

Brest métropole

## PROJET DE PLAN CLIMAT 2019-2025

### DIAGNOSTIC REGLEMENTAIRE



## **PARTIE I**

### **Diagnostic du territoire : Productions, consommations, émissions.**

# Table des matières

<b>1.</b>	<b>Préambule .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>État des lieux complet de la situation énergétique .....</b>	<b>7</b>
2.1.	Profil énergétique global régional.....	7
2.2.	Analyse de la consommation énergétique finale .....	8
2.2.1.	Quantification des consommations d'énergie finale .....	8
2.2.2.	Facture énergétique du territoire .....	11
2.3.	État de la production des EnR .....	14
2.3.1.	Production d'électricité .....	14
2.3.2.	Production de chaleur .....	16
2.4.	Les réseaux d'énergie sur la Métropole .....	16
2.4.1.	Présentation des réseaux de distribution d'électricité .....	16
2.4.2.	Présentation des réseaux de distribution de gaz .....	20
2.4.3.	Présentation des réseaux de chaleur de Brest métropole .....	23
<b>3.</b>	<b>Estimation des émissions territoriales de gaz à effet de serre .....</b>	<b>27</b>
3.1.	Portrait général des émissions de gaz à effet de serre .....	27
3.2.	Émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre .....	28
3.3.	Émissions de GES par secteurs et enjeux liés.....	30
3.3.1.	Le résidentiel : 248 397 teq CO <sub>2</sub> / 28% des émissions totales.....	30
3.3.2.	Le transport de voyageurs : 197 169 teq CO <sub>2</sub> / 28% des émissions totales .....	32
3.3.3.	L'agriculture : 149 022 teq CO <sub>2</sub> / 17% des émissions totales .....	33
3.3.4.	Le tertiaire : 132 887 teq CO <sub>2</sub> / 15% des émissions totales.....	36
3.3.5.	Le fret : 72 348 teq CO <sub>2</sub> / 8% des émissions totales.....	37
3.3.6.	L'industrie : 67 793 teq CO <sub>2</sub> / 8% des émissions totales .....	37
3.3.7.	Les déchets : 21 156 teq CO <sub>2</sub> / 2% des émissions totales .....	38
<b>4.</b>	<b>Estimation de la séquestration carbone .....</b>	<b>40</b>
4.1.	Méthodologie .....	40
4.2.	Séquestration carbone liée aux surfaces inchangées .....	40
4.3.	Séquestration carbone liée à des changements d'affectation.....	41
<b>5.</b>	<b>Estimation des émissions territoriales de polluants à effets sanitaires .....</b>	<b>44</b>
5.1.	Portrait général des émissions de polluants atmosphériques à effets sanitaires : origine par secteur d'activités et évolutions par polluant.....	45
5.2.	Analyse des enjeux sanitaires de ces polluants à travers la surveillance de la qualité de l'air	49
<b>6.</b>	<b>La prise en compte de la qualité de l'air intérieur.....</b>	<b>53</b>





## 1. Préambule

Le diagnostic est un outil essentiel d'un plan climat-air-énergie territorial (PCAET), car il reflète la situation du territoire à un instant précis et guide à la fois la stratégie et le plan d'actions.

Afin de dresser ce diagnostic, nous avons eu recours à trois sources principales :

- L'outil Ener'GES, résultant d'une initiative de l'État, l'ADEME et le Conseil Régional, pour les parties relatives à l'énergie, aux émissions de gaz à effet de serre et au stockage du carbone.
- Les données issues de l'inventaire régional des émissions d'Air Breizh pour l'année de référence 2014 pour la partie relative aux polluants atmosphériques autres que les GES, et dits polluants à effets sanitaires (PES).

En complément de ce diagnostic, Ener'gence a réalisé un diagnostic de vulnérabilité du territoire, en s'appuyant sur l'outil Impact Climat développé par l'Ademe, qui permet d'attribuer des notes de **niveaux d'exposition** du territoire aux différents aléas climatiques, et des notes de **niveaux de sensibilité** des secteurs (ressource en eau, infrastructures, agriculture, etc.) du territoire à ces aléas. Le croisement de ces deux niveaux témoigne du niveau de vulnérabilité.

Ce diagnostic est donc un pendant essentiel d'analyse des impacts qui pourront être dus au changement climatique sur le territoire.

Pour Ener'GES, la synthèse proposée à l'échelle du territoire se base sur l'année de référence 2010<sup>1</sup>, afin de prendre en compte l'intégralité des flux énergétiques du territoire. Cet outil a été conçu comme base du diagnostic énergie-climat et fournit les tendances territoriales en matière d'émissions de GES ; il n'est pas un outil de suivi ou d'évaluation. Il est donc essentiel de garder à l'esprit que les éléments que nous présenterons se baseront sur cette année 2010, et sont donc à considérer avec prudence<sup>2</sup>.

La construction d'Ener'GES repose sur deux méthodes complémentaires : l'approche cadastrale, qui considère les émissions générées sur le territoire, et le Bilan Carbone® qui permet une appréciation plus large de l'empreinte carbone du territoire. La reconstitution des consommations énergétiques et des émissions de GES s'appuie sur des bases de données statistiques (INSEE notamment), des données consolidées permettant d'établir des hypothèses et de calibrer les modèles (consommations d'énergie, etc.) ou encore des paramètres techniques sectoriels (caractéristiques des bâtiments).

L'outil Ener'GES intègre également une estimation de la séquestration carbone sur le territoire, en considérant ici une période de référence 1990-2006. Les résultats présentés sont donc là aussi à considérer avec prudence, car la politique de la métropole est aujourd'hui très différente de cette situation. À titre d'exemple, la gestion des échanges de parcelles agricoles et la politique de densification urbaine se nourrissent d'une réflexion sur la séquestration carbone (entre autres).

En ce qui concerne les données d'Air breizh, le cadastre d'émission est construit sur la base d'une méthodologie<sup>8</sup> de référence formalisée par le Pôle de Coordination nationale des Inventaires Territoriaux (PCIT), prévu par l'arrêté relatif au Système National d'Inventaires d'Emissions et de Bilans dans l'Atmosphère (SNIEBA). Cette méthodologie, utilisée par l'ensemble des régions françaises, s'appuie sur une méthodologie européenne développée par l'Agence Européenne de

<sup>1</sup> Le plan climat-énergie territorial actuel, rédigé en 2012, utilisait l'année de référence 2005 pour les GES et n'intégrait pas les PES.

<sup>2</sup> Nous utiliserons dans la stratégie des données plus récentes afin de dresser les enjeux principaux du territoire, selon les années de référence accessibles (jusqu'à 2017).

l'Environnement (EEA) et permet des comparatifs nationaux et locaux. Elle précise les bases de données et les facteurs d'émissions utilisés, les sources d'informations nécessaires et disponibles pour la description des activités, ainsi que les modalités de calcul des émissions : les modes de calculs des émissions impliquent des niveaux d'incertitudes très variables, selon qu'il s'agit de données surfaciques, linéaires, statistiques, réelles, forfaitaires ou issues de normes. C'est pourquoi en terme de prospective, ce sont les tendances déjà observées sur la période 2008-2014 qui seront privilégiées pour évaluer les objectifs du projet de plan d'actions. Néanmoins les différents secteurs d'activités analysés sont identiques dans leur définition aux secteurs d'activités considérés pour les GES.

Rappelons enfin que les unités choisies dans ce diagnostic visent à permettre des comparaisons entre les données et avec les autres éléments du PCAET que constituent la stratégie et le plan d'actions. Le kW désigne ainsi une puissance, le kWh une énergie (quantité de puissance sur une période). L'équivalent CO<sub>2</sub>, le plus souvent exprimé en tonnes (teq CO<sub>2</sub>), est une unité créée par le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) afin de ramener à une unité comparable le potentiel de réchauffement global du climat d'un ensemble hétéroclite de polluants appelés gaz à effet de serre.

Les unités d'expression des émissions de polluants atmosphériques sont les kilogrammes ou tonnes émis par an, et rapportés par km<sup>2</sup> ou par habitant selon les besoins de l'approche. Il n'existe pas de teqPES, les quantités de polluants émises n'étant pas additionnables, ce qui justifie encore une approche différente des hypothèses d'émissions dans l'évaluation des différents scénarios prospectifs du plan climat.

## 2. État des lieux complet de la situation énergétique

Le bilan de la consommation énergétique fait état des besoins du territoire au regard de ses pôles d'activité. Il permet de cibler des secteurs pour lesquels il est possible d'opérer une réduction des consommations et d'estimer les tendances pour les prochaines années selon deux scénarios (tendanciel et volontariste). Ces estimations sont ensuite comparées avec les objectifs fixés par la loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (loi TECV n°2015-992 du 17 août 2015) par rapport à 1990, notamment :

- la réduction de la consommation énergétique finale de 20% en 2030, et de 50% en 2050 ;
- l'augmentation de la part des énergies renouvelables à 23% de la consommation finale d'énergie brute en 2020, puis à 32% en 2030.

À partir de ce bilan, les résultats issus du Plan Climat Énergie Territorial pourront être mesurés afin d'ajuster le plan d'actions de Brest métropole pour qu'il soit en accord avec les objectifs nationaux.

### 2.1.Profil énergétique global régional

Le profil énergétique global de la Bretagne établit la répartition des consommations par source d'énergie finale (énergie transformée et utilisable) ainsi que leur provenance (voir Figure 1).

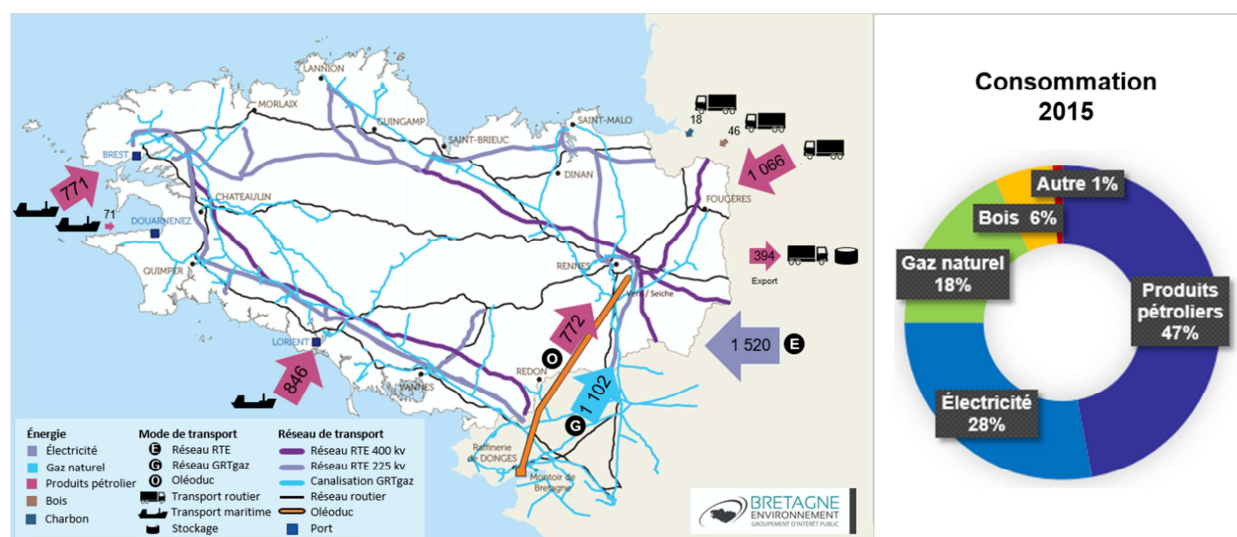


Figure 1 : Synthèse des principaux réseaux de transport d'énergie de Bretagne et répartition des consommations en 2015 (OREGES)

La Bretagne a la particularité d'importer près de 90% de l'énergie qu'elle consomme, avec une forte dépendance aux produits pétroliers (47%), à l'électricité (28%) et au gaz naturel (18%). Cette énergie primaire est importée par voie maritime principalement *via* les ports de Lorient, Brest et Douarnenez. Les approvisionnements par voie terrestre sont essentiellement des produits pétroliers, et plus anecdotiquement du bois et du charbon. Les réseaux nationaux de gaz et d'électricité assurent le reste.

La consommation de produits pétroliers est essentiellement liée aux différents modes de transport et traduit une utilisation élevée de véhicules personnels, à l'échelle régionale. Il est à noter que les apports par voie maritime sont plus importants que ceux par voie terrestre, et que les livraisons dans la rade de Brest sont équivalentes aux livraisons par l'oléoduc de Montoir de Bretagne.

Les consommations d'électricité, de gaz naturel et de bois sont relatives à l'usage des bâtiments (chauffage, eau chaude, éclairage, ventilation, aération, appareils électriques, etc.) et dépendent également de la concentration des activités sur les territoires. L'enjeu principal est de pouvoir réduire ces consommations, en identifiant les secteurs prioritaires et en définissant sur les principaux usages une démarche d'efficacité énergétique.

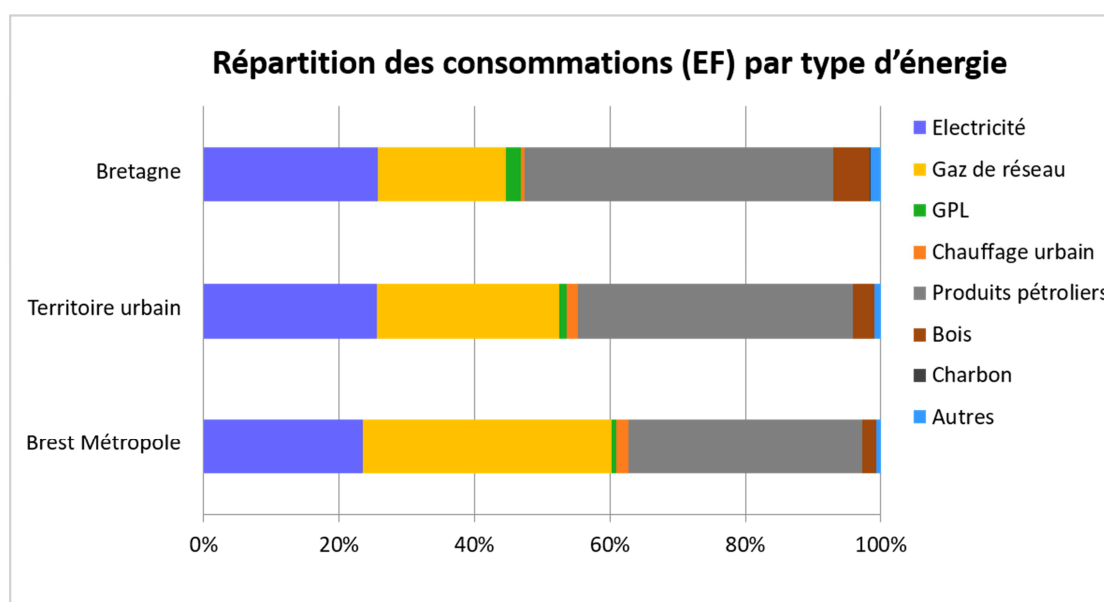
Plus globalement, la Bretagne, et par extension Brest métropole, est fortement dépendante à l'importation d'énergie. Afin de réduire cette vulnérabilité, il est essentiel de favoriser une production locale qui soulagerait en partie les réseaux de transport et de distribution et limiterait le risque de délestage en période de forte consommation. Le déploiement d'énergies renouvelables permettrait de plus de limiter les importations d'énergie, les pertes en ligne, les impacts sur la qualité de l'air et les émissions locales et décentralisées de GES.

## 2.2. Analyse de la consommation énergétique finale

### 2.2.1. Quantification des consommations d'énergie finale

Les données exploitées proviennent de la plateforme Ener'GES, outil d'évaluation des consommations d'énergie et des émissions de GES des territoires et correspondent à l'année de référence 2010.

La figure suivante fait état de la répartition des consommations d'énergies finales par type d'énergie sur le territoire de Brest métropole et comparée à un territoire urbain de référence et au niveau régional :



**Figure 2 : Bilan des consommations d'énergie finale par type d'énergie de Brest métropole et comparaison avec les profils régionaux et d'un territoire urbain type (Ener'GES, 2010)**

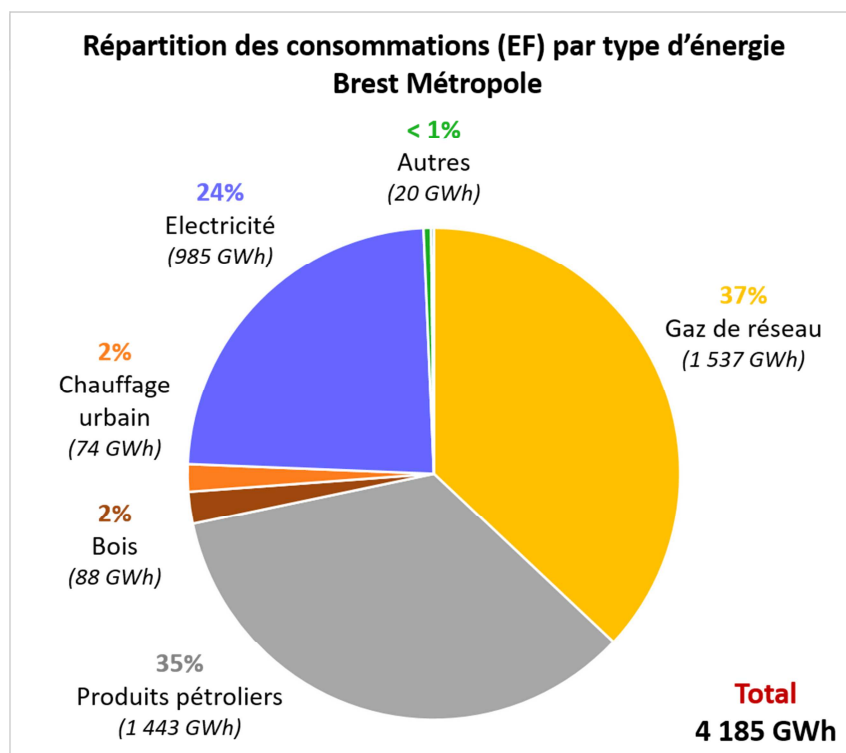
Le profil de Brest métropole est similaire à celui d'un territoire urbain de référence, avec comme élément différenciant une part plus importante de consommations finales liées au gaz de réseau pour la métropole (37% contre 27% pour un territoire urbain type).

Par conséquent, la part de consommation de produits pétroliers est réduite à 35% de la consommation totale, soit 6% de moins que le profil type de territoire urbain.

La différence est plus marquée entre la métropole et le profil régional, où la part de consommation de produits pétroliers représente près de la moitié de la consommation totale (46%) alors que la consommation de gaz de réseau représente seulement 19%.

La métropole se démarque ainsi des autres territoires avec une consommation de gaz de réseau plus significative, liée notamment à la concentration d'activités économiques sur un territoire restreint (notamment les activités portuaires et de production sous serre).

La figure suivante présente la répartition des consommations d'énergie finale de la métropole par type d'énergie :



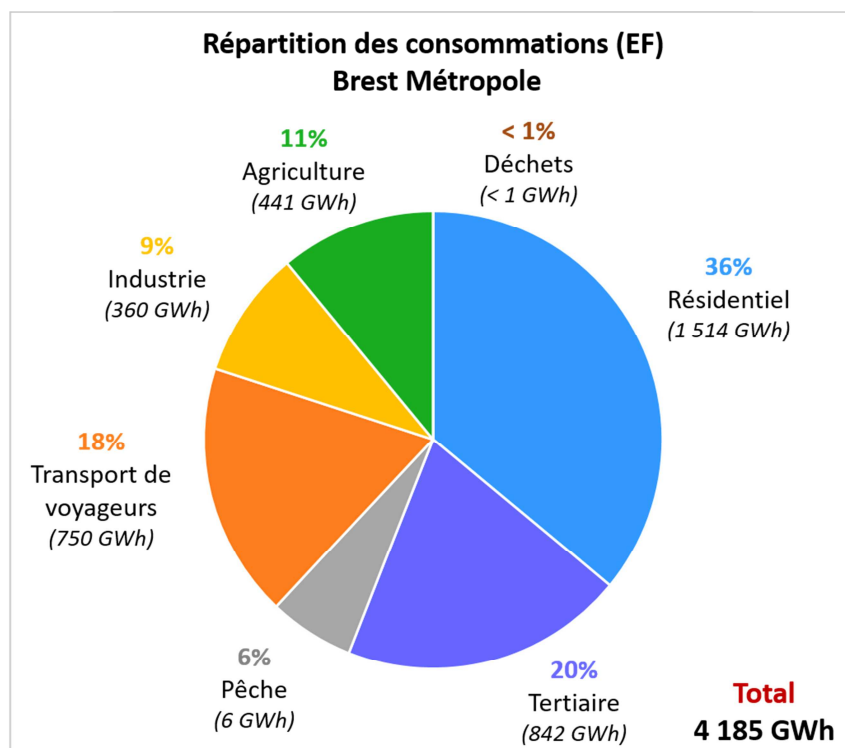
**Figure 3 : Détail du profil énergétique de Brest métropole : répartition des consommations d'énergie finale par type d'énergie (Ener'GES, 2010)**

La consommation totale d'énergie finale de la métropole atteint les 4 185 GWh en 2010. Le gaz de réseau représente la part la plus importante des consommations finales d'énergies de la métropole (37% pour 1 537 GWh), suivie de près par les produits pétroliers (35% pour 1 446 GWh) et l'électricité (24% pour 984 GWh).

Les consommations de gaz de réseau et d'électricité de Brest métropole traduisent des besoins énergétiques majeurs au niveau des bâtiments, avec comme principal poste de consommation le chauffage. D'autre part, les consommations de produits pétroliers sont liées au secteur du transport

et sont en lien avec la situation de péninsule énergétique particulièrement accentuée de la métropole.

La figure suivante représente la répartition des consommations d'énergie finale de Brest métropole par secteur d'activité :

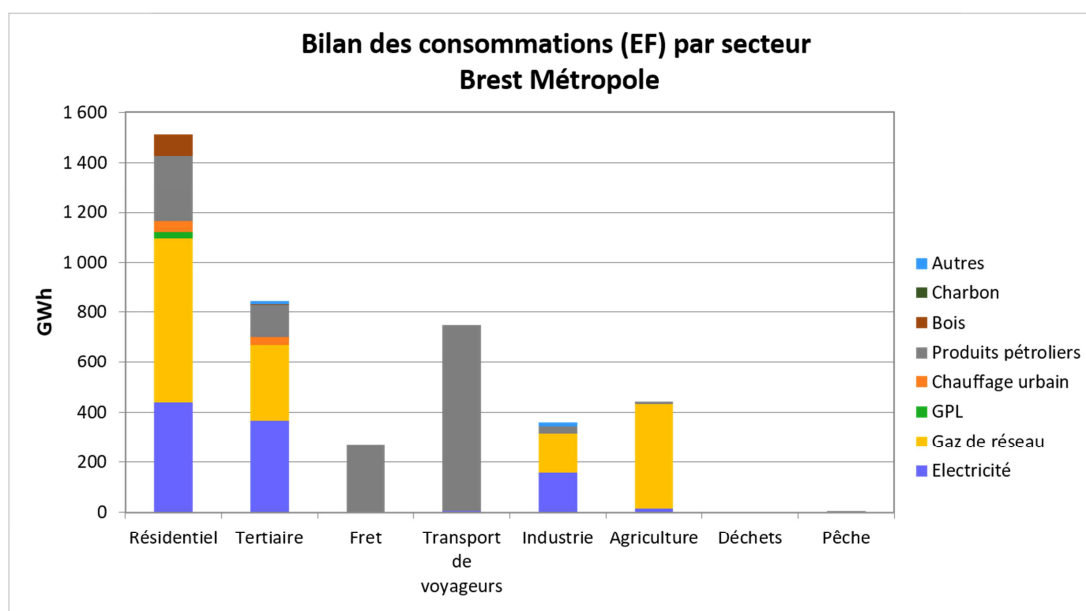


**Figure 4 : Détail du profil énergétique de Brest métropole : répartition des consommations d'énergie finale par secteur (Ener'GES, 2010)**

Le secteur résidentiel se place ainsi comme premier poste de consommation de la métropole avec près de 1 514 GWh (36%), suivi de près par les secteurs tertiaire (20% pour 842 GWh) et de transport de voyageurs (18% pour 750 GWh).

Comme énoncé précédemment, les consommations d'énergie finale des secteurs résidentiel et tertiaire ciblent essentiellement le gaz de réseau suivis de près par l'électricité pour couvrir les besoins en chauffage. La part importante du transport de voyageurs dans le bilan des consommations de la métropole est en corrélation avec les fortes consommations de produits pétroliers.

La figure suivante établit le bilan des consommations d'énergies primaires par secteurs d'activité et détaillées par type d'énergie :



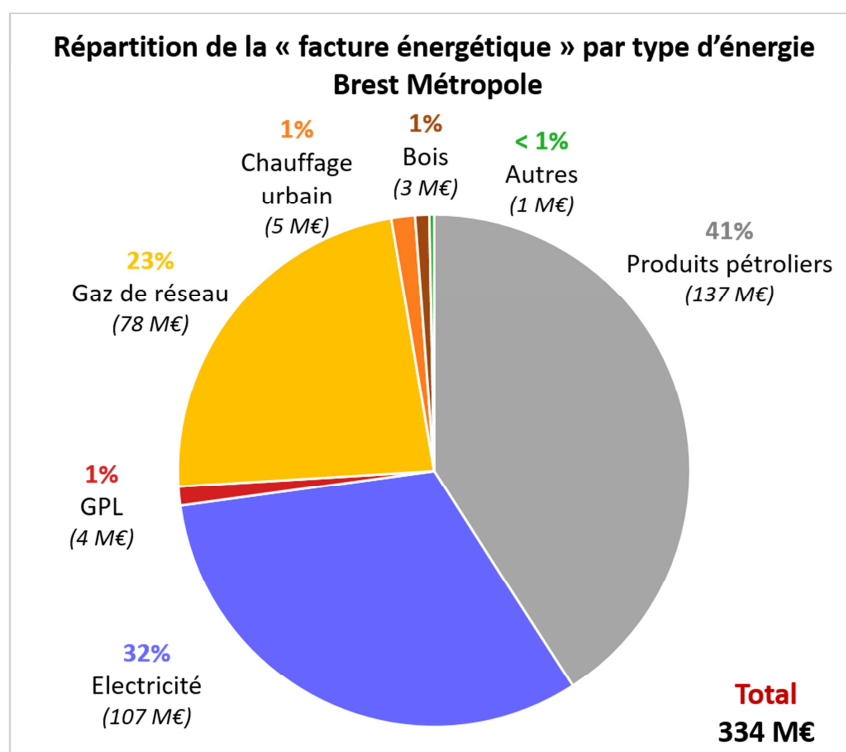
**Figure 5 : Bilan des consommations par type d'énergie et par secteur d'activité de la métropole (Ener'GES, 2010)**

Ainsi les secteurs les plus énergivores de la métropole sont le résidentiel, le tertiaire suivis du transport de voyageurs et les énergies les plus consommées sont le gaz de réseau, les produits pétroliers et l'électricité.

### 2.2.2. Facture énergétique du territoire

L'analyse de la facture énergétique du territoire permet de jauger le poids que représente chaque secteur d'activité et type d'énergie dans le budget annuel. En 2010, le budget dédié à l'énergie atteint plus de 334 millions d'euro, soit en moyenne 80 euros par mégawattheure (€/MWh) ou 1 561 €/habitant.

La figure suivante illustre le poids de chaque type d'énergie dans la facture énergétique totale de Brest métropole :



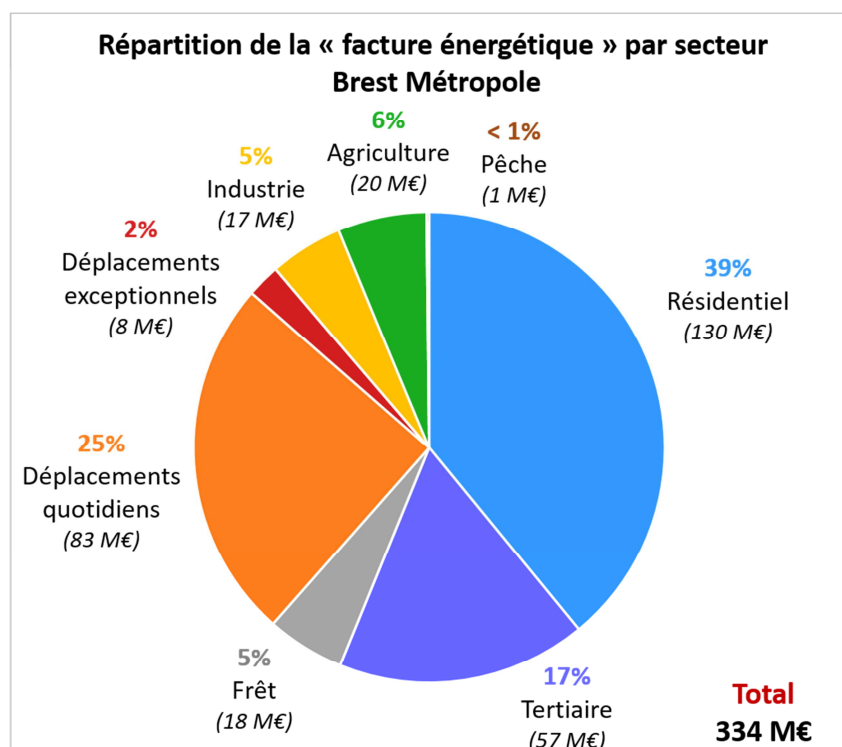
**Figure 6 : Répartition du budget de Brest métropole dédié à l'énergie par type d'énergie (Ener'GES, 2010)**

Les produits pétroliers pèsent le plus lourd dans le budget énergétique total de la métropole avec près de 137 millions d'euros, soit environ 40% de la facture énergétique. L'électricité (107 M€ soit 32%) et le gaz de réseau (78 M€ soit 23%) occupent la deuxième et la troisième place dans le budget dédié à l'énergie.

En comparant la répartition du budget énergie avec les consommations d'énergie finale, il en ressort une différence entre les classements (Figure 3 et Figure 6). En effet les produits pétroliers ne représentent que le deuxième type d'énergie le plus consommé (35%) alors qu'ils pèsent plus de 40% dans le budget énergie. En revanche, le gaz de réseau en tant qu'énergie la plus consommée (37%) ne représente que 23% de la facture énergétique.

La figure suivante détaille la répartition de la facture énergétique de la métropole par secteur d'activité, permettant d'identifier des actions possibles de réduction des dépenses :



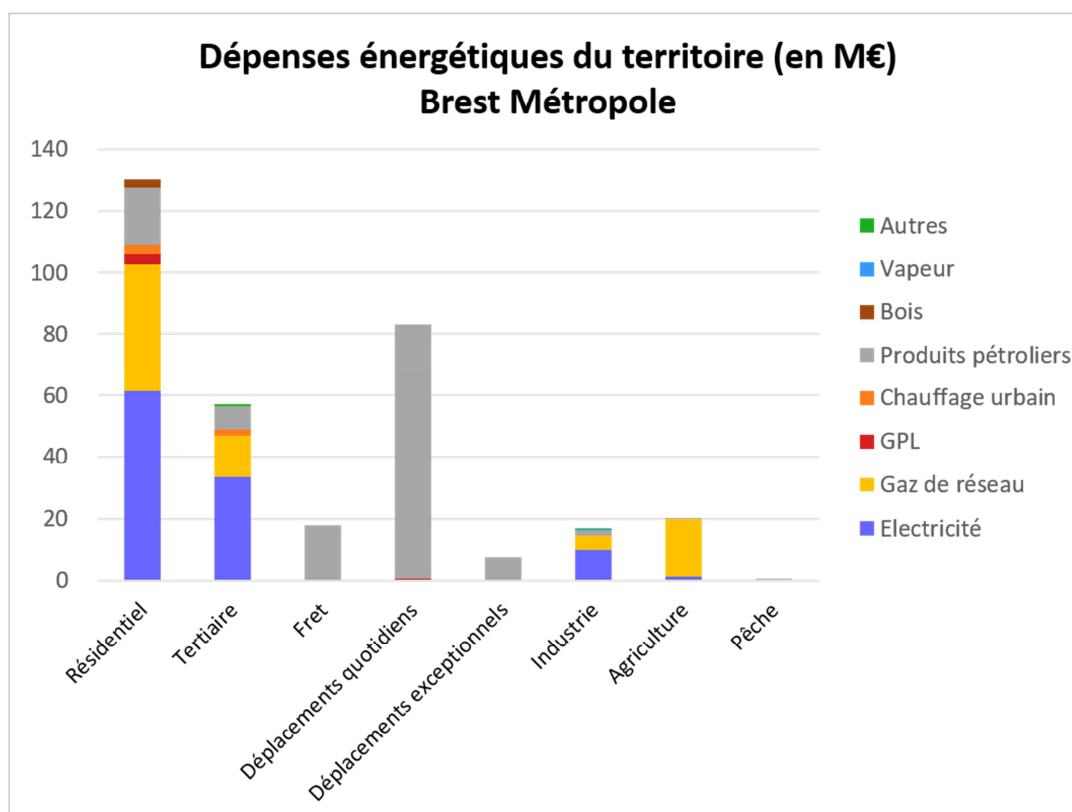


**Figure 7 : Répartition du budget de Brest métropole dédié à l'énergie par secteur d'activité (Ener'GES, 2010)**

Le secteur d'activité le plus coûteux est le résidentiel (130 M€ soit 39%), suivi des transports quotidiens (83 M€ soit 25%) et du secteur tertiaire (57 M€ soit 17%).

En comparant avec la répartition des consommations finales de la métropole par secteur d'activité (Figure 4), il est possible d'établir une corrélation entre le secteur le plus consommateur et celui pesant le plus lourd dans la facture énergétique. Le secteur résidentiel est ainsi le plus consommateur et peut être la cible d'actions de réductions des consommations énergétiques afin de réduire les dépenses associées.

La figure suivante décompose la facture énergétique du territoire par secteur d'activité et par type d'énergie du territoire afin de cibler d'éventuels changements d'énergies à opérer :



**Figure 8 : Décomposition de la facture énergétique de Brest métropole par secteur d'activité et par type d'énergie (Ener'GES, 2010)**

Les dépenses les plus importantes dans le secteur résidentiel sont celles dédiées à l'électricité (62 M€ soit 47%), suivies du gaz de réseau (41 M€ soit 32%). Le chauffage occupant le premier poste de consommation des logements, des opérations d'optimisation de l'isolation des bâtiments ou d'implantation de systèmes de production d'énergies renouvelables dédiés, peuvent être à envisager afin de réduire la facture énergétique du secteur résidentiel.

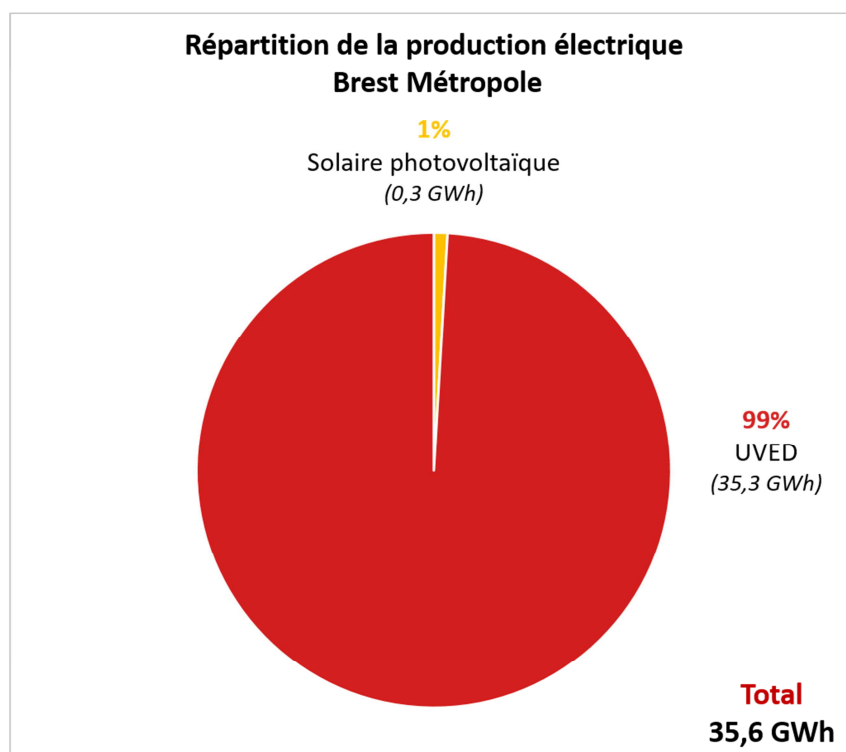
Par ailleurs, des actions sont également possibles afin de réduire les consommations de produits pétroliers liées aux déplacements quotidiens en développant les réseaux de transports en commun du territoire.

### 2.3.État de la production des EnR

Le bilan de la production énergétique a pour objectif d'évaluer la part des besoins énergétiques couverts par la production locale afin d'estimer le niveau de dépendance du territoire aux ressources extérieures. Ce bilan permet d'évaluer la part d'énergies renouvelables dans la production énergétique locale et de la comparer avec les objectifs des « 3x20 » fixés au niveau national.

#### 2.3.1. Production d'électricité

La figure suivante fait état de la répartition de la production électrique renouvelable de Brest métropole :



**Figure 9 : Bilan de la production électrique du territoire (Ener'GES, 2010)**

La principale filière de production d'électricité du territoire est l'Unité de Valorisation Énergétique des Déchets (UVED) avec 35,3 GWh soit près de 99% de la production électrique totale.

L'énergie issue de la biomasse utilise de la matière organique (bois, déchets végétaux, ordures ménagères organiques, excréments issus d'élevages agricoles, ...) pour produire de la chaleur, de l'électricité ou les deux (cogénération). Dans le cas de la filière de biomasse solide, l'énergie est produite *via* la combustion de cette matière organique, dont la vapeur d'eau dégagée met en mouvement une turbine reliée à un alternateur ou est récupérée en tant que chaleur.

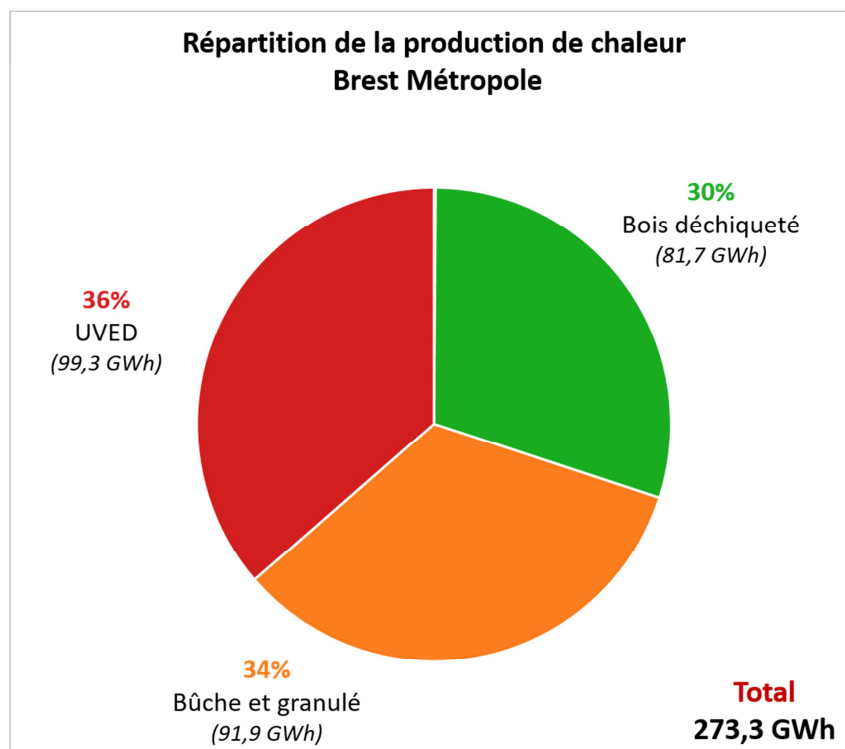
La filière biomasse est ainsi bien développée sur le territoire et représente le premier secteur de production d'électricité de la métropole. La consommation totale électrique du territoire atteignant près de 985 GWh, le taux de couverture de la filière biomasse avoisine les 4%. Le potentiel de développement de la filière biomasse est donc important et dépendra du nombre d'installations de valorisation des déchets et de la quantité de déchets organiques disponibles.

L'énergie solaire utilise le rayonnement solaire capté par des panneaux solaires et converti soit en électricité, soit en chaleur. Dans le cas de la filière photovoltaïque, la lumière engendre un déplacement des charges contenues dans les cellules photovoltaïques du panneau, ce qui génère une différence de potentiel et donc de l'énergie électrique.

Le taux de couverture de la filière photovoltaïque est très faible et ne dépasse pas 1% (0,03 GWh). Les panneaux solaires pouvant être implantés sur des toitures, la filière solaire photovoltaïque a ainsi un potentiel de développement important.

### 2.3.2. Production de chaleur

La figure suivante présente la répartition de la production thermique du territoire :



**Figure 10 : Bilan de la production thermique du territoire (Ener'GES, 2010)**

La production de chaleur du territoire est répartie de façon relativement homogène entre les 3 principales filières, avec toutefois l'UVED en tête (36% pour 99,3 GWh), suivie de près par les filières bûche et granulé (34% pour 91,9 GWh) et bois déchiqueté (30% pour 81,7 GWh).

La consommation thermique totale de 2010 est estimée à plus de 2 132 GWh et regroupe le gaz de réseau, le chauffage urbain, le bois et les produits pétroliers (hors transport) (Figure 3). Les taux de couvertures des différentes filières thermiques sont ainsi de près de 5% pour l'UVED (4,7%), de plus de 4% pour la filière bûche et granulé (4,3%) et de moins de 4% pour la filière bois déchiqueté (3,8%). Le potentiel de développement de ces trois filières est ainsi conséquent.

## 2.4. Les réseaux d'énergie sur la Métropole

### 2.4.1. Présentation des réseaux de distribution d'électricité

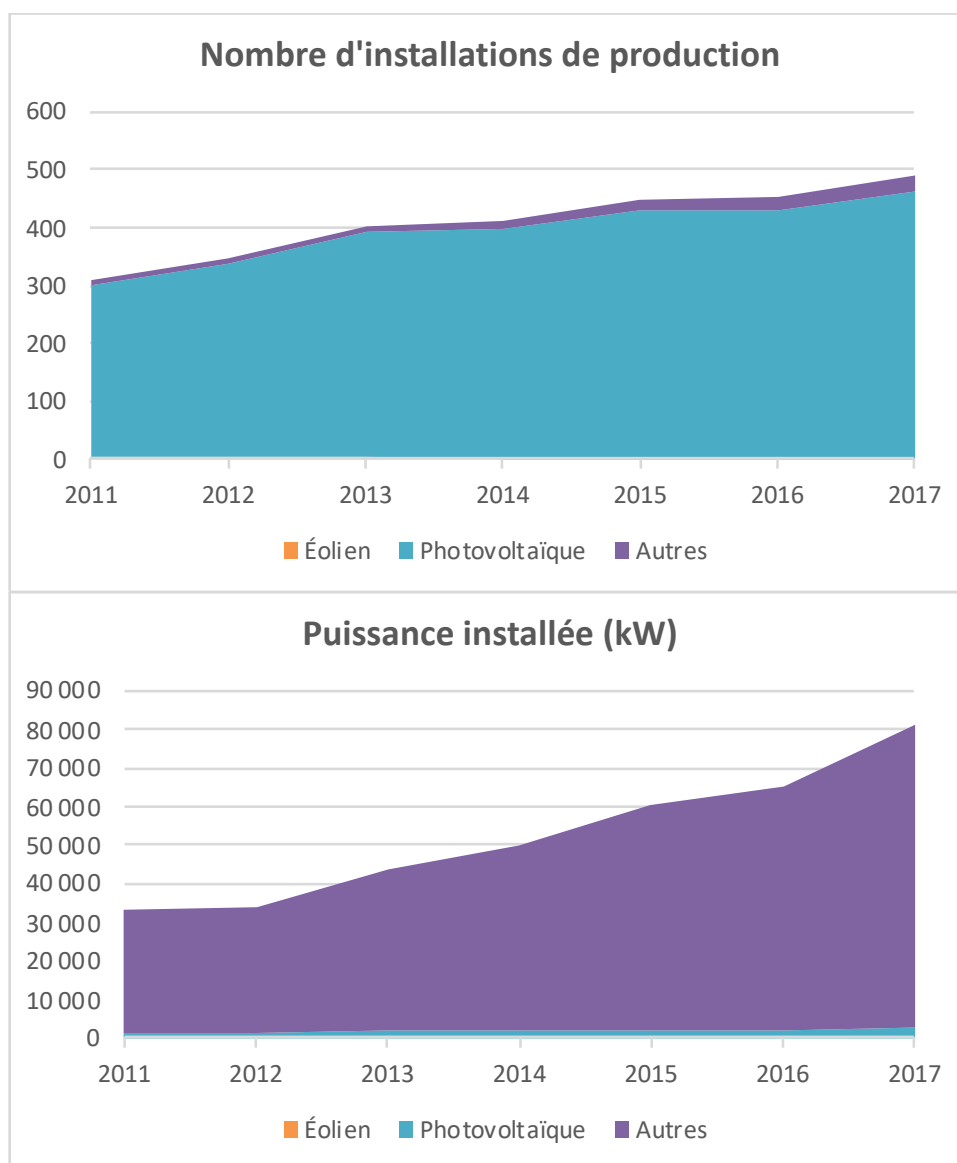
Le réseau de distribution d'électricité sur le territoire de Brest métropole est exploité dans le cadre d'une délégation de service public confiée par la collectivité à la société Enedis (Anciennement ERDF), filiale à 100 % de la société EDF, en application des dispositions légales en vigueur qui imposent le choix du gestionnaire ainsi que le cadre contractuel. Le contrat de délégation, de type concessif, a été signé le 6 février 1995, pour une échéance en 2020.

La concession porte principalement sur :

- l'exploitation du réseau de distribution (HTA et BT) jusqu'au point de livraison à l'abonné (Compteur) ;
- les travaux d'entretien, de maintenance et de renouvellement ;
- les travaux de développement et de renforcement ;
- la production des données nécessaires aux fournisseurs d'énergie ;
- et la fourniture par EDF de l'électricité au tarif réglementé.

### **Production**

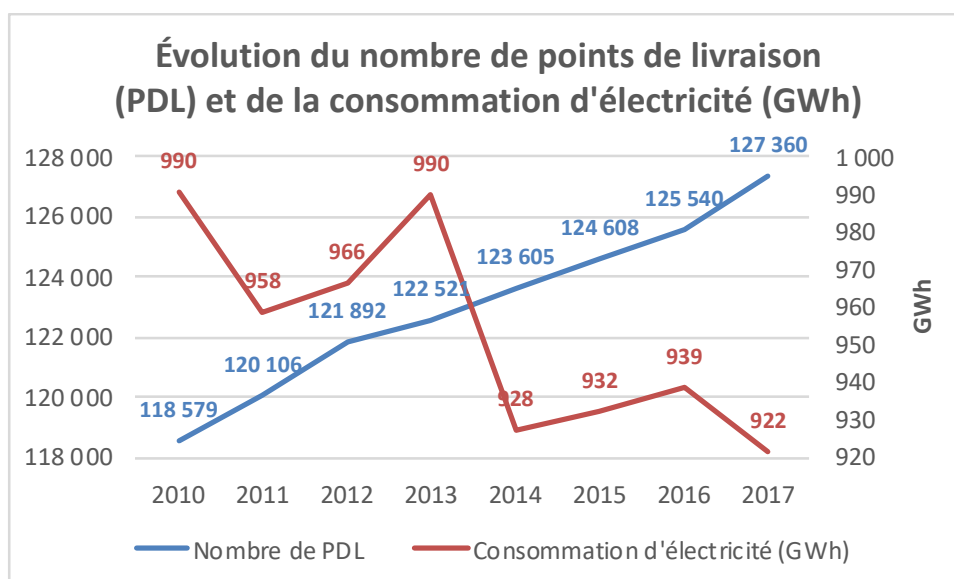
Début 2018, les installations de production sont au nombre de 490 sur le territoire de la concession pour une puissance installée de 80 809 kW. En 2017, 155,57 GWh ont été produits sur le territoire de Brest métropole.



**Figure 11 : Nombre d'installations de production et puissance installée sur la métropole**

### **Consommation**

Début 2018, il y avait 127 369 Clients (points de Livraison) sur le territoire de la concession pour une consommation totale annuelle de 921,669 GWh en 2017.



**Figure 12 : Évolution du nombre de clients et de la consommation d'électricité sur le territoire entre 2010 et 2017**

On notera qu'en 2017, la production d'énergie sur le territoire de la métropole représente 16,9% de la consommation d'énergie électrique.

### Infrastructures

Les infrastructures de la concession permettent d'acheminer l'électricité jusqu'aux points de livraison des clients :

- 1) Les postes sources font la jonction entre le réseau de transport et le réseau de distribution. Ils permettent d'abaisser la tension de l'électricité issue du réseau de transport (400 KV, 225 KV, 90KV ou 63 KV) pour que l'électricité puisse être acheminée *via* le réseau de distribution jusqu'aux clients/usagers. La concession de distribution publique d'électricité de Brest métropole et donc le réseau exploité par Enedis débute ainsi aux postes sources.
- 2) Les postes sources permettent d'alimenter le réseau HTA (sur Brest métropole 20KV ou 15KV). Le réseau HTA alimente ensuite les postes de transformation HTA/BT. Début 2018, 78,5 % de ce réseau était enfoui.
- 3) Les postes de transformation HTA/BT permettent d'abaisser la tension du réseau HTA (20KV ou 15KV) pour adapter les caractéristiques de l'électricité au réseau BT (400V en triphasé).
- 4) Le réseau BT achemine enfin l'électricité jusqu'aux clients BT. Début 2018, 62,2% de ce réseau était enfoui.

Vous trouverez, ci-dessous, les chiffres clés qui concernent les infrastructures de la concession :

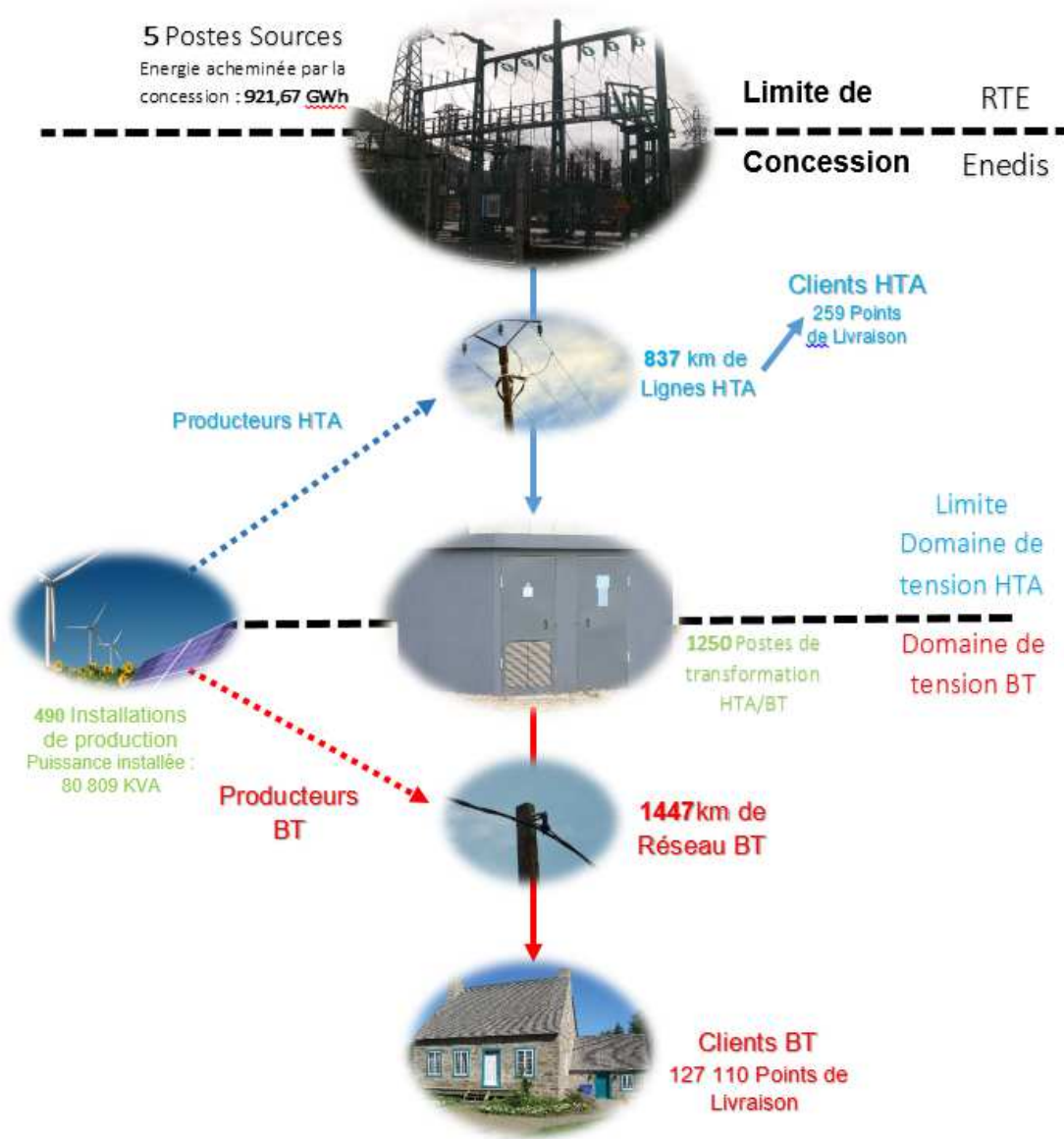


Figure 13 : Synoptique du réseau d'électricité de la Métropole

#### 2.4.2. Présentation des réseaux de distribution de gaz

Le réseau de distribution de gaz sur le territoire de Brest métropole est exploité dans le cadre d'une délégation de service public confiée par la collectivité à la société GrDF filiale à 100 % de la société ENGIE ex GDF-SUEZ, en application des dispositions légales en vigueur qui imposent le choix du gestionnaire ainsi que le cadre contractuel. Le contrat de délégation, de type concessif, a été signé le 6 février 1995, pour une échéance en 2020.

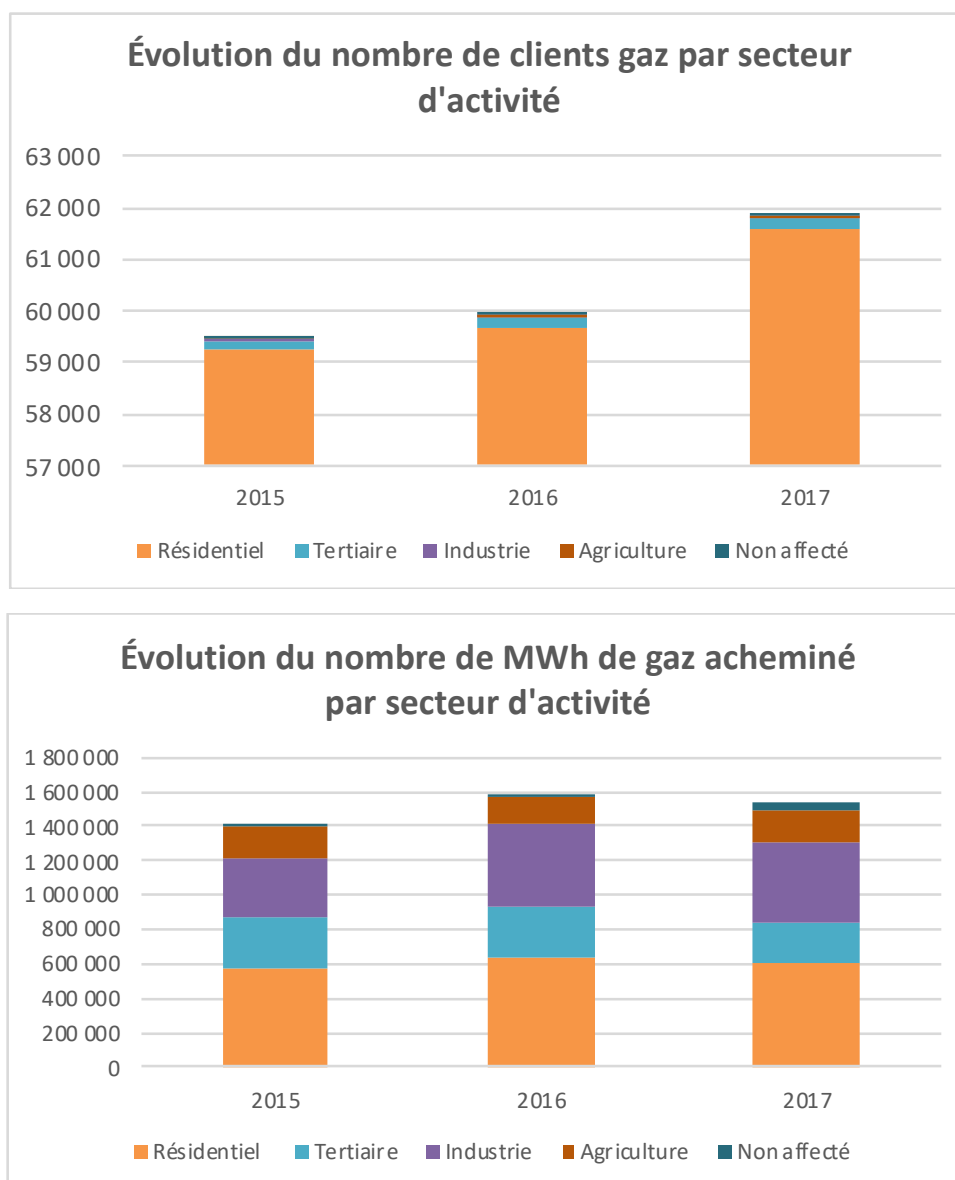
La concession porte principalement sur :

- l'exploitation du réseau de distribution (basse pression et moyenne pression) jusqu'au point de Livraison à l'abonné (compteur) ;
- les travaux d'entretien, de maintenance et de renouvellement ;
- les travaux de développement et de renforcement ;
- la production des données nécessaires aux fournisseurs d'énergie.



### Consommation

Début 2018, il y avait 61 866 Clients (points de Livraison) sur le territoire de la concession pour une consommation totale annuelle de 1 531,467 GWh en 2017.



**Figure 14 : Nombre de clients et quantité de gaz acheminée par secteur d'activité**

### Infrastructures

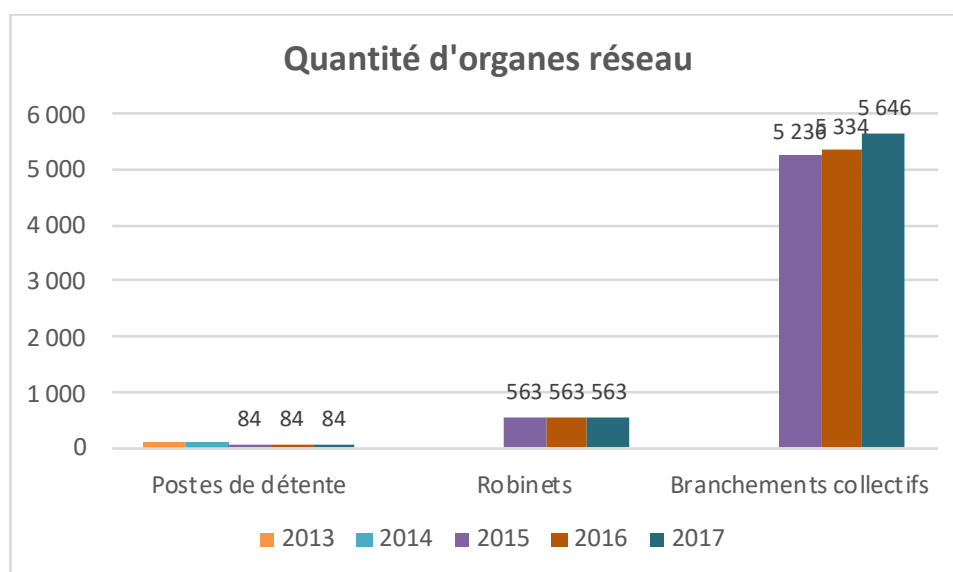
Le réseau de Brest métropole est principalement composé des éléments de distribution suivants :

- Les postes de détente : il en existe deux types. Les postes de détente de transport propriété de GRT Gaz qui convertissent la haute pression du transport en pression de distribution inférieure. Ce poste de détente est l'interface entre le réseau de transport et le réseau de distribution.

Il existe, également, les postes de détente de distribution publique permettant d'abaisser la pression jusqu'à un niveau compatible avec les installations des usagers et de réguler les éventuelles variations de pression pouvant provenir du réseau en amont ; début 2018, on en dénombre 84.

- Les canalisations : elles permettent de transporter le gaz naturel. Début 2018, les canalisations atteignent une longueur de 812,436 km.
- Les robinets de réseau et vannes sont les organes de coupure qui permettent la modification de la distribution du gaz à travers le réseau et l'arrêt de la fourniture de certaines canalisations en cas d'urgence. Début 2018, on en dénombre 563.
- Le branchement collectif est la conduite qui relie la canalisation de distribution à l'organe de coupure générale d'une habitation collective. Début 2018, on en dénombre 5 646.
- Le branchement individuel est la conduite qui relie la canalisation de distribution à une installation individuelle. Début 2018, on en dénombre 62 104.

Vous trouverez, ci-dessous, l'évolution des quantités des différentes infrastructures du réseau de distribution.



**Figure 15 : Quantité d'organes de réseau gaz sur la Métropole de 2010 à 2017**

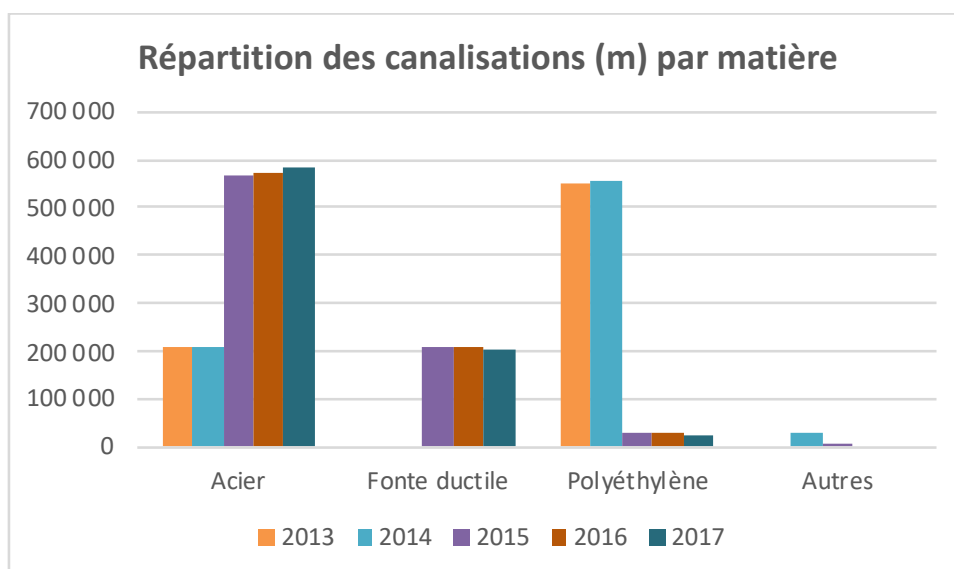


Figure 16 : Répartition des canalisations de gaz par matière de 2010 à 2017 sur la métropole

### 2.4.3. Présentation des réseaux de chaleur de Brest métropole

#### Présentation du réseau de BREST

Le réseau de chaleur de Brest a été créé en 1988 lors de la construction de l'usine d'incinération des déchets ménagers du Sprenot. Cette dernière dénommée aujourd'hui Unité de Valorisation Énergétique des Déchets (UVED) constitue la base de fourniture de chaleur pour le réseau et ses abonnés. Le réseau de chaleur de Brest métropole est labellisé « écoréseau de chaleur » par AMORCE.

Le réseau est constitué :

- d'une unité de production principale sur le site du Sprenot : UVED 25 MW et chaufferie Biomasse 12 MW ;
- d'un réseau de distribution primaire en eau surchauffée ;
- de quatre sous station d'échange « eau surchauffée – eau primaire » permettant de fournir la chaleur sur les réseaux secondaires ;
- de quatre chaufferies GAZ appoint/secours décentralisées de 18 MW chacune ;
- d'un ballon de stockage par hydro-accumulation de 1000 m<sup>3</sup> ;
- de quatre réseaux secondaires en eau chaude desservant les abonnés.



Figure 17 : Synoptique du réseau de chaleur de Brest

Les chiffres clefs du réseau :

• Puissance installée :	≈ 143 MW
• Longueur :	47 km
• Energie total :	30 000 équivalents logements
• Chaleur vendue :	142 755 MWh
• Abonnés :	46 abonnés / 199 points de livraison
• CO <sub>2</sub> évité :	25 802 tonnes (en 2017)

Le réseau de chaleur est géré sous la forme d'une délégation de service public (DSP) pour la gestion et l'exploitation du réseau de chaleur. Le délégataire Eco Chaleur de Brest assure les petit et gros entretiens et le renouvellement des ouvrages concédés.

Le délégant, Brest métropole, assure le financement et la maitrise d'ouvrage des travaux d'extension de réseau et de création de sous stations de desserte des abonnés.

### Intervenants du réseau

Les intervenants sur le réseau de chaleur de Brest sont :

- **Brest métropole**, autorité délégante

*Direction Ecologie Urbaine - Division Energie*

*24, Rue Coat ar Guéven*

*29238 BREST*

- **Eco Chaleur de Brest**, filiale de Dalkia, délégataire

*90, Rue Augustin Fresnel*

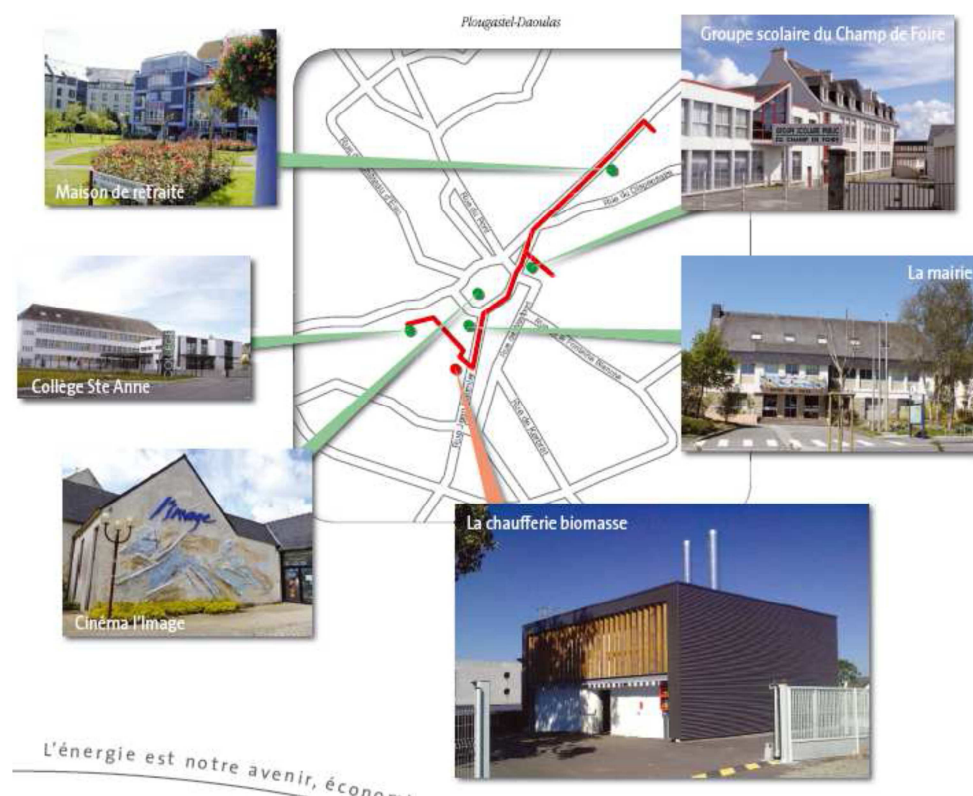
*29490 GUIPAVAS*

### Présentation du réseau de PLOUGASTEL DAOULAS

Le réseau de chaleur de Plougastel-Daoulas a été créé en 2007 ; il est alimenté par une chaufferie biomasse bois plaquettes qui constitue la base de fourniture de chaleur pour le réseau et ses abonnés. Il est labellisé par AMORCE « écoréseau de chaleur ».

Le réseau est constitué :

- d'une unité de production principale Biomasse de 1,2 MW ;
- d'une réserve de bois d'une capacité de 205 m<sup>3</sup> ;
- d'une chaufferie GAZ appoint/secours de 2,2 MW ;
- d'un réseau en eau chaude 90°C/70°C desservant les abonnés.



**Figure 18 : Synoptique du réseau de chaleur de Plougastel-Daoulas**

Les chiffres clefs du réseau de Plougastel-Daoulas:

• Puissance installée :	3,4 MW
• Longueur :	1,9 km
• Energie total :	850 équivalents logements
• Energie vendue :	4 872 MWh
• Abonnés :	16 abonnés / 16 points de livraison
• CO <sub>2</sub> évité :	710 tonnes (en 2017)

Le réseau de chaleur est géré sous la forme d'une concession. Le concessionnaire, Eco Chaleur de Brest, porte l'ensemble des opérations de construction, conduite, maintenance et relation avec les abonnés.

### 3. Estimation des émissions territoriales de gaz à effet de serre

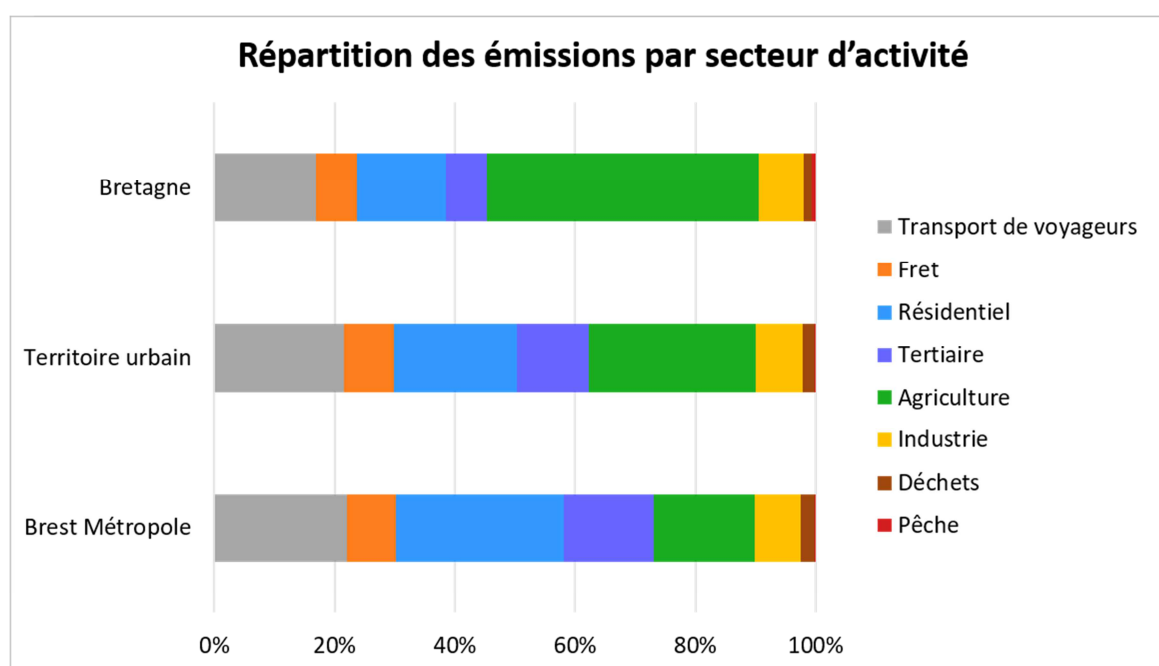
L'estimation des émissions de gaz à effet de serre (GES) permet de connaître la situation territoriale, notamment au regard du précédent plan climat, et ainsi situer sa progression quant aux objectifs de réduction fixés au niveau national et régional. Il s'agit de comptabiliser les émissions énergétiques comme non-énergétiques, produites par l'ensemble du territoire, en distinguant la contribution des différents secteurs d'activités.

#### 3.1. Portrait général des émissions de gaz à effet de serre

L'unité utilisée pour comparer l'effet des différents gaz à effet de serre (GES) entre eux est la tonne équivalent CO<sub>2</sub> (teq CO<sub>2</sub>).

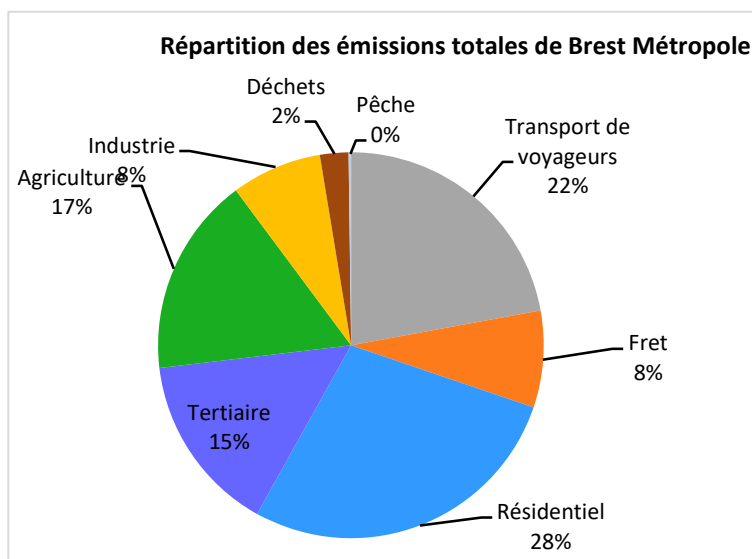
En 2010, Brest métropole est responsable de l'émission annuelle de plus de 891 622 teq CO<sub>2</sub> de gaz à effet de serre, soit environ 4,3 teq CO<sub>2</sub> par habitant et par an. L'importante densité du territoire (949 habitants par km<sup>2</sup>), la présence d'un réseau de gaz très développé, la superficie du territoire, ou encore un poids limité de l'agriculture, le tout concourt à expliquer que le ratio teq CO<sub>2</sub>/habitants soit plus faible que la moyenne des territoires urbains (5,5 teq CO<sub>2</sub>/habitants) et très inférieur à celui de la Bretagne (7,7 teq CO<sub>2</sub>/habitants).

La figure suivante compare le profil des émissions de GES de Brest métropole par secteur d'activité avec celui des autres territoires urbains et du profil régional :



**Figure 19 : Bilan des émissions de GES par secteur d'activité de Brest métropole et comparaison avec les profils régionaux et d'un territoire urbain type (Ener'GES, 2010)**

Les secteurs les plus émetteurs de GES de Brest métropole sont le résidentiel (28% soit plus de 248 kteq CO<sub>2</sub>), le transport de voyageurs (22% soit plus de 197 kteq CO<sub>2</sub>) suivi de l'agriculture (17% soit près de 149 kteq CO<sub>2</sub>). La figure ci-dessous reprend ces éléments.



**Figure 20 : Bilan des émissions de GES par secteur d'activité de Brest métropole (Ener'GES, 2010)**

Le profil des émissions de GES de Brest métropole est similaire à celui d'un territoire urbain de référence, avec comme élément différenciant les parts dédiées aux secteurs résidentiel et tertiaire (28% et 15% respectivement) plus importantes qu'un territoire urbain de référence (respectivement 21% et 12%). Par conséquent la part des émissions liées à l'agriculture est plus faible pour la métropole (17%) que pour les territoires urbains (28%).

La différence est plus marquée entre la métropole et le profil régional, où le secteur le plus émetteur de GES est l'agriculture (45%), suivi du transport des voyageurs (17%) et du résidentiel (15%).

La métropole se démarque ainsi des autres territoires avec des émissions de GES liées au secteur résidentiel plus significatives, liées à une part importante de consommation d'énergies fossiles avec une utilisation privilégiée des gaz de réseau dans ce secteur.

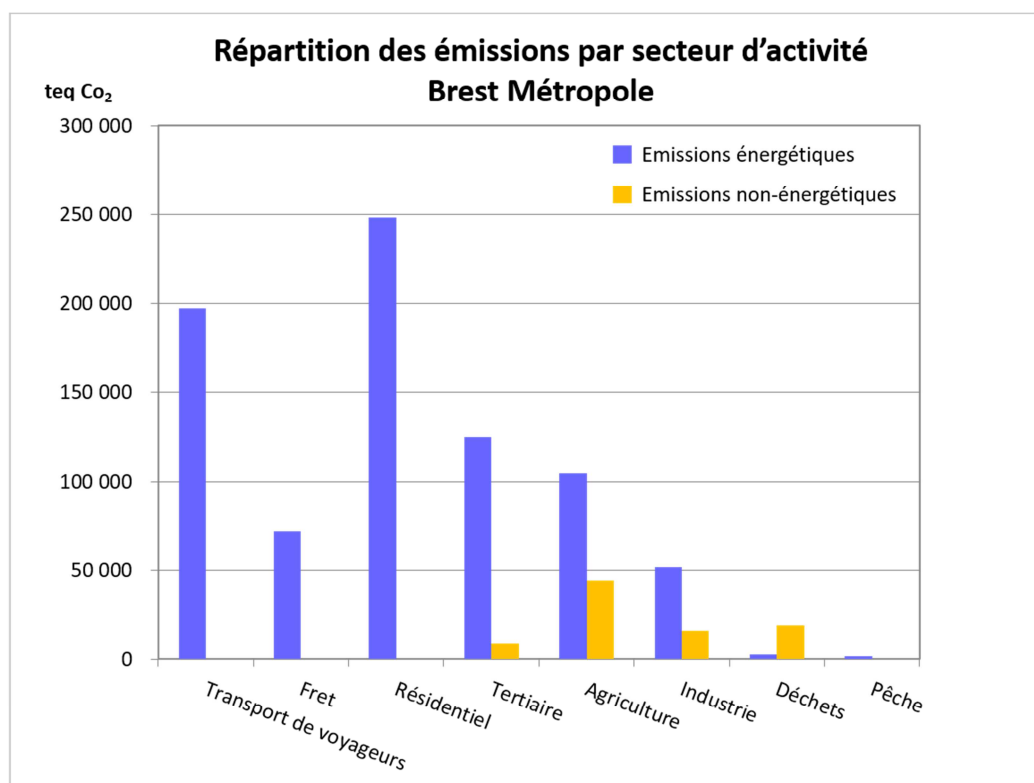
### 3.2.Émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre

Il est possible de distinguer les émissions de GES dites « énergétiques » liées à une consommation directe d'énergie (combustion de fioul, de gaz, etc.), des émissions de GES dites « non-énergétiques » qui sont issues de mécanismes chimiques non associés à une consommation directe (rejets de méthane lié à l'élevage, intrants chimiques,...).

Les émissions énergétiques dominent nettement le profil des émissions de GES avec 804 312 teq CO<sub>2</sub>, soit 90% des émissions de GES, marqueur d'un territoire très urbain.

La figure suivante fait état des émissions directes et indirectes de Brest métropole par secteur d'activité :





**Figure 21 : Bilan des émissions directes et indirectes de GES de Brest métropole par secteur d'activité (Ener'GES, 2010)**

Les secteurs d'activité de la métropole les plus émissifs (émissions directes) sont le résidentiel (248 kteq CO<sub>2</sub>), le transport de voyageurs (197 kteq CO<sub>2</sub>) suivi du tertiaire (125 kteq CO<sub>2</sub>). Concernant les émissions indirectes, ce sont les secteurs de l'agriculture (44 kteq CO<sub>2</sub>) suivis des déchets (18 kteq CO<sub>2</sub>) qui émettent le plus de GES.

En comparant ces données avec les consommations par secteur d'activité et par type d'énergie (voir Figure 5), il est possible de hiérarchiser ces émissions en fonction des activités et des sources.

Le secteur résidentiel est responsable de la majorité des émissions (directes) de Brest métropole (28%). Les principales consommations d'énergies finales sont l'électricité (1 132 GWh), le gaz de réseau (657 GWh) et les produits pétroliers (262 GWh).

Le deuxième secteur le plus émissif est le transport de voyageurs (22%) et ne concerne qu'une majorité de consommation de produits pétroliers (743 GWh) et une minorité d'électricité (18 GWh).

La production d'électricité ne générant pas d'émissions directes de GES, les énergies les plus émissives sont ainsi les produits pétroliers et le gaz de réseau. Le potentiel de réduction des émissions de GES liées à l'utilisation de produits pétroliers passerait par le remplacement des véhicules de transport des voyageurs par des équipements utilisant de l'électricité ou des biocarburants. En revanche la réduction des émissions liées à la consommation de gaz de réseau du secteur résidentiel risque d'être plus complexe et nécessitera la rénovation thermique du parc, la conversion de système de chauffage au réseau de chaleur ou l'intégration d'énergie renouvelable en appoint (solaire, bois) ainsi que l'injection de biogaz dans les réseaux publics de gaz.

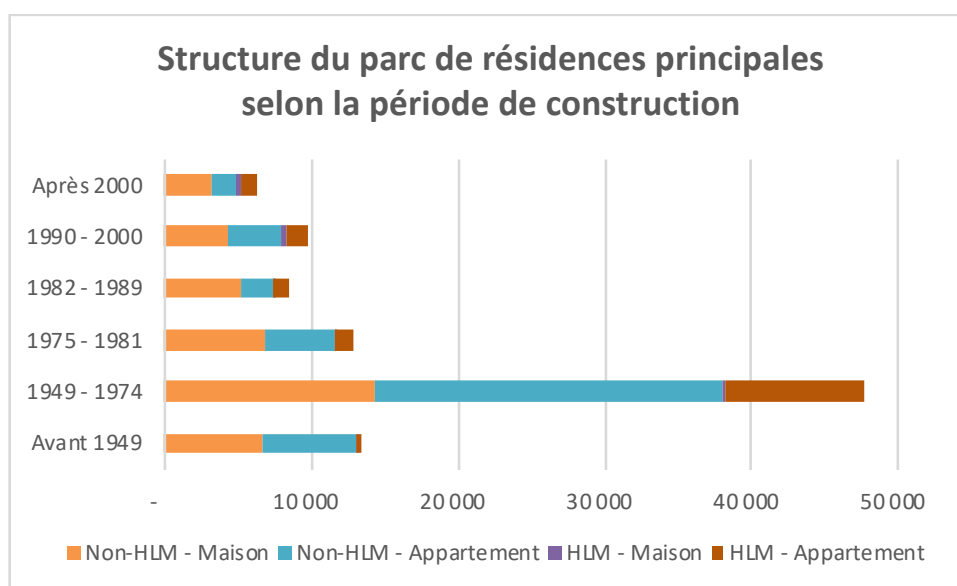
### 3.3.Émissions de GES par secteurs et enjeux liés

Cette section a pour objectif de focaliser les estimations des émissions de GES sur les principaux secteurs abordés précédemment et de définir pour les principales thématiques des enjeux spécifiques, qui pourront alimenter la stratégie et le plan d’actions.

#### 3.3.1. Le résidentiel : 248 397 teq CO<sub>2</sub> / 28% des émissions totales

La Figure 22 montre que la structure du parc de résidences principales en 2010 sur la métropole est très nettement dominée (48%) par des logements datant de la période 1949-1974, soit des logements pouvant dépasser 35 ans. La plupart de ces logements ne sont pas des HLM.

Les résidences principales construites après 1974 représentent tout de même 38% du parc, quand celles d’avant 1949 ne représentent que 14% du parc.

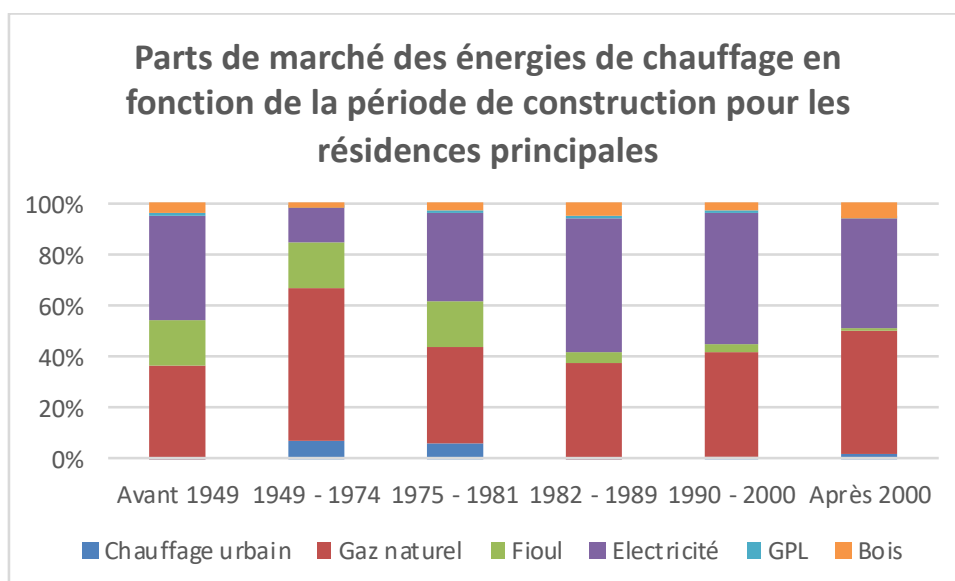


**Figure 22 : Structure du parc de résidences principales selon la période de construction**

La Figure 23 présente la part de marché de chaque énergie de chauffage dans les logements selon la période de construction. Le gaz et l’électricité sont le mode de chauffage de 73% (respectivement 42 et 31%) des résidences principales.

Nous constatons également que les résidences les plus nombreuses (période 1949-1974) sont majoritairement (60%) chauffées au gaz naturel.

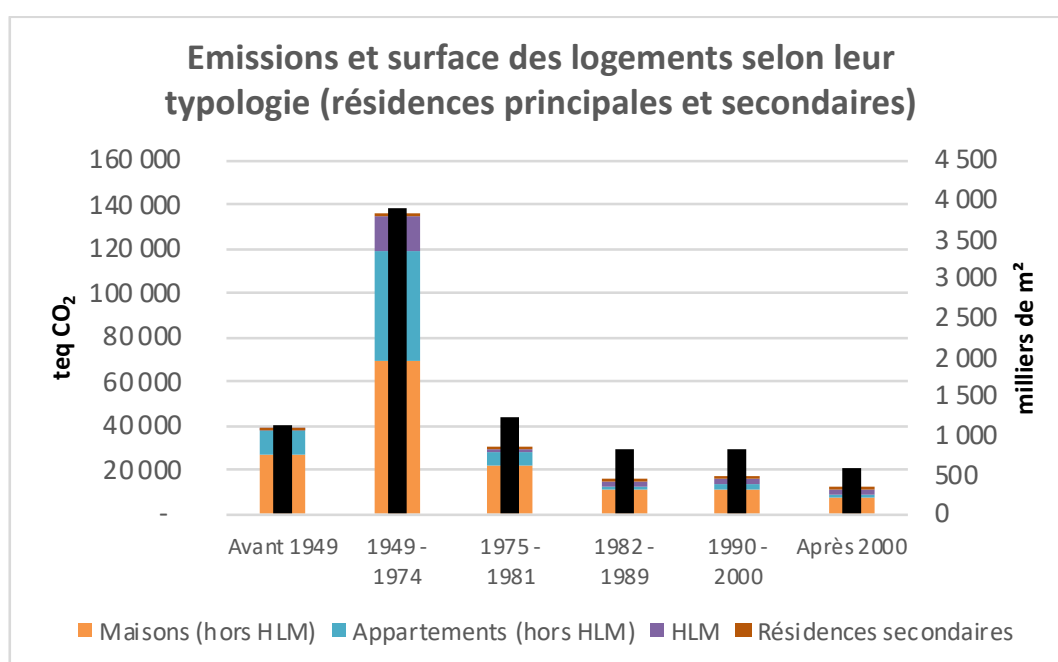
Le bois et le GPL ne représentent à eux deux que 7% de part de marché, soit presque autant que le réseau de chaleur (6%).



**Figure 23 : Part de marché des énergies de chauffage en fonction de la période de construction (résidences principales)**

La Figure 24 présente en synthèse les émissions et surfaces de logements par période de construction, en incluant cette fois-ci les résidences secondaires, qui représentent 1% des logements du territoire.

Il est logique de retrouver en tête des émissions les logements de la période 1949-1974. Cependant, il est important de souligner que les logements construits après 1974 ne représentent que 29% des émissions (contre 38% du nombre de logements). Cela souligne les effets de la prise en compte progressive de la performance thermique dans le bâtiment.

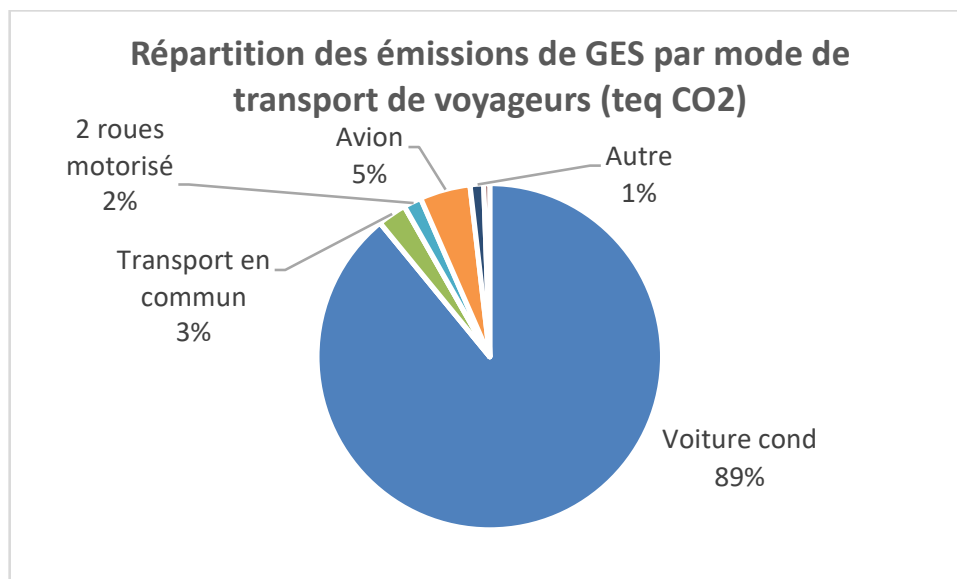


**Figure 24 : Émissions et surface des logements selon leur période de construction**

### 3.3.2. Le transport de voyageurs : 197 169 teq CO<sub>2</sub> / 28% des émissions totales

La Figure 25 montre que la voiture particulière représente la très large majorité des émissions de gaz à effet de serre du territoire, suivie après par l'avion, puis les transports en commun et enfin les deux roues motorisés.

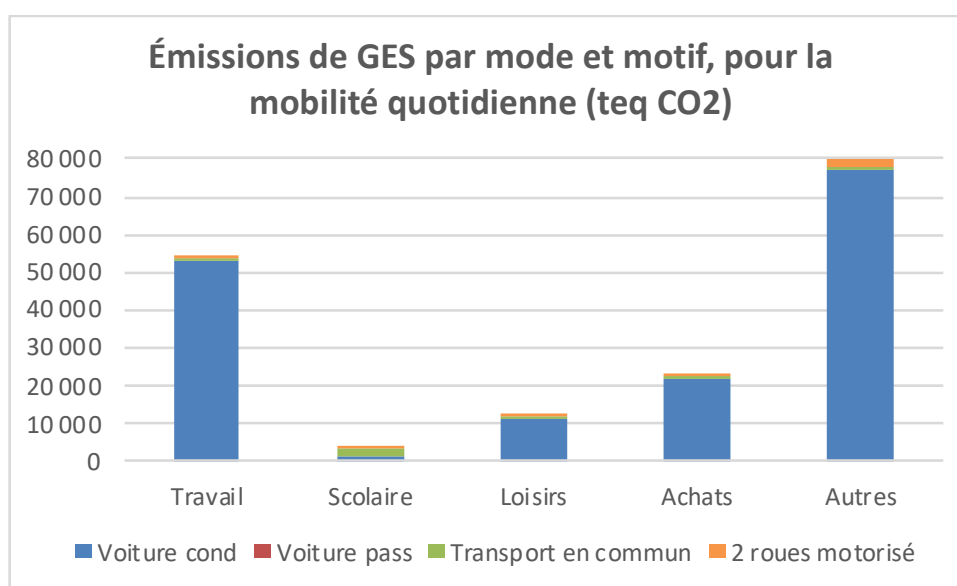
Ces chiffres sont très similaires sur des territoires équivalents et sur la région Bretagne.



**Figure 25 : Répartition des émissions de GES par mode de transport de voyageurs**

Ener'GES explore plus en détail le champ de la mobilité quotidienne (voir Figure 26) et permet ainsi de focaliser l'attention sur le fait que la voiture est (au-delà des autres motifs non décrits) dédiée aux déplacements vers ou depuis le lieu de travail.

Il est également intéressant de constater que le transport en commun est le mode principal de transport (66%) pour les déplacements scolaires.



**Figure 26 : Répartition des émissions de GES par mode et motif pour la mobilité quotidienne**

### 3.3.3. L'agriculture : 149 022 teq CO<sub>2</sub> / 17% des émissions totales

La Figure 27 présente le poids des principales activités agricoles dans les émissions de CO<sub>2</sub> de ce secteur du territoire.

Les cultures dominent très largement (99%) les émissions énergétiques et l'élevage concentre à lui seul près de 65% des émissions non-énergétiques (principalement du dioxyde d'azote).

Nous allons maintenant détailler les émissions de chaque activité.

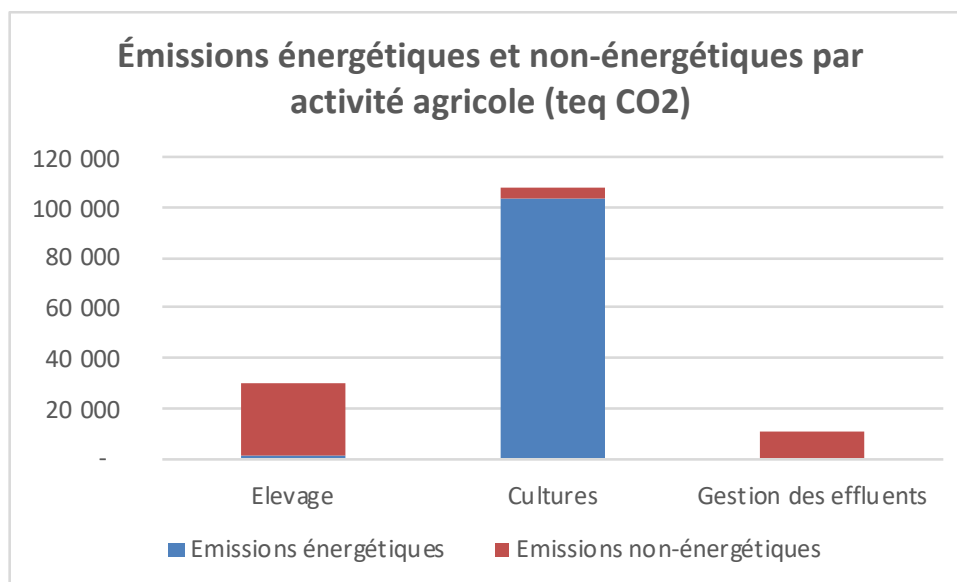
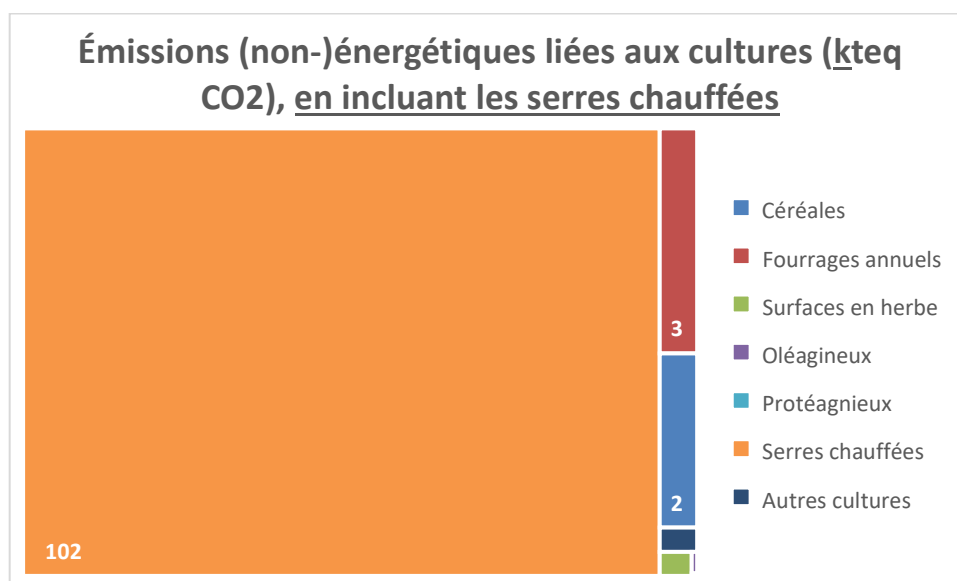


Figure 27 : Émissions (non-)énergétiques par activité agricole

#### Cultures

Les émissions des cultures sont très nettement dominées par les serres, qui représentent 94% des émissions du territoire (voir Figure 28). Par comparaison, dans un territoire équivalent, ce sont 29% des émissions, et 5% en Bretagne. Cela s'explique par une très forte concentration sur le territoire de serres chauffées.

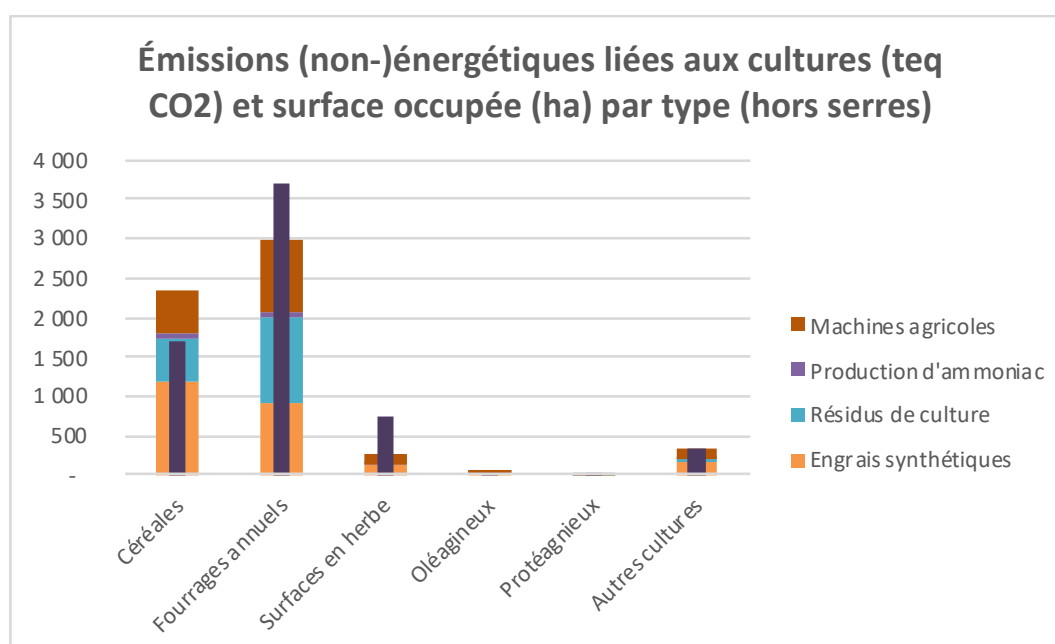


**Figure 28 : Émissions liées aux cultures (en incluant les serres chauffées)**

La Figure 29 détaille la répartition des émissions et de la surface, en ne considérant pas les serres chauffées.

Les fourrages annuels occupent la majorité des surfaces (56%) et sont responsables également de la majorité des émissions (50%), réparties de manière quasi équivalentes entre le machinisme, les résidus et les engrais.

La culture de céréales est la deuxième activité la plus représentée en surface (25%) et en émissions de GES (39%). Il est important de constater par ailleurs que contrairement aux fourrages, les émissions de GES sont supérieures à la surface, essentiellement du fait du poids des engrais (51% des émissions).



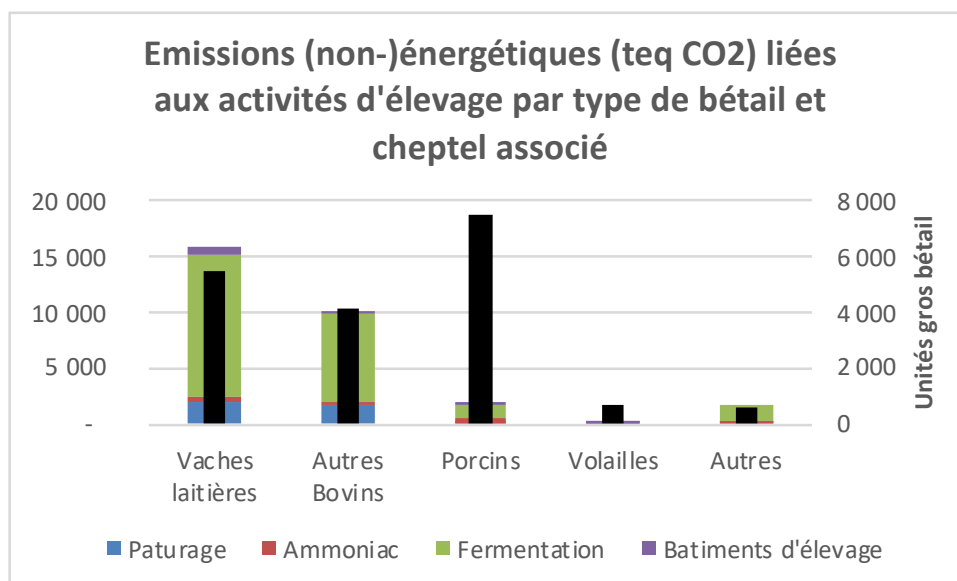
**Figure 29 : Émissions liées aux cultures (hors serres chauffées)**

## Élevage

La Figure 30 montre la répartition des émissions de GES par type de bétail et cheptel associé. Le cheptel le plus important est pour l'élevage porcin, qui n'est pas pour autant le principal émetteur de GES. C'est en effet l'élevage de vaches laitières (39%), avec une forte proportion (80%) d'émissions liées à la fermentation.

De manière générale les bovins représentent le cheptel le plus important (51%) et surtout sont les responsables principaux des émissions (87%).

Il est à noter également que la fermentation représente à elle seule 79% des émissions.

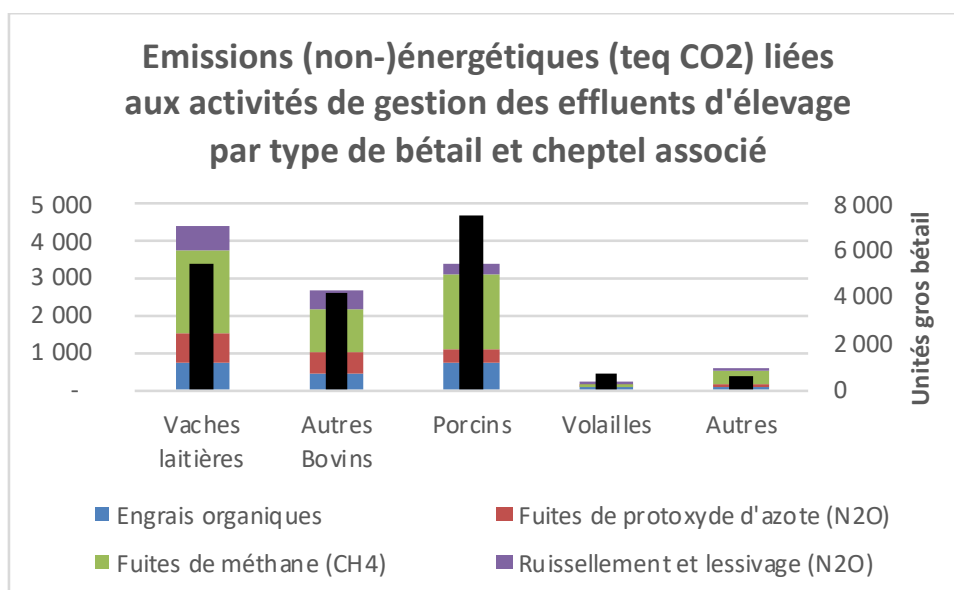


**Figure 30 : Émissions liées aux activités d'élevage et cheptel par type de bétail**

## Gestion des effluents

En ce qui concerne les effluents (voir Figure 31), les élevages bovins représentent toujours une part importante des émissions de GES (63%), mais surtout l'élevage porcin prend une place plus importante (30%).

Les fuites de méthane dans la gestion des effluents sont la majorité des émissions de GES (52%).

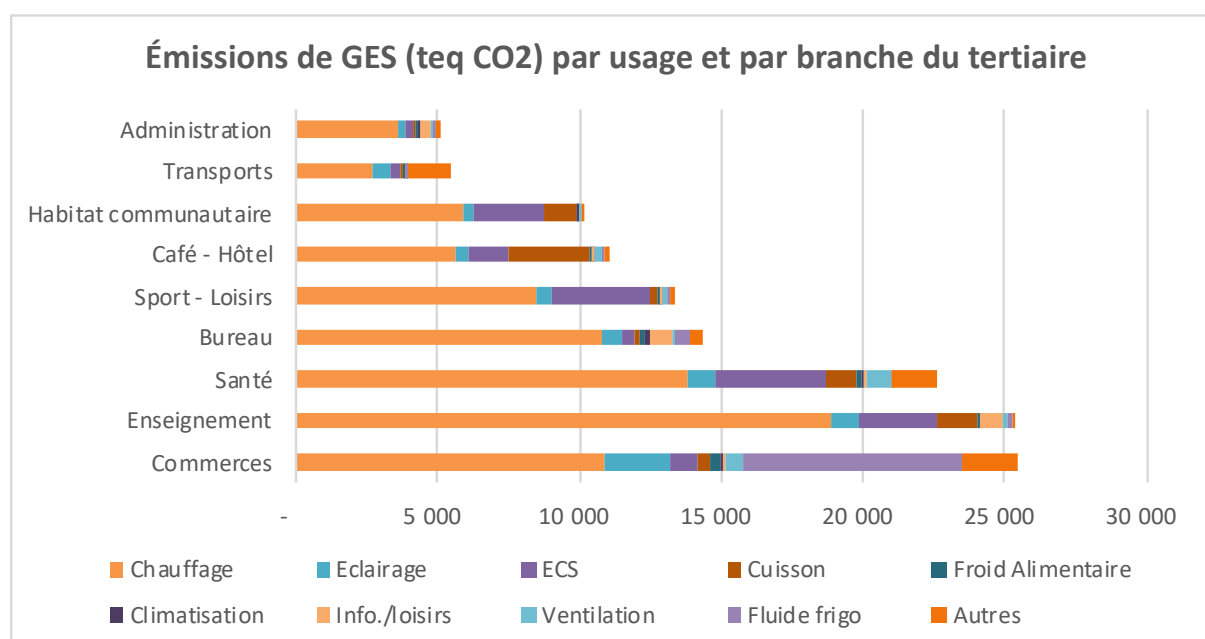


**Figure 31 : Émissions liées aux activités de gestion des effluents d'élevage**

### 3.3.4. Le tertiaire : 132 887 teq CO<sub>2</sub> / 15% des émissions totales

La Figure 32 montre le poids de chaque branche du tertiaire dans les émissions totales de secteur. Les commerces, l'enseignement et la santé dominent très largement le secteur, avec près de 55% des émissions totales (respectivement 19, 19 et 17%). Le chauffage dans ces usages est le principal poste d'émissions de GES.

Le chauffage, c'est au total sur le tertiaire 61% des émissions de GES, loin devant l'eau chaude sanitaire (12%).



**Figure 32 : Répartition des émissions de GES par usage et par branche du tertiaire**



### 3.3.5. Le fret : 72 348 teq CO<sub>2</sub> / 8% des émissions totales

Les valeurs pour le fret sont plus complexes à analyser, car le produit transporté dans les véhicules utilitaires légers n'est pas connu dans les bases de données utilisées dans Ener'GES. D'autant plus que ce mode de transport n'est pas le plus utilisé (voir Figure 33).

Le ferroutage représente une part très faible (<1%) des émissions de GES pour le fret, bien qu'il représente près de 5% des flux de marchandises sur le territoire.

La route, qui représente 87% des flux sur le territoire, est surtout dominée par les flux de produits manufacturés et de minerais et matériaux.

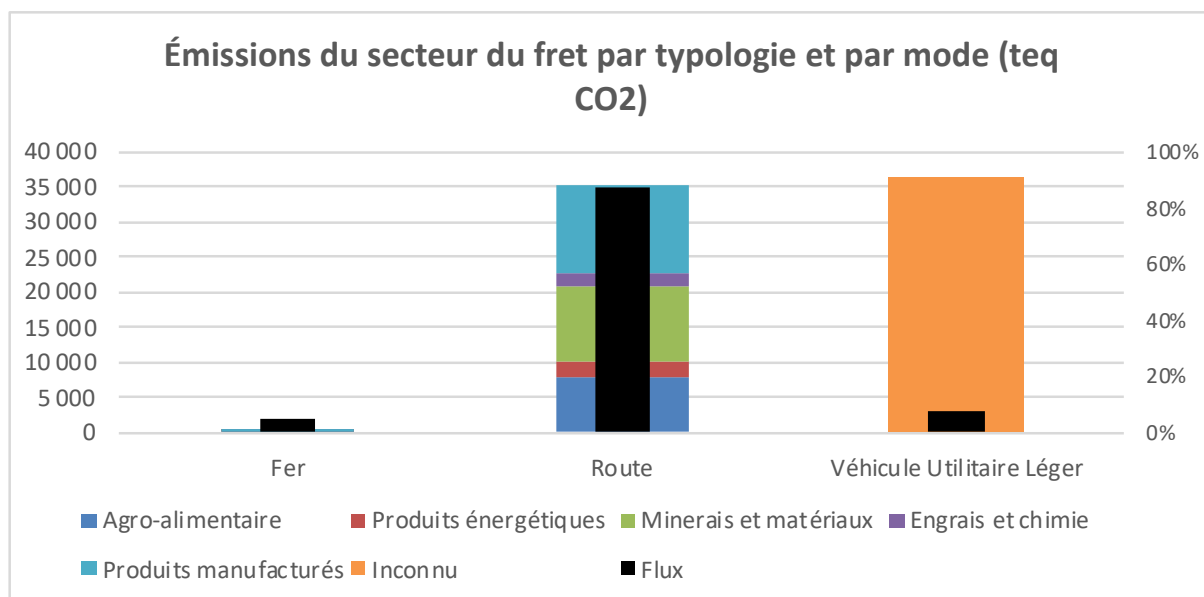


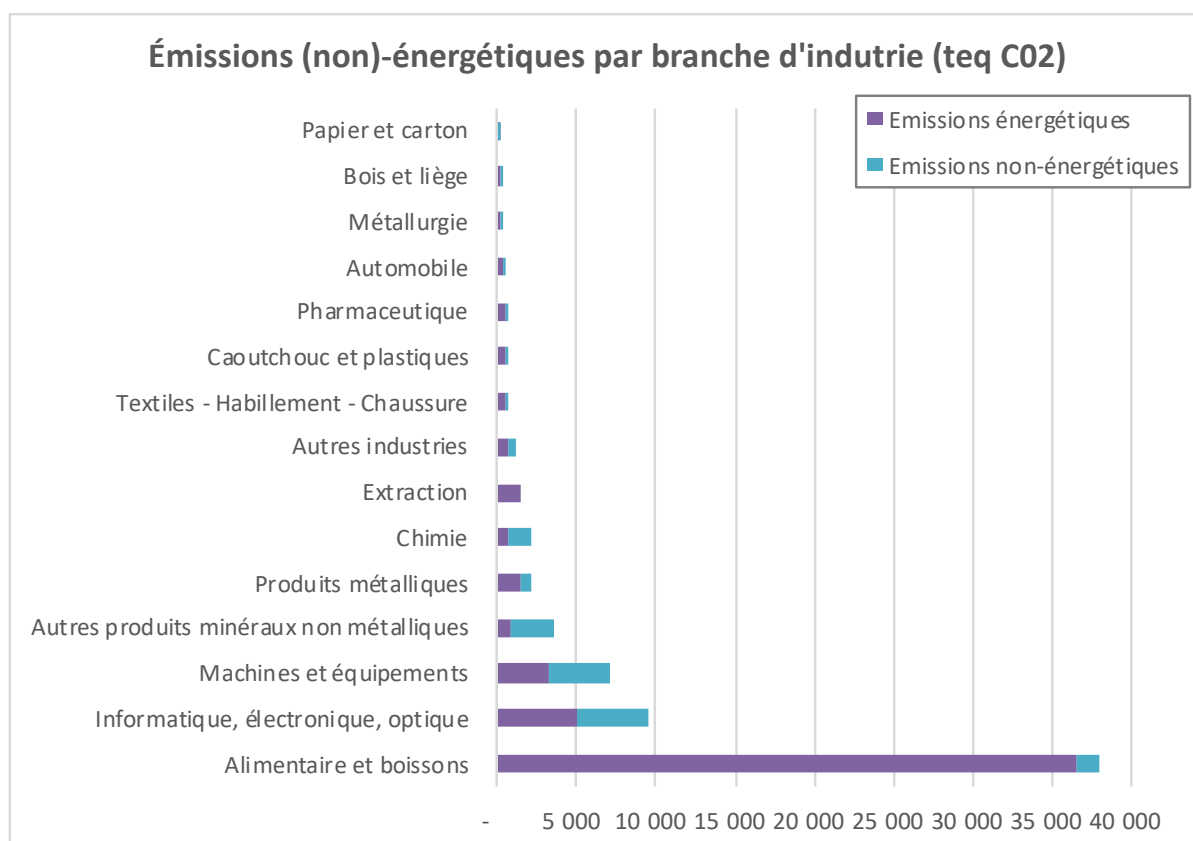
Figure 33 : Émissions du secteur du fret par typologie et par mode et flux associés

### 3.3.6. L'industrie : 67 793 teq CO<sub>2</sub> / 8% des émissions totales

La Figure 34 classe les branches d'industries selon leurs émissions, en ajoutant les émissions énergétiques aux non-énergétiques.

L'industrie de l'alimentaire et des boissons domine très nettement ce secteur (56%), loin devant les autres branches de ce secteur.

Les émissions énergétiques représentent 77% des émissions totales et il est des secteurs (chimie, machines, ...) où elles sont moins importantes que les émissions non-énergétiques.



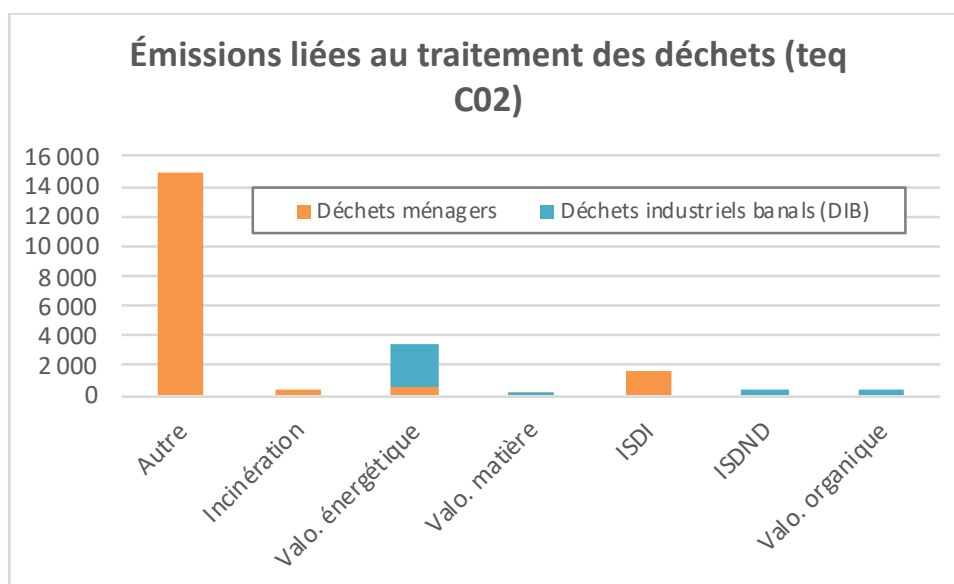
**Figure 34 : Émissions du secteur de l'industrie**

### 3.3.7. Les déchets : 21 156 teq CO<sub>2</sub> / 2% des émissions totales

La Figure 35 présente les émissions dues au secteur des déchets, secteur peu impactant dans les émissions du territoire.

Là encore, les résultats sont complexes à analyser, étant donné que les principales émissions des déchets ménagers ne sont pas attribuées à une filière en particulier.

À part cela, la valorisation des déchets est présente sous trois vecteurs : matière, énergétique et organique. Les installations de stockage (de déchets industriels – ISDI – et de déchets non dangereux – ISDND –) semblent moins importantes. Mais là encore, il est difficile de tirer des conclusions étant donné le poids des filières non déterminées.



**Figure 35 : Émissions liées au traitement des déchets**

## 4. Estimation de la séquestration carbone

Le stockage carbone, aussi appelé « séquestration du carbone », est un enjeu fort de la gestion des émissions de gaz à effet de serre. Il correspond à la capacité des réservoirs naturels (forêts, haies, sols) à absorber le carbone présent dans l'air.

Dans le cadre du PCAET, il s'agit donc de connaître les capacités actuelles de stockage du territoire et son évolution (dynamique des dernières années) afin d'envisager les mesures visant à accroître le phénomène de séquestration carbone.

### 4.1.Méthodologie

L'estimation de la séquestration carbone nette correspond au flux d'émission de GES de types puits (en valeur positive) ou déstockage (en valeur négative) induits par les changements d'affectation des sols et la surface forestière. Les résultats doivent intégrer une estimation de la séquestration directe et une évaluation de la séquestration indirecte par une utilisation durable et cumulative du bois ou de la biomasse dans les matériaux de construction ainsi que les effets de substitution du recours aux produits énergétiques à des fins énergétiques.

En appliquant aux surfaces un facteur de stockage ou d'émission de CO<sub>2</sub>, il s'agit dans le cadre de l'étude d'estimer :

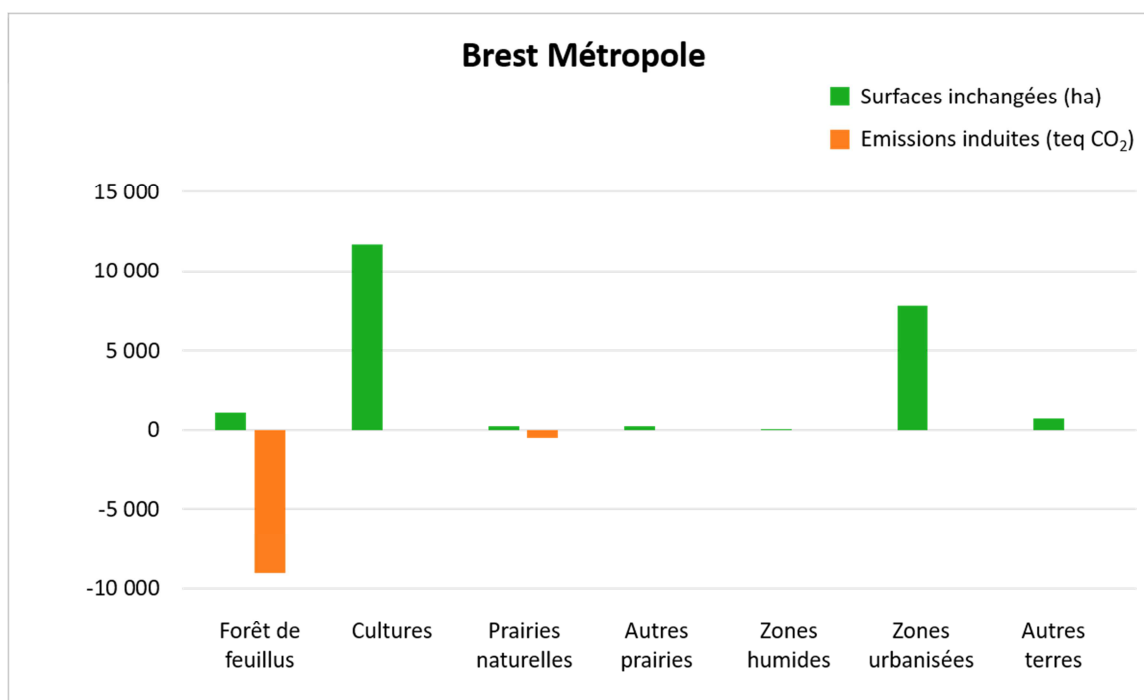
- La quantité de CO<sub>2</sub> stockée à ce jour sur le territoire de la métropole (forêts, haies et bois d'œuvre mobilisé).
- Le potentiel de stockage carbone lié à la quantité de bois d'œuvre mobilisable.
- Les émissions de carbone associées au changement d'affectation des sols.

Les données renseignées sont celles de la plateforme Ener'GES et ne renseignent pas sur l'évaluation des effets de substitution ou de stockage à long terme des matériaux biosourcés.

*Remarque : les résultats présentés sont à considérer avec précaution compte tenu des incertitudes liées à la méthodologie actuelle de modélisation.*

### 4.2.Séquestration carbone liée aux surfaces inchangées

La figure suivante établit le bilan des émissions et absorptions de dioxyde de carbone liées aux surfaces qui n'ont pas connu d'affectation sur la période 1990-2006 :



**Figure 36 : Émissions et absorption liées aux surfaces inchangées de Brest métropole depuis 1990 (Ener'GES, 2010)**

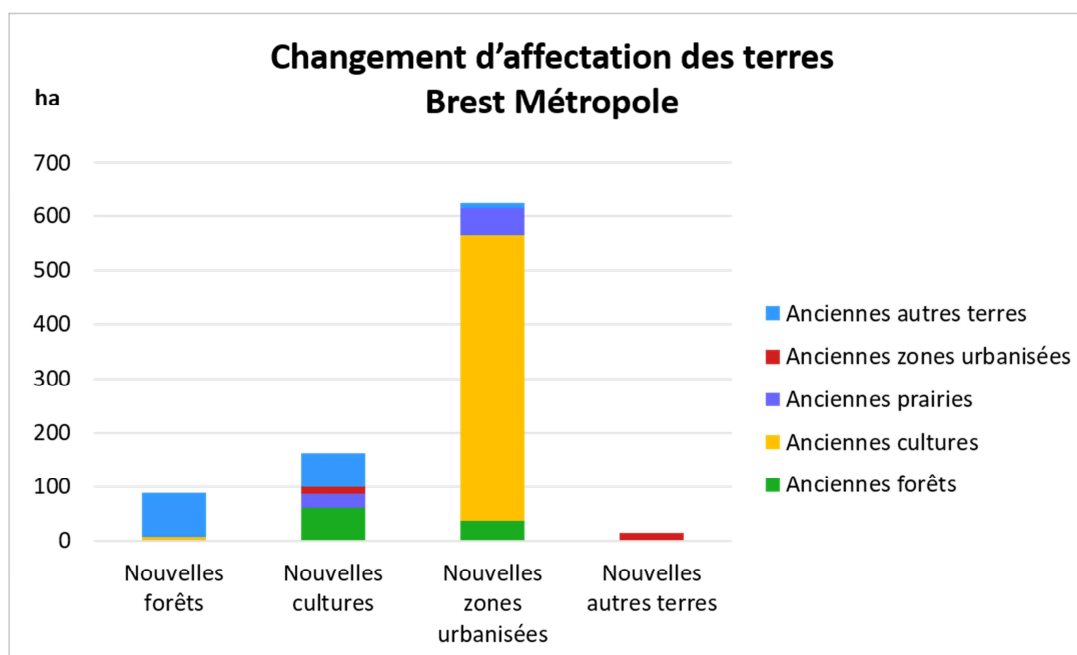
Les émissions de GES liées aux surfaces inchangées atteignent près de 9 504 teq CO<sub>2</sub> sur Brest métropole, ce qui est lié à la préservation de certains puits de carbone absorbant ces émissions. Les espaces contenant des forêts de feuillus représentent le premier puits à carbone du territoire avec l'absorption de près de 9 000 teq CO<sub>2</sub> pour près de 1 113 hectares inchangés.

Un phénomène similaire à plus petite échelle est également constaté sur les prairies naturelles qui ont stocké à elles seules près de 490 teq CO<sub>2</sub> pour plus de 260 hectares inchangés.

La portion de surfaces inchangée est plus importante pour les cultures (11 682 ha) et les zones urbanisées (7 805 ha) qui sont liées aux activités économiques du territoire et par définition ne stockent pas de carbone.

#### 4.3.Séquestration carbone liée à des changements d'affectation

La figure suivante effectue la synthèse des surfaces modifiées depuis 1990, qui peuvent affecter la quantité de carbone stocké à l'échelle de la métropole :



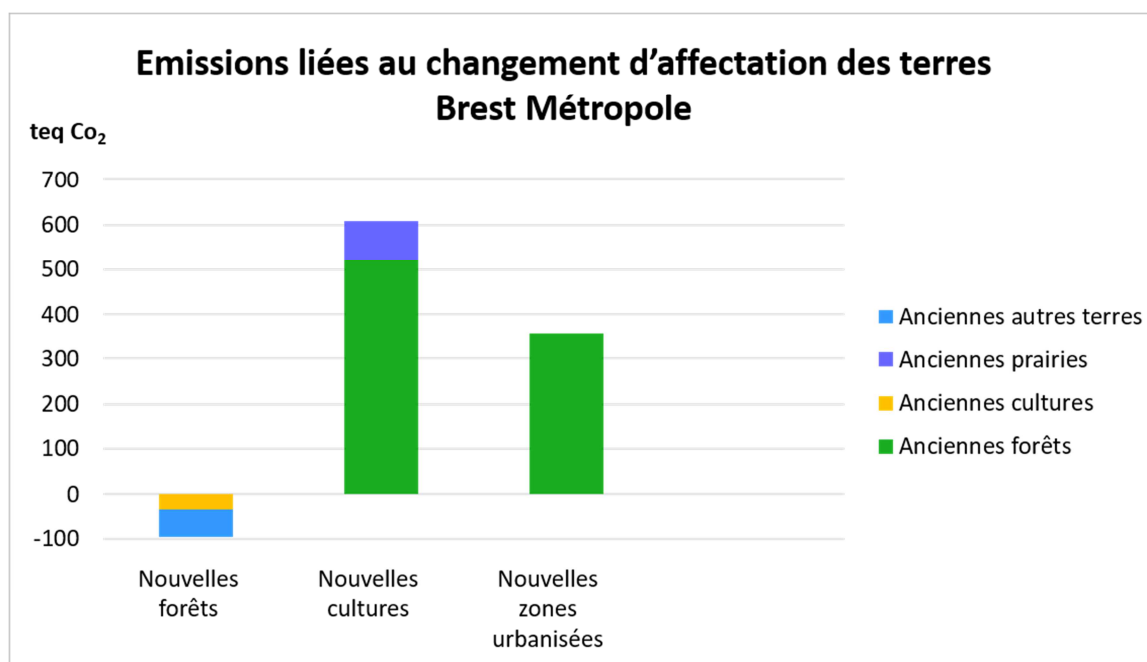
**Figure 37 : Changement d'affectation des surfaces de Brest métropole selon leur typologie depuis 1990 (CORINE LAND COVER, 2006)**

Le territoire de Brest métropole étant en expansion, le développement de nouvelles zones urbanisées représentent par conséquent les plus grandes surfaces ayant subi un changement d'affectation (624 ha). La majorité de ces espaces reconvertis concerne d'anciennes cultures (529 ha soit 85% de la surface totale) dont le rôle de puits de carbone est parfois discutable et dépend des techniques utilisées.

Le développement de nouvelles cultures occupe la deuxième place des plus grandes surfaces ayant changé d'affectation (163 ha). La majorité de ces espaces reconvertis concerne d'anciennes forêts (61 ha soit près de 38%) et d'autres terres non définies (63 ha soit 39%).

La création de nouvelles forêts représente plus de 89 hectares et est due pour la majorité à l'aménagement d'anciennes terres non définies (82 ha soit 93%).

La figure ci-après fait état des émissions de GES liées au changement d'affectation des terres sur la période 1990-2006 :



**Figure 38 : Émissions liées au changement d'affectation des surfaces de Brest métropoles selon leur typologie depuis 1990 (Ener'GES, 2010)**

Les émissions de GES liées au changement d'affectation des sols de Brest métropole sont estimées à 871 teq CO<sub>2</sub>. Le changement le plus impactant concerne la création de nouvelles cultures ayant généré à elles seules près de 609 teq CO<sub>2</sub>, dont la majorité sont liées à la suppression d'anciennes forêts (523 teq CO<sub>2</sub> soit 86% des émissions). La création de nouvelles zones urbanisées à la place d'anciennes forêts a généré plus de 357 teq CO<sub>2</sub>, soit près de 41% des émissions totales.

En contrepartie, la reconversion de terrains en nouvelles forêts a permis d'absorber près de 96 teq CO<sub>2</sub>, ce qui est moindre au regard des émissions générées suite au changement total des terrains de la métropole.

Au total, la séquestration totale de carbone de Brest métropole atteint près de 8 633 teq CO<sub>2</sub> en considérant les émissions de GES générées par le changement d'affectation des terres (871 teq CO<sub>2</sub>) et par les terrains inchangés (- 9 504 teq CO<sub>2</sub>).

Il est important de rappeler que ces résultats ne témoignent pas de la politique actuelle de la métropole, qui prend désormais bien plus en compte les enjeux liés à la consommation de terres agricoles et forestières et à la densification urbaine.

## 5. Estimation des émissions territoriales de polluants à effets sanitaires

L'état original de l'air que nous respirons quotidiennement peut être perturbé par la présence de composés chimiques, sous la forme de gaz ou de particules. Selon leurs niveaux de concentration, ils peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé humaine et l'environnement. Ils proviennent généralement des activités humaines, mais peuvent parfois être générés par des phénomènes naturels. Cette perturbation se traduit par la notion de pollution atmosphérique.

Dans le PCAET, ne sont considérés que certains polluants atmosphériques et uniquement d'origine anthropique :

- Les oxydes d'azote (NOx).
- Les particules : PM10 et PM2,5.
- Les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM).
- Le dioxyde de soufre (SO2).
- L'ammoniac (NH3).

Le schéma ci-dessous illustre schématiquement pour chaque polluant, les secteurs et les sources d'émissions ainsi que les impacts sur la santé.

<p><b>Particules fines 10µm (PM10)</b></p> <p><b>Provenance :</b> Trafic routier, chauffage au bois, et dans une moindre mesure au fioul. Les réactions chimiques entre certains gaz de l'atmosphère, l'exploitation des carrières et les chantiers sont aussi incriminés.</p> <p><b>Impact sur la santé :</b> Altération de la fonction respiratoire.</p>	<p><b>Particules fines 2,5µm (PM2,5)</b></p> <p><b>Provenance :</b> Identique au PM10, avec cependant une plus grande contribution des ménages aux émissions globales, notamment du fait des systèmes de chauffage.</p> <p><b>Impact sur la santé :</b> pénètre au plus profond dans l'appareil respiratoire jusque dans le système sanguin. Les PM2,5 peuvent véhiculer des composés toxiques, allergènes, mutagènes ou cancérigènes.</p>	<p><b>Oxyde d'azote (NOx)</b></p> <p><b>Provenance :</b> les combustions, qu'elles aient lieu dans une installation de production d'électricité, de chauffage ou dans un moteur (trafic routier).</p> <p><b>Impact sur la santé :</b> gaz irritant, qui pénètre dans les ramifications les plus fines des voies respiratoires.</p> <p><b>Impact environnement :</b> Formation d'ozone. Contribue à la formation des retombées acides et l'eutrophisation des écosystèmes.</p>	<p><b>Dioxyde de soufre (SO2)</b></p> <p><b>Provenance :</b> Combustion d'énergies fossiles contenant du soufre, comme le pétrole ou le charbon, mais également par la fonte de certains minerais de fer.</p> <p><b>Impact sur la santé :</b> altère la fonction pulmonaire chez l'enfant et provoque des symptômes respiratoires chez l'adulte (toux, gêne respiratoire, bronchite...)</p> <p><b>Impact environnement :</b> Combiné à l'oxygène de l'air et à de l'eau, il est responsable des pluies acides.</p>	<p><b>Composé Organique Volatile non méthanique (COVNM)</b></p> <p><b>Provenance :</b> Agriculture (déjections animales et engrais pour les cultures), utilisation de solvants et de produits ménagers.</p> <p><b>Impact sur la santé :</b> Indirect : précurseur de l'ozone Direct : en tant que substance toxique, les plus nocifs sont classés CMR (Cancérogène, mutagène, reprotoxique)</p> <p><b>Impact environnement :</b> Ce sont des précurseurs de l'ozone et des particules fines.</p>	<p><b>Ammoniac (NH3)</b></p> <p><b>Provenance :</b> Déjection des animaux, engrais azotés.</p> <p><b>Impact sur la santé :</b> Indirect avec la formation de PM2,5</p> <p><b>Impact environnement :</b> Il contribue largement à l'acidification des milieux environnementaux et menace la biodiversité. Il se recombine avec des oxydes d'azote et de soufre pour former des PM2,5</p>
<p><b>Impact environnement :</b> Eutrophisation et acidification des milieux pour les particules riches en nitrates et sulfates d'ammonium.</p>					

Localement, l'estimation des émissions de ces polluants à effets sanitaires (PES) permet de connaître la situation territoriale :

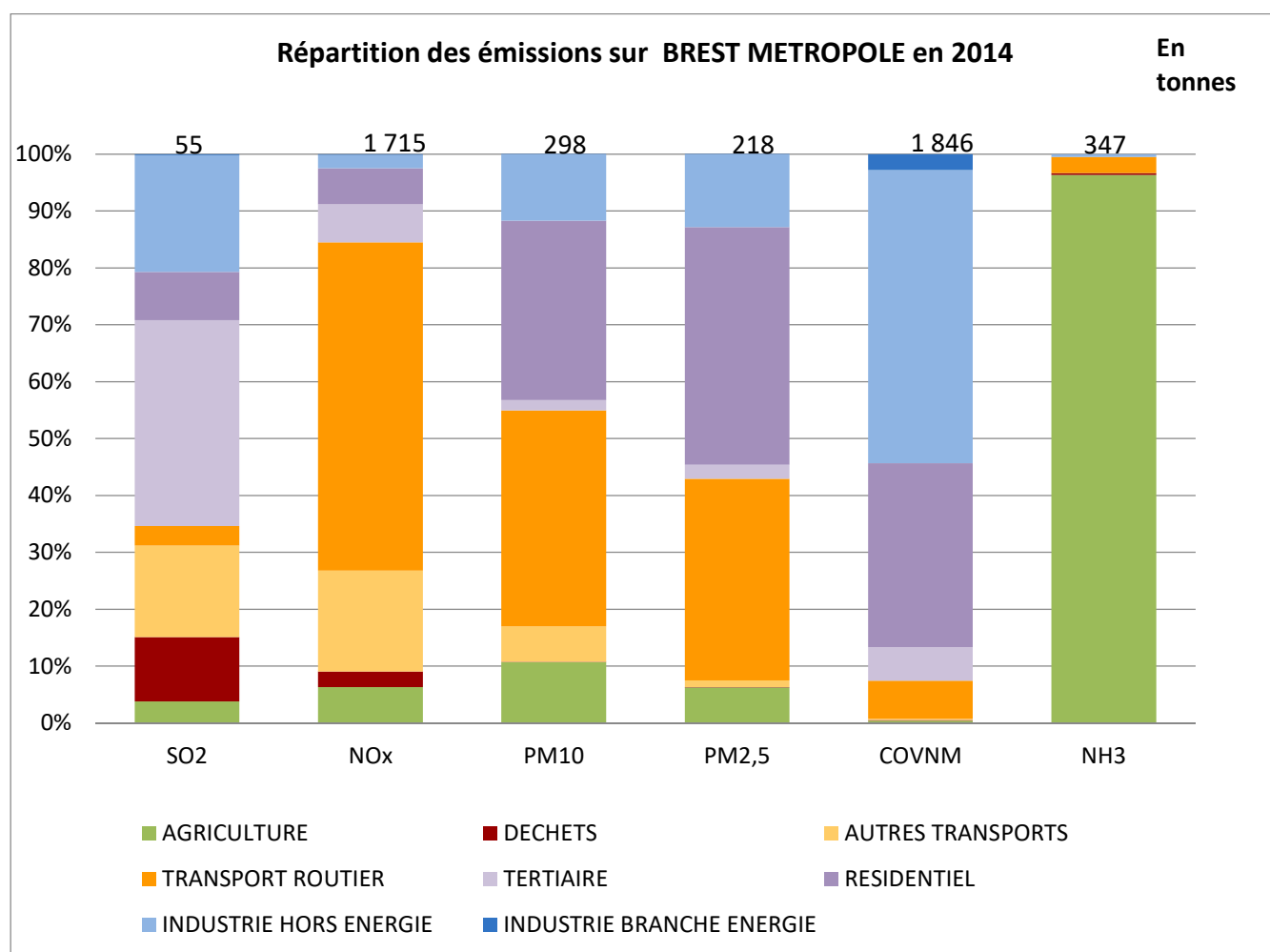
- En évaluant sa progression depuis le premier cadastre d'émission établi avec les données du territoire de 2008, et ce même si cette problématique n'était pas spécifiquement incluse dans le précédent plan climat de Brest métropole en 2012
- En faisant ressortir les spécificités locales en comparaison avec les émissions régionales ou nationales. Il s'agit de comptabiliser les émissions produites par l'ensemble du territoire, en distinguant la contribution des différents secteurs d'activités.



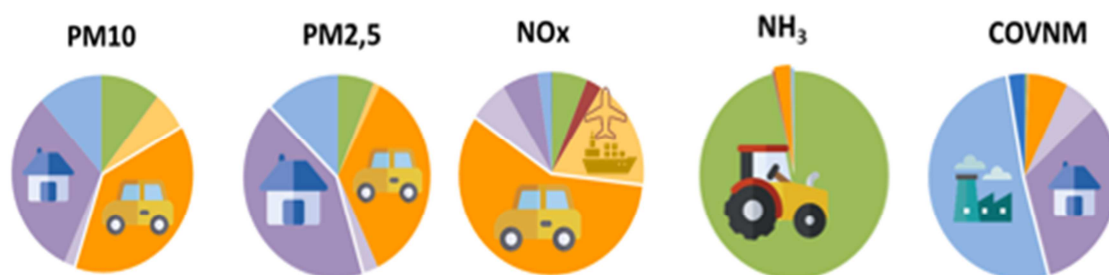
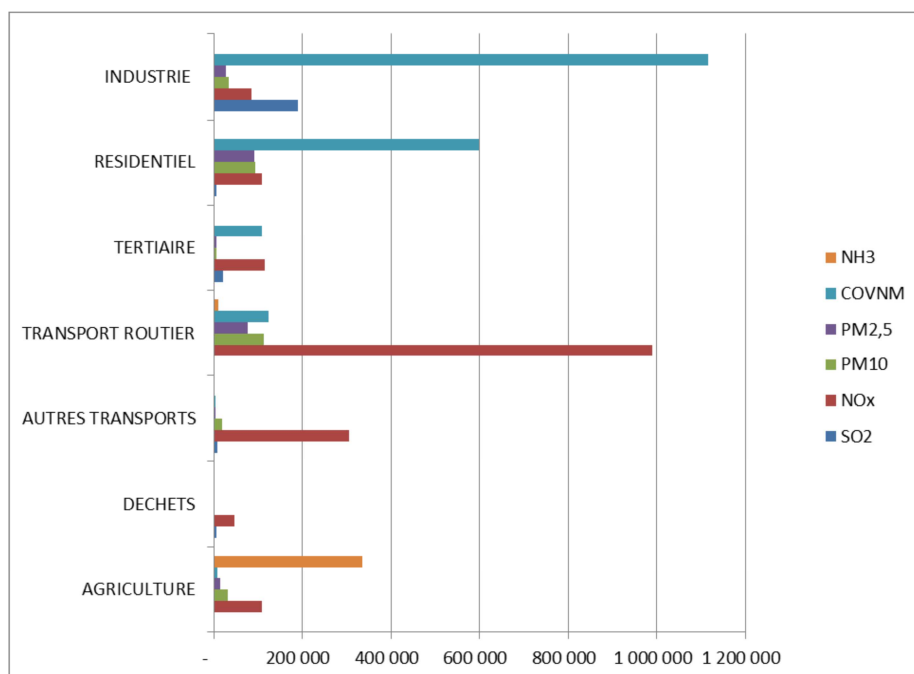
### 5.1. Portrait général des émissions de polluants atmosphériques à effets sanitaires : origine par secteur d'activités et évolutions par polluant

Le cadastre d'émission suivant a été établi par Air breih pour l'année 2014. Ce cadastre des émissions locales est extrait du cadastre d'émissions réalisé à l'échelle régionale.

Il évalue le tonnage à une année n pour chaque polluant et secteur d'activité.



Analyse de la contribution de chaque secteur d'activité (en kg) dans l'émission de chaque polluant



Les émissions principales du secteur résidentiel sont les COVNM (travaux de constructions ou de rénovation, chauffage, divers produits de consommations ...) ainsi que les particules fines (chauffage au bois).

Les transports représentent 73% des émissions de NOx du territoire et le transport routier seul, 56% des Nox et 38% des particules fines.

L'ammoniac NH3 émis à 96% par le secteur agricole et les épandages printaniers de fertilisants azotés pouvant contribuer fortement à certains pics de pollutions aux particules fines et sont des problématiques à l'échelle régionale. Les serres (environ 25% des surfaces de serres bretonnes) émettent NOx et particules fines.

Le secteur industriel est source de 54 % des COVNM émis sur le territoire (peintures) Les COV sont avec les NOx des précurseurs de l'ozone.

L'indice atmo mesuré quotidiennement sur notre territoire à partir des stations de mesures d'Air Breizh est plus souvent qu'ailleurs en Bretagne déterminé par la concentration en ozone.

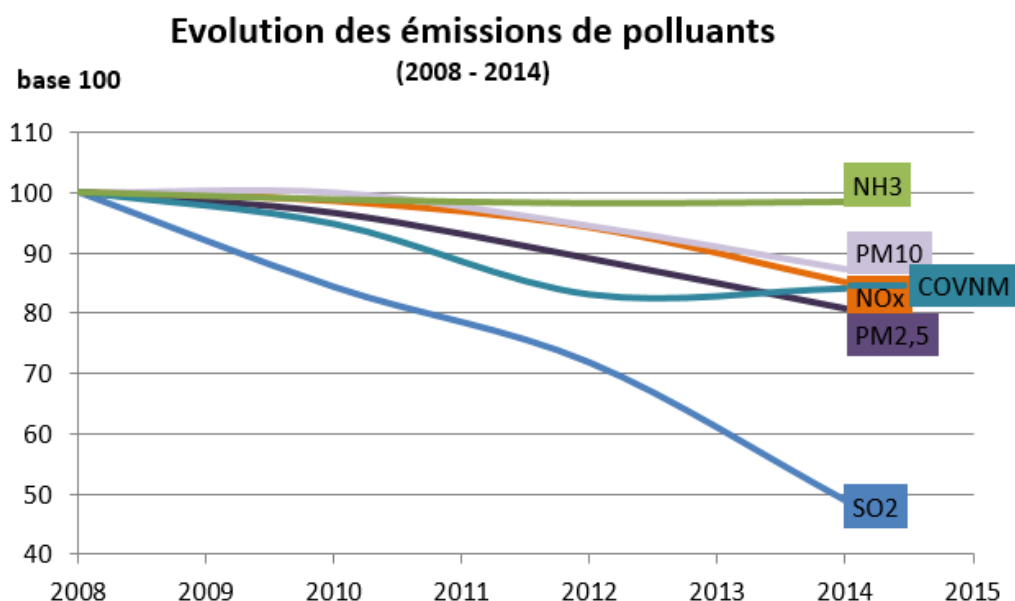
L'analyse de ces émissions de polluants met en évidence des **spécificités à notre territoire** :

- Des émissions de NOx caractéristiques d'un milieu urbain dense.
- Des émissions de particules fines en provenance du chauffage du bâti (et essentiellement liées au recours au bois de chauffage) et des transports, et dans une moindre mesure par l'activité agricole, peu présente sur le territoire, hormis les serres maraîchères.
- Des émissions un peu plus élevées qu'une moyenne urbaine en COVNM en lien avec des particularités du territoire (activités portuaires).
- Des émissions de dioxydes de soufre (SO<sub>2</sub>) faibles car essentiellement liées à des activités industrielles peu présentes sur le territoire.
- des émissions d'origine agricole d'un niveau équivalent aux secteurs résidentiel et tertiaire pour les polluants liés au chauffage du bâti (NOx et particules fines), en lien avec l'activité de maraîchage sous serres chauffées.

En synthèse, les polluants viennent majoritairement du **trafic routier** et du **chauffage domestique** (près du tiers des émissions locales, tout polluant confondu). L'action, telle que prévue dans le PCAET, doit ainsi **porter sur l'urbanisme** en général, **sur l'habitat** et **sur les déplacements**.

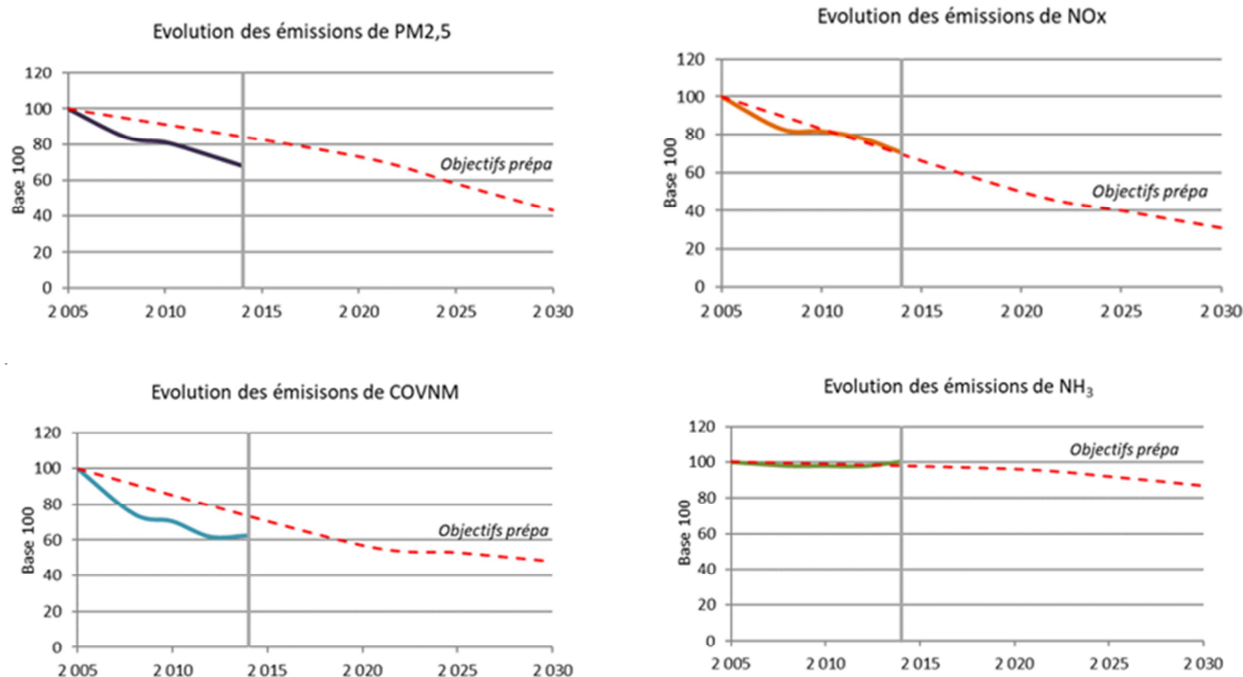
Les COVNM, qui regroupent des polluants très variés, sont majoritairement émis par le secteur industriel hors énergie, suivi du résidentiel.

En terme d'évolution de ces émissions, seuls les COVNM sont en progression sur le territoire, les autres polluants étant stables (NH<sub>3</sub>), en légère régression (NOx, particules fines PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) ou en très forte régression (SO<sub>2</sub>).



Evolution des émissions 2008 - 2014	SO2	NOx	PM2,5	COVNM	NH3
Brest métropole (v2.2)	-51%	-15%	-19%	-16%	-2%
Région (v2.2)	-50%	-24%	-14%	-22%	2%
France (source CITEPA-Avril 2017)	-54%	-26%	-23%	-26%	0%

En termes d'émissions de polluants, les tendances suivent les tendances projetées à l'échelle nationale, révélées dans le cadre du PREPA (Plan de Réduction des Polluants Atmosphériques) prévu à l'horizon 2030, comme le révèlent les graphiques ci-après fournis par Air Breizh.



Les baisses constatées, souvent générées par des évolutions techniques permettant une amélioration des produits et des process, expliquent une grande part des réductions des émissions observées. A l'avenir, il est prévisible que ces actions techniques ne suffiront pas et devront s'accompagner de nouvelles orientations, qui sont celles du plan Climat Air Energie Territorial.

Aussi, des efforts restent à poursuivre pour que la métropole tende en 2030 vers les objectifs fixés par le Plan de Réduction des Polluants Atmosphériques défini par l'arrêté du 10 mai 2017 auquel Brest métropole doit participer à travers son PCAET.

Au regard de ce programme, les objectifs nationaux devraient être atteints sur le plan local en 2030 dans la mesure où les actions mises en œuvre et prévues répondent aux axes promus dans le PREPA. Les actions correspondent de surcroît à des actions nouvelles de réduction des sources de pollution.

## 5.2. Analyse des enjeux sanitaires de ces polluants à travers la surveillance de la qualité de l'air

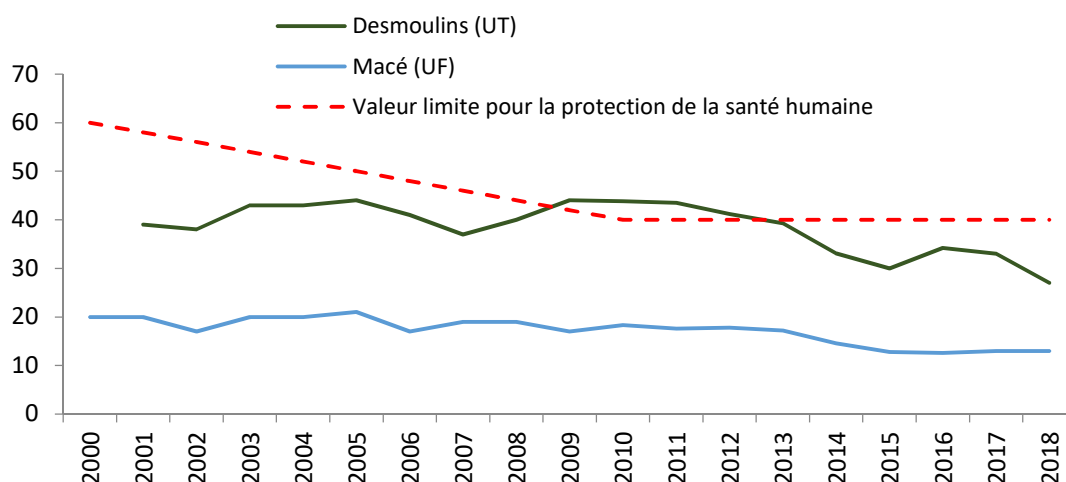
Ce diagnostic territorial est complété par les résultats de la surveillance de la qualité de l'air réalisée sur trois stations de mesure localisées à Brest. Dans ces stations, sont relevées en continu les concentrations dans l'air des polluants suivants : les particules fines (PM10) et très fines (PM2.5), les oxydes d'azote (NOx) et l'ozone (polluant secondaire produit à partir essentiellement de NOx et de COV transformés sous l'effet des rayonnements solaires. Il est à noter que NH3 et COVNM ne sont pas des polluants faisant l'objet d'un suivi ni de normes sanitaires à respecter.

Les concentrations mesurées sont fortement influencées par les conditions météorologiques locales. Ainsi, sur la région brestoise, les conditions sont le plus souvent favorables à une dispersion des polluants.

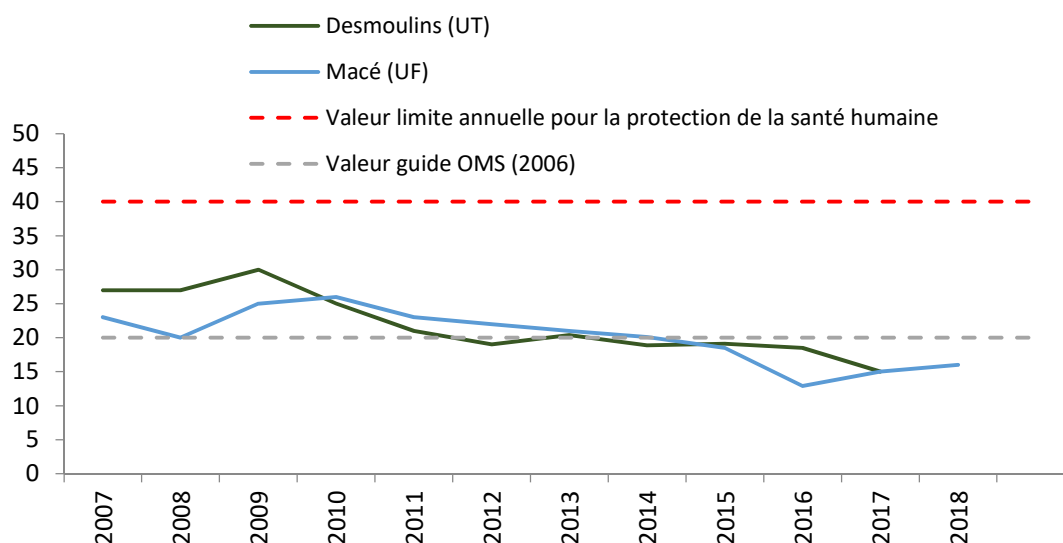
Station (UT) = station urbaine mesurant les retombées du trafic routier, en bordure immédiate des axes circulés. Elles sont représentatives de l'exposition maximale sur les zones soumises à une forte circulation urbaine.

Station (UF) = station urbaine de fond mesurant les concentrations de polluants dans la masse d'air homogénéisée, toutes sources de pollution confondues. Elles sont représentatives de l'air respiré par la majorité des habitants de l'agglomération,

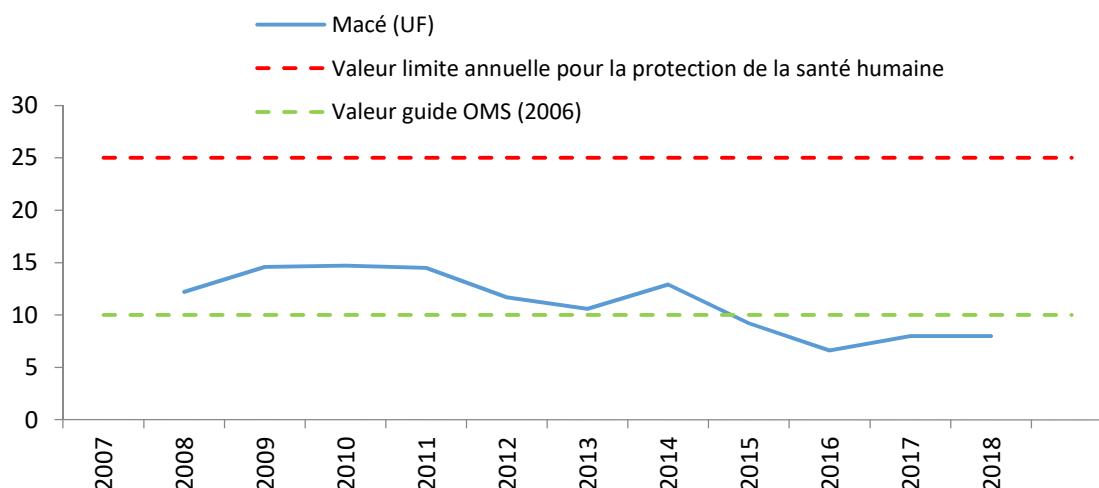
Evolution des moyennes annuelles en NO<sub>2</sub> à Brest



### Evolution des moyennes annuelles en PM10 à Brest



### Evolution des moyennes annuelles en PM2,5 à Brest



Il est à noter qu'en raison de la localisation géographique du territoire exposé à des vents dominants sud-Sud-Ouest-Ouest, les concentrations observées respectent les valeurs guide de l'OMS (40 µg/m³) en moyenne annuelle en NO<sub>2</sub>, 20 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle de PM<sub>10</sub>, 10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle de PM<sub>2.5</sub>.

Tel est l'objectif du projet de SRADDET pour la Bretagne en 2040 : respecter ces valeurs guide de l'OMS.

Une vigilance particulière est donc à maintenir sur le plan des particules fines dont la tendance remarquée est à une légère hausse des concentrations, à vérifier sur une plus longue période, au vu de la baisse régulière notée les années précédentes.

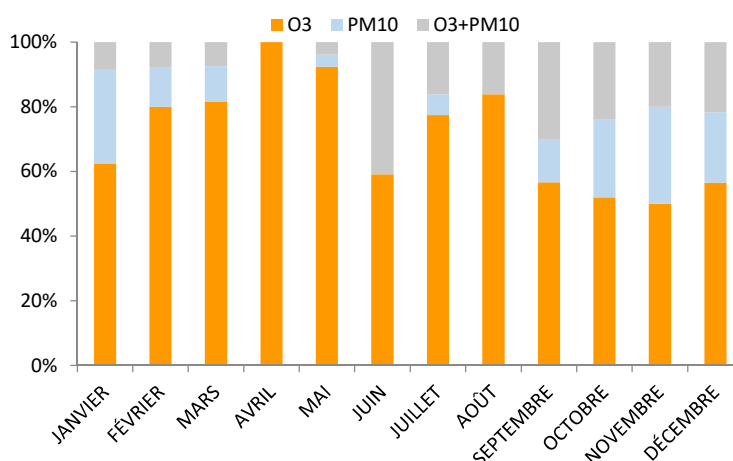
Selon les indices atmo quotidiens disponibles pour l'année 2018, calculés à partir des mesures en continu des concentrations de polluants l'indice dominant est de niveau 4 (44% des jours de l'année 2018), et de qualité dégradée une cinquantaine de jours dans l'année.

Les épisodes de pollution sont caractérisés par des indices atmo variant de 7 à 10. Faibles en 2018, ils sont au nombre d'une dizaine de jours par an les années précédentes.

répartition dans l'année 2018	indice atmo	
0	10	très mauvais
0	9	
0	8	
2	7	mauvais
9	6	
40	5	moyen
160	4	
130	3	bon
16	2	
0	1	très bon

Une autre caractéristique des indices atmo est qu'il est plus fréquemment qu'ailleurs influencé par la teneur en ozone dans l'atmosphère. L'ozone est un polluant secondaire dont les polluants précurseurs sont notamment les Nox et les COVNM, principaux polluants émis sur le territoire.

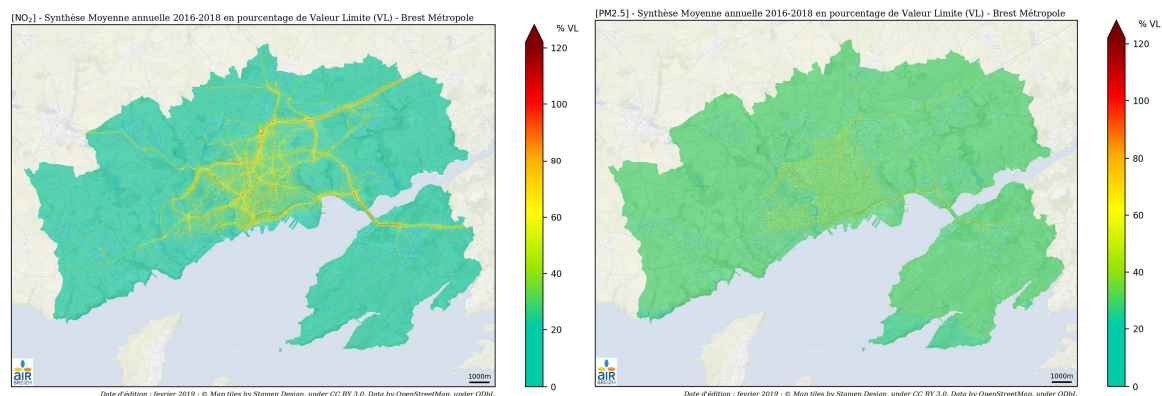
Part des journées où l'indice atmo est influencé par la teneur en ozone dans l'air



Enfin, des points de vulnérabilités méritent l'attention, comme dans toute zone urbaine dense.

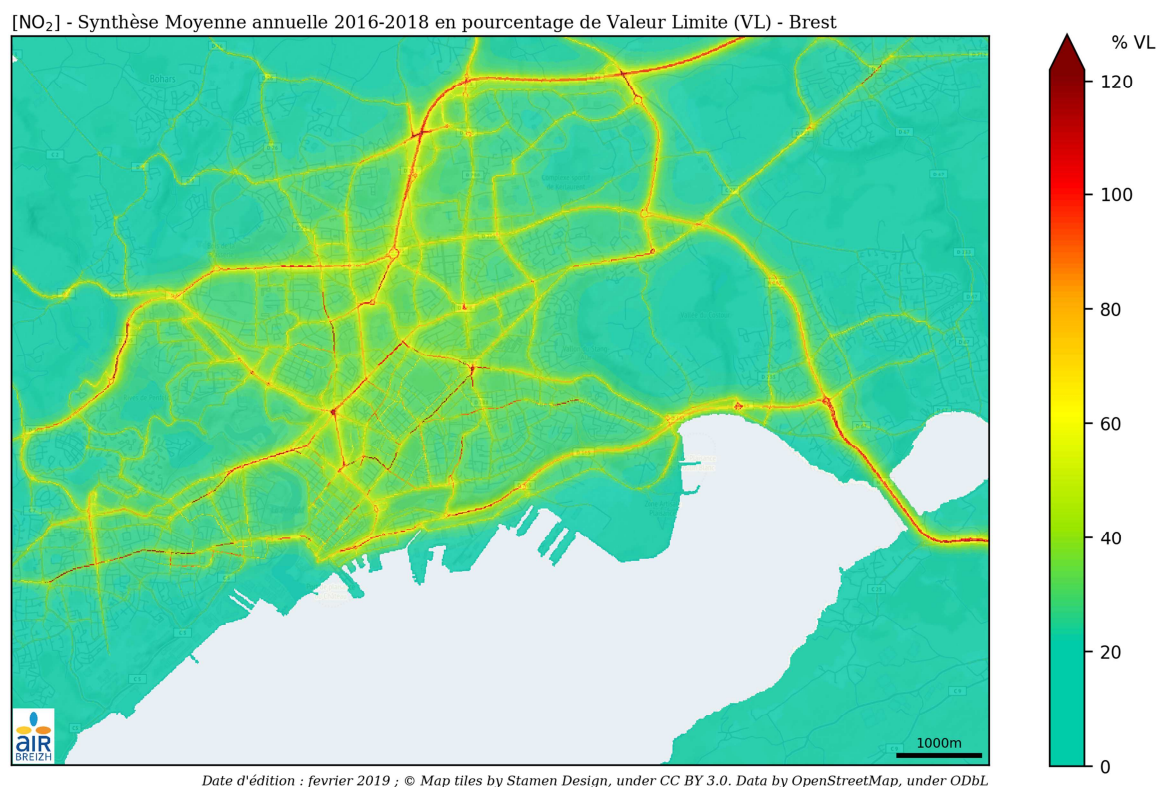
- 1) Les concentrations élevées en oxydes d'azote en bordure des axes très circulés.
- 2) Les particules fines et l'ozone à l'origine de la plupart des épisodes de pollution (une dizaine de jours par an) mais qui génèrent aussi une exposition chronique, qui même à faibles concentrations constituent la forme la plus impactante pour la santé, et sur laquelle il est essentiel d'agir.

Par modélisation comme vue ci-dessous, des points de vulnérabilité du territoire vis à vis des Nox sont à noter, en raison de très forts trafic, voire des trafics moyens dans des rues peu ventilées, entraînant des expositions à des concentrations moyennes annuelles élevées dans des habitats ou établissements sensibles attenants à ces rues.



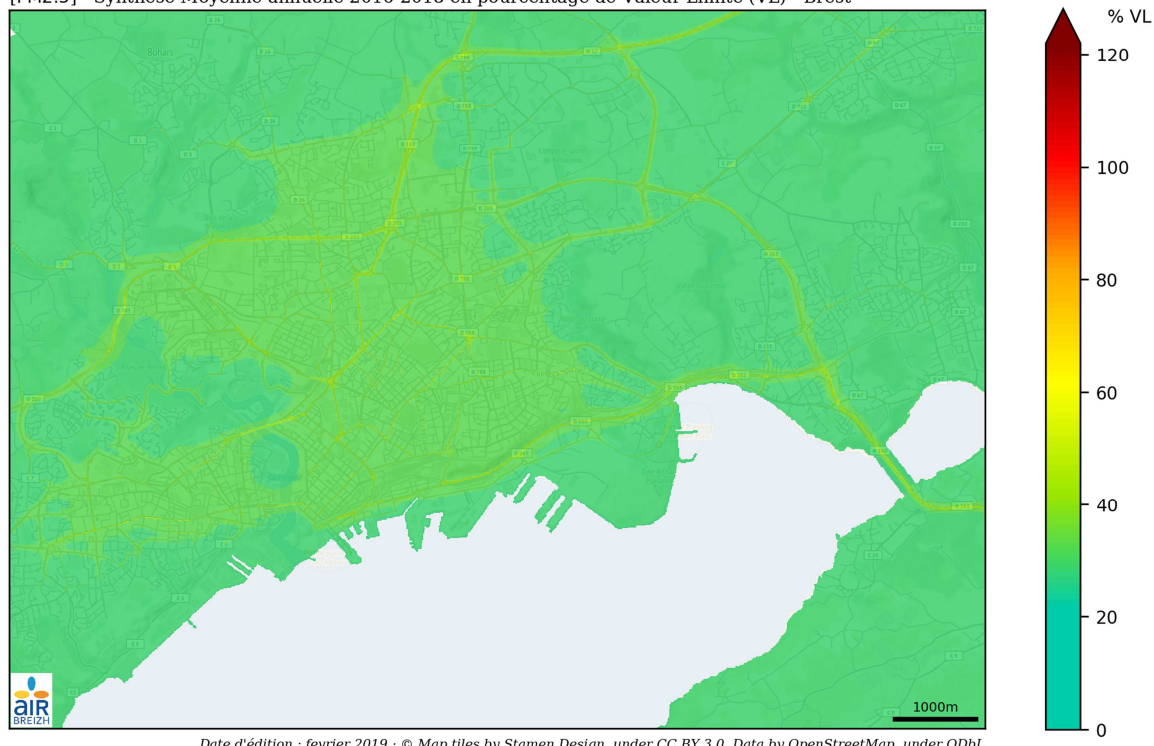
Les concentrations en particules fines, sont en revanche quant à elles plus homogènes sur la ville-centre d'une part, et sur le reste du territoire d'autre part, avec des teneurs légèrement plus élevées tout de même aux abords des axes les plus circulés.

Sur la ville-centre ces situations sont plus marquées, comme le montrent les cartes ci-après fournies par Air breizh.





[PM2.5] - Synthèse Moyenne annuelle 2016-2018 en pourcentage de Valeur Limite (VL) - Brest



Date d'édition : février 2019 ; © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL

#### En conclusion :

Les risques sanitaires des atmosphériques polluants sont de plus en plus démontrés, notamment en situation d'exposition chronique à des concentrations générées essentiellement par les émissions locales qui sont par conséquent les principales sources d'émissions à réduire. Cette réduction est un enjeu dans le sens où la réduction de leur concentration dans l'air qu'elles entraîneront, sera source de gains sanitaires, à Brest métropole comme partout en France.

Les enjeux du territoire sur le plan des émissions de PES rejoignent les enjeux liés aux émissions de GES. Une attention particulière est cependant nécessaire sur les émissions de particules fines issues de la combustion du bois, énergie renouvelable.

## 6. La prise en compte de la qualité de l'air intérieur

Logement, moyens de transport, lieu de travail, école... Nous passons plus de 80 % de notre temps dans des lieux clos, et l'air que nous y respirons n'est pas toujours de bonne qualité. Outre les apports de l'air extérieur, les sources potentielles de pollution dans les bâtiments sont en effet nombreuses : appareils à combustion, matériaux de construction, produits de décoration (peinture, colles, vernis...), meubles, activité humaine (tabagisme, produits d'entretien, bricolage, cuisine...). À l'intérieur des logements, l'air est bel et bien pollué de manière spécifique par rapport l'air extérieur.

La bonne qualité de l'air à l'intérieur d'un bâtiment a un effet démontré sur la qualité de concentration, le taux d'absentéisme dans les écoles, le bien-être.

A contrario, une mauvaise qualité de l'air peut favoriser l'émergence de symptômes tels que maux de tête, fatigue, irritation des yeux, du nez, de la gorge et de la peau, vertiges ainsi que les manifestations allergiques et l'asthme.

La prise en compte de la qualité de l'air intérieur est une préoccupation locale selon plusieurs axes :

**La rénovation énergétique** par l'étanchéifiassions des façades entraîne la nécessité de repenser le renouvellement de l'air à l'intérieur des habitats pour assurer un air sain. C'est le choix du système de ventilation approprié, dès la conception du projet de rénovation qui en est le garant, ainsi qu'une bonne formation des occupants à leur usage et leur maintenance.

Une première approche de cette nature a été assurée par Brest métropole dans le cadre des rénovations soutenues par **Tinergie**, pour analyser les besoins en accompagnement des professionnels de la rénovation énergétique, ainsi que les freins à lever. Cette approche et expérience devraient profiter aux nouveaux projets de rénovations à venir, tant en maisons individuelles qu'en copropriétés.

Le choix de matériaux de rénovation, ainsi que l'évolution des pratiques domestiques vers une consommation de produits moins polluants constituent un angle complémentaire pour garantir la qualité de l'air intérieur : même une bonne ventilation ne peut pas tout extraire si les sources de polluants intérieurs sont importantes ou les rétentions d'humidité non régulées.

Une sensibilisation aux risques d'exposition à la pollution par le radon est un enjeu de santé publique dans un territoire classé en zone 3 (zone à potentiel radon significatif), lié à la présence du sous-sol granitique. Un diagnostic et des solutions simples à mettre en œuvre, de ventilation et/ou d'isolation entre les logements et le sol, sont à faire connaître, a fortiori dans le cadre d'un projet de rénovation thermique.

Sur le plan réglementaire, des évolutions sont à noter ou attendues notamment dans la prise en compte de **la qualité de l'air intérieur dans les Etablissements Recevant du Public** accueillant notamment des jeunes publics, mais aussi dans les obligations d'étiquetage des produits de la construction, des produits de décoration, et progressivement du mobilier.

Aussi dans le patrimoine public, cette préoccupation est à intégrer dans la sensibilisation des usagers de ces sites ainsi qu'à travers **la commande publique**.

En complément, à l'attention de tout public, y compris en dehors de tout projet de rénovation, la Ville de Brest déploie sur son territoire, **des temps de sensibilisation et d'éducation à la santé environnementale**, à travers la programmation des "lundis de la santé" et des "semaines de la santé". De plus, chaque année, des ateliers de formation, en partenariat avec l'IREPS 29 (Institut régional de promotion et d'éducation à la santé dans le Finistère), à l'attention des acteurs des quartiers, répondent à leur demande croissante de renforcement de leurs compétences en santé environnementale pour développer à leur tour des projets d'éducation à la santé environnementale au sein des quartiers. Ainsi, les ateliers « nesting » de sensibilisation de l'air intérieur favorable à la santé de la petite enfance, en direction notamment des jeunes parents, et plus généralement les ateliers de fabrication de produits ménagers et cosmétiques, sains, sont dans ce cadre, des occasions de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur par le recours à des produits moins émissifs.

Cette sensibilisation est également portée différemment par plusieurs acteurs associatifs lors des événements **“Climat déclic”** dans les communes.

A noter que les risques sanitaires associés à la pollution de l’air intérieur sont considérés comme élevés ou très élevés par de plus en plus de Bretons. Ainsi, 64 % des Bretons, selon l’Observatoire Régional de la Santé de 2014, se déclarent préoccupés par ces risques. Et ce pourcentage évolue à la hausse chaque année. Toute opportunité de sensibilisation et d’actions concrètes en la matière répond par conséquent à une attente très forte de la population. Ce qui est confirmé par les enquêtes locales de la Ville de Brest où la santé environnementale ressort comme un axe de préoccupation majeure pour les Brestois.

## **PARTIE II**

**Analyse des vulnérabilités territoriales  
face au changement climatique.**

## Table des matières

1.	Qu'est-ce que l'adaptation au changement climatique ? .....	3
2.	Méthode d'analyse et précisions sur les projections d'évolution du climat breton .....	4
3.	Le climat passé et le climat futur en Bretagne .....	5
3.1.	L'évolution de la température moyenne .....	5
3.2.	L'évolution du régime des précipitations.....	6
3.3.	L'évolution des paramètres physico-chimique de la rade de Brest et de l'océan.....	7
4.	L'exposition de Brest métropole aux aléas climatiques et risques naturels .....	9
4.1.	Tempêtes et vents violents .....	9
4.2.	Inondations par ruissellement .....	10
4.3.	Erosion côtière et submersions marines.....	10
4.4.	Sécheresse, étiages et feux.....	12
4.5.	Les autres aléas : faible exposition mais possible hausse à long terme.....	13
4.6.	La répartition de ces aléas sur le territoire .....	14
5.	La vulnérabilité des différents secteurs de Brest métropole au changement climatique .....	15
5.1.	Vulnérabilité des milieux et écosystèmes .....	17
5.2.	Vulnérabilité des infrastructures et du cadre bâti.....	20
5.3.	Vulnérabilité de la ressource en eau .....	26
5.4.	Vulnérabilité de la population.....	30
5.5.	Vulnérabilité des activités économiques .....	35
6.	Bilan : .....	39
7.	Sources : .....	40
8.	ANNEXES .....	43

## 1. QU'EST-CE QUE L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

L'influence du changement climatique commence à se faire ressentir sur le territoire français. Cela s'explique par la rapidité et l'intensité nouvelle de ce changement climatique, qui ne laisse plus aux écosystèmes le temps nécessaire pour s'adapter de manière spontanée. C'est pourquoi les PCAET proposent non seulement d'agir sur les causes du changement climatique via les **stratégies d'atténuation** (réduction des émissions de gaz à effet de serre), mais proposent aussi d'agir sur les conséquences du changement climatique, en anticipant le plus possible les changements à venir et en développant des **stratégies d'adaptation**.

Contrairement aux politiques d'atténuation qui nécessitent une action coordonnée à l'échelle internationale afin d'obtenir des résultats tangibles, les politiques d'adaptation **ne dépendent que de la volonté d'action de l'échelle locale**. Leur avantage est donc que les actions d'adaptation permettent de réduire la vulnérabilité, tout en ayant des bénéfices immédiats et directement perçus par le territoire qui les met en place (actions dites « sans regret »).

Comme l'intégralité des activités du territoire sont et/ou seront impactées par le changement climatique (la gestion de la ressource en eau, l'aménagement, les activités économiques, etc.), les politiques d'adaptation nécessitent **une forte intégration dans tous les secteurs** des politiques publiques. Elles imposent ainsi le climat comme nouveau facteur à prendre en compte dans tout nouvel investissement nous engageant à moyen et long terme. Par ailleurs, ces changements peuvent aussi être perçus comme des opportunités de développement, avec par exemple des potentialités de création de nouvelles filières agricoles, une possible hausse de la fréquentation touristique, etc.

Face à l'incertitude quant au degré d'aggravation du changement climatique déjà engagé sur le territoire de Brest métropole, **le diagnostic de vulnérabilité du territoire au changement climatique a pour objectif de décrire précisément les changements déjà observés sur le territoire, et d'identifier les secteurs du territoire qui seront les plus impactés** par ce changement climatique. Il sert donc de base à la définition de la stratégie d'adaptation de Brest métropole, puis du plan d'actions multi partenarial qui en découlera.

## 2. MÉTHODE D'ANALYSE ET PRÉCISIONS SUR LES PROJECTIONS D'ÉVOLUTION DU CLIMAT BRETON

Pour réaliser ce diagnostic, nous nous appuyons sur l'outil Impact Climat développé par l'ADEME, qui propose d'étudier le climat passé et le climat à venir sur le territoire. Il permet d'attribuer des notes de **niveaux d'exposition** du territoire aux différents aléas climatiques, et de les croiser avec des notes de **niveaux de sensibilité** des secteurs (ressource en eau, infrastructures, agriculture, etc.) du territoire à ces aléas. Le croisement de ces deux notes nous donne un score total témoignant du niveau de vulnérabilité pour chaque secteur du territoire (Figure 1).

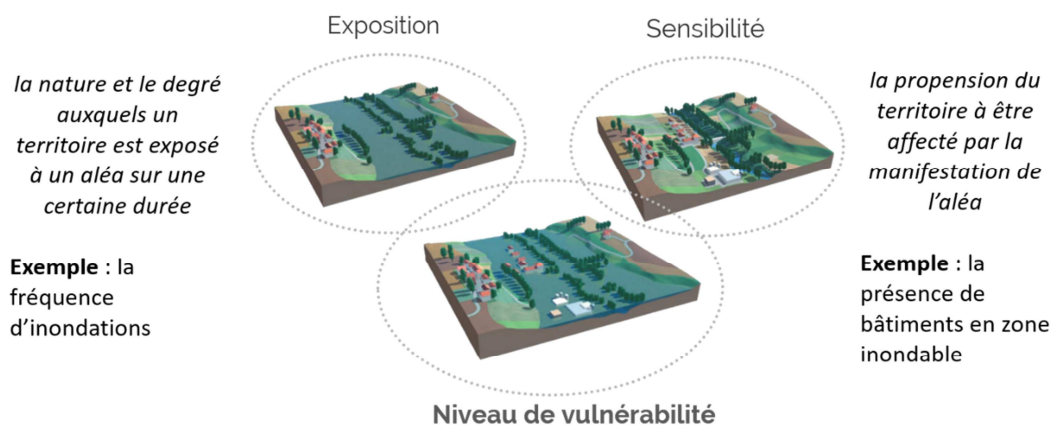


Figure 1 : Notions d'exposition, de sensibilité et de vulnérabilité dans l'outil Impact Climat. Source : Les inondations, Ministère de l'écologie et du développement durable 2004.

L'attribution des notes est basée sur une bibliographie composée d'articles scientifiques, d'une revue de presse, de différents rapports (PLUi, SAGE, etc.) (Cf.. Bibliographie), et à partir de différents entretiens avec les acteurs du territoire.

L'outil exploite plusieurs scénarios d'évolution du climat, provenant des résultats du cinquième rapport du GIEC (Groupeement Intergouvernemental des Experts du Climats) de 2014, régionalisés à l'échelle de la Bretagne par la mission Jouzel de 2015 (Volume 4) et à partir des deux modèles climatiques régionaux mis en œuvre au CNRM (Centre National de Recherches Météorologiques de Météo-France) et à l'IPSL (Institut Pierre Simon Laplace) en collaboration avec l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques).

Ces scénarios du GIEC sont basés sur des modèles climatiques numériques qui prennent en compte différentes hypothèses d'évolution des émissions de gaz à effet de serre par l'homme (ou *Representative Concentration Pathways* (RCP)). Pour ce diagnostic, nous nous concentrons plus particulièrement sur deux scénarios :

- le scénario RCP 4.5 qui prévoit la mise en place de politiques de contrôle des émissions et qualifié d'« optimiste » ;
- le scénario RCP 8.5, sans mise en place de politiques climatiques, ou « business as usual » et qualifié de « pessimiste ».

La probabilité de survenance de l'un ou l'autre de ces scénarios est équivalente, et traduit les incertitudes nombreuses liées à l'exercice de prévision, dépendant principalement des choix politiques qui seront faits pour réduire les émissions de gaz à effet de serre : la société fait partie à la fois du problème et de la solution.

### 3. LE CLIMAT PASSÉ ET LE CLIMAT FUTUR EN BRETAGNE

#### 3.1. L'ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE

##### ► UNE AUGMENTATION DÉJÀ CONSTATÉE DES TEMPÉRATURES MOYENNES :

Depuis le premier Plan Climat de Brest métropole (approuvé en 2012), la tendance à la hausse des températures moyennes et à l'augmentation du nombre de journées chaudes s'est confirmée. Grâce à la station météorologique de Brest-Guipavas, on observe que depuis le début des années 1990, **la température moyenne annuelle a été quasi-systématiquement supérieure à la référence 1961-1990 d'environ 1°C** (Figure 2).

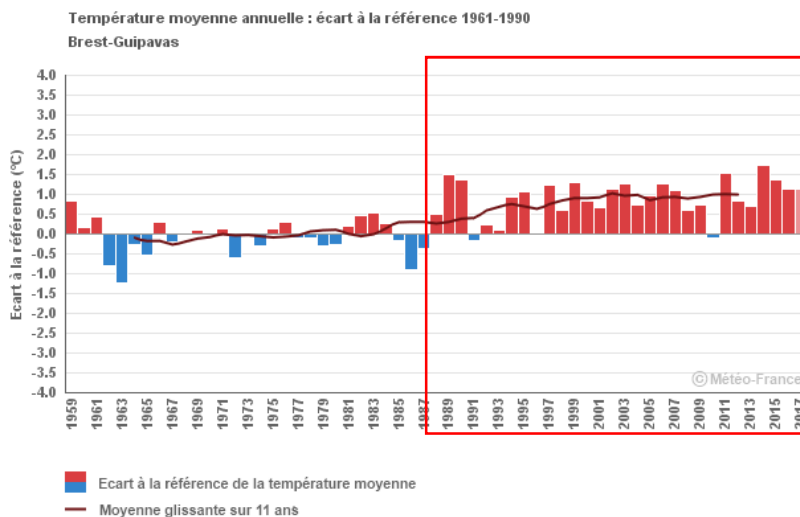


Figure 2 : Ecart des températures moyennes annuelles à Brest-Guipavas sur la période 1959-2017 par rapport à la référence 1961-1990 – Source : ClimathD Météo-France

##### ► QUEL QUE SOIT LE SCÉNARIO, DES PRÉVISIONS DE POURSUITE DE LA HAUSSE DES TEMPÉRATURES :

Malgré une moindre hausse pour la façade Atlantique nord par rapport au Sud et à l'Est de la France du fait de l'influence océanique, **le Finistère devrait connaître une hausse de 1°C des températures moyennes annuelles** quel que soit le scénario à horizon 2035, et de **jusqu'à +3°C moyen à horizon 2100** pour le scénario pessimiste (Figure 3). Par ailleurs, l'été et l'automne sont les saisons qui devraient le plus se réchauffer.

Cela se traduira notamment par une hausse du nombre de jours de vagues de chaleur<sup>1</sup>, avec à horizon 2100 la prévision d'une hausse d'une trentaine de jours des vagues de chaleur pour le scénario pessimiste.

Une possible hausse des épisodes de pollution à l'ozone est également à envisager, tout comme cela s'est produit lors de la canicule de 2003 par exemple.

Anomalie de température moyenne quotidienne en 2035 et 2100 (écart entre la période considérée et la période de référence) pour les scénarios 4.5 et 8.5

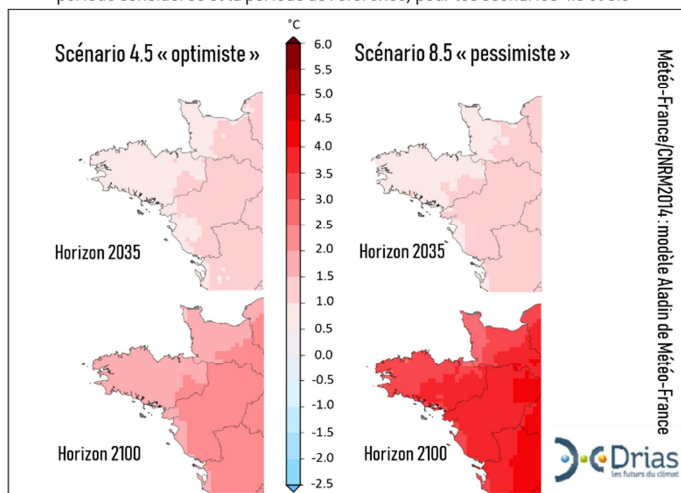


Figure 3 : Anomalies de température moyenne quotidienne selon les différents scénarios - Source : Drias les futurs du climat.

<sup>1</sup> Température maximale supérieure de plus de 5°C à la normale pendant au moins 5 jours consécutifs



### 3.2. L'ÉVOLUTION DU RÉGIME DES PRÉCIPITATIONS

#### ► UNE HAUSSE DÉJÀ CONSTATÉE DES PRÉCIPITATIONS INTENSES :

On enregistre globalement une très légère hausse des cumuls annuels de précipitations à la station Brest-Guipavas depuis les années 80, notamment à l'été et à l'automne, contre une légère baisse des cumuls de précipitations en hiver, mais **les précipitations demeurent très variables d'une année sur l'autre** (Figure 4).

Si les cumuls ne montrent pas beaucoup de variations, **c'est le régime des pluies qui semble avoir évolué**, avec un constat partagé par le service de gestion des eaux pluviales de Brest métropole et le Syndicat de Bassin de l'Elorn d'une **hausse de la fréquence des événements « pluies décennales »**, c'est-à-dire des pluies particulièrement intenses qui ont une chance sur 10 de se produire tous les ans selon les statistiques de la station Brest-Guipavas de Météo France (statistiques basées sur de longues périodes de 1948 à 2014). Or ces « pluies décennales » ont pourtant été enregistrées à une fréquence d'une année sur deux ces dix dernières années (en 2006, 2008, 2011, 2012, 2014, et 2016).

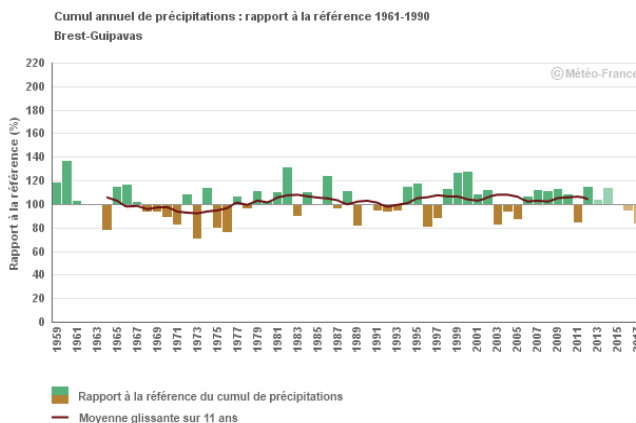


Figure 4 : Ecarts de précipitations (%) sur la période 1959-2017 par rapport à la référence 1961-1990 à Brest-Guipavas - Source : ClimathD Météo France

#### ► UNE POSSIBLE HAUSSE DES PRÉCIPITATIONS INTENSES A HORIZON LOINTAIN :

Pour la Bretagne, les modèles de Météo France et de l'IPSL-INERIS montrent que le cumul annuel des précipitations baisse dans tous les scénarios. Mais d'autres études arrivent à des résultats qui montrent une augmentation des précipitations hivernales. Ces contradictions s'expliquent par le fait que, à l'échelle de la planète, la France se situe à une latitude de transition entre des zones où les précipitations seront plus abondantes, et d'autres où elles le seront moins.

En revanche, les modèles Météo France et de l'IPSL-INERIS convergent concernant les précipitations moyennes les jours pluvieux, montrent que quel que soit le scénario à horizon 2100, ces dernières pourraient légèrement augmenter (Figure 5).

Les précipitations devraient donc demeurer extrêmement variables d'une année à l'autre, mais il est à prévoir une possible augmentation des précipitations courtes et intenses, notamment durant les saisons d'automne et d'hiver à horizon lointain pour le scénario pessimiste.

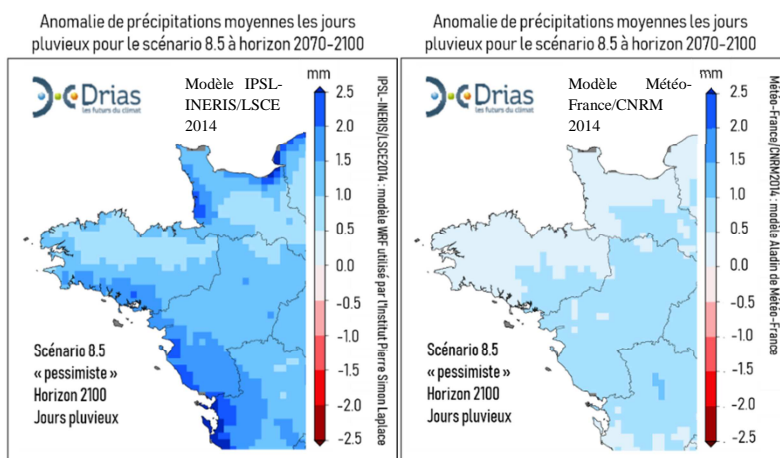


Figure 5 : Anomalies de précipitations quotidiennes les jours pluvieux selon deux modèles climatiques - Source : Drias les futurs du climat.

### 3.3. L'ÉVOLUTION DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUE DE LA RADE DE BREST ET DE L'OcéAN

- UNE HAUSSE DÉJÀ CONSTATÉE DU NIVEAU DES EAUX CÔTIÈRES BRETONNES, DE LEUR TEMPÉRATURE ET DE LEUR ACIDITÉ

Du fait de la hausse des températures de l'atmosphère, on constate **un réchauffement de la température globale des océans, qui est d'environ +0.7°C en vingt ans pour les eaux côtières bretonnes** (Gallon et al. 2015). Une zone au large de l'île Molène constitue l'exception locale, puisqu'on y enregistre plutôt un refroidissement, devenant ainsi la « zone refuge » pour les algues lamineuses particulièrement sensibles aux variations de température (Robuchon, 2014).

Une observation précise des conséquences de cette hausse des températures à l'échelle globale sur le territoire du Pays de Brest est permise par le marégraphe de Brest, qui enregistre le niveau de la mer depuis maintenant plus de 300 ans. La longue série de données homogénéisées par le Shom montre une hausse entre 5 et 10 cm entre 1711 et 1900, puis de 20 à 25 cm entre 1900 et 2017 (Figure 6). Il y a donc eu **une accélération de l'élévation de la mer passant de 1,2mm/an sur le dernier siècle, à une vitesse de +3mm/an** depuis 1990 (Pouvreau, 2008).

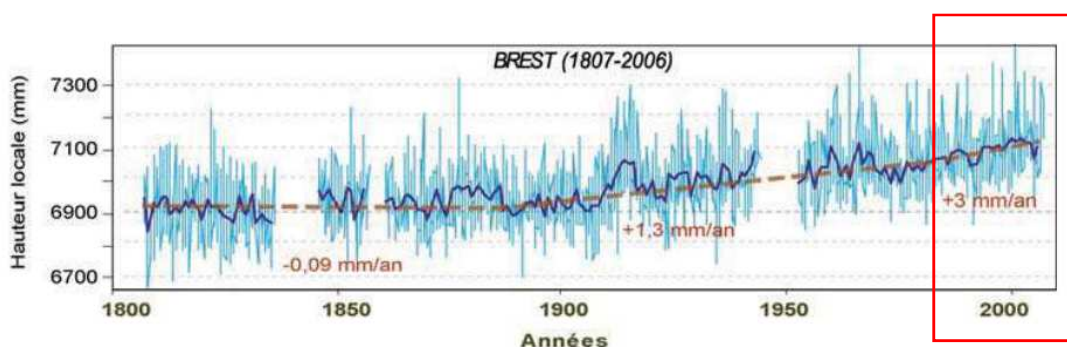


Figure 6 : Variations annuelles et tendance du niveau moyen de la mer entre 1807 et 2004 - Source : Stéphan et al. « Les sillons de la rade de Brest et les marais maritimes associés », LETG-Brest UMR 6554 CNRS; UBO, 2012.

Cette accélération est due principalement à deux phénomènes, le premier étant l'expansion thermique des océans due à leur réchauffement, et le second étant l'augmentation de l'apport en eau douce des océans due à la fonte des glaciers de montagne et des calottes polaires (Jouzel, 2015).

Enfin, on observe aussi une **acidification de l'océan** (dans l'océan Atlantique nord, aux îles Canaries, une baisse de  $0,0017 \pm 0,0003$  unité par an a été enregistrée de 1995 à 2004), due à l'absorption par l'océan d'environ 30% du  $\text{CO}_2$  produit par les activités humaines, menant à une diminution de pH d'eau de mer.

- LES PROJECTIONS D'ÉVOLUTION DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA MER :

Il n'existe pas de simulation de hausse du niveau de la mer réalisée à l'échelle de la Bretagne, aussi nous nous appuyons sur les projections d'augmentation mondiale du niveau moyen de la mer réalisées par le GIEC. Ces dernières prévoient quel que soit le scénario une hausse d'environ +10 à +20cm du niveau de la mer à horizon 2035 par rapport à 2010, et de +32 à +63cm à horizon 2100 pour le scénario optimiste, et de +45 à 82cm à horizon 2100 pour le scénario pessimiste (Figure 7).

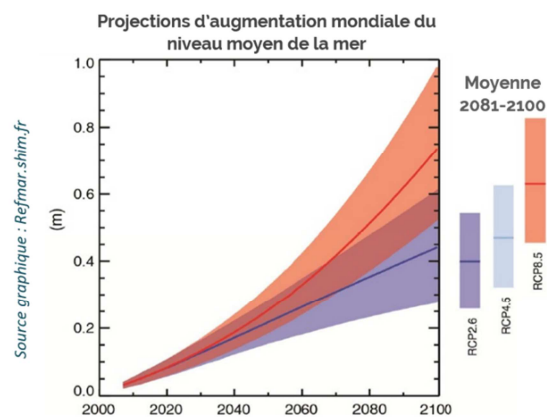


Figure 7 : Projection d'augmentation mondiale du niveau moyen de la mer - Source : Refmar.shom.fr

Il n'existe pas non plus de simulation de hausse des températures des eaux côtières bretonnes et de leur acidification. Cependant, le GIEC projette pour 2100 que la température de l'eau superficielle et le pH augmenteraient globalement et respectivement de +0.71°C et 0.07 unités pH pour le scénario optimiste, et de +2.73°C et 0.33 unités pH pour le scénario pessimiste, soit une acidité augmentée de 170% par rapport à 1850 dans ce dernier cas.

#### 4. L'EXPOSITION DE BREST MÉTROPOLÉ AUX ALÉAS CLIMATIQUES ET RISQUES NATURELS

La première conséquence du changement climatique est la modification de l'intensité et de la fréquence des aléas climatiques et donc des risques naturels qui touchent le territoire. Aussi, pour décrire l'exposition future du territoire aux aléas climatiques, on réalise grâce à l'outil Impact Climat (Cf. Partie 2 Méthode) des projections d'évolution de ces aléas à horizon 2035 et à horizon 2100. Les résultats de ces projections sont présentés sur la Figure 8 suivante. Les niveaux d'exposition vont de 0 pour un risque nul, à 4 pour un risque très fort :

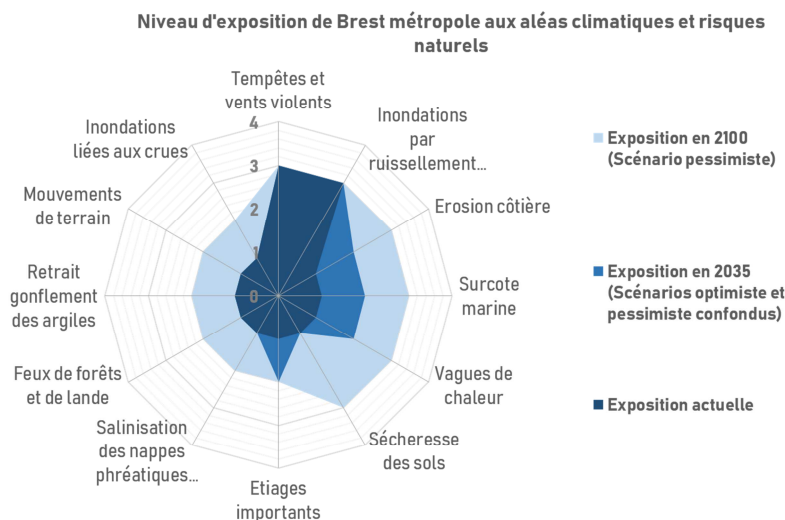


Figure 8 : Graphique des niveaux d'exposition de Brest métropole aux aléas climatiques et risques naturels à différents horizons temporels.

##### 4.1. TEMPÊTES ET VENTS VIOLENTS

La façade littorale de la Bretagne est particulièrement exposée aux tempêtes et vents violents, de par leur fréquence et leur intensité. On peut citer **la succession remarquable de tempêtes de l'hiver 2013-2014 et la tempête décennale Zeus de mars 2017**, qui révèlent la vulnérabilité du territoire brestois.

Cependant, les études se penchant sur les tempêtes passées sur le territoire montrent une grande variabilité interannuelle sur la façade maritime ouest de la France, sans pour l'instant qu'une grande tendance ne se distingue ni permette de conclure sur l'impact du changement climatique sur l'occurrence de tempêtes. Concernant l'évolution à venir des tempêtes avec le changement climatique, les différentes projections d'évolution des tempêtes montrent aussi des bilans très contrastés selon les modèles climatiques utilisés (diminution de l'intensité des vents les plus violents à la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle pour le modèle de Météo-France sur l'ensemble du territoire, et augmentation des vents violents dans la partie Nord du territoire pour le modèle de l'IPSL-INERIS) (Volume 4 rapport Jouzel).



Figure 9 : Dégâts de la tempête Zeus de mars 2017 dans le bas de Siam - Source : Le Télégramme

**On ne peut donc pour le moment pas conclure sur une éventuelle aggravation du phénomène, la forte exposition aux tempêtes devrait donc au moins être conservée, avec cependant des dégâts plus importants à prévoir sur le littoral du fait de la hausse du niveau de la mer.**

#### 4.2. INONDATIONS PAR RUISSELLEMENT

L'inondation par ruissellement est l'aléa ayant généré le plus de sinistres sur le territoire, comme en témoigne la liste des arrêtés catastrophe naturelle de 1983 à 2017 provenant de la base de données GASPARD. **Toutes les communes de BM ont fait l'objet d'au moins quatre arrêtés catastrophe naturelle depuis 1983 ayant trait à des inondations et coulées de boue.** Brest est la plus sinistrée avec 11 arrêtés inondations et coulées de boue en 35 ans, soit une fréquence moyenne d'un arrêté tous les 3 ans, suivie de près par le Relecq-Kerhuon et Guipavas.

Communes ayant fait l'objet d'un arrêté catastrophe naturelle "inondation et coulées de boue" de 1983 à 2017

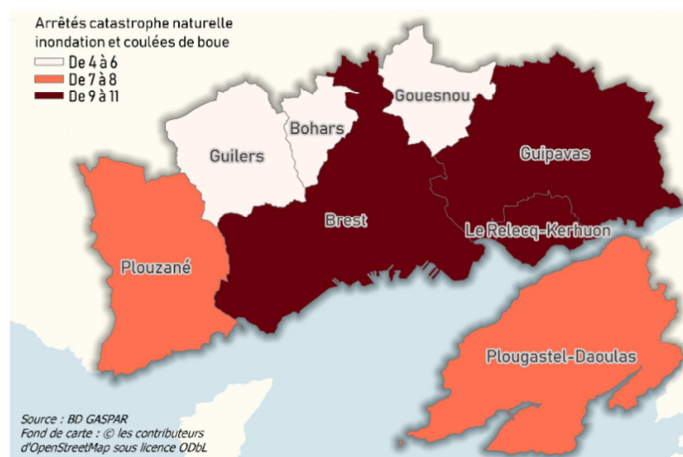


Figure 10 : Carte des arrêtés catastrophe naturelle inondation par ruissellement de 1983 à 2017 – Source : Ener'gence 2018.

Depuis 2010, l'augmentation de la fréquence des pluies exceptionnelles, combinée aux caractéristiques topographiques, et d'artificialisation des sols, engendrent plus fréquemment des inondations par mise en charge du système d'évacuation des eaux de ruissellement, les réseaux étant dimensionnés pour faire face aux occurrences décennales.

Des projections (Cf. Partie 3.1), montrent que la fréquence de ces inondations pourrait d'avantage augmenter à l'avenir.



Figure 11 : Inondation du bas de Recouvrance en juillet 2014 – Source : Le Télégramme.

Cela signifie que **Brest métropole devrait conserver sa forte exposition au phénomène d'inondation par ruissellement, et voir potentiellement ce risque augmenter**

#### 4.3. EROSION CÔTIÈRE ET SUBMERSIONS MARINES

Les phénomènes d'érosion côtière et de submersions marines sont indissociables l'un de l'autre dans l'analyse de vulnérabilité de la côte.

Le trait de côte de la partie Nord de la rade est en grande partie artificialisé, tandis que la partie sud au niveau de Plougastel-Daoulas se compose d'estrans vaseux et de falaises d'environ 5 m. Une partie de ce linéaire côtier présente des zones basses, c'est-à-dire dont le niveau topographique se situe en dessous des niveaux atteints par la mer lors d'événements exceptionnels, ce qui peut alors générer des submersions marines.

On distingue deux types de submersion marine. La submersion permanente des zones basses qui est induite par une augmentation du niveau de la mer, et la submersion temporaire liée à une conjonction de conditions de marée et de surélévations du niveau de la mer (surcotes) lors de tempêtes.



Cette dernière implique des phénomènes de franchissement de la mer par-dessus les défenses côtières, de débordement entraînant un déversement de grandes quantités d'eau à terre, et de rupture des structures de protection induisant aussi un débordement (Figure 12). Ce sont donc les submersions temporaires qui, par leur caractère transitoire et rapide, mettent le plus en danger les populations.

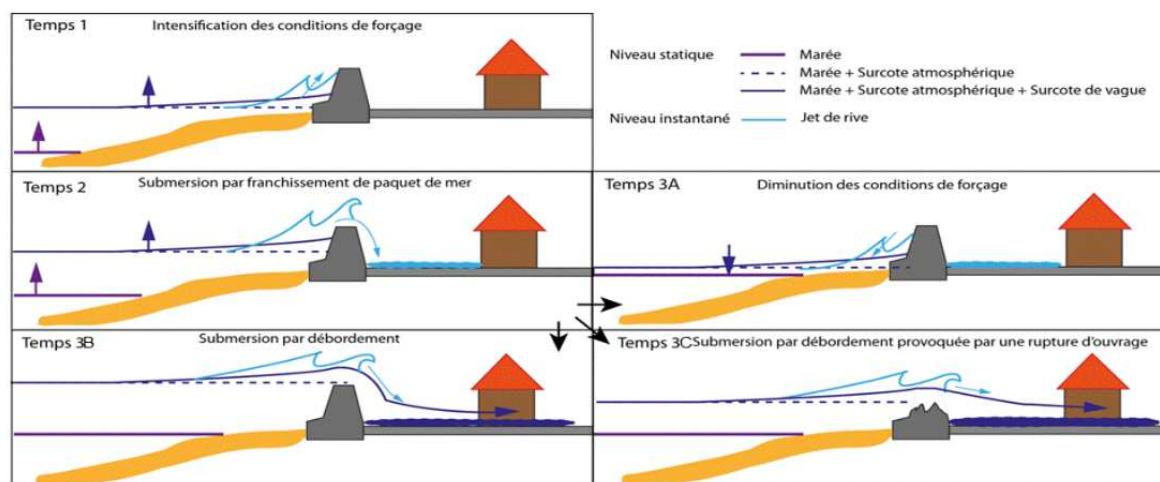


Figure 12 : Exemple de phénomènes possibles en cas de submersion marine temporaire - Source : BRGM.

Sur le territoire, on enregistre quelques événements de submersion marine lors de tempêtes inondant les quais et parkings vers la marina du port, la plage du moulin Blanc ou encore à la pointe du Minou. Trois ont donné lieu à des arrêtés catastrophe naturelle « *Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues* » en 1984 à Plougastel-Daoulas, en 2008 à Brest et en 2014 au Relecq-Kerhuon.



Figure 13 : Inondation du parking du Moulin-Blanc, au Relecq-Kerhuon lors de la tempête Ulla de février 2014 – Source : Le Télégramme.

Selon plusieurs études citées dans le volume 5 du rapport de la mission Jouzel, les niveaux extrêmes d'eau impliquant les submersions ont connu une hausse dans la même proportion que les niveaux d'eau moyens. Aussi, il est à prévoir **une aggravation de l'ampleur des submersions marines avec la hausse du niveau de la mer.**

En parallèle on enregistre des phénomènes d'érosion du littoral, avec plusieurs mouvements de terrain littoraux concernant les falaises, de type éboulement et glissement de terrain. Ces derniers affectent le littoral de Plouzané avec une fragilité du sentier côtier au niveau de Kerangoff, et la façade nord de Plougastel-Daoulas où divers glissements de terrains sont recensés. Ils affectent aussi littoral de la commune du Relecq-Kerhuon entre les lieux-dits Cantine et Camfrout.

Pour les plages, il y a un phénomène généralisé de diminution des apports sédimentaires sur les côtes dont les stocks sont très faiblement renouvelables, avec par exemple le constat d'un transfert de sable vers la mer à l'est de la plage de Saint-Anne du Portzic, ou encore un recul marqué du sillon de l'anse de l'Auberlac'h à Plougastel-Daoulas (Cf.. Partie 5.1[2]).

Cette pénurie sédimentaire combinée à la hausse du niveau de la mer et des submersions marines implique qu'**une aggravation de la situation est la seule évolution possible concernant le recul du trait de côte.**

#### 4.4. SÉCHERESSE, ÉTIAGES ET FEUX

Le territoire métropolitain a connu **plusieurs épisodes secs** avec des pluies très tardives en période de recharge (de septembre à mars) ces dix dernières années, durant les années 2003, 2011, 2017, et 2018. En témoignent les arrêtés préfectoraux pris en 2003, 2011 et 2017 afin de restreindre l'utilisation de l'eau dans le département. Pour la période de recharge de 2017 par exemple, un déficit de pluies de 20% a été enregistré, classant directement cette période comme quatrième année la plus sèche à Brest depuis 1945.

Les sols bretons étant faiblement perméables et ne possédant pas de grandes nappes phréatiques, la ressource en eau est essentiellement superficielle (cours d'eau, retenues, etc.). Le niveau de la retenue du Drennec qui assure indirectement l'approvisionnement en eau potable de Brest métropole (Cf. Partie 5.3) est un bon indicateur de ces sécheresses, avec par exemple en 2011 et 2018 des volumes dans la retenue comparables à ceux observés lors de la canicule de 2003 (Figure 14), témoignant bien du changement du régime des pluies et d'une augmentation des sécheresses.

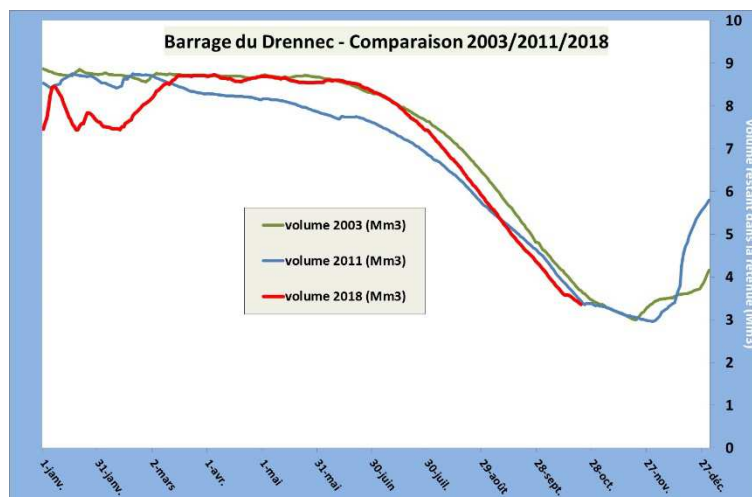


Figure 14 : Graphique de comparaison des volumes restant dans la retenue du Drennec durant les années 2003, 2011 et 2018 – Source : Syndicat de Bassin de l'Elorn

Par ailleurs, d'une manière générale les simulations climatiques sur le portail Drias mettent toutes en évidence une augmentation continue des sécheresses du sol, avec des projections du **niveau moyen d'humidité des sols à horizon lointain correspondant au niveau extrêmement sec de la période de référence 1961-1990** dans le cadre du scénario pessimiste.

Ainsi, la hausse des températures et des précipitations intenses induiront très probablement **une accentuation des étiages (période du niveau moyen le plus bas des cours d'eau) dès 2035, et une sécheresse des sols plus marquée à partir de l'horizon 2070.**

Par ailleurs, la sécheresse favorise les départs de feux dans les landes et zones de végétation en transition. Un feu de landes s'est déclenché par exemple en septembre 2018 à la pointe du Corbeau à Plougastel-Daoulas. Le rapport de la mission interministérielle « *Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts* » de juillet 2010 conclut à **une hausse de l'IFM** (Indicateur de quantification de la propension à l'éclosion/propagation des feux en fonction des paramètres météorologiques) **dès l'horizon 2060 sur la pointe bretonne** (Figure 16).



Figure 15 : Feu à la pointe du Corbeau le 11 septembre 2018 - Source : Le Télégramme

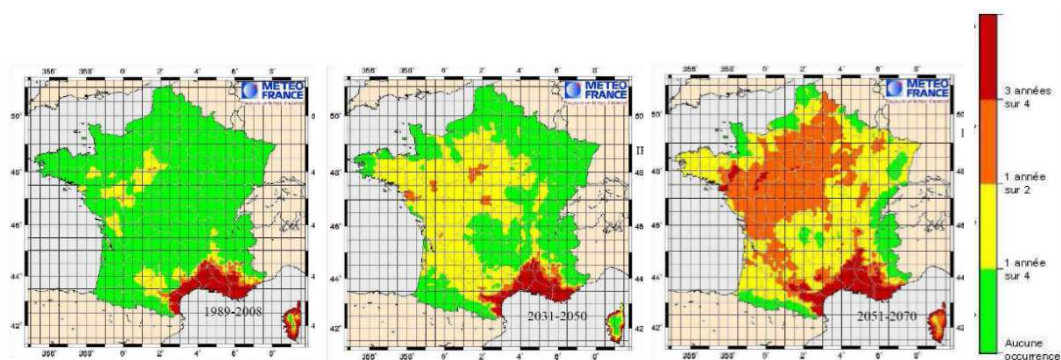


Figure 16 : Evolution de l'indice IFM sur les périodes 1989-2008, 2031-2050, et 2051-2070 – Source : Rapport de la mission interministérielle « Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts »,

#### 4.5. LES AUTRES ALÉAS : FAIBLE EXPOSITION MAIS POSSIBLE HAUSSE À LONG TERME

Enfin, le territoire est exposé à d'autres aléas plus rares, et dont l'exposition devrait peu évoluer aux horizons proche et moyen :

- les inondations par crue sont assez rares, le lit majeur de la Penfeld (correspondant à une crue rare voire exceptionnelle) étant assez végétalisé et très peu bâti, ce qui n'a engendré que peu de sinistres avec seulement quelques plaintes d'usagers recensés ces dernières années ;
- quelques mouvements de terrain correspondant à des éboulements au niveau des affleurements rocheux le long du polder à Brest, au niveau du secteur Poul-ar-Bachet et dans le bas de Kérinou ont été recensés, et l'augmentation des sécheresses et des pluies intenses pourrait possiblement augmenter les risques à horizon lointain ;
- une augmentation de la sécheresse des sols pourrait être responsable de l'augmentation du risque de retrait-gonflement des argiles, actuellement classé comme risque « faible » par le BRGM pour la moitié nord du territoire métropolitain, et inexistant pour la moitié sud ;
- la hausse du niveau de la mer pourrait aussi impacter les nappes situées sur le littoral par intrusion saline, mais le phénomène est encore mal connu sur le côtier breton et le risque à priori peu élevé (pas ou peu de captage d'eau exploité et localisé sur la bordure littorale).

#### ►►► SYNTHÈSE DE L'EXPOSITION FUTURE AUX ALÉAS CLIMATIQUES DE BREST MÉTROPOLE :

L'exposition aux aléas tempête et vents forts devrait demeurer la même.

L'exposition aux inondations par ruissellement a déjà augmenté, et pourrait augmenter d'avantage à horizon lointain ; ce qui entraîne également un risque accru de débordement des réseaux unitaires.

L'exposition aux submersions et à l'érosion côtière augmente constamment avec la hausse du niveau de la mer, avec des risques d'autant plus forts à horizon lointain.

L'exposition aux dysfonctionnements du système d'assainissement entraînant des déversements d'eaux usées au milieu naturel devraient augmenter aussi avec la hausse du niveau de la mer dans le port et les zones de polder.

L'exposition à des étiages plus longs est déjà plus forte, et devrait augmenter.

L'exposition aux feux et à la sécheresse des sols devrait augmenter particulièrement à horizon lointain.



#### 4.6. LA RÉPARTITION DE CES ALÉAS SUR LE TERRITOIRE

La partie la plus exposée du territoire est donc le littoral, qu'il soit naturel et donc d'avantage soumis aux aléas, ou artificialisé et donc présentant plus d'enjeux, à cause de l'érosion, des risques de submersions marines, de la hausse du niveau de la mer, et des feux de lande. Les zones urbaines denses et imperméables sont elles d'avantage exposées aux inondations par ruissellement. Enfin l'ensemble du territoire est soumis aux sécheresses et aux vents forts.

La carte suivante présente la répartition de la survenance des aléas climatiques (à l'exception des tempêtes et vents violent) sur le territoire depuis 2000 qui ont pu être identifiés à partir d'une revue de presse, de données issues du service eaux pluviales de la métropole et de l'atlas des aléas littoraux du BRGM :

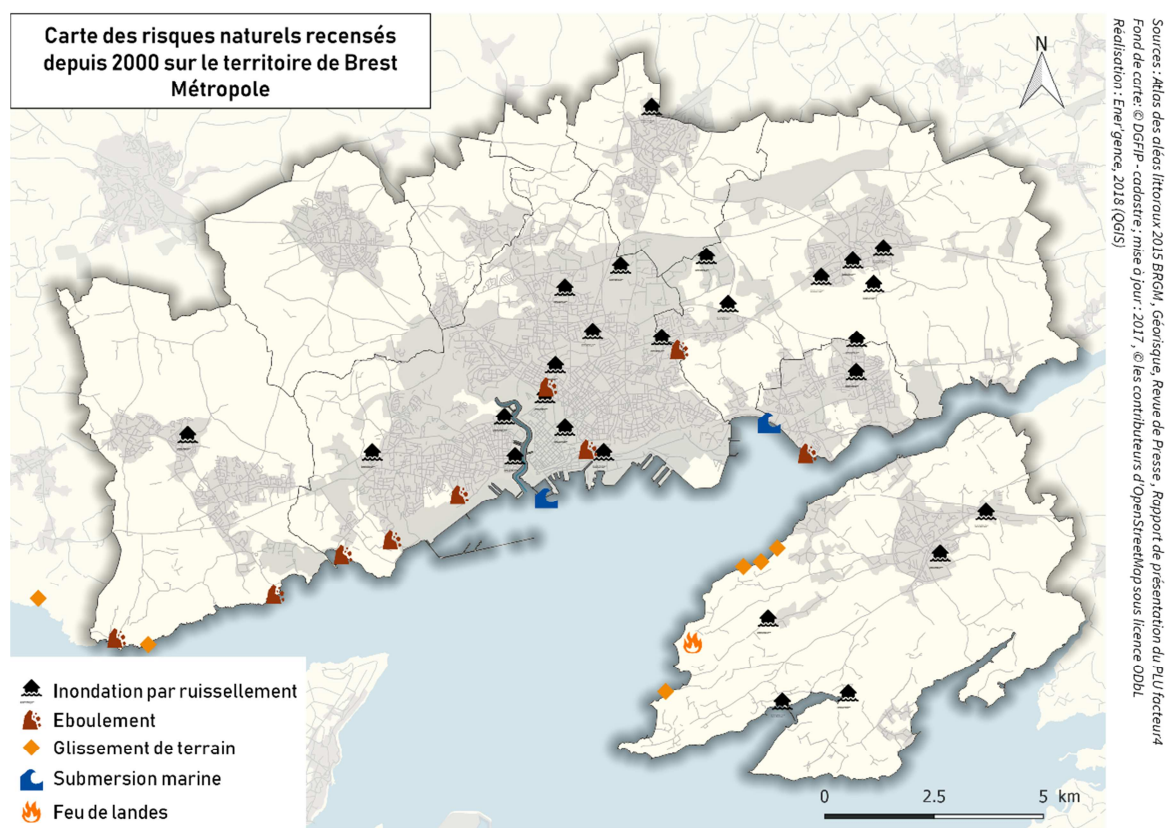


Figure 17 : Carte des aléas climatiques enregistrés sur le territoire – Source : Ener'gence 2018

## 5. LA VULNÉRABILITÉ DES DIFFÉRENTS SECTEURS DE BREST MÉTROPOLÉ AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Nous allons maintenant analyser quels seront les impacts sur les activités des aléas climatiques auxquels Brest métropole sera d'avantage exposée, et donc comment cela devrait se traduire en termes de vulnérabilité des différents secteurs du territoire aux effets du changement climatique.

Pour cette analyse, nous distinguons cinq secteurs divisés en plusieurs thématiques :

- **la ressource en eau** : disponibilité à l'été, sécheresse des sols, qualité de l'eau ;
- **les infrastructures et le cadre bâti** : ouvrages littoraux, cadre bâti, réseau d'électricité, réseau d'évacuation des eaux pluviales, production et distribution d'eau potable, traitement et transfert des eaux usées, réseaux de communication ;
- **les milieux et écosystèmes** : forêt, bocages et espaces verts, zones humides, littoral ;
- **la population** : maladies, ilots de chaleur, aléas climatiques ;
- **les activités économiques** : agriculture, aquaculture et pêche, tourisme, industrie et tertiaire.

Les caractéristiques de chacun de ces secteurs (poids économique dans Brest métropole, localisation en zone à risque, etc.) nous ont permis de leur fixer des niveaux de sensibilité à chacun des aléas climatiques, qui, croisés avec les notes d'exposition nous font parvenir à une note globale de vulnérabilité du secteur face au changement climatique. La Figure 18 présente ces résultats :

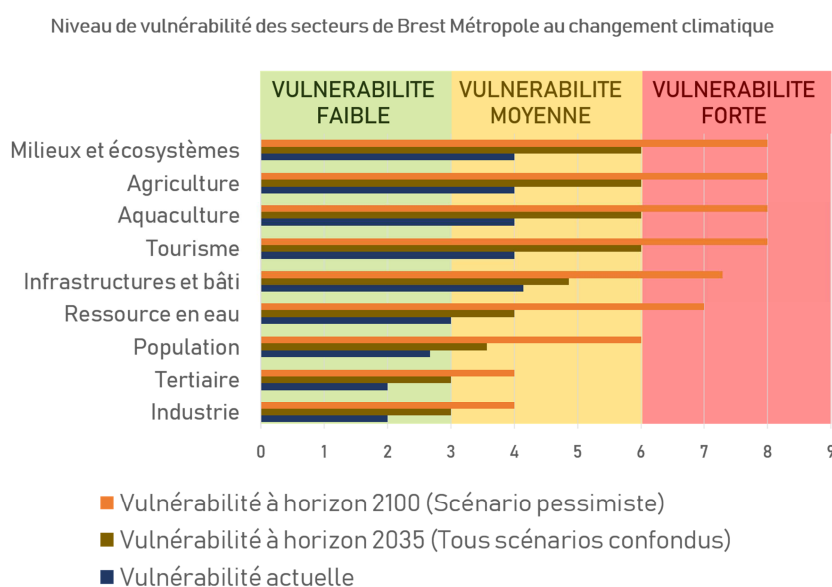


Figure 18 : Niveau de vulnérabilité des secteurs du territoire au changement climatique à horizon 2035 et à horizon 2100

D'une manière générale, **tous les secteurs seront d'avantages exposés aux risques climatiques et verront donc leur vulnérabilité augmenter**, avec des impacts parfois positifs (augmentation des températures et tourisme), mais avec des impacts le plus souvent négatifs.

Parmi les secteurs les plus vulnérables du territoire, on retrouve en premier lieu **les secteurs dont l'activité est très dépendante au climat**, comme l'agriculture, l'aquaculture et le tourisme, mais aussi les « milieux et écosystèmes » qui devraient tous connaître d'importants bouleversements du fait de la hausse des températures moyennes d'1°C dès 2035 quel que soit le scénario, et des bouleversements très importants en 2100 si la trajectoire du +3°C est empruntée.

On retrouve ensuite deux secteurs plus transversaux, ceux des infrastructures et du bâti et de la ressource en eau, qui seront particulièrement impactés par la hausse du niveau de la mer et la modification des régimes de précipitation à horizon 2055-2100, et dont **la dépendance de l'ensemble des secteurs à leur bon fonctionnement** en fait des secteurs dont l'adaptation constitue un enjeu fort.

Enfin, les risques pour la population devraient demeurer assez faibles en comparaison avec d'autres régions du monde et de la France d'avantage exposées au changement climatique et notamment aux fortes chaleurs, de même pour l'industrie et le secteur tertiaire (si l'on s'en tient à la seule évolution des paramètres climatiques sans prendre en compte les possibles risques de crises pétrolières et financières par exemple).

Nous allons maintenant détailler les impacts du changement climatique pour chaque secteur, avec comme code :

<b>Niveau de vulnérabilité au changement climatique :</b>	Faible	Moyen	Fort
---	--------	-------	------

Pour chaque secteur sont précisés **les facteurs de sensibilité** du secteur, qui constituent le levier d'action principal pour réduire la vulnérabilité du secteur, avec des exemples de mesures et d'actions déjà prises sur le territoire de BM et qui relèvent du champ de l'adaptation.

## 5.1. VULNÉRABILITÉ DES MILIEUX ET ÉCOSYSTÈMES

### ► RÉSUMÉ DES IMPACTS :

Thématique et niveau de vulnérabilité	Aléa / Paramètre climatique impactant	Degré de certitude d'évolution de l'aléa	Impact potentiel futur	Impact découlant possible	Facteur de sensibilité	Exemple de mesure d'adaptation déjà prise
			Impact déjà observé			
<b>Espaces boisés et bocages</b>	Hausse des températures, hausse des vagues de chaleurs, hausse de la concentration en CO2	Fort, fort, moyen	Modification d'aire de répartition et de la phénologie des espèces	Possible disparition d'espèces fragiles (chêne pédonculé, hêtre), modification des paysages, modification du potentiel de production bois-énergie (augmentation de la productivité des espèces résistantes avec la hausse de la concentration en CO2), raréfaction de certaines espèces sensibles à la hausse des températures et apparition de nouvelles espèces	Techniques de gestion des forêts, choix d'espèces résistantes	Plan biodiversité de la métropole, trame verte et bleue
<b>Espaces verts</b>	Hausse des températures, modification du régime des précipitations	Fort, moyen	Fragilisation de certaines espèces, renforcement des caractères allergisants, renforcement du rôle des espaces verts (gestion des eaux pluviales par exemple)	Augmentation des coûts d'entretien des espaces verts (augmentation des surfaces, choix de nouvelles variétés, etc.)	Techniques de gestion des espaces verts, choix d'espèces moins allergisantes et plus résistantes, pollution atmosphérique	Eco pâturage Gestion différenciée des fréquences de fauche des graminées Formation des agents des espaces verts au lien plantes/pollens/santé Sensibilisation tout public (lundis de la santé, ...)
<b>Zones humides</b>	Hausse des vagues de chaleur, variation du régime des pluies, hausse du niveau de la mer	Fort, moyen, fort	Fragilisation de zones humides	Disparition possible par submersion permanente pour les marais maritimes, stress hydrique l'été, impact sur la biodiversité et perte de services écosystémiques	Entretien des sillons protégeant les marais, préservations des zones humides	Développement de mesures compensatoires, recensement des ZH
<b>Milieux littoraux et marins</b>	Hausse des températures de la rade, hausse du niveau de la mer, érosion, tempêtes	Moyen, fort, faible	Modification du milieu	Changement d'aire de répartition des espèces animales et végétales (remontée des espèces du sud), progression de la végétation de landes et du risque d'incendie, fragilisation et possibilité de submersion permanente des sillons et marais maritimes associés, augmentation de l'érosion	Déprise agricole et enrichissement du littoral	Sciences participatives d'observation de la biodiversité / application Rivages du Cerema sur le trait de côte
<b>Parasites</b>	Hausse des températures	Fort	Changement d'aire de répartition des espèces parasites	Présence puis développement des chenilles processionnaires, possible apparition des moustiques tigres, etc.		-

### ► DÉTAIL DES IMPACTS :

#### • Milieux littoraux et marins :

Les milieux littoraux et marins sont les milieux naturels parmi les plus exposés au changement climatique du fait du cumul de la hausse du niveau de la mer, de la modification des caractéristiques physico-chimiques de l'océan et de l'occurrence d'événements extrêmes.

A cela s'ajoute une particularité de la pointe bretonne, qui est d'être une « **zone de transition biogéographique** ». Cela signifie qu'elle se situe à la frontière entre deux grands domaines naturels de l'Atlantique Nord caractérisés chacun par une flore et une faune différente (la province lusitanienne et la province boréale). Ainsi nombre des espèces marines y trouvent leur limite de distribution géographique, rendant ces eaux particulièrement sensibles à toute variation climatique.

La hausse des températures de l'océan devrait donc principalement affecter la biodiversité marine par **l'arrivée d'espèces du sud et de nouveaux prédateurs**, la **perturbation des modes de reproduction**, et le **développement de parasites**, comme le montrent déjà les résultats de recherches (par exemple accélération du phénomène de prolifération de l'huître creuse *C.gigas* dans les eaux bretonnes depuis les années 1990 (Roussel, 2012)). Des études qui se penchent sur le cas des algues montrent des changements significatifs de l'aire de distribution de 7 des 10 espèces les plus fréquentes d'algues rouges, avec un déplacement vers le nord-ouest de la Bretagne ou un resserrement autour de la mer d'Iroise où les eaux sont restées plus fraîches (Gallon et al. 2015). Une autre étude prévoit un déclin notable, voire la disparition en cas de réchauffement important à horizon 2050 de la *Laminaria digitata* (Raybaud et al. 2013). De plus, diverses études notamment menées par l'Ifremer montrent que l'acidification des océans engendre de profonds changements dans les écosystèmes marins, en particulier chez les organismes marins calcifiants et chez les mollusques bivalves comme les moules ou les huîtres (Delebecque, 2017).

Enfin, la possible **hausse de fréquentation touristique du fait de températures plus clémentes, devrait augmenter les pressions sur le littoral**, avec une sur-fréquentation des cordons et sillon littoraux qui accélère leur érosion, alors que ces derniers protègent des marais maritimes d'intérêt patrimonial géomorphologique et écologique reconnu (zones tampons pour les inondations, qualité des eaux, accueil d'oiseaux migrateurs, etc.). Le sillon de l'Auberlac'h à Plougastel-Daoulas est le cas le plus emblématique de par son intérêt patrimonial fort mais aussi car ce dernier est en recul ces dernières années (Stéphan et al. 2013). D'autres impacts pourraient se faire ressentir sur la qualité de l'eau notamment à cause d'un sous-dimensionnement des capacités de traitement des eaux en période estivale, mais aussi à cause des faibles débits de cours d'eau, entraînant une dilution moindre des eaux en sortie de traitement.

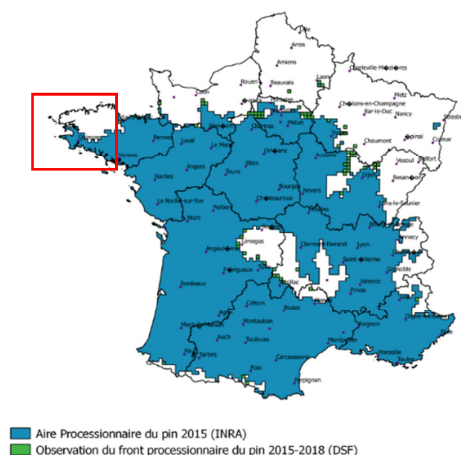
- **Zones humides :**

Les zones humides seront fragilisées par la hausse des températures et la variation du régime des précipitations. Ces zones sont particulièrement sensibles car elles assurent « gratuitement » de nombreux services écosystémiques bénéfiques à l'économie du territoire, notamment d'atténuation des impacts du changement climatique par la prévention de l'érosion du littoral, l'atténuation de l'intensité des crues et l'alimentation des cours d'eau pendant les sécheresses.

- **Parasites :**

La hausse des températures, avec des hivers plus doux, devrait favoriser l'apparition de parasites, comme on le constate déjà avec l'arrivée des chenilles processionnaires sur la Presqu'île de Crozon et dont la progression au Nord se poursuit (Figure 19).

Figure 19 : Répartition de la chenille processionnaire du pin en France (2018) – Source : INRA / Département de la santé des forêts / 2018



- **Milieus boisés :**

Les boisements feuillus et résineux pourraient subir deux effets antagonistes à horizon 2050 :

- un **effet positif** sur la productivité des arbres due à la hausse de concentration en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère ;
- un **effet négatif** plus important dû aux sécheresses sur cette même productivité. Les sécheresses toucheraient plus particulièrement les essences de **chênes pédonculés et de hêtres** du fait de leur mauvaise résistance aux variations de températures, certains scénarios pessimistes prévoyant même leur possible disparition à horizon 2100 (Roussel, 2012).

Si Brest métropole décidait d'exploiter la filière bois-énergie, une surveillance de l'évolution des massifs et bocages, et l'usage d'essences d'arbres qui bénéficient de la hausse de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique sans être affectés par les sécheresses et les parasites serait nécessaire.

- **Espaces verts :**

Les espaces verts devraient connaître le même effet antagoniste, avec une contrainte grandissante concernant les **espèces allergisantes**, sachant que la hausse des températures et des pollutions atmosphériques stresse les plantes, allongeant ainsi les émissions de pollens et accroissant leur caractère allergisant. De plus, **les espaces verts présentent un triple bénéfice pour l'adaptation et la réduction des impacts du changement climatique** : ils permettent une meilleure gestion des eaux pluviales et une diminution des pollutions des milieux naturels, entraînant une diminution des risques d'inondation par ruissellement, et enfin une diminution de l'inconfort thermique l'été en prévenant l'amplification des effets d'îlots de chaleur urbain à horizon 2050.

#### SYNTHÈSE DES ENJEUX D'ADAPTATION DES MILIEUX NATURELS FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les écosystèmes et milieux naturels risquent à moyen et long termes de subir les changements rapides de leur environnement sans avoir le temps suffisant et nécessaire pour pouvoir s'adapter, augmentant ainsi le risque de disparition de certaines espèces déjà fragilisées par les pollutions et l'artificialisation de leur milieu de vie. Un changement climatique atténué (en suivant les rails du scénario optimiste) rendrait plus facile l'adaptation des écosystèmes, soulignant l'importance des politiques d'atténuation. Par ailleurs, la biomasse en elle-même constitue un levier important d'atténuation du changement climatique par sa fonction de puit de carbone (séquestration de CO<sub>2</sub> par les forêts par exemple).

Concernant les politiques d'adaptation, la marge d'action publique est plus réduite :

**L'enjeu principal est donc dans la diminution des pressions** exercées sur les milieux naturels (consommation des espaces, pollutions) pour que ces derniers puissent continuer à assurer des services écosystémiques, et dans l'observation précise des mutations des milieux qui s'opèrent.

**Un second enjeu est d'anticiper les changements déjà prévisibles**, en choisissant par exemple des essences d'arbre plus résistantes aux sécheresses à horizon lointain pour les zones boisées, en évitant l'enfrichement qui favorise les départs de feu, ou encore en choisissant des espèces moins allergènes pour les espaces verts.



## 5.2. VULNÉRABILITÉ DES INFRASTRUCTURES ET DU CADRE BÂTI

### ► RÉSUMÉ DES IMPACTS :

Thématique et niveau de vulnérabilité	Aléa / Paramètre climatique impactant	Degré de certitude d'évolution de l'aléa	Impact potentiel futur	Impact découlant possible	Facteur de sensibilité	Exemple de mesure d'adaptation déjà prise
			Impact déjà observé			
Ouvrages littoraux : ports, quais, sentiers côtiers, etc.	Hausse du niveau de la mer, érosion, tempêtes	Fort, moyen, faible	Pression sur les ouvrages littoraux	Coûts importants de renforcement des digues et de requalification de la hauteur des quais accélération du vieillissement, interdiction temporaire d'usage, dépenses de réparation, risques d'accidents, dégradation des sentiers littoraux, conflits d'usages face au recul de la servitude du sentier côtier sur les parcelles privées	Age de l'ouvrage, fréquentation de l'ouvrage, normes en vigueur à l'époque de réalisation de l'ouvrage devenues obsolètes au vu des prévisions de hausse du niveau de la mer, présence d'ICPE et d'établissements Seveso en zone basse	Pas de PPRL
Réseaux d'électricité	Tempêtes, hausse du niveau de la mer	Faible, fort	Dégâts aux infrastructures	Coupures de courant, dépenses de réparation	Forte dépendance à la production des autres territoires donc forte dépendance à la robustesse du réseau, vieillissement des réseaux	Procédure d'action en cas de tempête, FIRE, élagage
Réseaux d'évacuation des eaux pluviales	Précipitations intenses, sécheresse	Moyen, fort	Saturation des réseaux en période hivernale, encrassement en période estivale	Inondations par ruissellement, pollutions du milieu naturel	Imperméabilisation des sols, densification de l'urbanisation, dimensionnement des réseaux non adapté aux futures précipitations, assèchement de zones humides, choix de matériaux de toitures et peintures polluants, construction en zones d'écoulement naturel	Schéma directeur de gestion des eaux pluviales, construction de bassins de rétention d'eau, projet de modélisation 2D des vitesses et hauteurs d'eau lors de pluies extrêmes Dispositions relatives à l'infiltration dans le PLU. Etude en faveur de la déconnexion des eaux pluviales du réseau
Production et distribution d'eau potable	Hausse des températures variation du régime des précipitations	Fort, moyen	Augmentation de la demande en période estivale et dégradation accélérée des réseaux	Augmentation du prix de l'eau pour l'entretien des canalisations	Dépendance à 70% de l'approvisionnement de la métropole à l'usine de production d'eau potable de Pont ar Bled	Installation d'une nouvelle canalisation dans le pont de l'Iroise
Réseaux de collecte des eaux usées	Augmentation du niveau de la mer	Moyen fort	Augmentation de l'intrusion d'eau de mer dans les réseaux de collecte à marée haute et saturation des différents ouvrages d'assainissement	Déversements d'eaux usées au milieu naturel entraînant une contamination bactériologique de la masse d'eau qui porte atteinte	Etat structurel des réseaux et capacité des différents ouvrages	

				aux usages sensibles (baignade, pêche, conchyliculture, biodiversité..)		
Traitement des eaux usées	Précipitations intenses	Moyen	Saturation des stations de traitement et des réseaux unitaires	Pollution du milieu naturel et des eaux de baignade	Sous-dimensionnement des stations d'épuration	Etude MEDISA en cours
Cadre bâti	Hausse du niveau de la mer, précipitations intenses, tempêtes	Fort, moyen, faible, fort	Inondations par ruissellement ou submersion marine	Inondation des caves et rez-de-chaussée, pertes matérielles et économiques, dépenses de réparation	Localisation en zone basse, en cuvette ou sur un ancien axe d'écoulement naturel, vieillissement, infrastructure recevant du public	Construction de 157 bassins de rétention publics et 187 bassins de rétention privés ces 20 dernières années, pas de PPRL

► DÉTAIL DES IMPACTS :

• **Cadre bâti :**

Le cadre bâti est essentiellement exposé aux tempêtes et inondations par ruissellement ou submersion marine. Les zones à risques sont donc les zones urbanisées en cuvette topographique ou sur d'anciens axes naturels d'écoulement des eaux, et en zone basse (zones topographiques situées sous le niveau centennal de la mer). Aussi, la modification du régime des pluies et la hausse du niveau de la mer devraient accroître la vulnérabilité des bâtiments localisés dans ces zones. Les impacts sur les ouvrages littoraux et sur la gestion des eaux pluviales sont d'avantage détaillés dans les paragraphes suivant.

Le phénomène de surchauffe urbaine, lié intrinsèquement au cadre bâti et aux pratiques d'aménagement urbain pourrait aussi prendre d'avantage d'ampleur à horizon 2050 avec la hausse des températures. Ce phénomène est lui d'avantage détaillé dans la partie 5.4 : Vulnérabilité de la population

• **Ouvrages littoraux et cadre bâti :**

○ Ports, quais, et cadre bâti :

La hausse du niveau de la mer devrait être le facteur le plus impactant pour les ouvrages littoraux à horizon 2070-2100, et en l'absence de données sur l'éventuelle hausse des tempêtes sur le littoral breton. En effet, une hausse de +30cm à +80cm devrait impacter **l'ensemble des ouvrages littoraux du territoire qui seront soumis à une pression plus forte**, et alors que ces derniers furent construits selon des normes ne prenant pas en compte une telle hausse du niveau de la mer. Un vieillissement accéléré de ces ouvrages est donc à prévoir.

Par ailleurs, l'occurrence simultanée d'une tempête induisant une surcote (+1,60m enregistrés lors de la tempête de 1987 au port de Brest), de forts coefficients de marée et d'un niveau de la mer déjà plus haut de 30 à 80cm pourraient avoir des **conséquences ravageuses pour certaines zones basses construites du territoire**. Pour anticiper ce risque, il existe une cartographie des zones basses du Finistère, produite par la DDTM29 en 2013.



Ces cartes partent d'un niveau moyen de la mer qui est le Niveau Marin Centennal<sup>2</sup>(NMC), rehaussé de + 20 cm comme première prise en compte de la hausse du niveau de la mer à venir à **partir des prévisions du quatrième rapport du GIEC**, aboutissant à un Niveau Marin de Référence (NMR=NMC +20cm). Les zones d'aléas sont alors définies comme suit : celles situées plus de 1m en dessous du NMR sont dites en « zone d'aléa fort », celle situées entre 0 et moins d'1 mètre sous le NMR sont dites en

Un cas avec + 90 cm ajoutés aux trois niveaux précédent est prévu, correspondant à une surcote météorologique telle que celle enregistrée au port de Brest lors de la tempête Dirk de décembre 2013<sup>3</sup>.

○ Sentiers et routes littorales :

Une partie des routes du territoire est située en zone basse et risque d'être submergée lors d'événements d'occurrence centennale (Figure 21), bloquant temporairement la circulation et induisant des dégradations des voies. Une partie des sentiers littoraux est aussi vulnérable à cette hausse du niveau de la mer, sachant que leur fréquentation pourrait augmenter du fait d'une hausse de l'afflux touristique, et ainsi accélérer leur érosion. Cet impact pourrait aller jusqu'à occasionner des conflits face au recul des servitudes de passage sur les parcelles privées, mais les sentiers actuels de Brest métropole ne sont pas concernés.

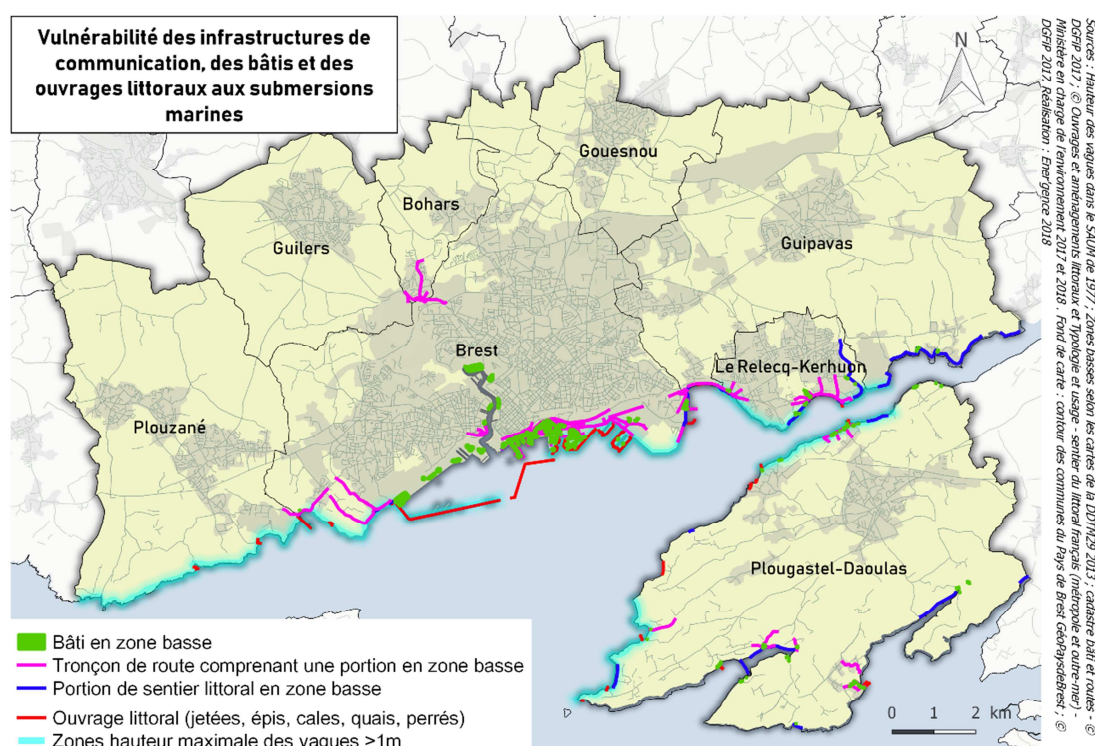


Figure 21 : Carte de synthèse de la vulnérabilité des ouvrages littoraux – Source : Ener'gence 2018

○ Gestion des eaux pluviales et impacts sur le cadre bâti :

Le changement du régime des pluies déjà constaté (augmentation des pluies intenses) affecte Brest métropole, avec des phénomènes d'inondation par ruissellement et de pollution des milieux naturels.

En effet, une grande partie de la commune de Brest est équipée d'un « réseau unitaire ». Cela signifie qu'eaux usées et eaux pluviales sont mélangées sans distinction, impliquant lors de faibles pluies que les eaux pluviales rejoignent elles aussi les stations d'épuration et subissent un traitement. Cependant, dès que les débits d'eau pluviale dans les réseaux sont de l'ordre des 200 L/s (à titre d'exemple, une pluie décennale présente des débits de l'ordre des 15 000 L/s), eaux usées et eaux pluviales sont directement déversées en Penfeld et en Rade sans subir de traitement afin d'éviter les débordements en zone

<sup>3</sup> A titre indicatif, entre 1860 et 1995, on compte 319 cas horaires dépassant ou atteignant une surcote de 75cm, une quarantaine de cas horaires atteignant ou dépassant une surcote de 90cm, et une dizaine atteignant ou dépassant les 1m, la plus forte surcote enregistrée étant celle de 1,60m lors de la tempête de 1987. Source : R. Bouligand et P.A. Pirazzoli, « Les surcotes et les décotes marines à Brest, étude statistique et évolution », OCEANOLOGICA ACTA - VOL. 22 – N°2, 1998

urbaine liées à la saturation des réseaux. Cela induit donc une **pollution fréquente des milieux naturels** et qui pourrait s'accroître à horizon lointain.

Malgré ce dispositif, les inondations sont fréquentes (Cf.. Partie 4.2). Une évolution probable du régime des pluies (pluies plus courtes mais plus intenses) en lien avec le changement climatique se conjugue à la topographie de la ville (pentes et cuvettes qui induisent une concentration rapide des eaux de ruissellement) pour identifier une vulnérabilité spécifique sur ce sujet.

De plus, cette augmentation des pluies courtes et intenses implique une infiltration moins bonne des sols perméables de la ville, alors même que la tension sur l'eau devrait s'accroître et que les besoins de remplissage des nappes devraient augmenter.

La cartographie des zones inondables lors des événements pluvieux exceptionnels n'existe pas encore à ce jour (uniquement une cartographie des secteurs ayant fait l'objet de plus de 2 plaintes entre 2000 et 2012, présentée dans la Figure 22).

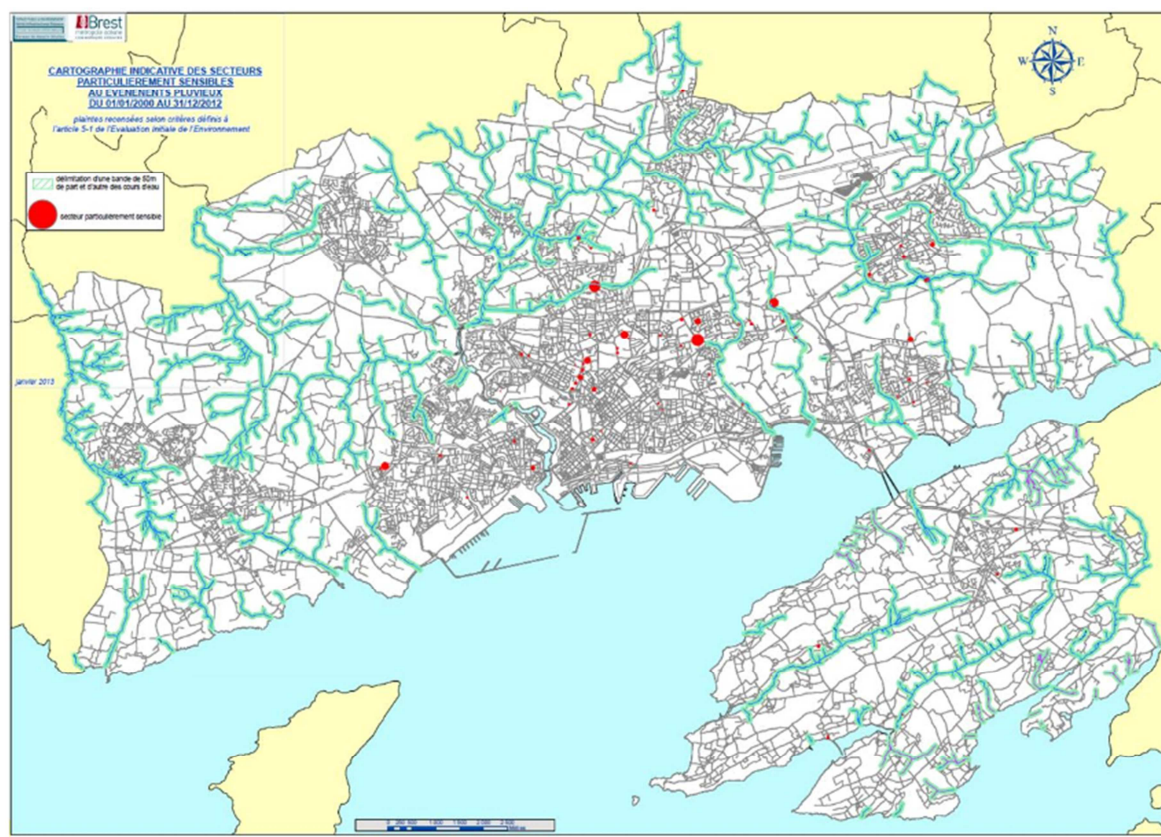


Figure 22 : Cartographie indicative des secteurs sensibles aux événements pluvieux de 2000 à 2012 - Source : Brest métropole

Enfin, avec la hausse du niveau de la mer, la question de **l'évacuation des eaux arrivant de la ville sur le port** pourrait aussi se poser à horizon 2070-2100, sachant que la surélévation des bâtiments est parfois en contradiction avec les normes d'accessibilité des personnes à mobilité réduite.

- **Production et distribution d'eau potable :**

La production d'eau potable devrait essentiellement être impactée par la hausse des températures et la variation du régime des pluies. Pour ce qui est de la disponibilité de la ressource en eau, la question est détaillée dans la partie 5.3 « Disponibilité de la ressource en eau ».

Concernant les infrastructures de production d'eau potable, 70% de l'approvisionnement de Brest métropole est assuré par l'usine de Pont ar Bled à Plouédern, impliquant une grande dépendance aux deux canalisations de 900 et 300 mm qui acheminent notamment l'eau jusqu'à Brest. Cette eau provient de l'Elorn, qui lors de fortes précipitations représente **potentiellement un risque d'inondation par crue pour le site** et donc d'interruption de l'approvisionnement assuré par cette usine (qui doit d'ailleurs être déplacée à court terme sur le même site pour l'éloigner de cet aléa). La vulnérabilité du site aux inondations par crue pourrait potentiellement augmenter à horizon lointain à cause du changement du régime des pluies.

- **La collecte et le traitement des eaux usées :**

La hausse saisonnière de la population liée à la venue de touristes pourrait s'accroître (températures plus clémentes en Bretagne), ce qui augmenterait les besoins de traitement des eaux usées. L'anticipation de la hausse des dimensionnements nécessaires est essentielle pour éviter ensuite les pollutions des milieux naturels et de la rade, avec des répercussions directes sur les usages de loisir et la pêche.

Le faible débit d'étiage des cours d'eau impliquera une dilution moins forte des eaux en sortie de station d'épuration, et donc un impact plus fort sur la qualité du cours d'eau (cas de la STEP de Toul ar Rannig, à Plougastel-Daoulas)

Au niveau du port et des polders, les réseaux d'assainissement peuvent se retrouver sous l'influence de la marée avec des intrusions d'eau de mer dans les réseaux. Ces surcharges hydrauliques peuvent générer des déversements d'eaux usées au milieu marin entraînant une contamination bactériologique qui peut dégrader des usages sensibles tels que la baignade, la pêche et la conchyliculture.

- **Réseaux de distribution d'électricité :**

Les réseaux de distribution d'électricité sont assez sensibles aux aléas climatiques (tempêtes, inondations), mais la mise en place de mesures pour faire face aux phénomènes climatiques suite à la tempête de 1999 a permis de diminuer leur vulnérabilité. Le réseau de distribution électrique brestois est conçu pour faire face aux forts aléas climatiques, avec par exemple pour la concession de Brest métropole un réseau moyenne tension enfoui à près de 80% et un réseau aérien basse tension à plus de 60%. **L'enjeu climatique est donc pris en compte et intégré** par Enedis à la stratégie de l'entreprise, se traduisant par des dispositifs spécifiques (FIRE), des objectifs de réalimentation rapide des réseaux, des indicateurs de suivi qualité de distribution, etc.

En revanche, si jusque-là le réseau n'a pas eu à souffrir des inondations qui pourraient toucher les postes de distributions au sol, **son exposition aux inondations par ruissellement et submersion marine pourrait augmenter**, impliquant d'avoir une cartographie précise des zones à risque d'inondation afin d'identifier les vulnérabilités potentielles des postes de distribution.



## SYNTHÈSE DES ENJEUX D'ADAPTATION DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

La hausse du niveau de la mer et la modification du régime des pluies sont deux aléas majeurs à prendre en compte dans les aménagements. En effet ces derniers sont conçus actuellement pour durer à horizon moyen (2050 pour les routes) et lointain (2100), c'est-à-dire à des horizons pour lesquels les impacts du changement climatique devraient se faire ressentir quel que soit le scénario adopté. Outre l'anticipation nécessaire pour tout nouvel aménagement à horizon moyen ou lointain, l'adaptation de l'existant dans les zones basses du port de commerce et militaire sera nécessaire face à l'augmentation de l'exposition aux submersions marines.

Aussi, l'enjeu principal est la **prise en compte des aléas inévitables dans les futurs projets d'aménagement** (hausse du niveau de la mer, hausse de la fréquence des précipitations intenses)

L'adaptation de la **gestion des eaux pluviales vers d'avantage d'infiltration** est un excellent levier d'action pour l'adaptation, puisqu'elle favorise à la fois la diminution des risques d'inondations, la diminution des pollutions des milieux naturels, l'infiltration de l'eau alors même que la pression sur cette ressource devrait augmenter l'été, et la diminution des phénomènes d'ilots de chaleur urbain (liés à l'artificialisation des sols).

## 5.3. VULNÉRABILITÉ DE LA RESSOURCE EN EAU

## ► RÉSUMÉ DES IMPACTS :

Thématique et niveau de vulnérabilité	Aléa / Paramètre climatique impactant	Degré de certitude d'évolution de l'aléa	Impact potentiel futur	Impact découlant possible	Facteur de sensibilité	Exemple de mesure d'adaptation déjà prise
			Impact déjà observé			
Disponibilité en eau superficielle à l'été	Variation du régime des pluies, hausse des températures	Moyenne, forte	Augmentation de la pression sur les ressources en eau superficielles et sous-terraines durant la période juillet-octobre	Diminution des débits des cours d'eau, diminution des niveaux d'eau des nappes et du volume stocké dans la retenue du Drennec, restrictions d'eau, conflits d'usage, possible augmentation du coût de l'eau pour les gros consommateurs, impact sur la biodiversité	Forte pression de prélèvements d'eau à l'été, dépendance de l'approvisionnement en eau potable à la production de l'usine de Pont ar Bled	Barrage du Drennec assurant la gestion du débit à l'été, arrêtés préfectoraux de restriction d'usage de l'eau, demande de modulation des prélèvements des privés sur le réseau public en période d'été, Politiques d'économies d'eau
Bilan hydrique des sols en fin d'été	Variation du régime des pluies, hausse des températures	Moyenne, forte	Augmentation de la sécheresse des sols	Baisse des rendements de certaines cultures, baisse du niveau des nappes	Absence de haies et d'ombrage, utilisation de cultures sensibles à la sécheresse	reconstitution du maillage bocager, de haies, Protection des zones humides
Qualité de l'eau	Variation du régime des pluies, hausse de la température des eaux des rivières et côtières	Moyenne, forte	Concentration des polluants en période d'été, augmentation des transferts de polluants lors de précipitations intenses, blooms phytoplanctoniques dans la rade	Interdiction de baignades, perturbation des activités de plaisance, impacts sanitaires, perturbation des activités de pisciculture et halieutiques, image négative pour le tourisme et les usagers, impact sur la biodiversité	Rejets de polluants, absence d'ombrage le long des rivières, gestion des eaux usées, imperméabilisation des sols, ruissellement	Amélioration des rendements de traitement des STEP, Reconstitution des bocages, diminution des rejets d'intrants par les agriculteurs, Reconstitution des ripisylves



Les chiffres d'augmentation de la population concordent aussi vers une hausse de la pression sur la ressource. La consommation moyenne était de 9,3 millions de m<sup>3</sup> en 2014, soit si l'on considère une augmentation de 10% de la population de BM d'ici 2040, une consommation moyenne future de 10,6 millions de m<sup>3</sup>. Or, même si la population de la métropole brestoise n'augmente pas énormément, cela ne devrait pas être le cas des territoires voisins qui eux vont voir leur population augmenter de 60 à 80 000 habitants d'ici 2040. Par contre, il apparaît que cette tendance peut être compensée par une politique d'incitations aux économies d'eau.

- Qualité de l'eau :

La baisse du débit des cours d'eau en période estivale provoque une concentration des polluants, qui pourrait donc s'accroître avec l'allongement de la période d'étiage. La concentration des polluants a donc un impact direct sur la qualité de l'eau, qui **affecte à la fois la production d'eau potable, et la baignade** ; les pluies fortes et les ruissellements qu'elles engendreront, impacteront aussi le milieu marin (activités de pêche et aquaculture, et baignade)

La hausse des températures des cours d'eau et masses d'eau côtières est aussi responsable de la croissance favorisée des cyanobactéries et phytoplanctons toxiques (algues microscopiques qui produisent des phytotoxines). Des blooms (efflorescence soudaine) phytoplanctoniques surviennent assez régulièrement depuis les années 2005/2006 en Rade de Brest et depuis 2012 dans le lac du Drennec. Ils sont ensuite devenus plus ou moins récurrents, induisant des risques toxiques, des interdictions de pêche, et des **pertes d'exploitation pour les activités de pêche et de conchyliculture**. Et si la présence importante d'éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore induits par les activités humaines est responsable de l'ampleur de ces blooms, il semblerait que ce soit **l'augmentation des températures de l'eau qui soit responsable de l'initiation de ces blooms (Guallar et al. 2017)**.

Par ailleurs les pollutions proviennent aussi des rejets des stations d'épuration et des exutoires d'eaux pluviales. Or, la modification du régime des pluies pourrait augmenter ces rejets, de même qu'une hausse de la fréquentation touristique qui augmenterait la pression sur le traitement des eaux usées (Cf.. Partie 5.2 sur la gestion des eaux pluviales et le traitement des eaux usées).

- Bilan hydrique des sols en fin d'été :

L'augmentation des sécheresses devrait aussi affecter le bilan hydrique des sols. Selon Météo France, avec le scénario pessimiste, **dès 2035 l'humidité du sol en Bretagne au mois d'août devrait se rapprocher des extrêmes secs d'aujourd'hui, pour les atteindre complètement en 2100** (Figure 25).

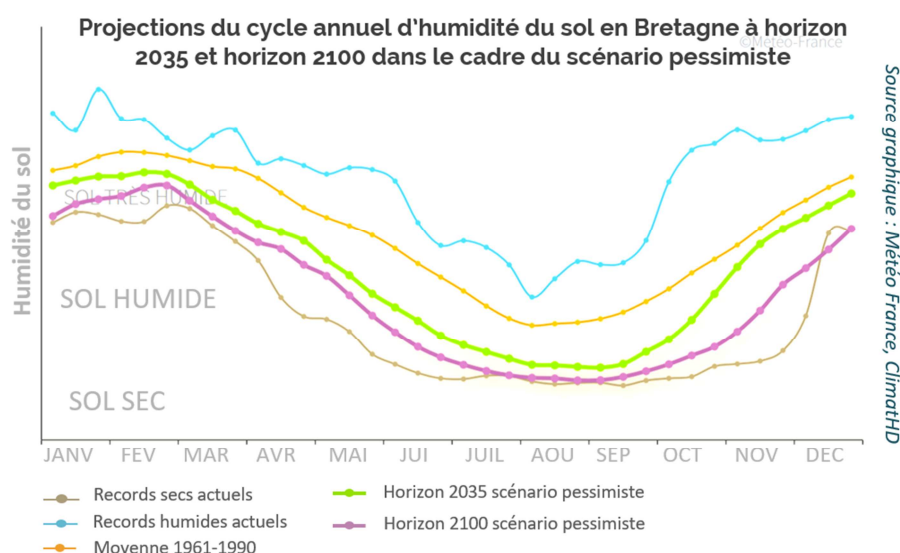


Figure 24 : Projection de l'humidité des sols à horizon 2035 et 2100 dans le cadre du scénario pessimiste - Source : ClimatHD

Cette sécheresse des sols devrait avoir un impact direct sur l'activité agricole, qui pourrait avoir d'avantage recourt à l'irrigation et ainsi augmenter la pression sur les nappes et sur la ressource en eau superficielle pour éviter un stress hydrique des cultures et des pertes de rendement. Une meilleure infiltration des eaux de pluies dans les sols est également importante, que ce soit en ville pour éviter les inondations ou en zone rurale pour éviter les ruissellements entraînant des pollutions des cours d'eau.

#### ►► SYNTHÈSE DES ENJEUX POUR L'ADAPTATION DE LA RESSOURCE EN EAU FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le territoire de Brest métropole, à l'inverse de certains territoires voisins, possède un approvisionnement sécurisé en eau potable grâce à la retenue du Drennec. L'enjeu majeur est donc d'une part de maintenir cette gestion et de sécuriser la fonction de soutien d'étiage du barrage en anticipant à horizon proche une augmentation de la pression sur cette ressource, et d'autre part d'encourager une baisse de la consommation d'eau par les particuliers et les professionnels durant la période d'étiage. A plus long terme, une reconquête des captages abandonnés augmenterait la résilience du territoire.

Un second enjeu essentiel est dans la poursuite voire le redoublement des efforts dès l'horizon proche afin d'assurer une qualité de l'eau suffisante nécessaire au bon fonctionnement des écosystèmes et des activités économiques de la rade, notamment pendant les fortes pluies et les périodes d'étiage.



## 5.4. VULNÉRABILITÉ DE LA POPULATION

### ► RÉSUMÉ DES IMPACTS :

Thématique et niveau de vulnérabilité	Aléa / Paramètre climatique impactant	Degré de certitude d'évolution de l'aléa	Impact potentiel futur	Impact découlant possible	Facteur de sensibilité	Exemple de mesure d'adaptation déjà prise
			Impact déjà observé			
Aléas climatiques extrêmes	Pluies intenses, tempêtes, hausse du niveau de la mer Incendies	Moyen, faible, fort	Séquelles physiques, psychologiques et sanitaires des événements climatiques extrêmes	Risques physiques et sanitaires liés aux submersions marines et tempêtes	Habitat en zone basse ou cuvette, vieillissement de la population, absence de PPRL/PCS	Plan tempête, PiCS (Plan Intercommunal de Sauvegarde), DICRIM
Ilots de Chaleurs Urbains et vagues de chaleur	Hausse des températures, augmentation des vagues de chaleur	Fort, fort	Diminution du confort thermique l'été et modification des comportements	Augmentation de l'inconfort thermique notamment des personnes vulnérables, augmentation du phénomène d'Ilot de Chaleur Urbain, augmentation de l'installation de climatiseurs, augmentation des baignades	Type et âge du bâti, absence de végétalisation, vieillissement de la population	Registre nominatif des publics vulnérables
Maladies	Hausse des températures	Fort	Modification des paramètres climatiques plus propices au développement de certaines pathologies	Augmentation du caractère allergisant des pollens, de la fréquence des épisodes de pollutions (ozone, particules fines), modification de l'aire de répartition de certains parasites vecteurs de pathogènes (moustique tigre, etc.), toxicité des coquillages et algues pêchés sur les sites de pêche de la rade	Qualité de l'air, traitement des eaux usées	Observatoires en ligne et bulletins quotidiens des émissions de pollens, et de la qualité de l'air Observatoires des progressions d'espèces spécifiques végétales ou animales (moustique tigre, etc.) Diffusion de l'information sur les épisodes de pollution atmosphériques

### ► DÉTAIL DES IMPACTS :

#### • Aléas climatiques extrêmes :

Certains aléas climatiques extrêmes pourraient s'intensifier, tel que les submersions marines lors de tempêtes et les inondations lors de pluies intenses. Si les submersions ne devraient pas mettre directement en péril les vies humaines car peu de surface bâtie habitée est située en zone basse sur le territoire de BM, les dégâts sur les habitations peuvent être importants et laisser des séquelles psychologiques. Il en est de même pour les inondations par ruissellement en ville, séquelles auxquelles s'ajoutent les risques sanitaires liés au débordement des eaux usées dans les habitations. Les risques les plus importants sont d'avantage liés aux comportements à risque (conduite sur route inondée, promenade trop près de la côte lors de tempêtes, etc.).

Cependant, il se peut qu'une part de la population habitant ces zones à risques (zones basses, zones en cuvette fréquemment inondée lors des pluies importantes) soit vieillissante, et donc moins en capacité d'évacuer rapidement les lieux.

La population reste également exposée aux tempêtes et vents violents (sans que l'on sache encore si cette exposition augmentera à l'avenir), qui peuvent mettre en péril la sécurité des personnes. Pour ce risque, un plan tempête a été mis en place par BM permettant de diminuer les risques d'accidents.

- Ilots de chaleurs urbain et vagues de chaleur :

Pour le moment, le territoire est encore peu exposé aux canicules et fortes chaleur qui touchent d'avantage d'autres régions du territoire. Mais l'exposition aux vagues de chaleurs de Brest métropole devrait augmenter, avec jusqu'à une trentaine de jours en plus pour le scénario pessimiste à horizon 2070-2100, et une température moyenne annuelle supérieure de 3°C à celle actuelle. Cela devrait essentiellement se traduire par un inconfort thermique pendant la période estivale, et un risque accru d'épisodes de pollution atmosphérique à l'ozone (en référence à l'année 2003)

Cet inconfort thermique sera d'autant plus ressenti car la population finistérienne n'est **pas encore habituée à faire face à ces chaleurs**, et les infrastructures encore peu adaptées pour éviter d'avoir recours systématiquement aux climatiseurs.

En témoigne le placement en « vigilance canicule » du Finistère, dont le déclenchement est prévu pour un seuil de tolérance plus faible que les autres départements français. Autre exemple, lors de la canicule de 2003, la surmortalité observée en Bretagne fut tout de même de l'ordre de + 20% (Hémon D. et Jouglé E., 2004) (Figure 25).

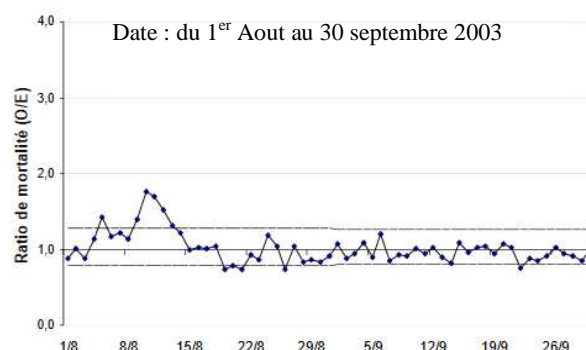


Figure 25 : Ratio de mortalité journalière en Bretagne calculé avec le rapport O/E (O=nombre de décès observés et E=nombre de décès attendus) durant le mois d'août 2003 – Source : Rapport remis au Ministre de la Santé et de la Protection Sociale sur la Surmortalité liée à la canicule d'août 2003, INSERM, 2004

Les populations **les plus sensibles sont les personnes âgées**, notamment celles habitant seules et particulièrement représentées dans certaines zones de la métropole, dans les zones densément urbanisées de Plouzané, Gouesnou, et du Relecq-Kerhuon, et plus dispersées à Plougastel-Daoulas (Figure 26). La tendance démographique actuelle au Pays de Brest est au **vieillissement de la population**, avec parmi les +53 900 habitants à prévoir dans le Pays de Brest d'ici 2050 (INSEE, 2017), 83% de cette augmentation imputée aux seniors (70 ans et plus). La part de la population la plus sensible aux aléas devrait donc augmenter.

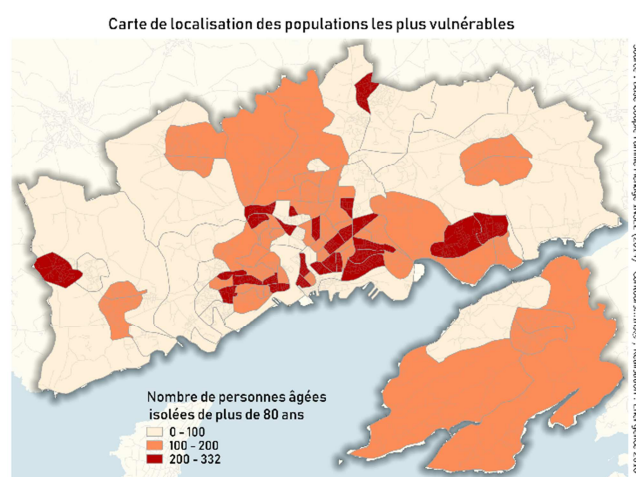
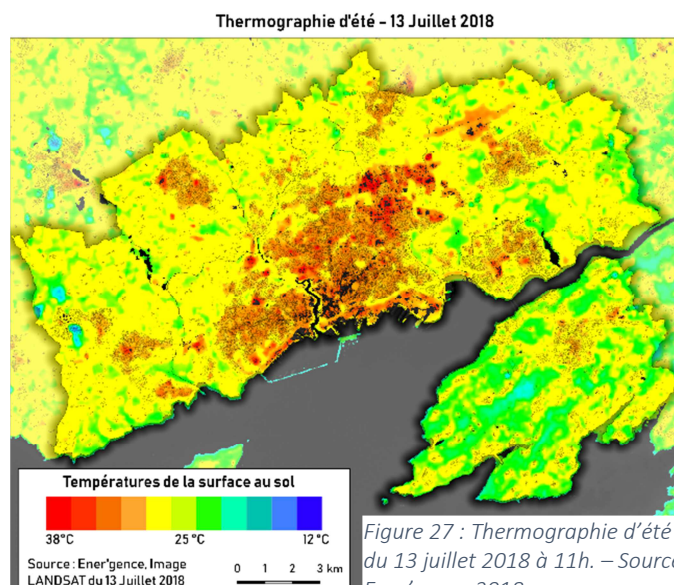


Figure 26 : Carte des personnes âgées isolées de plus de 80 ans (découpage IRIS de l'INSEE) – Source : Ener'gence 2018

De plus, l'inconfort thermique est d'avantage ressenti en ville avec la surchauffe urbaine, dans les zones qualifiées d'« **ilots de chaleur urbain** ». Ce phénomène se traduit en période estivale par une limitation de la fraîcheur nocturne en ville par rapport aux zones rurales, qui provoque un inconfort thermique pour la population urbaine.

Une première caractérisation de ce phénomène qui est encore de faible ampleur à Brest métropole, est permise par le traitement d'images de la thermicité du territoire obtenues par télédétection satellitaire. À partir de ces dernières, on obtient une **cartographie des températures de surface du territoire**. Notre exemple se base sur les images satellites LANDSAT prises le 13 juillet 2018 à 11h00. Il s'agissait d'une journée légèrement plus chaude que la moyenne, avec une température moyenne de 17.1°C et une température maximale de 24.6°C enregistrées à la station Brest Guipavas (cf. Annexe).



La Figure 28 cible les zones où la température de la surface au sol enregistrée est supérieure à 35°C, c'est-à-dire les zones les plus sensibles à la surchauffe urbaine. Une seconde thermographie non présentée ici, réalisée à partir d'une image satellite du 15 août 2016 (journée particulièrement chaude) met en évidence les mêmes zones et valide les résultats.

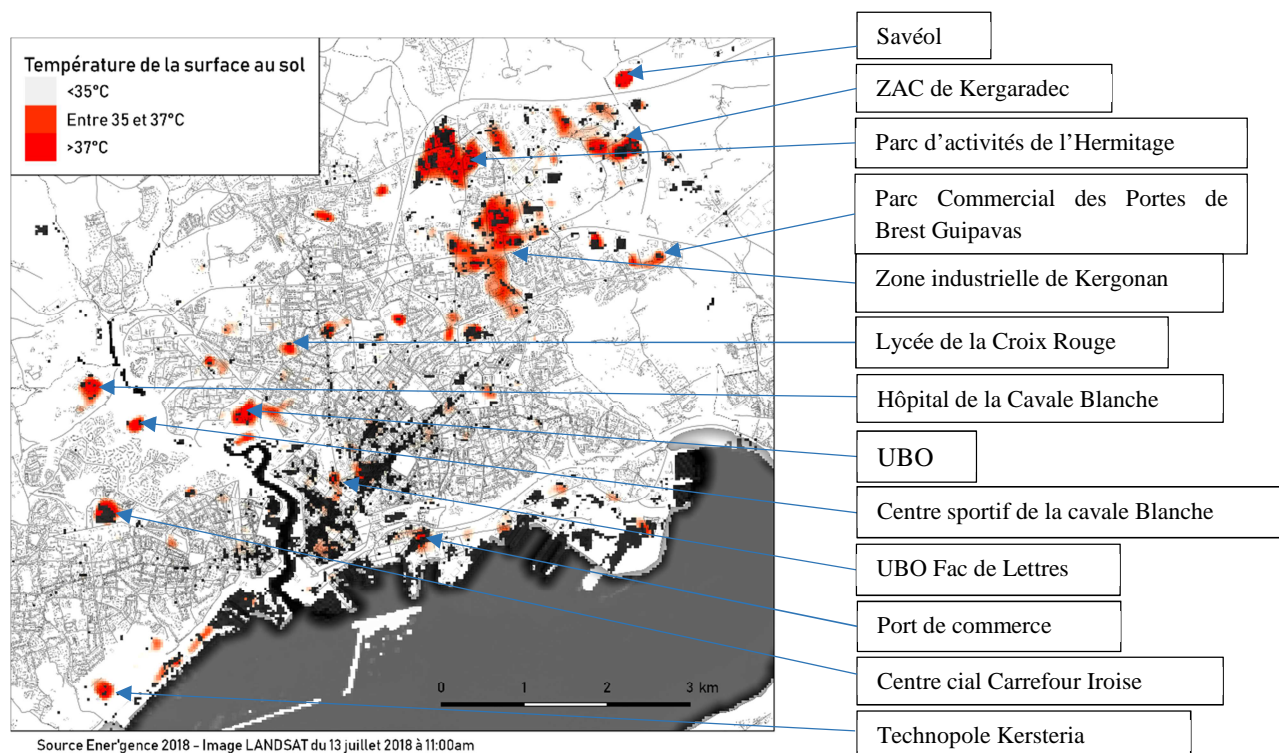


Figure 28 : Zoom sur les zones les plus vulnérables à la surchauffe urbaine à Brest

Précision : les surfaces noires correspondent à une erreur de traitement des images satellites par le logiciel - Source : Ener'gence 2018

Ces thermographies nous permettent de constater que :

- les surfaces des sols des zones urbanisées apparaissent plus chaudes d'une dizaine de degrés par rapport aux zones rurales, illustrant bien l'inertie thermique de la ville qui emmagasine la chaleur en journée, limitant ainsi le refroidissement nocturne ;
- au sein de ces zones urbaines, ce sont principalement les zones d'activités économiques (ZAC, centres commerciaux, parcs d'activités) et les grandes infrastructures telles que l'UBO, l'aéroport ou l'hôpital de la Cavale Blanche qui présentent les températures de surface les plus élevées, expliquées en grande partie par de plus vastes surfaces minérales (parkings notamment), par une moindre végétation et par des toitures plates non végétalisées ;
- les zones d'habitat dense du bas de Siam et au niveau de Coat ar Gueven présentent aussi une surchauffe urbaine ;
- les îlots de fraîcheur urbains brestois se concentrent sur les rives de la Penfeld, sur les quais et digue de la rade, dans les cimetières, dans le secteur moulin à poudre de Kérinou, dans les parcs (notamment le jardin Kennedy), le long des chemins de fer et dans les vallées du Stang-Alar et du Costour. En zone rurale, ce sont les espaces boisés de Plouzané, Guipavas et Plougastel qui présentent les températures de surface les plus basses, suivies des zones bocagères.

Ce phénomène dépend de nombreux facteurs, notamment du climat, mais aussi de la morphologie de la ville, des matériaux utilisés, des activités et pratiques de mobilité, etc. Réduire ce phénomène implique donc une adaptation des pratiques d'aménagement, de conception et de gestion de la ville, qui sont autant de pratiques à anticiper en vue de l'augmentation des températures et des vagues de chaleur que devrait connaître le territoire.

- Maladies :

Une hausse des températures implique l'arrivée **de nouveaux parasites potentiellement vecteurs de maladies**. C'est le cas par exemple du moustique tigre vecteur des virus de la dengue, du chikungunya ou du zika, qui s'est répandu rapidement sur le territoire métropolitain français depuis 2004 et qui est désormais implanté dans 51 départements (Figure 29). Il est fort probable que ce dernier aura colonisé l'intégralité du territoire à horizon 2030.

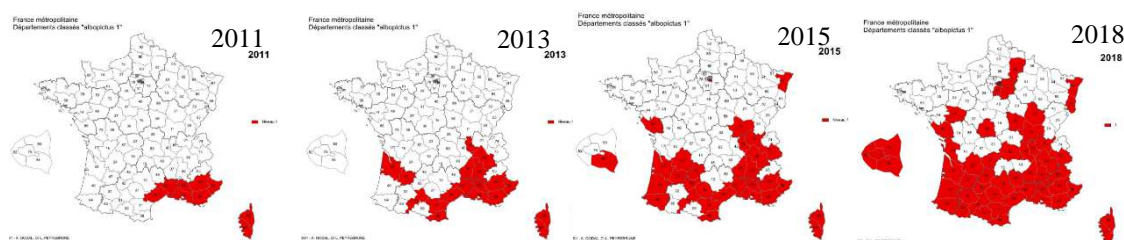


Figure 29: Extension du moustique *Aedes albopictus* (moustique tigre) de 2004 à 2018 - Source : DGS-VSS1- Dr L. Peyrebrune – Ministère des solidarités et de la santé (2018).

La population du Pays de Brest est aussi particulièrement **sensible aux maladies respiratoires chroniques et allergiques**, avec un taux supérieur de 10% à la moyenne bretonne du nombre de patients sous traitement antiasthmatique (ORS Bretagne, 2016) et un taux de morbidité des affections allergiques en Bretagne supérieur à la moyenne française. Or, la hausse des températures accroît le caractère allergisant des pollens (Cf.. Partie 5.1), avec donc des pollens de plus en plus agressifs et relâchés durant de plus longues périodes. Il y a donc un enjeu fort dans le choix d'espèces moins allergisantes pour les espaces verts.

Enfin, la pêche de loisir est pratiquée sur quatre sites dont deux d'entre eux sont interdits pour la consommation des coquillages (Moulin blanc et anse de Camfrout) du fait de la faible qualité de l'eau. Une modification des régimes de pluies qui entrainerait d'avantage de rejets d'eaux usées non traitée



dans la rade pourrait **augmenter ces pollutions et les risques de contamination** des populations pratiquant la pêche à pied, notamment pendant les périodes de mars/avril et septembre/octobre lors des grandes marées.

►► SYNTHÈSE DES ENJEUX D'ADAPTATION DE LA POPULATION FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les risques pour la population se feront d'avantage ressentir à moyen et long terme (horizon 2070-2100), avec l'augmentation des vagues de chaleurs, l'augmentation du risque incendie, l'arrivée de parasites vecteurs de nouvelles maladies, l'aggravation des affections respiratoires liées aux pollens, l'augmentation des risques de submersion marine et donc des risques pour la population, aggravé par un vieillissement de la population et donc une augmentation de la part de la population sensible.

L'enjeu d'adaptation principal réside dans la diminution de la sensibilité dès aujourd'hui à ces risques, en choisissant des plantes d'ornement moins allergènes et en privilégiant des aménagements qui ne favorisent pas la création d'îlots de chaleur urbain par exemple.

## 5.5. VULNÉRABILITÉ DES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES

### ► RÉSUMÉ DES IMPACTS :

Thématique et niveau de vulnérabilité	Aléa / Paramètre climatique impactant	Degré de certitude d'évolution de l'aléa	Impact potentiel futur	Impact découlant possible	Facteur de sensibilité	Exemple de mesure d'adaptation déjà prises
			Impact déjà observé			
Industrie	Hausse des températures, variation du régime des précipitations, hausse du niveau de la mer	Fort, moyen, fort	Perturbation de l'activité et pertes économiques	Instabilité des rendements de la matière première agricole et donc de l'approvisionnement des industries agro-alimentaires, hausse du coût de l'eau, conflits d'usage pour la ressource en eau, exposition aux submersions marine du port de commerce	Dépendance à la ressource en eau et approvisionnements soumis aux aléas climatiques, localisation en zone basse	-
Tertiaire	Vagues de chaleur, hausse du niveau de la mer	Fort, fort		Diminution du confort thermique dans les bureaux l'été, exposition aux risques de submersion des activités militaires de l'arsenal	Localisation en zone basse, grandes surfaces vitrées pour les bureaux, etc.	-
Aquaculture et pêche	Hausse des températures de la rade et des rivières, acidification de l'océan	Moyen, fort	Santé économique de l'entreprise, perturbation de l'activité	Modification d'aire de répartition des espèces, perturbation des cycles de reproduction des poissons/moules/huîtres de culture et sauvages, destruction des installations conchyliques et mytilicoles lors de tempêtes, augmentation des espèces prédateurs et toxiques (phytoplanctons, étoiles de mer, etc.), coquilles plus fragiles (problèmes de calcification), augmentation des conflits d'usage avec la hausse de fréquentation touristique	Qualité des eaux, ombrage des rivières, faibles capacités d'investissement pour s'adapter, pratiques de production	-
Agriculture	Hausse des températures, variation des régimes de pluie	Fort, moyen		Hausse possible des rendements pour certaines cultures (sorgho, cultures d'hiver), augmentation des besoins d'irrigation, raccourcissement des calendriers culturaux, inconfort thermique des animaux d'élevage l'été et baisse de la production, conflits d'usage pour la ressource en eau, impossibilité d'accès aux terres lors des fortes pluies, apparition de nouvelles maladies	Cultures sensibles (pomme de terre, maïs, serres), bâtiments d'élevage mal adaptés face aux fortes chaleurs, faibles capacités d'investissement pour s'adapter	-
Tourisme	Hausse des températures, hausse du niveau de la mer, érosion	Fort, fort, moyen	Hausse de la fréquentation touristique et de l'exposition aux risques	Restrictions d'accès aux espaces naturels fragiles et sentiers côtiers érodés, dégradation de la qualité des eaux de baignade, sur-fréquentation des sites naturels, exposition aux inondations dans les campings en zone basse, conflits d'usage pour la ressource en eau, interruption des activités de plaisance	Concentration du tourisme sur le littoral	Plan tempête Gestion préventive des eaux de baignade

### ► DÉTAIL DES IMPACTS :

#### • Aquaculture et pêche :

La pratique de la conchyliculture et de la pêche sont bien développées dans la rade, et **les acteurs économiques du secteur sont particulièrement vulnérables au changement climatique**. La hausse des températures de la rade est l'aléa le plus impactant, puisqu'elle favorise le **développement de certains parasites**, comme des étoiles de mers qui provoquent déjà d'importants dégâts sur les parcs de moules dans le Golfe du Morbihan, ou de prédateurs comme les bigorneaux perceurs, ou encore des

phytoplanctons toxiques qui provoquent des surmortalités de poissons et des fermetures de pêche des coquilles Saint-Jacques. Des températures plus chaudes impliquent aussi des **modifications de croissance et de reproduction**, accentué par l'acidification des océans qui impacte la **calcification des coquilles** (coquilles d'huître et de moules plus fragiles). Le changement de régime des pluies (plus intenses) fait également peser sur ces professions un risque de contamination accrue des eaux, par un ruissellement plus important sur le sol.

Par ailleurs, l'augmentation possible du tourisme dans la rade et des activités de plaisance pourrait accroître les conflits d'usages entre pêcheur, conchyliculteur et plaisanciers. La qualité de l'eau pourrait aussi se dégrader avec l'augmentation des rejets d'eau non traitée en rade s'il n'y a pas d'anticipation de l'augmentation des besoins de traitement des eaux usées.

- Agriculture :

L'agriculture sur le territoire de Brest métropole occupe en moyenne une faible surface (entre 30 et 50% selon si l'on prend en compte ou non les espaces naturels gérés par l'agriculture) et a une part assez faible dans l'économie en comparaison avec d'autres territoires du Pays de Brest. Mais contrairement aux autres intercommunalités où l'élevage hors-sol domine, les productions dominantes de BM sont la polyculture-élevage (rotations entre céréales et prairies, élevages de vaches laitières et à viandes, et élevages porcins) pour Brest, Bohars, Guilers et Plouzané, et le maraîchage sous serre pour Plougastel-Daoulas, le Relecq-Kerhuon et Guipavas.

Toutes les productions devraient être **affectées par le changement des paramètres climatiques, soit positivement** avec la hausse du rendement de certaines cultures du fait de la plus forte concentration en CO2 atmosphérique et de températures plus élevées, **soit négativement** avec l'augmentation des stress hydriques et de l'inconfort thermique en élevage, soit en raison de leur vulnérabilité vis-à-vis des besoins en énergie (maraîchage hors sol) :

- Effets positifs : le projet de recherche CLIMATOR visant à analyser les impacts du changement climatique sur les systèmes cultureux des différentes régions françaises nous donne une idée des évolutions possibles positives pour la région Bretagne : la productivité des prairies devrait se maintenir dans un futur proche et augmenter à horizon lointain (fétuque notamment) et les rendements du blé conventionnel devraient se maintenir et ceux du non-traité s'accroître. Le sorgho encore peu présent en Bretagne devrait y voir son rendement augmenter, et il deviendrait possible d'implanter des variétés tardives à horizon lointain (Brisson N. et Levraut F. 2010). Concernant le maraîchage, il pourrait y avoir des effets possibles d'accroissement des rendements pour certaines cultures et l'implantation de nouvelles variétés à horizon lointain.
- Effets négatifs : Les effets négatifs devraient d'avantage toucher l'élevage à horizon moyen, avec une augmentation des vagues de chaleur affectant la production en élevage (diminution de la production laitière, animaux plus « maigres », etc.). Les variations dans le régime des pluies affectent aussi directement les cultures, avec des fenêtres d'action plus réduites pour les agriculteurs lorsqu'ils souhaitent intervenir sur leurs parcelles détrempées, mais aussi avec des risques plus grands de ruissellement et de pollution des milieux naturels. Par ailleurs la hausse des températures pourrait favoriser le développement de certains parasites vecteurs de maladies, comme les moucheron venant d'Espagne et vecteurs de la fièvre catarrhale ovine affectant tous les ruminants, ou rallonger leur présence comme celle des pucerons.

Concernant l'eau, les résultats des simulations climatiques sur le territoire mettent toutes en évidence une augmentation continue des sécheresses du sol. Il est donc à prévoir dès l'horizon moyen à lointain (2050-2070) **une augmentation des recours à l'irrigation** si les pratiques à la parcelle ne s'adaptent pas autrement (implantation de haies par exemple pour augmenter l'ombrage), notamment pour les cultures plus fragiles comme le maïs. Aussi, dans le cadre de possible politiques d'économie d'eau durant les périodes critiques, le prix de l'eau pourrait augmenter pour les agriculteurs, induisant une augmentation des charges d'exploitation.

Les communes de Brest métropole où l'agriculture a le plus de poids et qui sont donc les plus vulnérables à ces changements sont Guipavas (près de 50 exploitations en 2010) et Plouzané. Plougastel-Daoulas, qui comptait en 2010 bien plus d'exploitations (soixante-seize exploitations agricoles en 2010), présente néanmoins un profil plus atypique : forte représentation de l'activité de serres (mode de production hors sol), déprise plus forte qu'ailleurs (présence importante de friches),

Il est important de préciser que si la déprise agricole peut évoluer vers l'expansion des landes plus sensibles aux feux, elle évolue aussi vers le boisement naturel favorable au stockage du carbone.

- Tourisme :

Le secteur du tourisme du Pays de Brest est tributaire du climat, et donc devrait être impacté par la hausse des températures estivales, en induisant **une hausse de la fréquentation touristique en Bretagne** afin de fuir les canicules des destinations plus au sud. Cette hausse des températures et le changement du régime des précipitations pourraient à horizon moyen **favoriser les équipements et activités en extérieur**, comme ce fut le cas durant l'été 2018 particulièrement ensoleillé qui a vu une diminution du nombre d'entrées des principales installations touristiques de Brest métropole (Océanopolis, Musée de la marine, Abbaye de Daoulas) (Bianic 2018). Les activités de plaisance pourraient ainsi prendre de l'importance sur la rade, de même que l'activité de randonnée déjà très populaire, augmentant potentiellement la pression sur certains espaces naturels.

Par ailleurs les touristes représentent une population d'avantage vulnérable car moins coutumière des aléas locaux, notamment les submersions marines lors de tempêtes. Sur le territoire, deux **campings possèdent une partie de leurs terrains en zone basse** : le camping municipal du Relecq-Kerhuon, et le camping Saint-Jean à Plougastel-Daoulas, présentant un risque en cas de forts coefficients de marée, et de surcote météorologique.

- Tertiaire et industrie :

Certains commerces, et une partie des activités militaires et des industries situés dans les zones basses du port militaire et du port de commerce pourraient être impactés par la hausse du niveau de la mer qui accroît les risques de submersion. Parmi ces industries, certaines installations spécialisées dans le traitement des déchets sont **Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)**, et deux sont des **établissements Seveso de Seuil Haut** (dépôt de carburant Stockbrest et raffinerie Imporgal), rendant la zone encore plus sensible aux risques de submersion, par les pollutions que cela pourrait générer.

À horizon lointain, la hausse des températures pourrait aussi affecter le **confort au travail** dans les zones d'activités commerciales dont une grande partie est exposée aux surchauffes urbaines (Figure 30).

Parmi les industries, celles qui sont particulièrement sensibles sont les industries agro-alimentaires, notamment la coopérative Savéol, puisqu'elles dépendent des productions agricoles et donc du climat, et sont donc particulièrement sensibles au changement climatique. Enfin, l'ensemble des activités industrielles dépendant de la ressource en eau pourrait voir les **coûts de l'eau** augmenter si des politiques d'incitation à la réduction des consommations d'eau sont adoptées toute l'année et à fortiori durant les périodes critiques estivales.



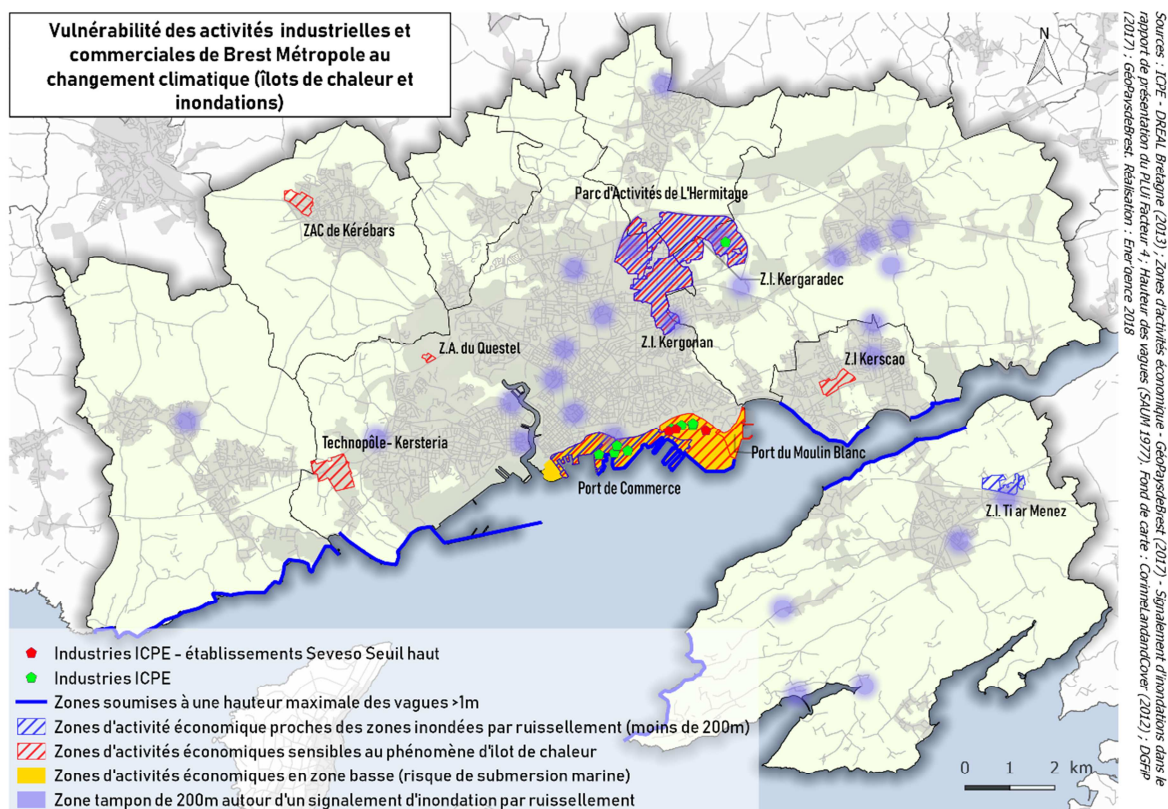


Figure 30 : Vulnérabilité du secteur tertiaire et industriel aux aléas climatique - Source : Ener'gence 2018.

### ►►► SYNTHÈSE DES ENJEUX D'ADAPTATION DES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Pour l'agriculture, l'aquaculture, la pêche, et le tourisme, le changement climatique ont d'importants impacts qui s'observent déjà aujourd'hui. Ces impacts se traduiront en partie par des contraintes, mais constituent aussi parfois des opportunités de développement de nouvelles filières et de nouvelles productions. De plus, malgré le faible poids économiques des activités agricoles et aquacoles sur le territoire, le maintien de ces dernières contribue à la résilience du territoire, et peut jouer un rôle dans l'atténuation du changement climatique (capture du CO<sub>2</sub>).

Concernant les activités tertiaires et industrielles, l'enjeu majeur est dans l'anticipation des impacts que peut avoir la hausse du niveau de la mer sur les activités installées sur le port de commerce et militaire à horizon moyen et lointain, en lien avec l'aménagement de ces zones.

L'enjeu commun à l'ensemble des acteurs économiques du territoire à horizon proche ou moyen est dans l'anticipation de l'augmentation très probable du coût de l'eau lié à la baisse de sa disponibilité en période d'étiage, et donc de diminuer leurs consommation d'eau par une adaptation des pratiques.

## 6. BILAN :

Les deux aléas qui impacteront le plus le territoire avec le degré de certitude le plus fort sont la hausse des températures et la hausse de niveau de la mer. L'ensemble du territoire et des secteurs sont et seront impactés par ces aléas, à des degrés plus ou moins importants selon la trajectoire d'atténuation du changement climatique qui sera suivie (scénario optimiste ou pessimiste). Les impacts principaux seront :

- A court terme, une augmentation de la pression sur la ressource en eau en période estivale, à la fois en termes quantitatifs avec de forts enjeux de baisse des consommations d'eau et de sécurisation du soutien d'étiage de l'Elorn, et à la fois en termes qualitatifs avec des enjeux de maintien d'une qualité de l'eau acceptable pour les milieux naturels et écosystèmes ;
- Une possible aggravation des phénomènes d'inondations par ruissellement liée au changement du régime des pluies, avec des enjeux forts d'infiltration de l'eau de pluie à la parcelle mais à relativiser néanmoins lors des épisodes de pluies violentes ou de pluies hivernales de longues durées. ;
- A plus long terme, une augmentation des vagues de chaleur et de l'inconfort thermique, avec pour le prévenir, des enjeux de végétalisation des zones fortement artificialisées (ce qui favorisera aussi l'infiltration des eaux de pluie), et en choisissant des essences d'arbre plus résistantes aux stress hydriques ;
- Une augmentation de l'ensemble des risques littoraux liée à la hausse du niveau de la mer, avec un enjeu fort d'anticipation pour les aménagements futurs, et d'adaptation à plus long termes des infrastructures et du bâti existant sur la côte et sur le port de Brest.

La plupart des enjeux d'adaptation du territoire face à sa vulnérabilité au changement climatique sont des enjeux croisés dont dépendent différents secteurs, tels que les infrastructures et la ressource en eau, et pour lesquels la marge d'action de Brest métropole est plus grande que pour d'autres secteurs qui dépendent d'avantage de l'efficacité des politiques d'atténuation (les milieux et écosystèmes notamment). Les actions à engager pour ces secteurs sont donc des actions sans regret, qui bénéficieront au territoire quel que soit le scénario suivi.

Pour finir, ce diagnostic est fondé sur les prévisions du cinquième rapport du GIEC, le sixième rapport du GIEC n'étant prévu que pour 2022-2023. Cependant, au regard des performances actuelles de réduction des émissions de gaz à effet de serre des états signataires de l'accord de Paris de 2015, et des résultats des négociations à l'issue des Cop qui ont suivi, la trajectoire empruntée actuellement correspond d'avantage à celle du scénario pessimiste.

## 7. SOURCES :

### Données socio-économiques sur Brest métropole :

Bianic L. « Pays de Brest : bilan de la saison touristique 2018 », Observatoire du tourisme du Pays de Brest n°46 – note de conjoncture, N°46, 11/2018

Brest métropole, Rapport de présentation du PLU Facteur 4 de Brest métropole, approuvé le 20 janvier 2014

Chambres d'Agriculture de Bretagne, « L'agriculture de Brest métropole », Agricultures & territoires, 2017

ORS Bretagne, « Santé-Environnement en Bretagne – 10 indicateurs » PRSE3, 2016

### Données sur le patrimoine naturel de Brest métropole :

Brest métropole, Rapport de présentation du PLU Facteur 4 de Brest métropole, approuvé le 20 janvier 2014

De Solan et al. « Gestion Intégrée des Zones Côtières du Pays de Brest – Partage du littoral Baie de Daoulas/ Fond de rade » Rapport final, Institut de Géoarchitecture, 2013

Stéphan P., Fichaut B., Suanez S. « Les sillons de la rade de Brest et les marais maritimes associés. » [Rapport de recherche] LETG-Brest UMR 6554 CNRS; UBO. 2012, 66 p. (tome 1), 71 p. (tome 2). <hal-00663331> <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00663331/document>

### Données sur les aléas et risques naturels :

Bouligand R. et Pirazzoli P.A. « Les surcotes et les décotes marines à Brest, étude statistique et évolution », OCEANOLOGICA ACTA - VOL. 22 – N°2, 1998

Brest métropole, Rapport de présentation du PLU Facteur 4 de Brest métropole, approuvé le 20 janvier 2014

BRGM, « Atlas des aléas littoraux (Erosion et Submersion marine) des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère : Phase 1 », Rapport Final, 2015

BRGM, « Réunion d'avancement du projet «Sensibilité des aquifères côtiers bretons aux intrusions salines», 2017

#### *Données en ligne :*

- Vulnérabilité aux risques littoraux et Indicateur national de l'érosion côtière : Géolittoral, <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/telechargement-en-ligne-donnees-geolittoral-a802.html>
- Arrêtés catastrophes naturelles des 30 dernières années à partir de la Base nationale de Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques (GASPAR): <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/telechargement/gaspar>
- Revue de presse en ligne Télégramme et Ouest France (inondations, incendies, tempêtes, etc.)

### Données sur le changement climatique et ses impacts :

Belleguic et al. « Le changement climatique en Bretagne », Etude réalisée par Météo France pour le CR de Bretagne, 2012

Brisson N. et Levraut F. « Livre Vert du Projet CLIMATOR – Les régions », ANR, INRA, Ademe, Juin 2010

DATAR, « Stratégie d'adaptation au changement climatique dans le Grand-Ouest », Parties 3 et 4, MEDCIE GO

Delebecque N. « Etude de la bio-calcification des coccolithophoridés dans un contexte d'acidification des océans. Calibrations de proxys (B/Ca et  $\delta^{11}\text{B}$ ) du pH dans les coccolithes. », UBO Brest, 2017. <tel:01835154>

Gallon et al., « Twenty years of observed and predicted changes in subtidal red seaweed assemblages along a biogeographical transition zone: inferring potential causes from environmental data », *Journal of Biogeography* (J. Biogeogr.), 41, 2293–2306, 2014

Guallar-Morillo C., Chapelle A., Bacher C. “Global and local factors driving the phenology of *Alexandrium minutum* (Halim) blooms and its toxicity”, 2017, *Harmful Algae* 67, 44-6.

Hémon D. et Jouglé E. « Surmortalité liée à la canicule d'août 2003 », Rapport remis au Ministre de la Santé et de la Protection Sociale, INSERM, 2004. [https://www.inserm.fr/sites/default/files/2017-11/Inserm\\_RapportThematique\\_SurmortaliteCaniculeAout2003\\_RapportFinal.pdf](https://www.inserm.fr/sites/default/files/2017-11/Inserm_RapportThematique_SurmortaliteCaniculeAout2003_RapportFinal.pdf)

Jouzel J. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'Energie, « Volume 5 du Rapport « Le climat de la France au XXI<sup>ème</sup> Siècle » – Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises », Mars 2015. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/154000211.pdf>

Le Gallou et al. « Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts », [Rapport de mission interministérielle], 2010. <https://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/104000494.pdf>

Tréguer P. « Acidification des océans », *Encyclopædia Universalis* [en ligne] : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/acidification-des-océans/>

Pouvreau N. « Trois cents ans de mesures marégraphiques en France : outils, méthodes et tendances des composantes du niveau de la mer au port de Brest », Université de La Rochelle, 2008. [http://refmar.shom.fr/fr/c/document\\_library/get\\_file?uuid=1f0dde58-a0f4-4681-b3b5-4c06fb5fd1d4&groupId=10227](http://refmar.shom.fr/fr/c/document_library/get_file?uuid=1f0dde58-a0f4-4681-b3b5-4c06fb5fd1d4&groupId=10227)

Raybaud et al. “Decline in Kelp in West Europe and Climate.” *PLoS ONE* 8(6): e66044, 2013 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066044>

Roussel G. « Quelles sont les connaissances actuelles sur le changement climatique de l'échelle globale aux échelles régionales ? », Conseil Scientifique de l'Environnement de Bretagne, 2012. [https://www.bretagne.bzh/upload/docs/application/pdf/2013-08/cseb\\_connaissances\\_actuellescc\\_juillet2012\\_2.pdf](https://www.bretagne.bzh/upload/docs/application/pdf/2013-08/cseb_connaissances_actuellescc_juillet2012_2.pdf)

Robuchon M. « Etude spatio-temporelle de la biodiversité des forêts de laminaires des côtes bretonnes par une approche intégrée de génétique des populations et d'écologie des communautés. », Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS, 2014

#### **Données en ligne :**

- Climatologie globales de la station de Brest Guipavas <https://www.infoclimat.fr/climatologie/globale/brest-guipavas/07110.html>
- Modélisation des paramètres atmosphériques ou des impacts selon différents scénarios climatiques à partir des modèles de Météo France ou de l'IPSL-INERIS : <http://www.drias-climat.fr/decouverte/choix/parcours>

**Pour aller plus loin :**

Observatoire National des Risques Naturels : met à disposition une compilation des bases de données, projets et rapports existants sur les risques naturels en France <http://www.onrn.fr/>

Outil CACTUS, met à disposition en ligne une liste de fiches à destination des collectivités et structures publiques pour anticiper et se préparer au changement climatique : <http://outil-cactus.parc-golfe-morbihan.bzh/liste-des-fiches-cactus/>

Méthodes de réalisation d'un diagnostic de surchauffe urbaine : [https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/diagnostic\\_de\\_la\\_surchauffe\\_urbaine-ademe\\_ils\\_l\\_ont\\_fait\\_recueil\\_bd\\_010307.pdf](https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/diagnostic_de_la_surchauffe_urbaine-ademe_ils_l_ont_fait_recueil_bd_010307.pdf)

Infographie réalisée par France TV résumant les impacts du changement climatique sur le littoral selon deux scénarios de réduction des émissions de gaz à effet de serre : <http://climat.francetv.fr/experience/futurs/littoral/>

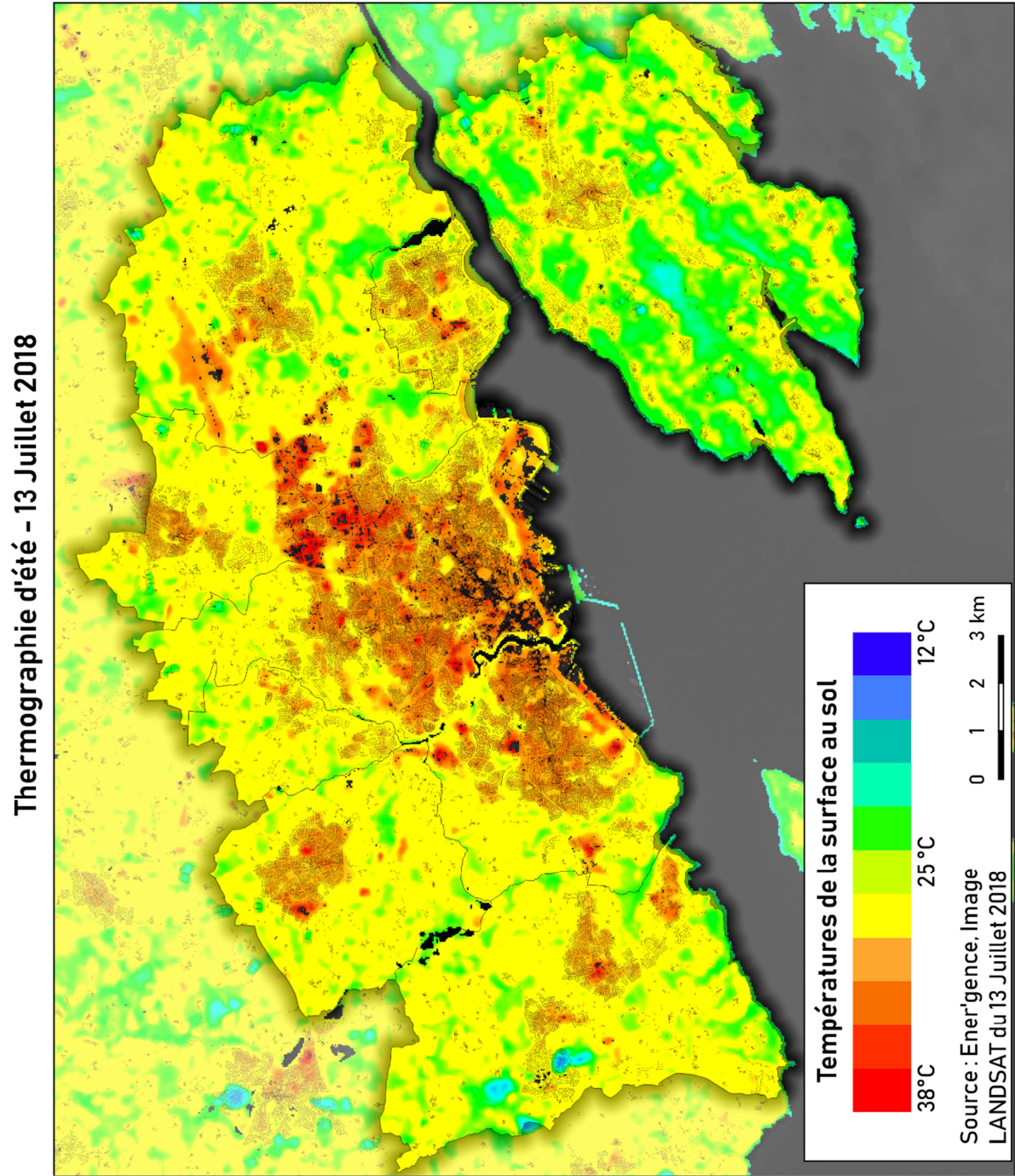
Ressources numériques libres d'accès sur l'adaptation de l'agriculture au changement climatique produites dans le cadre du projet européen LIFE AgriAdapt : [http://43rg.mj.am/nl2/43rg/lmj0p.html?m=AMIAAA4y1WMAAWejCaoAAGePV\\_cAAAAAAAEAGwdKAARBUwBbNcriw4Ox-leqQfKyTDywLEU4XgAEEk4&b=d6a3858b&e=0ef6e13c&x=csPBfBUI0wHqSNO8YmogODJOqKgPKvkCTyxuclGf6QQ](http://43rg.mj.am/nl2/43rg/lmj0p.html?m=AMIAAA4y1WMAAWejCaoAAGePV_cAAAAAAAEAGwdKAARBUwBbNcriw4Ox-leqQfKyTDywLEU4XgAEEk4&b=d6a3858b&e=0ef6e13c&x=csPBfBUI0wHqSNO8YmogODJOqKgPKvkCTyxuclGf6QQ)

Site du Ministère sur le changement climatique et l'adaptation, avec un résumé des principaux enjeux et des liens vers les ressources en ligne sur le sujet : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/politiques/comprendre-changement-climatique>

Site de l'ORECC (Observatoire Régional des Effets du changement Climatique) de la région Auvergne-Rhône-Alpes avec les actualités et retours d'expérience autour de l'adaptation et du suivi des impacts du changement climatique : <http://orecc.auvergnerhonealpes.fr/fr/publications/initiatives.html>



8. ANNEXES



Thermographie d'été - 15 aout 2016

