

Le circuit frigorifique transfère l'énergie de la source froide vers la source chaude grâce aux changements d'état (liquide – gaz) du fluide utilisé.

On distingue deux types de pompes à chaleur :

- les pompes à chaleur à compression. Les changements d'état du fluide sont forcés par plusieurs organes : le condenseur, le détendeur, l'évaporateur et le compresseur. Le compresseur est actionné par un moteur électrique (PAC électriques), ou par un moteur à combustion interne au gaz naturel (PAC gaz).
- les pompes à chaleur à absorption : une réaction thermochimique entre le fluide frigorigène et l'absorbant permet de se passer de compresseur mécanique. Cette réaction est activée par un brûleur au gaz naturel.

Annexe 5 - Description technique de la filière Aérothermie

L'aérothermie regroupe l'ensemble des filières permettant de récupérer de la chaleur depuis une source d'air pour produire de la chaleur et/ou du froid. Parmi ces solutions on trouve majoritairement des pompes à chaleur qui peuvent fonctionner en prélevant des calories :

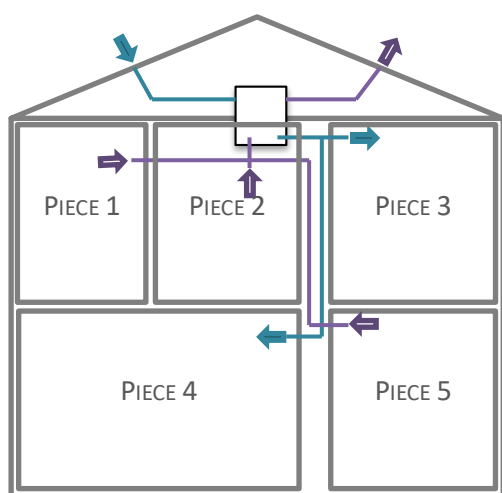
- Sur l'air extérieur ;
- Sur l'air intérieur de manière directe ou sur l'air vicié extrait par l'intermédiaire d'une ventilation mécanique contrôlée (VMC).

Les solutions sur air extérieure présentent des performances plus faibles du fait de la variabilité de température de la source chaude. En effet, la température de l'air extérieur varie avec les saisons et cela a pour effet de réduire la performance des pompes à chaleur, notamment lorsque les températures hivernales sont très basses. Le coefficient de performance (COP) annuel de l'équipement, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie produite et l'énergie utilisée pour faire fonctionner la PAC (électricité ou gaz naturel), diminue ainsi fortement. Rappelons que pour considérer l'énergie fournie par une PAC comme énergie renouvelable, celle-ci doit posséder un COP supérieur à 2,47 (voir § 1.1).

Les solutions sur air intérieur, ou air extrait possède généralement des COP plus importants. D'autre part, les systèmes sur l'air extrait par l'intermédiaire d'une VMC permettent de valoriser une chaleur fatale, à savoir la chaleur extraite du bâtiment par la VMC et que serait autrement dissipée à l'extérieur de celui-ci.

La VMC double-flux thermodynamique

La VMC thermodynamique (ou pompe à chaleur sur air vicié) consiste en une pompe à chaleur air/air installée en sortie d'une VMC double-flux.



Une VMC double flux permet de limiter les pertes de chaleur inhérentes à la ventilation en récupérant la chaleur de l'air vicié extrait du bâtiment et en l'utilisant pour réchauffer l'air neuf filtré venant de l'extérieur.

L'air vicié chaud est extrait des sanitaires et des autres pièces via des bouches d'extraction ; il traverse la VMC double flux et préchauffe ainsi l'air entrant. Un ventilateur pulse l'air neuf préchauffé dans la pompe à chaleur. L'air entrant atteint enfin la température de consigne (généralement 19°C) en traversant la PAC, et circule à travers les conduits de ventilation.

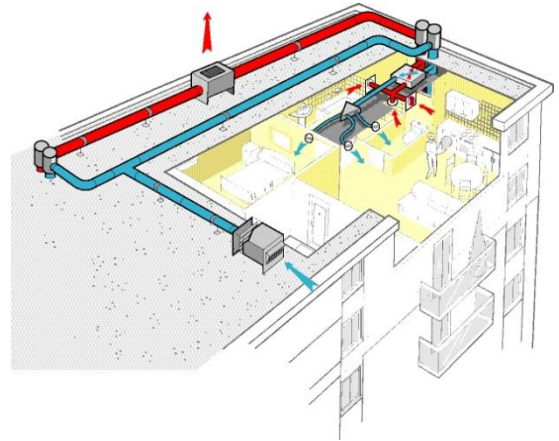


Schéma de fonctionnement d'une pompe à chaleur sur air vicié

La régulation du système de chauffage se fait via des « modules de chauffage » situés dans les canalisations : des résistances électriques, de 300 à 700 W en moyenne, assurent en appoint la température de consigne souhaitée dans chacune des pièces. Ces modules complémentaires de chauffage sont utilisés de manière très ponctuelle : par période de grands froids et en régulation si une pièce est réglée sur une température supérieure aux autres.

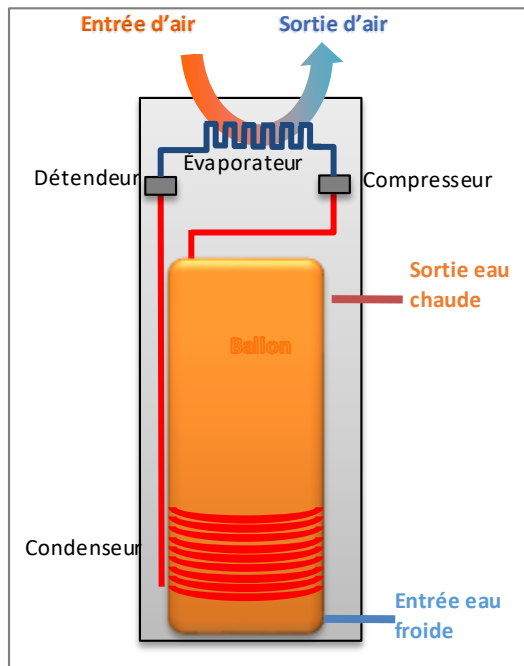
Les principaux avantages de cette technologie sont les suivants :

- La chaleur contenue dans l'air vicié n'est plus gaspillée mais récupérée.
- L'émission de chaleur se fait via la ventilation : le bâtiment se trouve débarrassé de tout émetteur de chaleur. La pompe à chaleur est réversible ce qui permet éventuellement de rafraîchir le bâtiment.
- Dans une VMC thermodynamique, l'air à l'entrée de la PAC est préchauffé et la pompe à chaleur fonctionne en permanence dans des plages de température optimales (en effet, plus l'écart de température entre l'air entrant et l'air sortant est faible, meilleures sont les performances de la PAC).



Le chauffe-eau thermodynamique (CET)

Le chauffe-eau thermodynamique est un ensemble monobloc constitué d'un ballon d'eau chaude et d'une pompe à chaleur située en partie haute du ballon.



La pompe à chaleur est constituée d'un circuit fermé dans lequel circule un fluide, appelé « fluide frigorigène ». Le circuit est composé de quatre éléments :

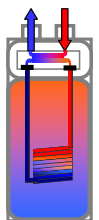
- un évaporateur : le fluide frigorigène capte la chaleur de l'air du local et s'évapore,
- un compresseur : la vapeur du fluide frigorigène est comprimée, ce qui augmente sa température,
- un condenseur : le fluide frigorigène se condense en liquide et cède sa chaleur, via un échangeur, au ballon d'eau chaude,
- un détendeur : le fluide est ramené à la pression d'entrée dans l'évaporateur.

La performance d'un chauffe-eau thermodynamique est mesurée par son Coefficient de Performance (COP) : c'est le rapport entre l'énergie produite par la pompe à chaleur et l'énergie qui lui a été fournie en entrée. Le COP varie entre 3 et 4 selon les données des constructeurs ; il sera en réalité moins élevé.

Certains modèles sont équipés d'un échangeur de chaleur supplémentaire, permettant le raccordement à une autre source de production – une installation solaire thermique par exemple.

Les principaux avantages de cette technologie sont les suivants :

- La chaleur contenue dans l'air vicié n'est plus gaspillée mais récupérée.
- La pompe à chaleur récupère l'énergie contenue dans une pièce technique par exemple, et la transmet à l'eau chaude sanitaire. Plus la différence entre la température de consigne – 55°C pour la production d'eau chaude sanitaire – et la température de l'air à l'entrée de la PAC est faible, plus son COP est élevé. L'air entrant dans la pompe à chaleur étant à la température du bâtiment, la pompe à chaleur fonctionne en permanence dans des plages de température adéquate.



7.2 Annexes relatives à la partie « séquestration carbone »

Annexe 6 – Limites et précautions d'utilisation de la base de données occupation du sol de l'ADULM

La base de données occupation du sol a pour objet principal de produire des analyses diachroniques, afin de cerner les dynamiques d'évolution du territoire métropolitain. La base peut être utilisée pour approcher l'occupation des sols pour les années 1950, 1960, 1971, 1983, 1994, 2001, 2008, 2013 et 2015. Mais elle n'a pas pour vocation de fournir une image « exacte » des usages du territoire à ces différentes dates.

La plus petite surface interprétée est de 300 m² pour l'ensemble des millésimes. Ce qui signifie, par exemple, que la surface d'un plan d'eau de 290 m² situé au milieu d'une prairie est comptabilisée dans la superficie de cette prairie.

METADONNÉES SIMPLIFIÉES	OccSol ADULM
Donnée satellite	Photo aérienne verticale IGN (1971-1994-2015), Aérodata (2013) et Eurosense (>2001)
Fenêtre d'acquisition (1)	1950 - 1960 - 1971 - 1983 - 1994 - 2001 - 2008 - 2013 - 2015
Précision géométrique des images satellites	Meilleur 10 cm (2013)
Seuil cartographique (2)	Environ 300 m ²
Précision géométrique de la base (3)	Environ 2 mètres
Précision thématique (4)	92%
Cartographie des changements	Tout changement > 300 m ²
Temps de production	1,5 mois par nouveau millésime
Documentation (5)	Standard métadonnées

Accession aux données	Accès par convention de mise à disposition des données
Nombre de pays impliqués	1

(1) Dates des prises de vues utilisées pour la photo interprétation.

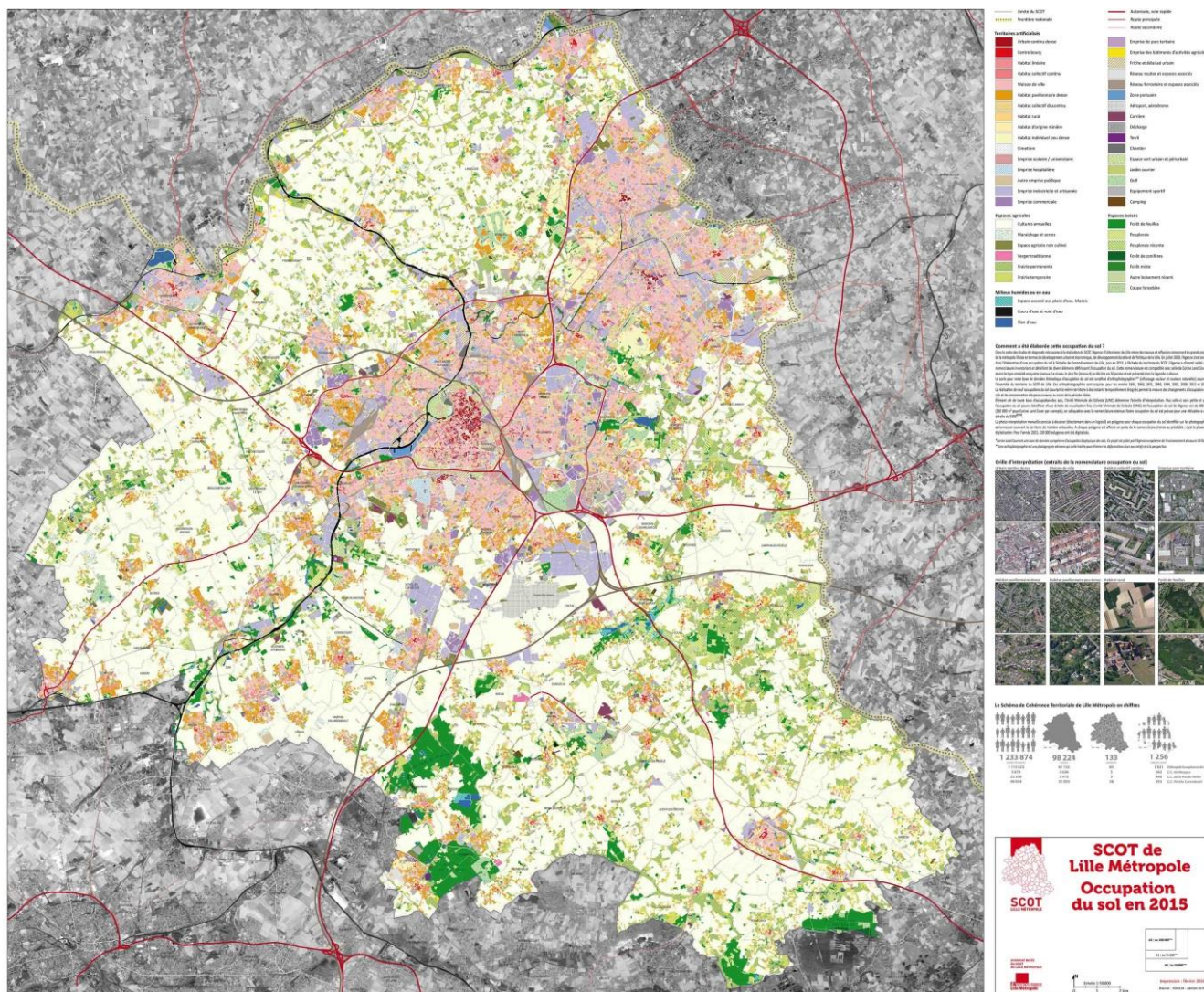
(2) Plus petite surface photo interprétée.

(3) Tolérance de la géométrie de la base (périmètre défini par le photo interprète) par rapport au périmètre réel.

(4) Pourcentage de polygones dont l'appartenance à une classe est garantie contractuellement par le photo-interprète. Cette marge d'erreur est donc différente de la marge d'erreur sur les superficies obtenues à partir de la base de données.

(5) Format de la métadonnée.

Annexe 7 – Carte de l'occupation du sol du SCOT de Lille Métropole en 2015 (ADULM)



Annexe 8 – Nomenclature de l'occupation du sol unidimensionnelle de l'ADULM

NIVEAU 1	NIVEAU 2	NIVEAU 3	NIVEAU 4
1 Territoires artificialisés	11 Zones urbanisées	111 Tissu urbain continu	1110 Urbain continu dense
			1111 Centre bourg
			1112 Habitat linéaire
			1113 Habitat collectif en milieu continu
			1114 Maisons de ville ou maisons en bande
		112 Tissu urbain discontinu	1121 Habitat pavillonnaire
			1122 Habitat collectif discontinu
			1123 Habitat rural isolé
			1124 Habitat d'origine minière
			1125 Habitat individuel peu dense
		113 Tissu urbain spécial *	1133 Cimetières
			1134 Emprises scolaires / universitaires
			1135 Emprises hospitalières
			1136 Autres emprises publiques
	12 Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication	121 Zones industrielles et commerciales	1211 Emprises industrielles et artisanales
			1212 Emprises commerciales
			1213 Emprise parcs tertiaires
			1214 Emprises des bâtiments d'activité agricole
			1217 Friches et délaissés urbains
		122 Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés	1221 Réseau routier
			1222 Réseau ferroviaire
			1223 Espaces associés au réseau routier
			1224 Espaces associés au réseau ferroviaire
		123 Zones portuaires	1230 Zones portuaires
		124 Aéroports	1240 Aéroports, aérodromes
	13 Mines, décharges et chantiers	131 Extraction de matériaux	1310 Carrières
		132 Décharges	1321 Décharges
		133 Chantiers	1322 Terrils
	14 Espaces verts artificialisés, non agricoles	141 Espaces verts urbains	1330 Chantiers
			1411 Espaces verts urbains et périurbains
		142 Equipements sportifs et de loisirs	1412 Jardins ouvriers
			1421 Golf
			1422 Equipements sportifs
2 Territoires agricoles	21 Terres arables	211 Terres arables hors périmètres d'irrigation	1423 Camping, caravaning
			2111 Cultures annuelles
			2112 Maraîchage et serres
	22 Cultures permanentes	222 Vergers et petits fruits	2113 Espaces agricoles non cultivés
	23 Prairies	231 Prairies	2220 Vergers traditionnels
			2310 Prairies permanentes
3 Forêts et milieux semi-naturels	31 Forêts	311 Forêts de feuillus	2311 Prairies temporaires
			3111 Forêts de feuillus
			3112 Peupleraies
			3113 Peupleraies récentes
		312 Forêts de conifères	3120 Forêts de conifères
		313 Forêts mélangées	3130 Forêts mixtes
	32 Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée	324 Forêt et végétation arbustive en mutation	3241 Autres reboisements récents
4 Zones humides	41 Zones humides intérieures	411 Marais intérieurs	3242 Coupes forestières
			4110 Espaces associés aux plans d'eau, Marais
5 Surfaces en eau	51 Eaux continentales	511 Cours et voies d'eau	5110 Cours d'eau et voies d'eau
		512 Plans d'eau	5120 Plans d'eau

Annexe 9 – Limites et précautions d'utilisation de la base de données diachronique d'occupation du sol en deux dimensions (OCS^{2D}) sur le Nord et le Pas-de-Calais en 2005 et 2015

METADONNÉES SIMPLIFIÉES	OCS ^{2D}
Donnée satellite	Photo aérienne verticale PPIGE (2005 et 2015)
Fenêtre d'acquisition (1)	2005 - 2015
Précision géométrique des images satellites	50 cm (2005) et 20 cm (2015)
Seuil cartographique (2)	50 m ² pour les surfaces bâties ; 2 500 m ² pour les mesures de compacité de l'habitat ; 300 m ² pour les autres couverts et usages.
Précision géométrique de la base (3)	Minimum 3 mètres attendus au CCTP (chiffre définitif disponible en fin de production).
Précision thématique (4)	90% attendus au CCTP (chiffre définitif disponible en fin de production)
Temps de production	Projet en cours : production démarrée en avril 2017, fin de la production estimée vers juillet 2018
Accession aux données	Accès par convention de mise à disposition des données
Nombre de partenaires impliqués	26 (Europe, EPF, DREAL, Région, Départements, PNRs, SCOTs, Pays)

(1) Dates des prises de vues utilisées pour la photo interprétation.

(2) Plus petite surface photo interprétée.

(3) Tolérance de la géométrie de la base (périmètre défini par le photo interprète) par rapport au périmètre réel.

(4) Pourcentage de polygones dont l'appartenance à une classe est garantie contractuellement par le photo-interprète. Cette marge d'erreur est donc différente de la marge d'erreur sur les superficies obtenues à partir de la base de données.

Annexe 10 – Nomenclature de l'occupation du sol en deux dimensions (OCS^{2D})

COUVERT DU SOL (CS)

NIVEAU 1	NIVEAU 2	NIVEAU 3
CS1. Surfaces revêtues ou stabilisées	CS1.1 Surfaces imperméables	CS1.1.1 Surfaces bâties CS1.1.2 Surfaces non bâties
	CS1.2 Surfaces perméables	CS1.2.1 Surfaces à matériaux minéraux - pierre - terre
		CS1.2.2 Surfaces composées d'autres matériaux
CS2. Sols nus	CS2.1 Sable, dunes, limons	CS2.1.1 Sable, estran CS2.1.2 Dunes
	CS2.2 Pierres, rochers, falaises	CS2.2.0 Pierres, rochers, falaises
CS3. Surfaces en eau	CS3.1 Eaux continentales	CS3.1.1 Plans d'eau CS3.1.2 Cours d'eau
	CS3.2 Eaux maritimes	CS3.2.1 Estuaires CS3.2.2 Mer
CS4. Formations arborescentes	CS4.1 Feuillus	CS4.1.1 Feuillus sur dunes CS4.1.2 Feuillus CS4.1.3 Boisements humides
		CS4.2.1 Conifères sur dunes CS4.2.2 Conifères
		CS4.3.1 Peuplements mixtes sur dunes CS4.3.2 Peuplements mixtes ou indéterminés
	CS4.3 Peuplements mixtes	
	CS4.4 Vergers et petits fruits	CS4.4.0 Vergers et petits fruits
CS5. Formations arbustives et sous-arbrisseaux	CS5.1 Fourrés et broussailles	CS5.1.1 Fourrés et broussailles CS5.1.2 Fourrés humides CS5.1.3 Végétations arbustives sur dunes
		CS5.2.1 Landes sèches CS5.2.2 Landes humides
	CS5.2 Landes	
CS6. Formations herbacées ou basses	CS6.1 Prairies	CS6.1.1 Prairies mésophiles CS6.1.2 Prairies humides
	CS6.2 Pelouses naturelles	CS6.2.0 Pelouses naturelles
	CS6.3 Terres arables	CS6.3.0 Terres arables
	CS6.4 Formations herbacées humides	CS6.4.1 Formations herbacées humides continentales CS6.4.2 Formations herbacées humides maritimes
	CS6.5 Formations herbacées sur dunes	CS6.5.0 Formations herbacées sur dunes
	CS6.6 Autres formations herbacées	CS6.6.0 Autres Formations herbacées

USAGE DU SOL (US)

NIVEAU 1	NIVEAU 2	NIVEAU 3
US1. Production primaire	US1.1 Agriculture	US1.1.1 Prairies
		US1.1.2 Bandes enherbées
		US1.1.3 Cultures annuelles
		US1.1.4 Horticulture
		US1.1.5 Cultures permanentes
		US1.1.6 Autoconsommation
		US1.1.7 Infrastructures agricoles
	US1.2 Sylviculture	US1.2.1 Zones de coupes
		US1.2.2 Peupleraies
		US1.2.3 Plantations récentes
		US1.2.4 A vocation sylvicole ou usage indéterminé
	US1.3 Activités d'extraction	US1.3.1 Carrières, mines
	US1.4 Aquaculture, pisciculture	US1.3.2 Terrils en exploitation
		US1.4.0 Aquaculture, pisciculture
US2. Activités économiques secondaires et tertiaires	US2.1 Zones industrielles et d'activités économiques	US2.1.1 Zones industrielles et d'activités économiques
	US2.2 Zones commerciales	US2.1.2 Zones de stockage gaz et hydrocarbures
US3. Services et usages collectifs	US3.1 Services publics, administratifs et collectifs	US2.2.0 Zones commerciales
		US3.1.1 Emprises scolaires / universitaires
		US3.1.2 Emprises hospitalières
		US3.1.3 Cimetières et lieux de culte
		US3.1.4 Parkings et places
		US3.1.5 Déchetteries et décharges publiques
		US3.1.6 Autres emprises collectives
	US3.2 Loisirs et services culturels	US3.2.1 Parcs et Espaces verts paysagers
		US3.2.2 Complexes sportifs et terrains de sports
		US3.2.3 Golfs
		US3.2.4 Campings
		US3.2.5 Complexes culturels et de loisirs
		US4.1.1 Routier principal
		US4.1.2 Routier secondaire
		US4.2.1 Ferré principal
US4. Réseaux de transports, logistiques et infrastructures	US4.2 Ferré	US4.2.2 Ferré secondaire
	US4.3 Aérien	US4.3.0 Aérien
	US4.4 Fluvial et maritime	US4.4.0 Fluvial et maritime
	US4.5 Espaces associés aux réseaux de transport	US4.5.0 Espaces associés aux réseaux de transport
US5. Habitats	US5.1 Tissu urbain continu	US5.1.1 Habitat continu fortement compact
		US5.1.2 Habitat continu moyennement compact
		US5.1.3 Habitat continu faiblement compact
	US5.2 Tissu urbain discontinu	US5.2.1 Habitat discontinu fortement compact
		US5.2.2 Habitat discontinu moyennement compact
		US5.2.3 Habitat discontinu faiblement compact
	US5.3 Ensembles collectifs	US5.3.1 Grands ensembles collectifs
		US5.3.2 Collectifs
	US5.4 Habitat isolé	US5.4.0 Habitat isolé
US6. Usages temporaires	US6.1 Zones en mutation	US6.1.1 Chantiers
		US6.1.2 Extraction de matériaux en mutation
	US6.2 Zones délaissées	US6.2.1 Friches d'activités économiques
		US6.2.2 Délaissés urbains
		US6.2.3 Espaces agricoles non exploités
US7. Usages indéterminés	US7.0 Usages indéterminés	US7.0.0 Usages indéterminés