



# SAINT-NAZAIRE

## AGGLOMÉRATION

# PCAET

Plan Climat-Air-Energie Territorial

# 2019 / 2025

## TOME 1 : DIAGNOSTIC

Version PCAET adopté - le 17 décembre 2019



Les données chiffrées sont essentiellement issues de Basemis (Air Pays de la Loire), Axceleo (Axenne) et de la Direction Stratégie –Transitions – Evaluation – Partenariats de la CARENE.



# Sommaire

## Introduction / 7

### Une démarche locale inscrite dans un contexte mondial / 7

<b>1. Qu'est-ce qu'un PCAET ?</b> .....	09
<b>2. Changement climatique : de moins en moins d'incertitudes dans les scénarios du GIEC</b> .....	11
2.1. De nouveaux scénarios et une nouvelle méthodologie pour les projections climatiques.....	12
2.2. Un scénario ambitieux pour maintenir le réchauffement en dessous de « 2 °C » (scénario RCP 2.6).....	13

<b>3. A l'échelle nationale, l'Accord de Paris et la loi de transition énergétique</b> .....	15
--	----

<b>4. A l'échelle régionale : un SRCAE et une feuille de route de la Transition énergétique</b> .....	17
---	----

<b>5. Le PCAET : une stratégie territoriale cohérente et partagée</b> .....	19
---	----

## I Portrait de territoire / 21

<b>1. La CARENE, un territoire attractif dans un système multipolaire</b> .....	25
<b>1.1. Des dynamiques sociodémographiques contrastées</b> .....	25
1.1.1. Des revenus médians en-dessous de la moyenne départementale mais des disparités importantes.....	26
1.1.2. Des communes aux profils socio-économiques divers.....	26
1.1.3. Une croissance démographique hétérogène.....	26
<b>1.2. Un parc résidentiel en mutation</b> .....	27
1.2.1. Prédominance de la maison individuelle.....	27
1.2.2. Rééquilibrage des logements sociaux.....	27
<b>1.3. Un fort dynamisme économique</b> .....	28
1.3.1. Un bassin industriel d'envergure nationale qui se diversifie.....	28
1.3.2. Une économie des services en développement.....	28
1.3.3. Une agriculture globalement extensive : une forte composante paysagère mais un secteur économique fragile.....	29
<b>1.4. Une urbanisation croissante</b> .....	30
<b>1.5. Des déplacements majoritairement en voiture</b> .....	31
1.5.1. Un positionnement stratégique et de grandes infrastructures.....	31
1.5.2. Un réseau de transport en commun en développement.....	32
1.5.3. Une marge de progression des modes actifs (vélo et marche) encore grande.....	32

<b>2. La CARENE, un environnement de qualité à préserver</b> .....	33
--	----

<b>2.1. Un territoire d'eaux</b> .....	33
2.1.1. La présence de l'eau, un marqueur fort.....	33
2.1.2. La qualité des masses d'eau, un enjeu partagé.....	33
2.1.3. Les zones humides, une ressource à préserver.....	33

<b>2.2. Un patrimoine naturel reconnu au-delà de nos frontières</b> .....	34
---	----

<b>2.3. Une biodiversité ordinaire d'une grande richesse répartie dans 6 grands milieux</b> .....	34
2.3.1. La trame aquatique : un chevelu très dense.....	34
2.3.2. La trame humide : une grande diversité de milieux.....	36
2.3.3. La trame bocagère : un milieu d'interface majeur.....	36
2.3.4. La trame ouverte : entre bocage et trame humide.....	36
2.3.5. La trame boisée.....	36
2.3.6. La trame littorale.....	37

<b>2.4. Des réservoirs et des corridors écologiques favorables aux déplacements des espèces</b> .....	37
---	----

<b>En synthèse : le territoire</b> .....	38
--	----

## II Énergies, GES, stockage CO<sub>2</sub>, polluants atmosphériques : où en est-on ? / 39

<b>1. Une consommation d'énergie en léger recul, des efforts à amplifier.....</b>	<b>41</b>	<b>3.2.2. Projets de réseaux de chaleur.....</b>	<b>72</b>
<b>1.1. Le secteur résidentiel.....</b>	<b>43</b>	<b>3.3. Le réseau électrique : ce que prévoit le S3REnR.....</b>	<b>73</b>
1.1.1. Chauffage : Premier poste de consommation énergétique.....	44	3.3.1. Infrastructures à mettre en service.....	74
1.1.2. La précarité énergétique des ménages : une situation préoccupante...	46	3.3.2. Postes sources du territoire.....	74
<b>1.2. Le secteur tertiaire.....</b>	<b>48</b>	<b>4. Émissions de Gaz à Effet de Serre : des efforts à poursuivre.....</b>	<b>75</b>
1.2.1. Zoom sur le patrimoine public : bâtiment et éclairage.....	49	4.1. Répartition des émissions de GES par secteur.....	76
1.2.2. Zoom sur le patrimoine public : les piscines.....	52	4.2. Évolution des émissions de GES.....	78
<b>1.3. Le secteur industriel.....</b>	<b>52</b>	<b>5. Stockage du carbone : des incertitudes, mais une diminution des   capacités liée à l'urbanisation.....</b>	<b>79</b>
1.3.1. La démarche d'écologie industrielle et territoriale sur la ZIP.....	53	<b>6. Pollution atmosphérique : une nette amélioration de la qualité de   l'air mais quelques points noirs.....</b>	<b>83</b>
1.3.2. Les process du cycle de l'eau.....	54	<b>6.1. Les trois grands enjeux de la pollution de l'air.....</b>	<b>84</b>
1.3.3. La gestion des déchets.....	55	6.1.1. Les enjeux sanitaires : maladies respiratoires, troubles cardio-vasculaires, effets cancérigènes.....	84
<b>1.4. Le secteur des transports.....</b>	<b>56</b>	6.1.2. Les enjeux environnementaux : agriculture, modification des écosystèmes, pluies acides.....	84
1.4.1. Le poids du secteur routier et de la voiture individuelle.....	56	6.1.3. Les enjeux financiers : 460 euros par habitant par an en France.....	85
1.4.2. Des actions entreprises pour réduire la part de la voiture individuelle...	56	<b>6.2. Cinq polluants mesurés.....</b>	<b>86</b>
1.4.3. Les transports publics – Stran.....	56	<b>6.3. Les sources de polluants atmosphériques sur le territoire.....</b>	<b>87</b>
1.4.4. Le parc automobile public.....	58	<b>6.4. Le bilan de la qualité de l'air sur le territoire.....</b>	<b>89</b>
1.4.5. Les transports non routiers.....	59	6.4.1. Les concentrations de polluants atmosphériques.....	89
<b>1.5. Le potentiel de réduction de la consommation énergétique.....</b>	<b>60</b>	6.4.2. Les pics de pollution.....	93
<b>2. Production d'énergies renouvelables : des marges de progrès   indéniables !.....</b>	<b>63</b>	<b>6.5. Suivre les odeurs.....</b>	<b>94</b>
<b>2.1. La facture énergétique territoriale.....</b>	<b>63</b>	<b>6.6. La qualité de l'air intérieur.....</b>	<b>95</b>
<b>2.2. Bilan territorial de production d'EnR.....</b>	<b>64</b>	<b>6.7. Les objectifs de réduction des polluants atmosphériques.....</b>	<b>97</b>
<b>2.3. Réalisations à fin 2012 et gisements potentiels.....</b>	<b>67</b>		
<b>2.4. Scénario tendanciel : 13 % d'EnR dans la consommation d'énergie   finale en 2030.....</b>	<b>70</b>		
<b>3. Des réseaux de distribution et de transport d'énergie bien   dimensionnés.....</b>	<b>71</b>		
<b>3.1. Le réseau de gaz naturel.....</b>	<b>71</b>		
<b>3.2. Les réseaux de chaleur.....</b>	<b>71</b>		
3.2.1. Trois petits réseaux existants.....	71		

## **III** Vulnérabilité du territoire au changement climatique : un territoire fortement soumis aux risques climatiques mais des dispositifs en place / 101

<b>1. Le changement climatique sur le territoire</b> .....	105	<b>2.3. Le phénomène de submersion marine</b> .....	132
<b>1.1. Les évolutions climatiques passées</b> .....	105	<b>2.4. Érosion du littoral et recul du trait de côte</b> .....	135
1.1.1. Températures.....	105	<b>2.5. Le risque de retrait-gonflement des argiles (RGA)</b> .....	142
1.1.2. Précipitations.....	106	2.5.1. Nature du phénomène.....	142
1.1.3. Des sécheresses plus fréquentes à l'avenir ?.....	106	2.5.2. Manifestation des dégâts.....	142
<b>1.2. Les prévisions climatiques à 2100</b> .....	107	<b>3. Les différentes sensibilités et vulnérabilités aux changements climatiques</b> .....	149
<b>1.3. Les effets attendus du changement climatique sur le territoire (aléas) à 2100</b> .....	109	<b>3.1. Vulnérabilité de la population humaine : des risques sanitaires sociaux et économiques</b> .....	149
1.3.1. La hausse du niveau de la mer.....	109	3.1.1. Le risque sanitaire.....	149
1.3.2. Acidification des mers.....	110	3.1.2. Le risque social.....	149
1.3.3. Réchauffement des eaux superficielles et des mers.....	110	3.1.3. Vulnérabilités économiques.....	149
1.3.4. La diminution du débit des cours d'eau.....	111	3.1.4. Vulnérabilité de l'activité agricole.....	150
1.3.5. Salinisation des eaux douces.....	112	3.1.5. Vulnérabilité des équipements et infrastructures.....	152
1.3.6. Disponibilité de la ressource en eau.....	112	<b>3.2. Vulnérabilité des milieux et des espèces</b> .....	152
1.3.7. Canicule et îlots de chaleur urbains.....	116	3.2.1. Écosystèmes aquatiques : des milieux particulièrement vulnérables ...	152
1.3.8. Feux de forêt.....	118	3.2.2. Écosystèmes terrestres.....	154
<b>2. Les risques climatiques majeurs sur le territoire</b> .....	119	3.2.3. Les espèces invasives.....	155
<b>2.1. Analyse des arrêtés de catastrophe naturelle</b> .....	119	3.2.4. Déplacement vers le nord de l'aire de répartition de nombreuses espèces.....	156
<b>2.2. Le risque inondations par crue de cours d'eau et remontée de nappes</b> ... 122	122	<b>Synthèse du diagnostic de vulnérabilité du territoire de la CARENE au changement climatique</b> .....	157
2.2.1. Inondation par crue des cours d'eau.....	122		
2.2.2. L'influence des facteurs anthropiques sur les inondations par crue.....	128		
2.2.3. Inondation par remontée de nappe.....	129		
2.2.4. Principales conséquences à redouter des inondations par remontée de nappe, selon le BRGM.....	129		

**Bibliographie / 161**

**Liste des figures et tableaux / 165**

**Annexes / 173**

# **Introduction :** **Une démarche locale inscrite dans un contexte mondial**



## 1

## Qu'est-ce qu'un PCAET ?

Le Plan Climat Air Énergie Territorial, PCAET, est un outil opérationnel de coordination de la transition énergétique et climatique sur le territoire.

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) du 17 août 2015 fait évoluer le périmètre et l'ambition des plans climat, en y intégrant notamment les enjeux de la qualité de l'air. Elle renforce le rôle des intercommunalités comme coordinateur de la transition énergétique en leur confiant l'élaboration et la mise en œuvre des PCAET.

Le PCAET a trois objectifs principaux :

1. **réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES)** du territoire pour contribuer à atténuer le changement climatique (volet « atténuation »).
2. **préserver la qualité de l'air**, et ainsi limiter les impacts sanitaires et environnementaux de la pollution atmosphérique.
3. **adapter le territoire** aux effets du changement climatique, afin d'en diminuer la vulnérabilité (volet « adaptation »).

L'énergie est le principal levier d'action pour atténuer le changement climatique et la pollution de l'air avec 2 axes : la réduction des consommations énergétiques et le développement des énergies renouvelables.

S'adapter au changement climatique est devenu tout aussi indispensable que de le limiter par des actions d'atténuation des émissions de GES. Il en va de la résilience du territoire comme de celle de ses habitants et activités.

### Faire de la transition énergétique une opportunité pour le territoire

La transition énergétique ne se limite pas à une question environnementale. Une stratégie climat-air-énergie cohérente et ambitieuse est synonyme de développement économique, d'attractivité et de qualité de vie. Prendre en compte et agir contre le changement climatique et la pollution de l'air permet de :

- > maîtriser la facture énergétique, réaliser des économies et réduire la vulnérabilité du territoire face au coût de l'énergie.
- > valoriser les ressources locales (emplois, ressources naturelles...).
- > améliorer les emplois existants et favoriser la montée en compétences ; développer de nouveaux axes de croissance en matière d'emplois.
- > avoir un territoire attractif en améliorant la qualité de vie (environnement/santé).
- > anticiper les événements climatiques qui ne pourront être évités pour s'y adapter.



## 2

## Changement climatique : de moins en moins d'incertitudes dans les scénarios du GIEC

La transition énergétique vise à préparer l'après pétrole et à instaurer un modèle énergétique robuste et durable face aux enjeux d'approvisionnement en énergie, à l'évolution des prix, à l'épuisement des ressources et aux impératifs de la protection de l'environnement.

Le 31 mars 2017, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) s'est mis d'accord sur les grandes lignes de deux nouveaux rapports destinés à aider les gouvernements à comprendre les conséquences des changements climatiques sur les activités humaines et les milieux naturels terrestres et marins, ainsi que les incidences des activités humaines sur l'évolution du climat. Les versions définitives de ces deux documents seront publiées en septembre 2019.

Le lien entre les activités humaines et l'accroissement des températures constaté depuis 1950 est **extrêmement probable** (+95 % de chances). Le niveau de certitude a augmenté : il était jugé très probable lors du rapport de 2007 et seulement **probable** dans le 3<sup>e</sup> rapport en 2001.

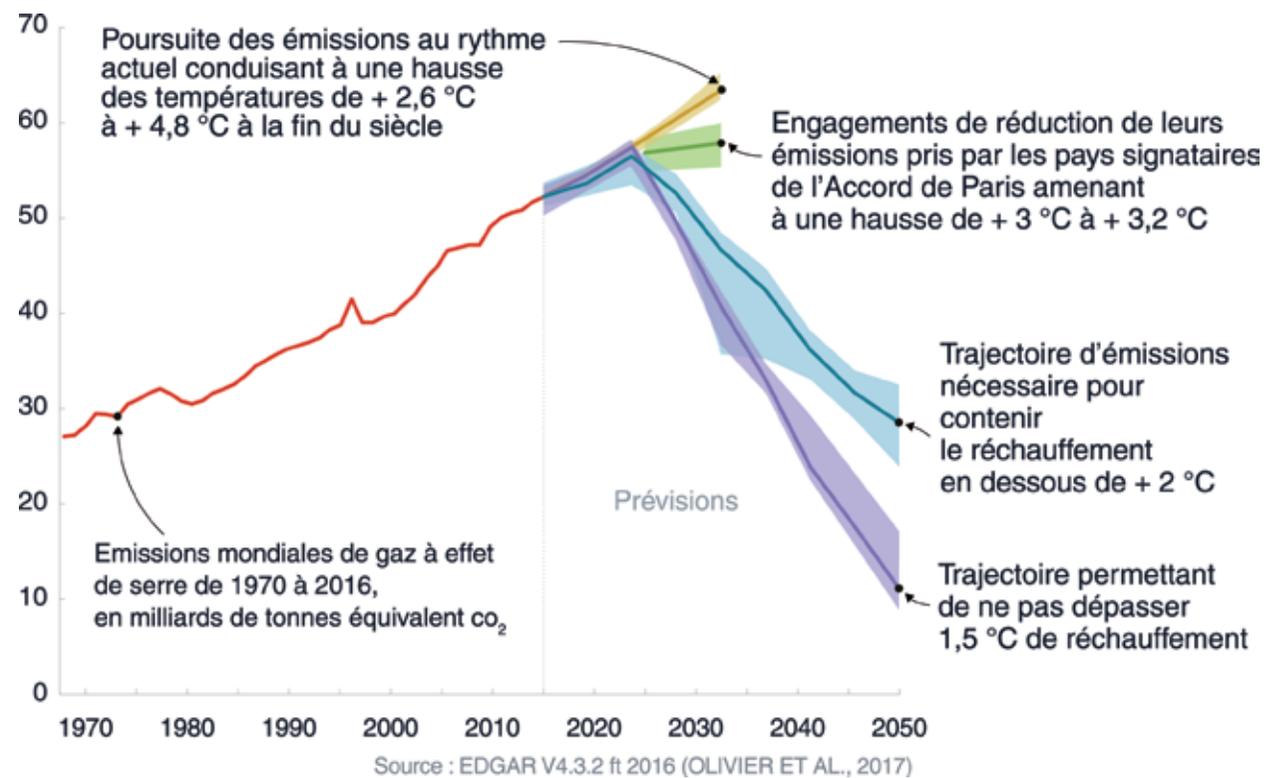


Figure 1 : Hausse prévisible des températures en fonction des trajectoires d'émissions.

## 2.1. De nouveaux scénarios et une nouvelle méthodologie pour les projections climatiques

Dans son 5<sup>e</sup> rapport, le GIEC a totalement changé sa méthode pour réaliser ces scénarios d'émission, afin de réduire les incertitudes dans les projections climatiques.

Il explore quatre scénarios : RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5.

Les scénarios précédents se basaient sur des postulats socio-économiques (par exemple le postulat d'une société qui s'appuie massivement sur le charbon pour sa production d'énergie), pour en conclure différents niveaux d'émissions de gaz à effet de serre possibles.

Les nouveaux scénarios fixent *a priori* différents niveaux de déséquilibre énergétique et leur niveau de concentration en GES compatible. A partir de ces concentrations sont déterminés des scénarios d'émission de GES qui en retour permettent de calculer des scénarios socio-économiques compatibles.

Autre nouveauté, alors que le précédent rapport proposait uniquement des projections pour le XXI<sup>e</sup> siècle, **le 5<sup>e</sup> rapport a intégré, à la demande des gouvernements, des prévisions de plus court terme.** Les échéances mises en avant couvrent la période 2012 – 2035 en mettant l'accent sur la prochaine décennie. Celles-ci viennent s'ajouter aux projections traditionnelles pour le XXI<sup>e</sup> siècle, auxquelles viennent également s'ajouter des projections de très long terme, à l'horizon 2300.

S'il présente plusieurs nouveautés en termes d'attribution des responsabilités des phénomènes climatiques, le 5<sup>e</sup> rapport du GIEC réaffirme que l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre pourrait entraîner des changements majeurs au niveau des températures, du niveau des mers, ou de la fonte des glaces.

**La conclusion est très claire : les activités humaines, notamment l'usage des énergies fossiles, ont conduit à une hausse exceptionnelle de la concentration des gaz à effet de serre transformant le climat à un rythme jamais vu par le passé.**

Les événements extrêmes comme les fortes pluies dans les hautes latitudes ou dans les régions tropicales deviendront plus intenses, et se produiront plus fréquemment d'ici la fin du siècle, au fur et à mesure que les températures augmenteront. A l'inverse, les zones sèches verront une baisse des précipitations au fur et à mesure que les températures augmenteront. A l'échelle mondiale, les conséquences seront dramatiques et entraîneront d'importantes vagues de migrations climatiques. En effet, la survie de nombreuses espèces, les ressources en eau, l'agriculture et les productions alimentaires, ou encore les vecteurs de maladies seraient autant de facteurs susceptibles d'évoluer très largement.

### A quoi correspondent les RCP ?

Les quatre profils d'évolution des concentrations des gaz à effet de serre (RCP) retenus par les experts du GIEC pour le 5<sup>e</sup> Rapport ont été traduits en termes de forçage radiatif, c'est-à-dire de modification du bilan radiatif de la planète. Le bilan radiatif représente la différence entre le rayonnement solaire reçu et le rayonnement infrarouge réémis par la planète. Il est calculé au sommet de la troposphère (entre 10 et 16 km d'altitude). Sous l'effet de facteurs d'évolution du climat, comme par exemple la concentration en gaz à effet de serre, ce bilan se modifie : on parle de forçage radiatif.

Les 4 profils RCP correspondent chacun à une évolution différente de ce forçage à l'horizon 2300. Ils sont identifiés par un nombre, exprimé en W/m<sup>2</sup> (puissance par unité de surface), qui indique la valeur du forçage considéré. Plus cette valeur est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe.

Le profil RCP 2.6 est une nouveauté dans ce rapport. Sa réalisation implique l'intégration des effets de politiques de réduction des émissions susceptibles de limiter le réchauffement planétaire à 2 °C.

Le RCP 8.5 est le plus pessimiste, mais il reste probable puisqu'il correspond à la prolongation des émissions actuelles.

## 2.2. Un scénario ambitieux pour maintenir le réchauffement en dessous de « 2 °C » (scénario RCP 2.6)

Pour atteindre cet objectif, les émissions totales cumulées ne devront pas dépasser une fourchette de 1 000 à 1 500 gigatonnes de carbone d'ici 2100.

Or, en 2011, le total de ces émissions cumulées avait déjà atteint 531 gigatonnes. Notons que ces émissions ont augmenté de 3 % en 2011 et que cette augmentation s'accroît chaque année. C'est dire l'importance de mettre en œuvre une réduction rapide de nos émissions de CO<sub>2</sub>.

Pour maintenir la hausse des températures sous le seuil de 2 °C, nous devons réduire les émissions de gaz à effet de serre de 10 % par décennie.

Les plans d'action nationaux sur le climat sont encore insuffisants pour maintenir le réchauffement planétaire sous les 2 °C (plutôt entre 3 et 3,5 °C), mais l'Accord de Paris de 2015 trace la voie pour y parvenir.

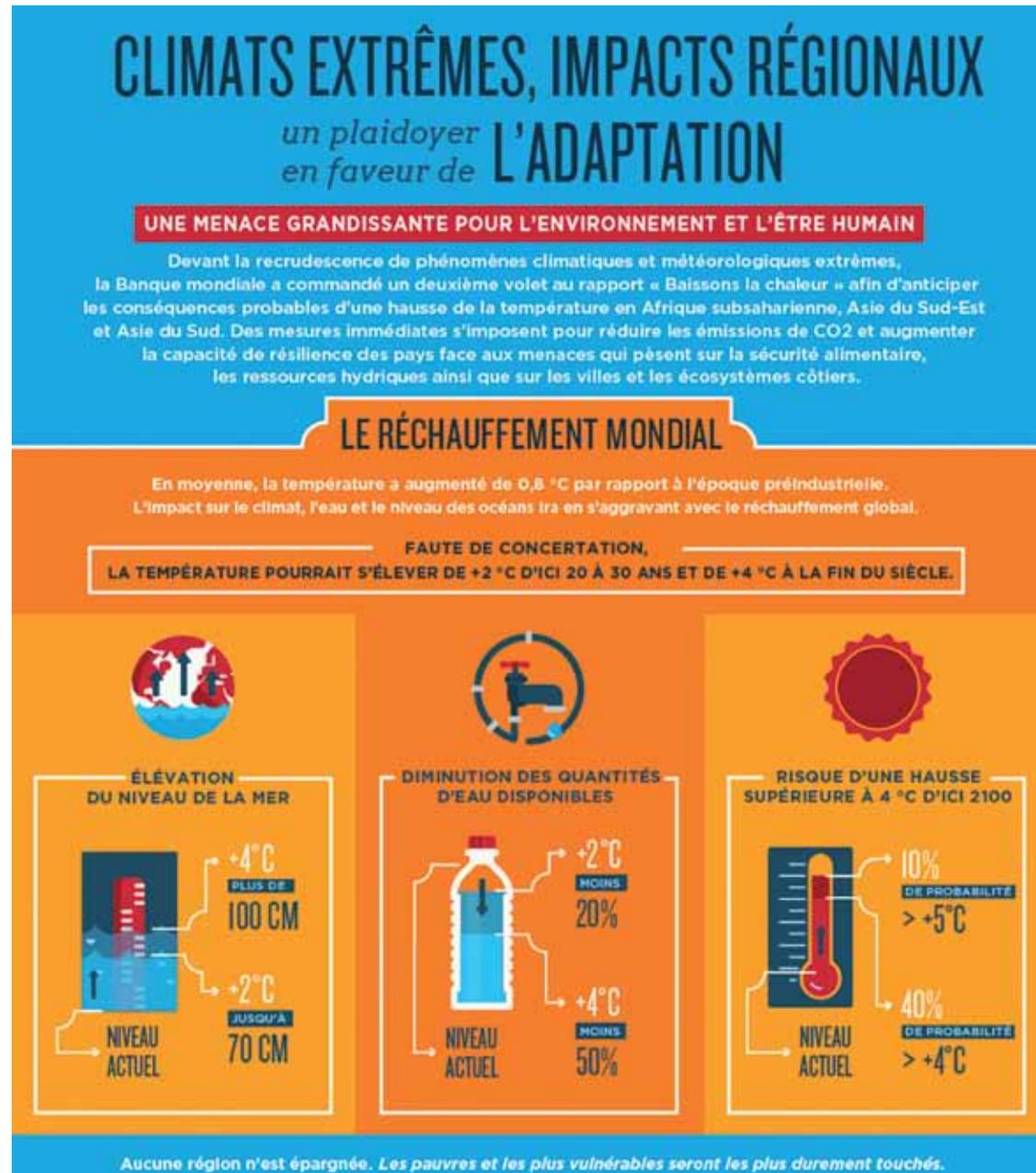


Figure 2 : Extrait d'une d'Iconographie issue du rapport Baissons la chaleur commandé par la Banque Mondiale.



## 3

## A l'échelle nationale, l'Accord de Paris et la loi de transition énergétique

2015 a marqué un tournant dans l'engagement de la France dans la lutte contre le changement climatique

### L'Accord de Paris

Lors de la conférence de Paris sur le climat (COP21) en décembre 2015, 195 pays ont adopté le tout premier accord universel sur le climat juridiquement contraignant. Celui-ci définit un plan d'action international visant à mettre le monde sur la bonne voie pour éviter un changement climatique dangereux, en maintenant le réchauffement planétaire largement en dessous de 2 °C.

Pont jeté entre les politiques actuelles et l'objectif de neutralité climatique fixé pour la fin du siècle, l'accord de Paris vise trois grands objectifs.

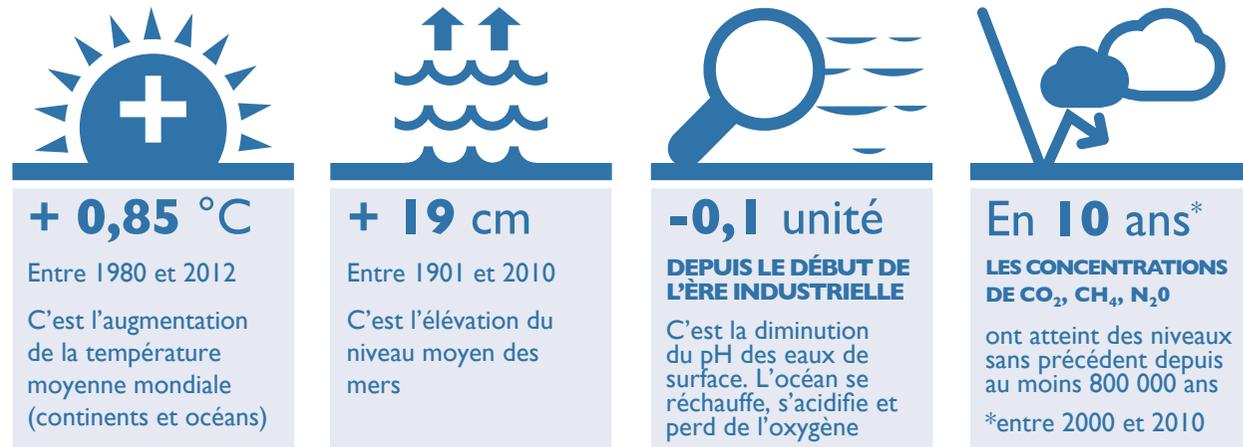


Figure 3 : Évolution de quelques paramètres climatiques au niveau mondial (5e rapport du GIEC sur l'évolution du climat : il est encore temps d'agir – Ministère du Développement durable).

### Objectif n°1 : Atténuer le changement climatique

Les pays ont convenu de :

- > de contenir l'élévation de la température de la planète nettement en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels.
- > de viser **un pic des émissions mondiales dès que possible**, en reconnaissant que cette évolution sera plus lente dans les pays en développement et de parvenir ensuite à une **diminution rapide des émissions**, en s'appuyant sur les meilleures données scientifiques disponibles.

### Objectif n°2 : Améliorer la transparence

Les pays ont également convenu de :

- > se réunir tous les 5 ans pour **fixer des objectifs plus ambitieux**, fondés sur les connaissances scientifiques.
- > **s'informer** mutuellement et d'informer le public des progrès accomplis dans la réalisation des objectifs.
- > surveiller la progression vers l'objectif à long terme au moyen d'un système solide de **transparence et de responsabilisation**.

### Objectif n°3 : Renforcer les capacités d'adaptation

Enfin, les 195 signataires ont convenu de :

- > renforcer leur capacité à **faire face aux conséquences** du changement climatique.
- > **apporter un soutien** international continu et renforcé aux efforts d'adaptation des **pays en développement**.

### Rôle des villes, des régions et des autorités locales

L'accord reconnaît le rôle des **acteurs non étatiques** dans la lutte contre le changement climatique, notamment les villes, les autorités locales, la société civile et le secteur privé qui sont invités à :

- > accroître leurs efforts et à soutenir les actions visant à réduire les émissions.
- > renforcer la résilience et à réduire la vulnérabilité aux conséquences du changement climatique.
- > soutenir et promouvoir la coopération régionale et internationale.

### Des objectifs traduits dans la loi pour la transition énergétique et la croissance verte (LTECV) du 18 août 2015

Pour donner un cadre à l'action conjointe des citoyens, des entreprises, des territoires et de l'État, la LTECV fixe des objectifs à moyen et long termes. Elle couvre les différents domaines clés de la transition énergétique.

La LTECV couvre de nombreuses mesures concernant :

- > la rénovation du parc de bâtiments existants.
- > l'amélioration de la performance énergétique et environnementale des bâtiments neufs.
- > le développement des transports propres.
- > la lutte contre les gaspillages et la promotion de l'économie circulaire.
- > le développement des énergies renouvelables.
- > la simplification des procédures et la clarification du cadre de régulation du marché de l'électricité.



Figure 4 : Synthèse des objectifs de la loi de transition énergétique pour la croissance verte.

## 4

## A l'échelle régionale : un SRCAE et une feuille de route de la Transition énergétique

### Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie (SRCAE) des Pays de la Loire

Le SRCAE, prescrit par la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, a été adopté par arrêté du Préfet de région le 18 avril 2014.

Le SRCAE vise à définir les orientations et les objectifs stratégiques régionaux en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), d'économie d'énergie, de développement des énergies renouvelables, d'adaptation au changement climatique et de préservation de la qualité de l'air.

Le scénario proposé fixe des objectifs chiffrés ambitieux visant une accentuation de l'effort en matière de sobriété et d'efficacité énergétiques et une valorisation du potentiel régional des énergies renouvelables dans des conditions acceptables sur les plans économique, environnemental et social.

Ce scénario, qui traduit un engagement volontariste de la transition énergétique dans les Pays de la Loire, prévoit en particulier pour 2020 :

> **une baisse de 23 % de la consommation régionale d'énergie** par rapport à la consommation tendancielle (consommation qui serait atteinte en

l'absence de mesures particulières).

> une stabilisation des émissions de GES à leur niveau de 1990, ce qui, compte tenu de la progression démographique, représente une **baisse de 23 % des émissions par habitant par rapport à 1990**.

> un développement de la production d'**énergies renouvelables** conduisant à porter à **21 %** la part de ces dernières dans la consommation énergétique régionale.

29 orientations visent à mettre en œuvre la stratégie retenue.

### La feuille de route régionale : 52 actions organisées autour des 5 piliers thématiques de la troisième révolution industrielle et agricole

Aux 5 piliers thématiques viennent s'ajouter 5 piliers transversaux :

1. sensibiliser pour faire évoluer les comportements.
2. développer et promouvoir les formations aux métiers de la transition énergétique.
3. accompagner chaque territoire dans un projet concret via la politique de contractualisation.
4. assurer une gouvernance partagée et amplifier les outils de suivi et d'observation.
5. être une collectivité régionale exemplaire.

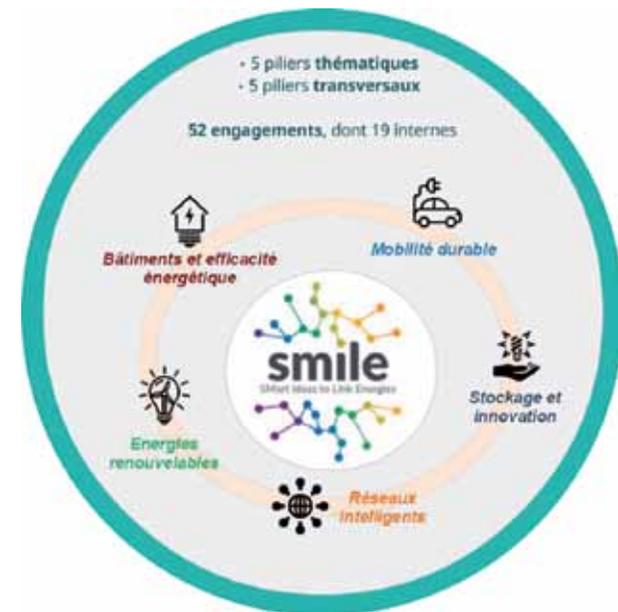


Figure 5 : Schéma de la feuille de route régionale.



# 5

## Le PCAET : une stratégie territoriale cohérente et partagée

**D**epuis 2013, un premier plan climat qui pose les bases d'une politique Climat Énergie plus une expertise sur-mesure au service de la sobriété énergétique du patrimoine public.

En 2015, une réflexion sur la mobilisation de la société civile dans la mise en œuvre du Plan Climat confiée au Conseil de développement.

En 2016, une stratégie de déploiement des EnR co-construite avec les acteurs sur un diagnostic énergétique précis.

Biennale de la Transition écologique : première édition d'un temps fort qui a mobilisé les acteurs associatifs et des entreprises pour contribuer au PCAET.

En 2016 – 2018, une articulation forte avec l'élaboration du Plan Local d'Urbanisme intercommunal et la révision du Plan de Déplacement Urbain, une gouvernance partagée.

En 2017, un diagnostic partagé de la vulnérabilité du territoire au changement climatique.

Une évaluation de la démarche plan climat menée auprès des entreprises des zones d'activité de Brais et Six-Croix qui a permis de dégager des recommandations pour le PCAET.

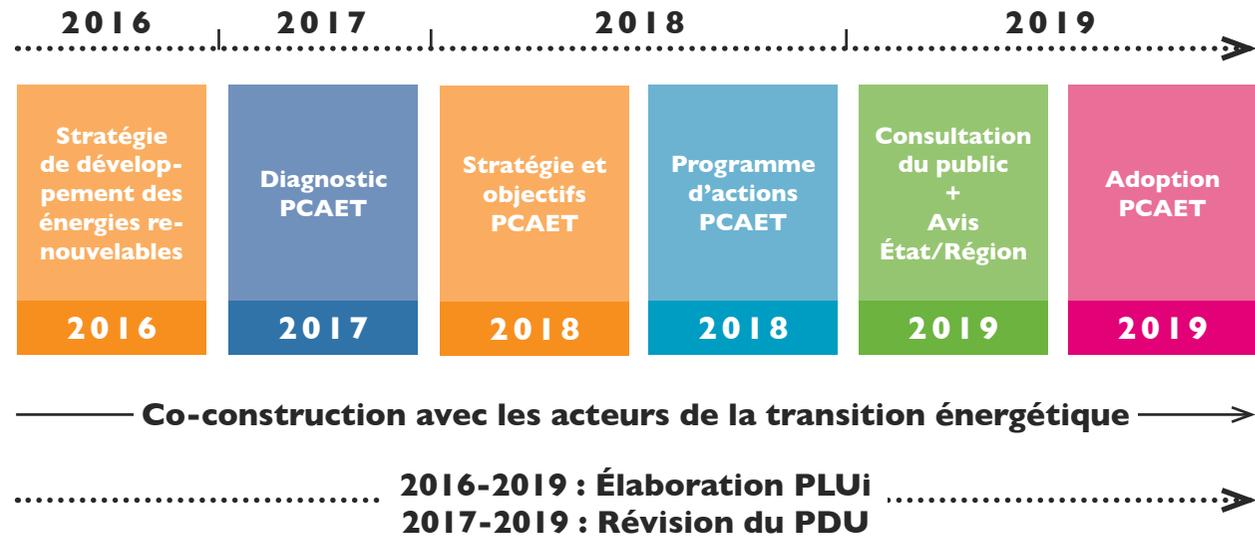
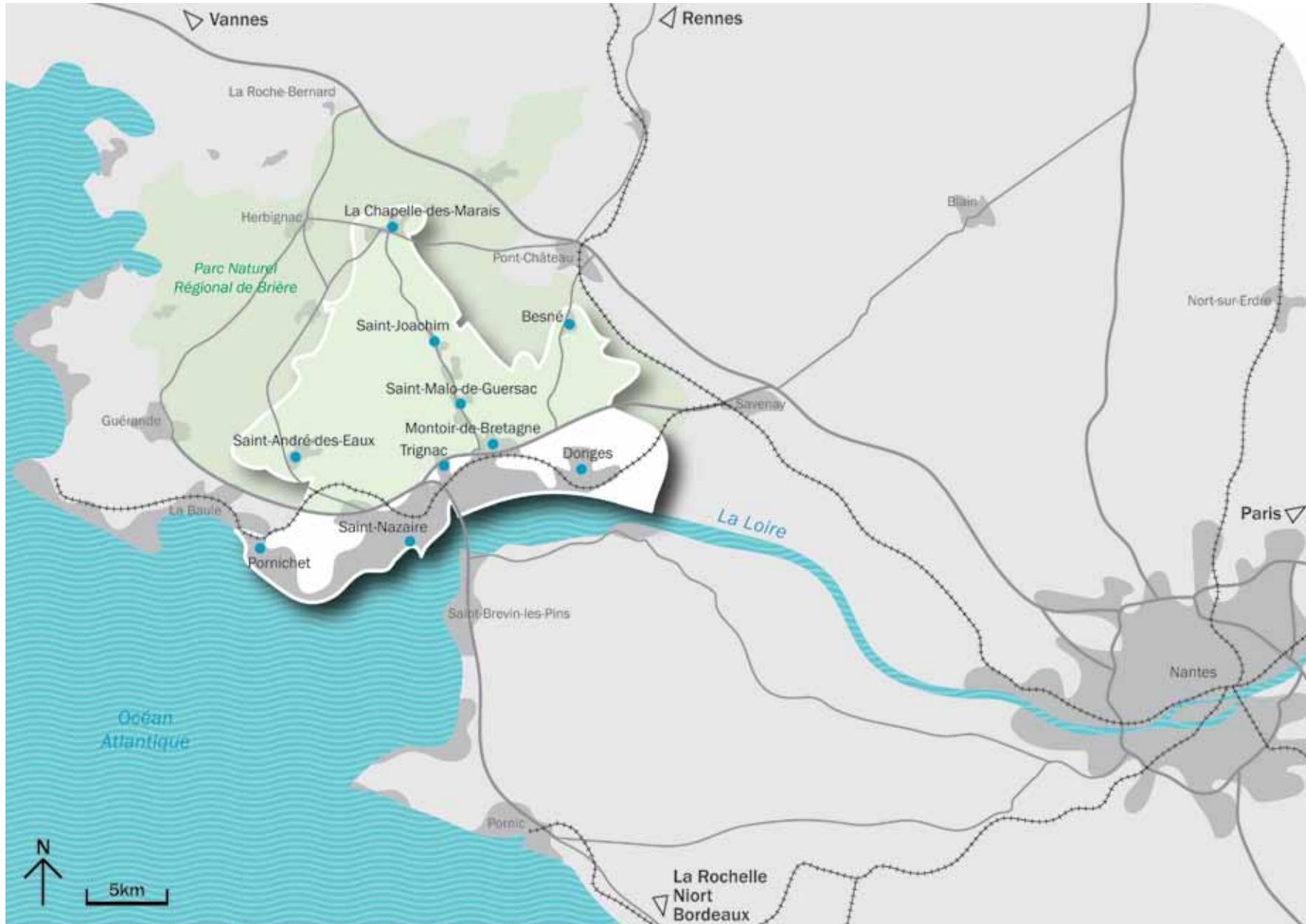


Figure 6 : Calendrier du PCAET.

En 2017 et 2018, des groupes de travail et des ateliers pour établir un programme d'actions concerté (dont un atelier avec les communes pour définir un programme d'actions partagé sur le patrimoine public).

## La situation de l'agglomération nazairienne





# Portrait de territoire



Place du Commando à Saint-Nazaire



Harmony Of The Sea



Marais de Brière à Saint-Joachim

## Les chiffres clés

- > 10 communes.
- > 318 km<sup>2</sup> dont 156 de zones humides.
- > 48 % d'espaces naturels, 24 % d'espaces urbanisés.
- > 122 165 habitants en 2014, de 2 889 habitants à Besné à 69 350 à Saint-Nazaire.
- > 1 habitant sur 10 de Loire Atlantique (9 %), 2<sup>e</sup> agglomération de Loire-Atlantique et 4<sup>e</sup> de Pays de la Loire.
- > 57 615 emplois en 2013, 2<sup>e</sup> pôle d'emploi du département derrière Nantes-Métropole.
- > 125 emplois pour 100 actifs.
- > 1 Parc naturel régional de Brière : 9 communes incluses dans le périmètre, et, la dernière, Pornichet Ville-porte.
- > 90 % du Grand Port Maritime de Nantes / Saint-Nazaire sur le territoire de la CARENE, 1<sup>er</sup> port de la façade atlantique et 4<sup>e</sup> port français.
- > 4 communes soumises à la loi Littoral.
- > 10 unités paysagères naturelles ou urbaines, dont les grands marais, la côte urbanisée, la zone industrialo – portuaire, l'estuaire de la Loire, le bocage...

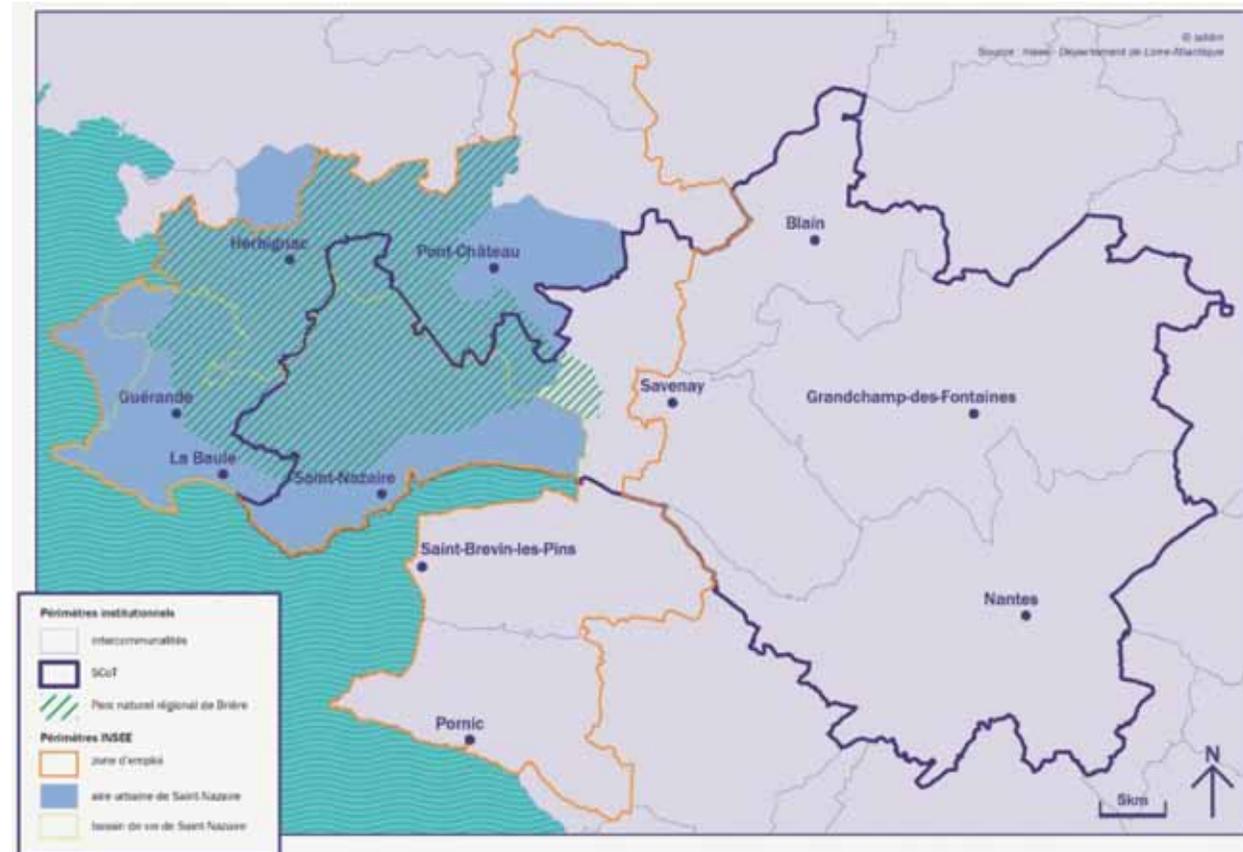


Figure 7 : Carte des périmètres institutionnels – Addrn, Diagnostic PLUi, 2017.



## 1

## La CARENE, un territoire attractif dans un système multipolaire

1 200 habitants supplémentaires arrivent chaque année attirés par un dynamisme économique en grande partie dû à la présence de la zone industrielle – portuaire et des industries de renommée qui y sont implantées et un cadre de vie exceptionnel.

**A** l'échelle de l'agglomération, Saint-Nazaire, ville-centre, est un pôle structurant en termes de commerces, de services et d'équipements.

A l'échelle de la Presqu'île de Guérande, les nombreux échanges avec les polarités de Guérande, Pontchâteau et Savenay se traduisent par de nombreux déplacements par la route.

A l'échelle de l'estuaire de la Loire, le SCoT de la métropole Nantes / Saint-Nazaire approuvé en décembre 2016 soude le destin des 5 intercommunalités qui la composent à l'horizon 2030.

Le territoire de l'agglomération est fortement marqué par la présence d'espaces naturels et de milieux humides remarquables (estuaire, marais...).

### 1.1. Des dynamiques sociodémographiques contrastées

L'agglomération de Saint-Nazaire connaît une croissance démographique continue et atteint plus de

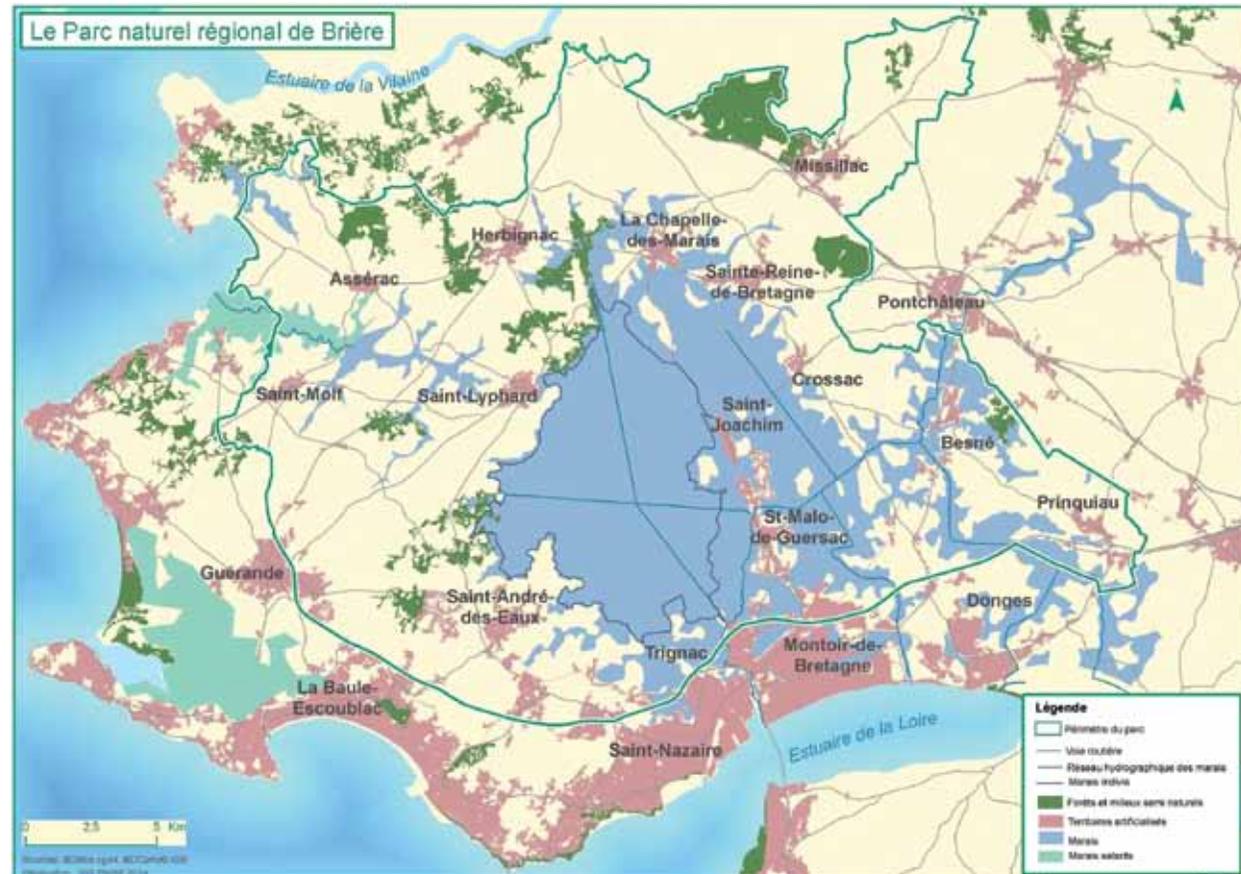


Figure 8 : Carte du Parc naturel régional de Brière – PnrB.

122 000 habitants en 2014. L'accroissement démographique de 1,1 % par an entre 2009 et 2014, plus modéré que d'autres territoires de Loire-Atlantique, reste globalement positif, principalement grâce au solde migratoire. Il n'est cependant pas homogène sur l'ensemble de son territoire. La croissance démographique annuelle entre 2009 et 2014 est de 1,2 % en Loire Atlantique.

### 1.1.1. Des revenus médians en-dessous de la moyenne départementale mais des disparités importantes

Les revenus des ménages sont globalement inférieurs à la moyenne départementale. Le revenu fiscal médian par unité de consommation s'élève à 19 315 € sur la CARENE contre 20 278 € pour la Loire-Atlantique en 2012 (*Source INSEE*).

Cependant, Saint-André-des-Eaux et Pornichet, sous l'influence du littoral, présentent des revenus moyens supérieurs à ceux du département. A l'inverse, les communes de l'estuaire ainsi que Saint-Joachim et La Chapelle-des-Marais présentent les revenus les plus faibles de l'agglomération.

Les disparités s'observent aussi entre quartiers d'une même commune, à l'instar de Saint-Nazaire où les quartiers prioritaires (Bouletterie, Méan-Penhoët) côtoient les quartiers cossus (Saint-Marc, Immaculée) qui concentrent une population de cadres plutôt aisés, moins représentés dans le centre-ville.



Vue aérienne de Saint-Nazaire – estuaire de la Loire et marais de Brière – © DM

### 1.1.2. Des communes aux profils socio-économiques divers

La catégorie socio-professionnelle la plus représentée dans l'agglomération est celle des retraités : **1 habitant sur 4 est retraité**, témoignage d'un vieillissement de la population de l'agglomération.

A Pornichet et Saint-André-des-Eaux, les cadres et les artisans sont plus nombreux alors que les ouvriers sont moins représentés que dans le reste du territoire.

Les trois communes estuariennes regroupent une majorité d'ouvriers et d'employés, du fait de l'implantation historique d'industries et d'activités sur leur territoire. Saint-Malo-de-Guersac, Saint-Joachim et La Chapelle-des-Marais, qui bénéficient de la proximité avec les industries et activités présentes dans les communes de l'estuaire, partagent ces constats.

Besné, dont la position géographique permet des liens privilégiés avec la Communauté de communes du Pays de Pontchâteau et Saint-Gildas-des-Bois, a une population plus diversifiée composée de pro-

fessions intermédiaires, d'artisans et d'ouvriers ; les employés y sont toutefois sous-représentés.

### 1.1.3. Une croissance démographique hétérogène

A l'instar d'autres agglomérations de taille moyenne, le poids démographique de la ville centre diminue au sein de son agglomération et de sa région urbaine. De nombreux ménages s'éloignent du centre urbain pour s'installer dans les communes voisines, où le coût du foncier et l'offre en habitat individuel sont souvent attractifs.

Les communes du pourtour de l'agglomération (Besné, Donges, La Chapelle-des-Marais et Saint-André-des-Eaux) connaissent une forte dynamique démographique liée au solde migratoire. Parmi ces communes, Besné accueille la population la plus jeune de l'agglomération, avec les 2/5 de ses habitants qui ont moins de 30 ans. Ce fait récent n'est pas sans impact sur les équipements, notamment scolaires. Saint-Nazaire et Pornichet connaissent quant à elles un phénomène de vieillissement plus marqué, pouvant impacter là encore certains équipements.

**L'accueil de nouveaux habitants nécessite d'accélérer la production de nouveaux logements. En effet, rien que pour maintenir le niveau de population sur le territoire (décohabitation des jeunes et séparations), plus de 1 000 logements doivent être construits chaque année.**

## 1.2. Un parc résidentiel en mutation

Sur les 69 039 logements, 1/3 datent de la période de la Reconstruction, avant la première réglementation thermique intervenue en 1975.

### Chiffres clés :

- > 55 675 ménages / 2,1 personnes par ménage.
- > 69 039 logements en 2013
- > 37 611 maisons (55 % des logements).
- > 59 % de propriétaires
- > 81 % de résidences principales
- > 12 % de résidences secondaires et logements occasionnels
- > 7 % de logements vacants
- > 1 105 logements construits par an dont 53 % à Saint-Nazaire (2009-2015)
- > 2/3 des logements produits servent à maintenir la population
- > 12 407 logements locatifs sociaux en 2014
- > 89 % des logements locatifs sociaux à Saint-Nazaire, Montoir-de-Bretagne et Trignac
- > 57 % des ménages éligibles à un logement social

### 1.2.1. Prédominance de la maison individuelle

La maison est la forme d'habitat dominante dans l'agglomération, hormis à Pornichet et Saint-Nazaire où les appartements sont plus nombreux (respective-

ment 52 % et 58 %). Ces deux communes présentent également un nombre important de résidences secondaires. Pornichet, ville balnéaire compte davantage de résidences secondaires que principales.

Trois nouveaux logements sur cinq sont construits en collectif. La majorité de cette production se fait à Saint-Nazaire à 73 % et Pornichet à 12 %.

### 1.2.2. Rééquilibrage des logements sociaux

La grande majorité des logements sociaux se trouve au sud de la RN 171 du fait du poids de l'histoire. Les communes de Saint-Nazaire, Montoir-de-Bretagne et Trignac comptent au sein de leur parc de logements plus des 20 % de logements locatifs sociaux. Les autres communes sont en déficit au sens de la loi du 13 décembre 2000 relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain (SRU). Toutefois, la production récente ainsi que les objectifs du Programme Local de l'Habitat (PLH) poursuivent cet effort de rééquilibrage sur l'ensemble du territoire. Bien que Besné et Saint-Malo-de-Guersac ne soient pas tenues de respecter cette obligation puisqu'elles comptent moins de 3 500 habitants, ces communes s'engagent cependant dans la production de logements locatifs sociaux.

**La CARENE doit maintenir un rythme de construction en adéquation avec la dynamique démographique tout en privilégiant des formes d'habitat économes en énergie et favoriser la réhabilitation du parc de logements de la Reconstruction, en premier lieu des ménages les plus modestes soumis au risque de précarité énergétique.**



Saint-Nazaire – Patrimoine de la Reconstruction



Donges – Parc en reconstruction



Bourg de Saint-Joachim

### 1.3. Un fort dynamisme économique

Au cœur d'un bassin d'emplois, l'agglomération compte plus d'emplois que d'actifs qui y habitent. Le territoire est le deuxième pôle d'emplois de Loire Atlantique derrière Nantes Métropole.

#### Chiffres clés :

- > 28 zones d'activités (dont 8 en phase de commercialisation) représentant 1 710 ha
- > 57 615 emplois en 2013, dont 42 689 emplois salariés privés (11 % de l'emploi salarié départemental)
- > 8 emplois sur 10 concentrés dans 2 communes : Montoir de Bretagne et Saint-Nazaire
- > 71 % d'actifs en 2013, soit environ 45 % de la population.
- > 8 actifs sur 10 travaillent et résident dans l'agglomération.
- > 7,6 % de chômeurs au 1er semestre 2018
- > 1 510 locaux commerciaux occupés en 2015 : 356 restaurants et bars, 211 locaux de services immatériels, 943 commerces
- > 4 654 emplois liés au commerce (équivalent temps plein) en baisse de 4 % par rapport à 2010
- > - 9 % de commerces de moins de 300 m<sup>2</sup> en 2015 par rapport à 2010
- > + 4 % de commerces de plus de 1 000 m<sup>2</sup>

#### 1.3.1. Un bassin industriel d'envergure nationale qui se diversifie

L'économie productive représente 58 % de l'emploi salarié privé. Elle est concentrée dans les communes estuariennes, site d'implantation historique des activités industrielles. Deux des plus grands donneurs d'ordre du territoire, Airbus à Montoir-de-Bretagne et les Chantiers navals de l'Atlantique à Saint-Nazaire, comptent à eux seuls plus de 6 000 salariés.

Si les filières industrielles traditionnelles sont orientées vers l'aéro-navale et les activités portuaires, une diversification s'opère ces dernières années.

Saint-Nazaire est d'ores et déjà leader en France de la filière des **Énergies Marines Renouvelables** (EMR) et les perspectives de développement sur l'éolien offshore apparaissent désormais comme le moyen pour le territoire de franchir un palier déterminant en matière de diversification. L'usine de fabrication de turbines d'éoliennes offshore General Electric est implantée à Montoir-de-Bretagne depuis 2014. A l'échelle de la métropole, des structures de recherche et de formation complémentaires se sont implantées

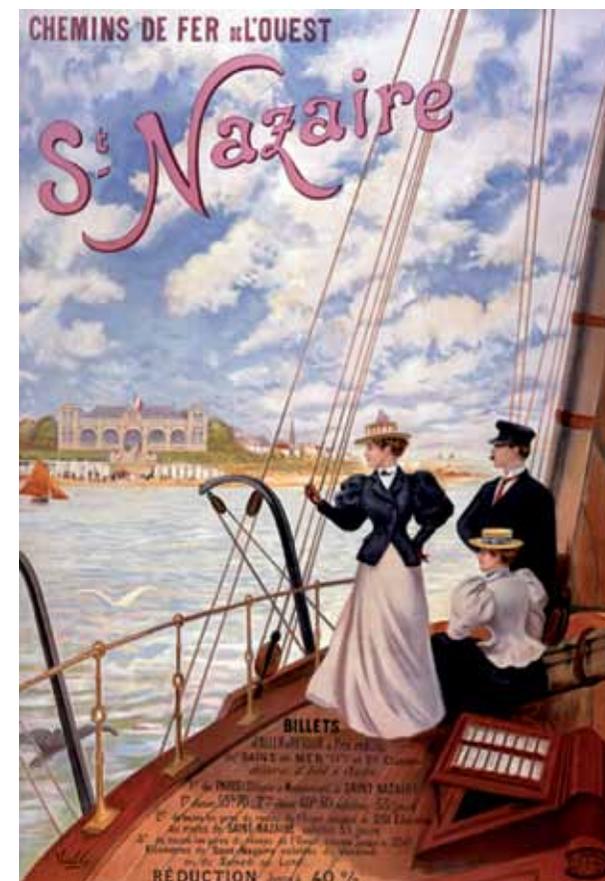


Vue aérienne du Grand Port Maritime

: l'IRT Jules Verne, le centre d'ingénierie d'Alstom à Nantes, les centres de démonstration nearshore (Le Carnet) et offshore (SEM – REV au Croisic).

#### 1.3.2. Une économie des services en développement

L'économie présentielle est portée par le commerce, bien que ce secteur rencontre des difficultés depuis plusieurs années, notamment dans les centres villes qui doivent faire face à la concurrence des zones



d'activités périphériques et au développement de l'habitat hors des centralités.

A l'inverse, la place des services aux particuliers est grandissante. La représentation du secteur public et social en termes d'emplois offerts est importante (28 %). L'agglomération accueille de grands établissements publics : 4 700 emplois sont ainsi assurés par des établissements publics de plus de 1 000 personnes, tels que la Cité sanitaire et la Mairie de Saint-Nazaire.

Le tourisme est un autre aspect important de cette économie aux retombées économiques significatives. À titre d'exemple, le tourisme balnéaire, prédominant, représente près de 13 millions de nuitées par an pour l'agglomération de Saint-Nazaire et la presque île de La Baule – Guérande, soit l'équivalent d'une population permanente de 35 000 habitants. La diversité de l'offre touristique (tourisme balnéaire, de loisirs, industriel, de découverte et de nature, ou encore d'excursions) est un atout pour le territoire qui n'est pas encore pleinement exploité.

### 1.3.3. Une agriculture globalement extensive : une forte composante paysagère mais un secteur économique fragile

Le secteur agricole met en valeur plus de 45 % des terres bien qu'il représente moins de 0,3 % de la population active et qu'il compte peu d'exploitations professionnelles.

Dans l'agglomération, l'agriculture, fortement basée sur les systèmes prairiaux et utilisatrice de la zone humide, contractualise 25 % des mesures agricoles environnementales du département.

L'élevage bovin (lait et allaitant) représente 3 exploitations sur 4. D'autres productions sont également présentes : volailles, lapins de chair, légumes, vergers, céréales, fleurs, élevage de chevaux, miel (depuis 2011).

L'agriculture, première utilisatrice du foncier du territoire, remplit des fonctions indispensables : la gestion des équilibres entre l'urbain et les milieux naturels, l'entretien des paysages et du cadre de vie par une activité économique et la valorisation des atouts environnementaux de l'agglomération.

Les espaces agricoles sont soumis à la pression conjuguée de l'urbanisation, de l'industrie et des activités de loisirs. Les exploitations agricoles de l'agglomération demeurent dans des équilibres fonciers extrêmement fragiles (en 20 ans, de 1980 à 2000, les superficies agricoles non inondables ont diminué de 18 %). La pérennité des activités agricoles constitue un véritable enjeu pour la CARENE. Pour protéger le foncier des espaces agricoles, l'agglomération s'est engagée au travers de la mise en place d'un Périmètre de Protection des Espaces Agricoles et Naturels Périurbain (PEAN) de Saint-Nazaire.

La pérennité de l'activité économique agricole est menacée par une dynamique de la diminution toujours constatée du nombre d'exploitations (dynamique également observée aux niveaux national, régional et départemental). De plus, s'opère en parallèle une baisse des actifs agricoles dans un contexte où un tiers des chefs d'exploitation sera en âge de partir en retraite d'ici 2020. Accompagner les transmissions, notamment des élevages allaitant briérons, est ici un enjeu crucial.

**Un tiers des exploitations vend ses productions**

**en limitant les intermédiaires, voire en vente directe. Le développement des circuits de proximité constitue un levier important pour pérenniser l'activité agricole par la création de valeur ajoutée, tout en favorisant le « bien manger » au service de la réduction des émissions de gaz à effet de serre.**

#### Chiffres clés du secteur agricole :

- > 11 650 ha exploités, soit près de 50 % du territoire
- > 60 % des surfaces exploitées sont des prairies humides ou des marais
- > 1 PEAN (Périmètre de Protection des Espaces Agricoles et Naturels Périurbains).
- > 67 exploitations agricoles professionnelles en 2014, soit 20 % de moins qu'en 2004
- > 47 ans d'âge moyen (48 en Loire Atlantique)
- > 1/3 des chefs d'exploitations en âge de partir en retraite d'ici 2020
- > 135 équivalents temps plein (hors activités d'aval et d'amont : services, agroalimentaire), soit une baisse de 10 % des actifs agricoles en 10 ans
- > 8 à 9 M€ de chiffre d'affaire annuel
- > 11 typologies de productions différentes
- > 21 exploitations engagées dans la marque Parc
- > 13 exploitations en Bio, soit 10,8 % de la surface (3,5 % en France)
- > 31 % des exploitations engagées dans les circuits courts (54 % pour Nantes Métropoles, 21 % en France)

### 1.4. Une urbanisation croissante

Entre 1999 et 2012, l'artificialisation du territoire s'est accrue de 750 hectares, soit environ 68 hectares consommés par an, au détriment des espaces agricoles et naturels.

Depuis 2009, la plus forte densité de logements construits à l'hectare témoigne d'une rationalisation de l'utilisation du sol en extension, comme en renouvellement urbain.

L'artificialisation des sols est importante pour les activités industrielles en plein essor. La consommation du foncier sur l'emprise de la zone industrialo – portuaire à Montoir-de-Bretagne et à Saint-Nazaire explique le pic de consommation foncière observé entre 2004 et 2009.

La CARENE doit relever le défi de concilier la préservation des paysages naturels, de leurs fonctionnalités écologiques et environnementales, et le développement des activités et de l'habitat.

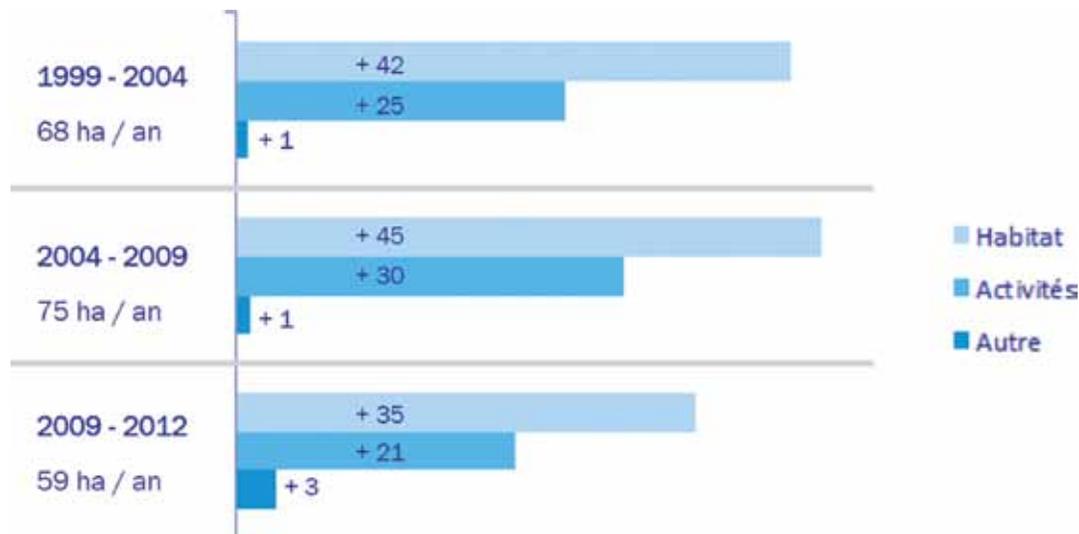


Figure 9 : Évolution de la consommation foncière (ha/an) de 1999 à 2012 – Addrn (ODEF), 2017.

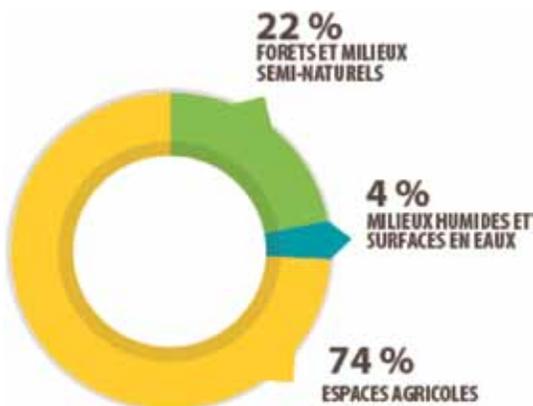


Figure 10 : Origine des surfaces artificialisées entre 2009 et 2012 – Addrn, BDMOS44, 2017.



Figure 11 : Destination des surfaces artificialisées entre 2009 et 2012 – Addrn, BDMOS44, 2017.

## 1.5. Des déplacements majoritairement en voiture

### Chiffres clés :

- > 1 grand port maritime Nantes Saint-Nazaire
- > 1 aéroport à vocation majoritairement industrielle
- > 2 gares TGV à Saint-Nazaire et Pornichet
- > 1 franchissement de la Loire : le pont de Saint-Nazaire
- > 71 % des déplacements réalisés en voiture
- > 40 % des déplacements < 1 km effectués en voiture
- > 11 lignes de transport en commun, 2 navettes et des services complémentaires
- > 2,4 % des déplacements des habitants en vélo, 4 260 personnes qui se déplacent tous les jours de la semaine en vélo

L'automobile s'impose comme le mode de transport privilégié. Toutefois, les pratiques diffèrent selon les lieux de résidence : ainsi les Nazairiens, moins motorisés, font en moyenne deux fois moins de déplacement en voiture par jour (1,4) que les habitants du reste de l'agglomération (2,9).

### 1.5.1. Un positionnement stratégique et de grandes infrastructures

À grande échelle, l'agglomération est excentrée des corridors de déplacements continentaux entre grandes métropoles européennes. Mais de cette

adresse maritime à l'embouchure de la Loire, elle tire l'avantage de se positionner comme le port aval de Nantes et de s'imposer comme une place portuaire sur la façade Atlantique.

À l'échelle régionale, l'agglomération nazairienne est positionnée au carrefour des axes breton – vendéen et ligérien. Porte d'entrée vers la presqu'île guérandaise, seul point de passage entre le Nord Loire et le Sud Loire en aval de Nantes, l'agglomération occupe ainsi une position stratégique à l'ouest de la Loire Atlantique.

Reliées par la Loire, Nantes et Saint-Nazaire entretiennent historiquement des relations étroites concrétisées par les voies de communication routières (RN 171), ferroviaires et fluviales. Celles-ci sont des éléments essentiels au fonctionnement de la métropole Nantes – Saint-Nazaire.

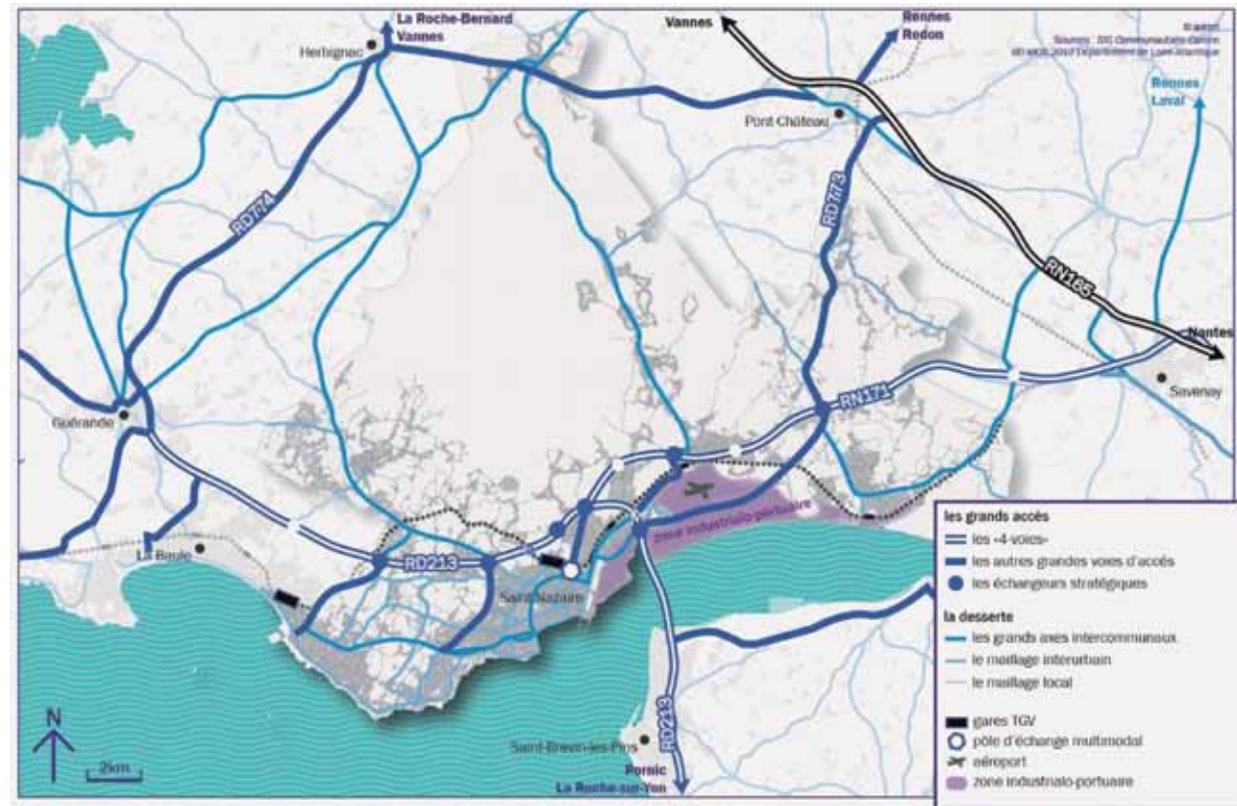


Figure 12 : Les grandes infrastructures de transport – Adrn, PLUi, 2017.

### 1.5.2. Un réseau de transport en commun en développement

Le réseau de transport en commun est structuré autour d'une ligne à haut niveau de service (héliYce) qui dessert le centre-ville de Saint-Nazaire, Montoir-de-Bretagne et Trignac. Les secteurs urbains de Saint-Nazaire, Pornichet et Trignac sont desservis par cinq lignes urbaines, quand l'offre péri-urbaine Ty'Bus permet, elle, de relier l'ensemble des bourgs de l'agglomération au pôle d'échanges multimodal de Saint-Nazaire. Des services de transport à la demande viennent compléter l'offre du réseau de la CARENE. Toutefois, ces services ne constituent pas une alternative compétitive aux déplacements des ménages n'habitant pas à Saint-Nazaire, toujours plus nombreux et motorisés.

### 1.5.3. Une marge de progression des modes actifs (vélo et marche) encore grande

70 % des déplacements en vélo sont effectués par des habitants de Saint-Nazaire. Si les Nazairiens ont recours à ce mode de transport pour des motifs diversifiés et en particulier les trajets domicile – travail, les autres habitants de l'agglomération se déplacent en vélo d'abord et avant tout pour leurs loisirs.

En effet, le « rayon d'action » du vélo ne permet pas aux résidents des petites communes de remplacer la voiture par le vélo dans leurs trajets domicile – travail. C'est pourquoi l'agglomération nazairienne a misé sur l'électromobilité en engageant la mise en place d'un service vélo de location longue durée, Vélycéo, géré par la STRAN et disponible depuis le printemps 2017. Ce service vise à offrir une véritable alternative à la voiture pour les trajets de moins de

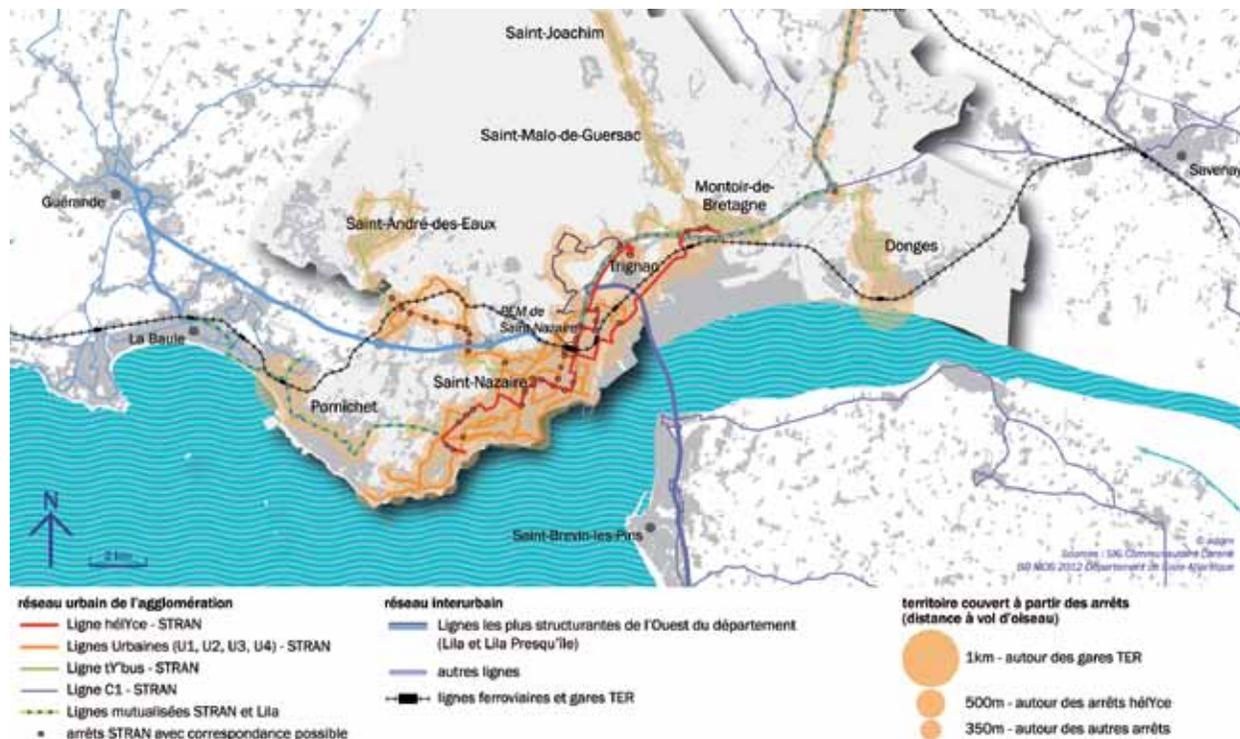


Figure 13 : L'offre de transport public – Addrn, PLUi, 2017.

5 km qui sont réalisés pour 62 % d'entre eux en automobile, contre seulement 3 % en vélo.

Aujourd'hui, la marche s'impose comme un mode pertinent, particulièrement pour des motifs d'achats, de loisirs ou visites. Acteur de la proximité, le piéton, sensible à l'environnement direct qui lui est offert, reste un animateur essentiel de l'espace rue. La création d'ambiances urbaines agréables, pacifiées et sécurisées devient essentielle pour favoriser la reconquête piétonne dans l'ensemble des centralités.

Pour favoriser les déplacements inter-villages et intra-communes, la CARENE tend également à conserver

au maximum les cheminements naturels et à créer des cheminements mixtes, accessibles à tous les utilisateurs, permettant ainsi des circuits de randonnée multi-activités (pédestre, vélo, équestre).

**Pour réduire l'impact des déplacements sur les émissions de GES, l'agglomération mise sur l'encouragement de nouvelles pratiques (covoiturage, utilisation des transports en commun, du vélo et de la marche) et le raccourcissement des distances afin de faciliter la ville de proximité, propices aux modes actifs et de la convivialité dans l'espace public.**

## 2

## La CARENE, un environnement de qualité à préserver (Source : état initial de l'environnement du PLUi, Ecovia, 2017)

Situé à l'entrée de l'estuaire de la Loire, le territoire, exposé à des vents dominants d'ouest, bénéficie d'un climat tempéré océanique avec des hivers doux, des étés moyennement chauds, des précipitations fréquentes notamment en hivers et aux printemps mais rarement violentes. Il bénéficie aussi d'un bon ensoleillement.

### 2.1. Un territoire d'eaux

#### 2.1.1. La présence de l'eau, un marqueur fort

L'eau organise l'espace en trois grandes entités :

- > la façade littorale, espace urbain continu de Saint-Nazaire au Croisic.
- > l'espace estuarien, qui regroupe une partie des grandes fonctions économiques.
- > les marais de Brière.

Les marais – qui couvrent une très grande partie du territoire – présentent un relief peu marqué et une très faible altitude. Les quelques points hauts dessinent des terres hautes essentielles à la vie dans le marais. Mais inscrit entre le sillon de Bretagne et le coteau guérandais, le territoire présente aussi quelques vallonnements qui participent à l'animation du paysage. Ce relief résulte d'une histoire géologique complexe

qui a aussi marqué la nature des sols : ainsi, la côte présente des formes variées (falaise rocheuse, dunes sableuses) et les argiles sont bien représentées dans le reste du territoire.

L'agglomération, adressée sur l'océan Atlantique, s'inscrit sur deux bassins versants : celui du Brivet, principal cours d'eau traversant les marais et se jetant dans la Loire, et celui des cours d'eau côtiers, dont la présence est plus confidentielle dans le paysage urbain des communes littorales. **Au total, 163 km de cours d'eau parcourent le territoire**, concernée par cinq masses d'eau de différentes natures catégorisées par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau Loire-Bretagne (superficielle, souterraine, de transition, côtière).

#### 2.1.2. La qualité des masses d'eau, un enjeu partagé

**Les eaux du Brivet, de la Grande Doue et de la Loire présentent aujourd'hui le plus d'enjeux pour atteindre un bon état avant 2027.** Bien que soumise à la pression de l'activité industrielle et du tissu urbain résidentiel, la masse d'eau littorale présente un état écologique moyen et la qualité des eaux de baignade est globalement bonne.

Si le bassin versant constitue le périmètre de gestion et d'action le plus pertinent pour répondre à l'objectif de qualité des milieux aquatiques, la préservation des espaces de mobilité des cours d'eau, la réduction des surfaces imperméabilisées, la gestion des eaux pluviales sont autant d'actions à initier à l'échelle de l'agglomération, et qui contribuent à atteindre les objectifs de bon état.

Depuis le 1er janvier 2018, la CARENE est compétente sur la GEstion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations (GEMAPI). La définition d'une stratégie et d'un plan d'actions sur les cinq EPCI concernés par le bassin versant Brière – Brivet constitue une réponse adaptée à l'échelle du bassin versant.

#### 2.1.3. Les zones humides, une ressource à préserver

Marais, tourbières, prairies humides, roselières... la moitié du territoire de l'agglomération a été identifiée au titre de l'inventaire des zones humides mené dans le cadre du SAGE Loire Estuaire.

Les zones humides jouent un rôle essentiel pour la préservation de la qualité de l'eau, la lutte contre les inondations et le maintien de la biodiversité.

**Tourbière :** Espace de marais où s'accumule de la matière organique (la tourbe) provenant de la décomposition des débris végétaux.

**Roselière :** Espace bordant marais, étangs et cours d'eau, où les roseaux constituent l'essentiel de la végétation. Ces formations jouent un rôle important pour la nidification de l'avifaune et l'épuration des eaux.

Toutes les zones humides en présence ne rendent pas le même niveau de services écosystémiques. Certaines sont dégradées (prolifération d'espèces invasives comme la Jussie ou l'écrevisse de Louisiane, friches agricoles, remblais, etc.), d'autres zones humides résiduelles sont déconnectées de leur système d'alimentation.

Ces phénomènes réduisent la biodiversité des milieux, ainsi que leurs capacités d'accueil pour la faune aquatique. Le risque est d'assister à des modifications profondes des écosystèmes mais aussi des usages notamment économiques qui s'y déroulent.

**La forte présence de l'eau sur un territoire attractif implique des contraintes liées aux risques d'inondations et de submersion marine et nécessite une gestion rigoureuse des eaux pluviales.**

## 2.2. Un patrimoine naturel reconnu au-delà de nos frontières

Le territoire compte de nombreux réservoirs de biodiversité au patrimoine naturel exceptionnel. L'essentiel de ceux-ci sont d'ores et déjà protégés au travers du réseau européen Natura 2000 (dont le Parc naturel régional de Brière est le gestionnaire)

### Chiffres clés :

- > 6 sites Natura 2000 : 3 zones de protection spéciale (oiseaux) et 3 zones spéciales de conservation (habitats)
- > 1 arrêté Préfectoral de Protection de Biotope (APPB) : Le Marais de Liberge à Donges
- > 1 réserve naturelle régionale (RNR) : le Marais de Brière
- > 17 zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) : 14 ZNIEFF de type 1 et 3 ZNIEFF de type 2
- > 1 site RAMSAR : Grande Brière Marais du bassin du Brivet
- > 1 Parc Naturel Régional (PNR) de Brière

qui constitue une des protections réglementaires les plus fortes. L'agglomération a donc une responsabilité particulière à l'échelle nationale voire européenne dans la conservation de certains noyaux de population d'espèces remarquables, comme par exemple le butor étoilé.

La donne environnementale doit être intégrée à l'ensemble des opérations d'aménagement qu'elles soient à vocation résidentielle, économique ou d'infrastructures.

Sur la CARENE, les projets d'aménagement sont très fréquemment confrontés à des enjeux de préservation de milieux naturels, y compris lors d'opérations de renouvellement de sites déjà urbanisés, *a priori* peu favorables à la nature. En tant que chef de file du développement, les agglomérations jouent désormais un rôle clé dans la lutte contre l'érosion de la

biodiversité. La CARENE participe à relever ce défi et chacun de ses projets urbains en est le support.

## 2.3. Une biodiversité ordinaire d'une grande richesse répartie dans 6 grands milieux

Six grands milieux écopaysagers ont été identifiés dans le cadre de l'état initial de l'environnement. Autant de trames à considérer comme des grands ensembles cohérents d'un point de vue écologique. Elles peuvent parfois se superposer.

Jouant un rôle de premier plan dans la richesse écologique du territoire, les milieux aquatiques, humides et bocagers couvrent la plus grande partie du territoire en dehors des zones urbanisées.

### 2.3.1. La trame aquatique : un chevelu très dense

La Loire et le Brivet sont les axes structurant de la trame aquatique, composée d'un chevelu très dense sur tout le territoire. Ces grands axes sont deux composantes majeures pour la migration de nombreuses espèces de poissons amphihalins (l'anguille – protection européenne, alose feinte, lamproie – espèce rare en voie d'extinction, saumon, etc.) avec également de nombreux canaux (dont ceux de Martigné, du Priory, de Trignac, de la Taillée etc.).

Traversant le territoire du nord au sud, le Brivet est la véritable colonne vertébrale du réseau hydrographique. D'autres cours d'eau secondaire ainsi que de nombreux canaux et piardes présents dans les marais viennent compléter cette trame aquatique.

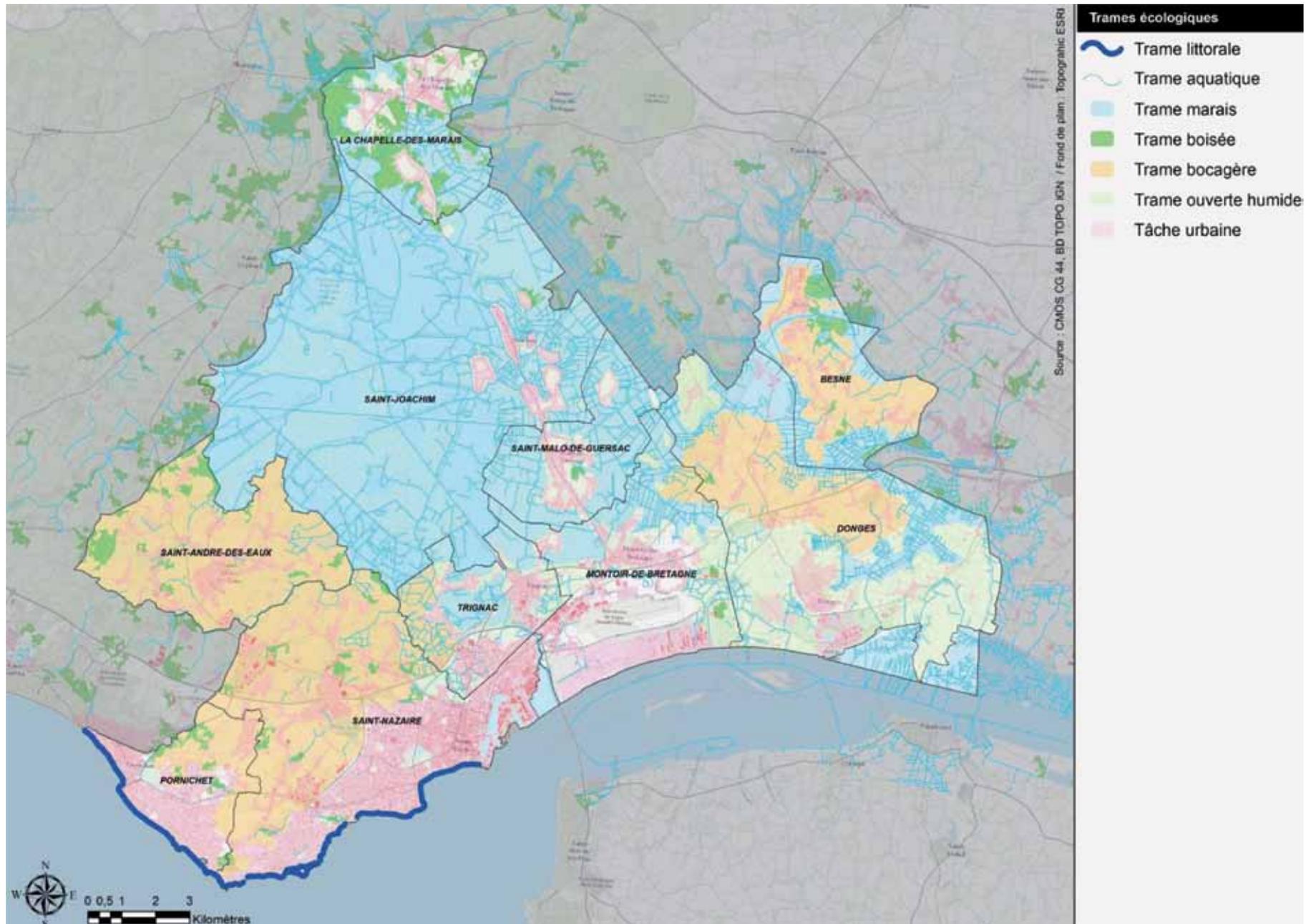


Figure 14 : Les différentes trames écologiques de l'agglomération nazairienne – source : ECOVIA.

### 2.3.2. La trame humide : une grande diversité de milieux

D'une grande diversité de milieux naturels – mares, vasières littorales, piardes, roselières, ripisylves et forêts alluviales, estuaire, prairies humides et inondables (tourbeuses, alluvionnaires), jonchaies, cariçaies etc. permettant à de nombreuses espèces d'effectuer tout ou partie de leur cycle de vie que ce soit pour la faune ou la flore, les zones humides constituent des habitats incontournables et structurants pour la fonctionnalité écologique. L'existence de ces milieux est étroitement liée à la proximité du réseau hydrographique et à l'humidité des sols, aux remontées de nappes phréatiques (affleurantes) ou encore à la proximité de l'estuaire.

Les milieux aquatiques et humides constituent des territoires de chasse, d'alimentation, de repos, et de nidification pour de nombreuses espèces d'oiseaux

***Piarde** : Plan d'eau peu profond, ancien lieu d'extraction de la tourbe.*

***Ripisylve** : Formation végétales présentes à proximité immédiate des rives d'un cours d'eau*

***Forêt alluviale** : Étendue boisée implantée sur des zones inondables, influençant les espèces végétales en présence, adaptées à l'enneigement.*

***Alluvionnaire** : relative à des prairies dont les sols sont riches d'alluvions déposés par un cours d'eau ou suite à des inondations répétées.*

***Jonchaie** : Espace de marais où les joncs constituent l'essentiel de la végétation*

***Cariçaies** : Espaces bordant les marais, à fort peuplement de carex ou laîches*

(butor étoilé, hérons, lusciniolle à moustaches, rousserole turdoïde, busard des roseaux etc.) ou de chauves-souris (murin de capaccini par exemple). Ils abritent également des espèces végétales remarquables (de fougères notamment avec la marsilée pubescente).

### 2.3.3. La trame bocagère : un milieu d'interface majeur

Véritable mosaïque de milieux, le bocage est un écosystème qui regroupe des ensembles de prairies (permanentes et temporaires souvent humides) et de mares séparées par des linéaires de haies arborées et/ou arbustives, fossés ou talus formant ainsi un véritable réseau de tailles, strates et formes diverses et variées. Il constitue ainsi une interface privilégiée entre la trame boisée, les zones humides et l'espace agricole, d'où son importance en tant que trame verte, de lien et de structure entre les autres milieux.

La trame bocagère, par sa complexité, permet d'abriter une faune importante dont la richesse varie en fonction de la diversité des strates (herbacés, arbustives, arborées), des milieux et micro-habitats (prairies, bosquets, mares, talus etc.) qui le composent ainsi que du stade de conservation et de la gestion qui s'y fait.

### 2.3.4. La trame ouverte : entre bocage et trame humide

La trame ouverte correspond en grande majorité à des prairies, souvent permanentes parfois temporaires présentant un très important chevelu de fossés et autres canaux en eau (pour la plupart toute l'année).

Ces prairies sont quasi-identiques à celles de la trame bocagère, notamment en ce qui concerne le cortège floristique. Elles s'en distinguent néanmoins par leur taille : les parcelles bocagères sont généralement de petite taille tandis que les prairies constituant de la trame des milieux ouverts forment de vastes étendues discontinues avec de rares éléments venant couper l'horizon.

### 2.3.5. La trame boisée

La trame des milieux boisés est majoritairement composée de massifs forestiers de feuillus, mais aussi de massifs forestiers de conifères (pins sylvestres et maritimes) et de boisements mixtes. Ces ensembles forestiers à la naturalité forte (la présence de périmètres d'inventaire ou de gestion en est la résultante directe) sont ponctués par des ensembles à dominante agricole qui participent à leur fonctionnalité écologique.

La trame boisée est essentiellement constituée de forêts humides et ouvertes, de ripisylves, et de bosquets qui offrent des possibilités à bon nombre d'espèces, qu'elles soient inféodées au milieu forestier ou au milieu humide, d'y accomplir leur cycle de vie ou tout du moins une partie (reproduction, alimentation, repos).

Bien que peu répandues, ces forêts permettent d'abriter, à l'échelle régionale, une faune et flore importante avec 66 espèces de vertébrés (chiroptères, amphibiens : sonneurs à ventre jaune, rapaces, passereaux forestiers etc.) et notamment des grands mammifères.

Les éléments de la trame bocagère (les haies, les alignements d'arbres ou encore les prairies permanentes) peuvent y être intégrés en tant qu'éléments supports de déplacement. De ce fait, la mise en réseau de ces boisements avec les territoires bocagers est déterminante pour permettre la circulation et la dispersion des espèces.

### 2.3.6. La trame littorale

À l'interface entre la mer et les espaces urbanisés ou artificialisés, la trame littorale se compose de différents milieux : plages de sable, côte rocheuse, différents types de dunes, des halliers littoraux, et ceux liés à l'estuaire de la Loire (vasières, fonds de sables, tamariçaises, prés-salés, roselières, dépressions saumâtres, prairies subhalophiles etc.).

En dehors des milieux estuariens, c'est le long du sentier côtier, entre les fronts de mer pornichétin et nazairien, que la trame littorale présente le plus d'intérêt écologique. La présence de cordons dunaires, de végétation halophile associée voire inféodée et de la présence d'espèces protégées comme l'euphorbe péplis et la mise à distance de la pression urbaine et anthropique vis-à-vis du littoral (artificialisation du trait de côte, empiètement d'hôtels, de logements sur la plage, facilité d'accès etc.) confère à certains de ces secteurs un grand intérêt écologique.

## 2.4. Des réservoirs et des corridors écologiques favorables aux déplacements des espèces

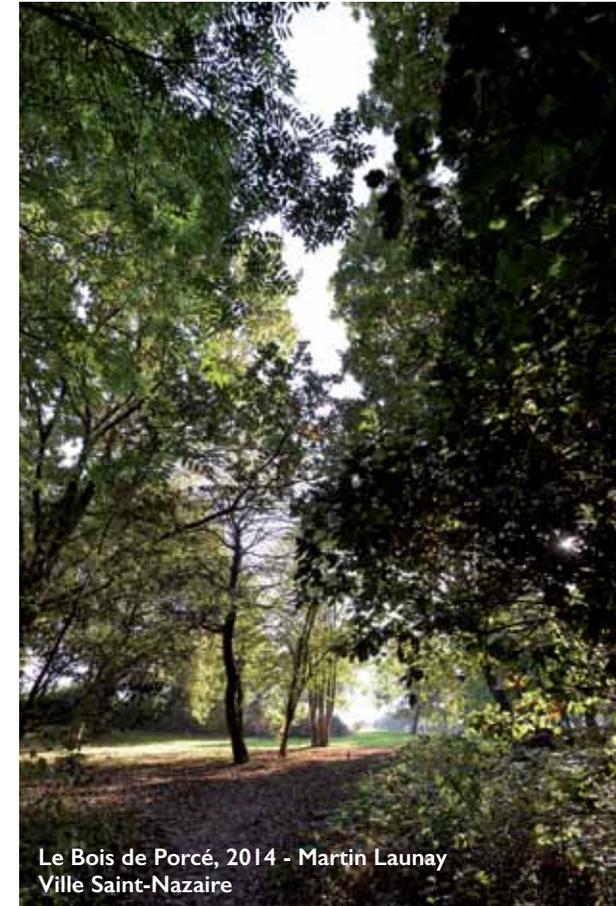
Certaines espèces sont capables de se déplacer sur de très grandes distances (centaine de kilomètres

voire plus) au cours d'une même année comme la majorité des mammifères forestiers (chevreuil, cerf, sanglier, etc.) ou certaines espèces de poissons amphihalins (migrateurs – saumon, lamproie, anguille) qui migrent depuis la mer vers un bassin-versant hydrographique tout entier.

D'autres ont des capacités de dispersion et de déplacement nettement plus réduites. C'est le cas d'une grande majorité d'amphibiens avec notamment les espèces de tritons et de salamandres qui ne se déplacent parfois que de quelques centaines de mètres par an. Celles-ci seront particulièrement sensibles (isolement des populations, dépressions de consanguinité etc.) à la préservation de la connectivité locale entre micro-habitats (haies, bosquets, mares etc.) permettant la réalisation de leur cycle biologique que des espèces nettement plus mobiles et donc capables de retrouver un habitat qui leur est favorable lorsqu'il y a perturbation voire destruction de leurs habitats naturels.

**La préservation des milieux et des espèces végétales et animales qui y vivent est un facteur à ne pas négliger pour faire face au changement climatique.**

**Ces 6 trames constitueront l'armature de la trame verte et bleue que l'agglomération s'attachera à préserver, à maintenir et à restaurer en l'intégrant à son Plan Local d'Urbanisme intercommunal et par la mise en œuvre de son projet environnemental de territoire.**



Le Bois de Porcé, 2014 - Martin Launay  
Ville Saint-Nazaire

## En synthèse : le territoire

La CARENE est un territoire attractif : nouveaux résidents, emplois, touristes sont chaque année plus nombreux.

Dynamisme économique et qualité du cadre de vie sont les deux points forts du territoire. Tout l'enjeu réside dans la capacité de la collectivité à poursuivre un développement équilibré. Elle devra garantir l'optimisation de toutes les ressources (foncier, eau, matières, énergie, ...) pour limiter son empreinte sur l'environnement.

Les milieux naturels sont d'une richesse exceptionnelle et leur protection répond à de multiples enjeux :

- > maintien de leurs fonctions hydrologiques, biogéochimiques, écologiques.
- > préservation des nombreux usages économiques dont elles sont le support : production agricole de marais, chasse, pêche, ...
- > mitigation des effets du changement climatique.
- > préservation du cadre de vie : patrimoine naturel, paysager et culturel.
- > régulation des risques d'inondations, de ruissellement et d'îlots de chaleur.

Ces enjeux sont d'autant plus prégnants sur la CARENE où eaux douces, salées ou saumâtres occupent près de 70 % du territoire.

Au travers de son Plan Climat Air Énergie Territorial, la CARENE devra faire des choix d'aménagement et prendre des décisions majeures en analysant les impacts à long terme. Pour cela il est indispensable de connaître le profil énergétique du territoire afin d'analyser les gisements potentiels et les capacités à agir de la collectivité et de ses acteurs et partenaires.



# Énergies, GES, stockage CO<sub>2</sub>, polluants atmosphériques : où en est-on ?





## Une consommation d'énergie en léger recul, des efforts à amplifier

Les consommations d'énergie sont données en énergie finale et non primaire, ce qui signifie que les établissements de la branche énergie (centrale de Cordemais, raffinerie de Donges...) ne sont pas pris en compte dans les chiffres de consommations d'énergie.

Les consommations du territoire rapportées au nombre d'habitant démontrent que l'énergie représente un enjeu fort pour la CARENE. Ceci s'explique par la présence de nombreux acteurs industriels notamment sur la zone portuaire industrielle.

Deuxième pôle économique du département, **Saint-Nazaire** est la commune la plus consommatrice d'énergie de la CARENE avec plus de 1 500 GWh consommés en 2014. Saint-Nazaire est une commune densément peuplée (1 480 habitants/km<sup>2</sup>) et rassemble de nombreuses industries.

**Montoir-de-Bretagne** est le deuxième pôle industriel de la CARENE après Saint-Nazaire mais affiche une densité de population 8 fois moindre que cette dernière (193,7 habitants/km<sup>2</sup>).

Le passage de la RN 171 et de la RD 213 à **Trignac** induit de fortes consommations d'énergie dues au secteur des transports routiers.

Tableau 1 : Consommation d'énergie par habitant pour la CARENE, le Pôle métropolitain, la Loire Atlantique (source : BASEMIS, Air Pays de la Loire, année 2014).

	Population	Consommations d'énergie	
	(hab.)	(GWh)	(MWh / hab)
CARENE	1 220 000	3 147	26
Pôle métropolitain	850 000	1 810,3	21
Département	1 343 000	29 862	22
Région Pays de la Loire	3 689 000	88 558	24

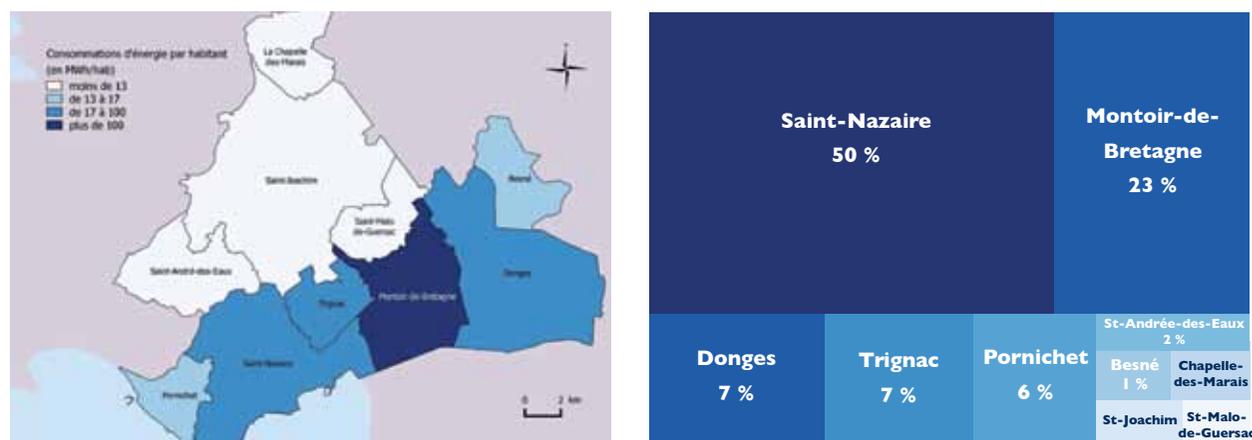


Figure 15 : Consommations d'énergie par habitant en 2014 & Répartition des consommations d'énergie par commune (Source BASEMIS, Air Pays de la Loire).

Le territoire de la CARENE abrite le port international de Nantes-Saint-Nazaire. Le trafic maritime est ainsi responsable d'une part importante des consommations énergétiques des communes situées en bord de Loire, notamment **Donges, Montoir-de-Bretagne et Saint-Nazaire**.

Le profil de consommation de la CARENE révèle quatre secteurs à enjeux prédominants : le transport routier, le résidentiel, l'industrie, le tertiaire. Au total 3,1 TWh d'énergie ont été consommés en 2014 pour une facture de 311 M €. Depuis 2008, la consommation enregistre un léger recul.

A l'image de la situation départementale et régionale, les consommations d'énergie du territoire ont légèrement diminué entre 2008 et 2014 (-3 % en 7 ans).

Les dispositifs d'amélioration de l'habitat et le durcissement de la réglementation thermique commencent à porter leur fruit puisque la consommation du parc résidentiel a diminué de 5 % entre 2008 et 2014. Les améliorations des process ont également permis de réduire les consommations du secteur industriel malgré une reprise de la croissance. Seul le secteur tertiaire voit sa consommation augmenter. Un effort devra être fait sur la réhabilitation énergétique du parc immobilier.

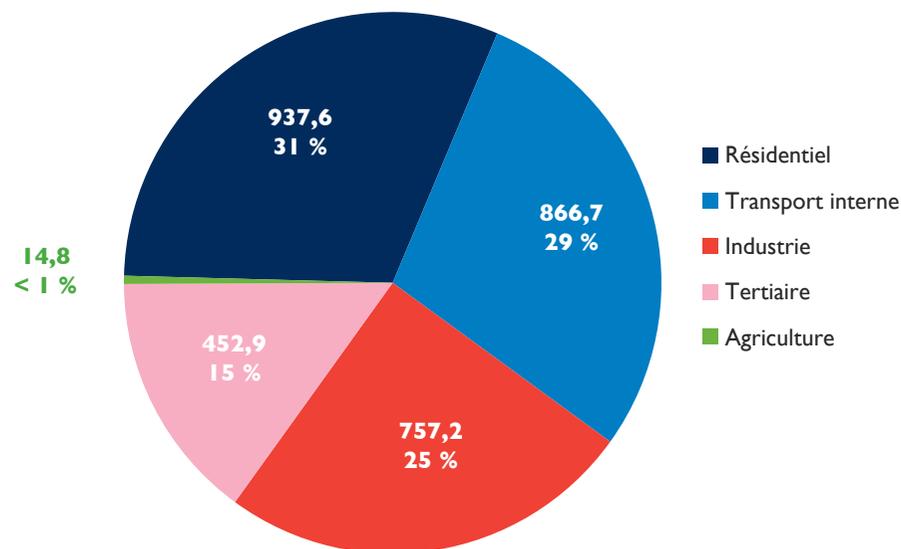


Figure 16 : Répartition des consommations d'énergie de la CARENE par secteur en 2012 (en GWh/an) – source AXCELEO (2012), étude Axenne 2016.

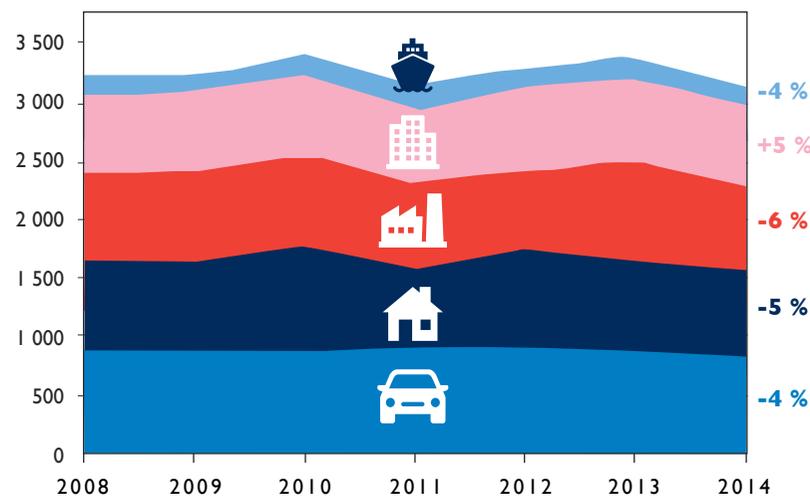


Figure 17 : Évolutions des consommations d'énergie sur la CARENE par secteurs en 2014 (en MWh) – source BASEMIS Air Pays de la Loire.

## 1.1. Le secteur résidentiel

La consommation de l'habitat dépasse 950 GWh/an en 2012, ce qui représente plus de 30 % de la consommation totale du territoire. Près de 55 % des résidences principales ont été construites avant la première réglementation thermique qui date de 1975. Cette catégorie de résidences est parmi les plus énergivores et représente donc un gisement potentiel important d'économies d'énergies.

Le gaz naturel compte pour plus de la moitié des consommations du secteur résidentiel (hors résidences secondaires). Le fioul, source d'énergie émissive de polluants atmosphériques et de GES représente encore 10 % des consommations énergétiques.

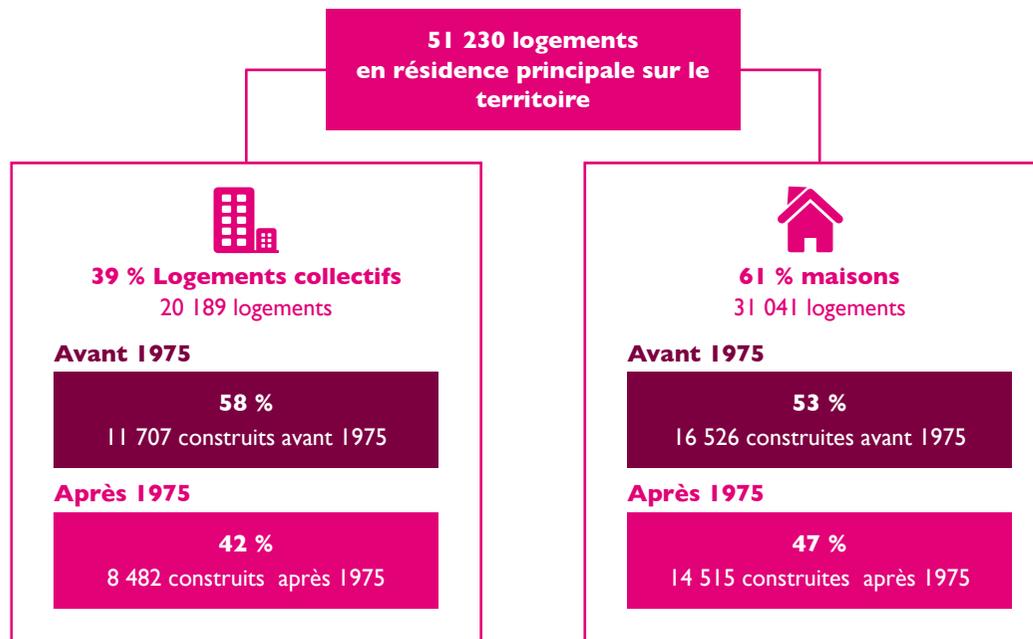


Figure 18 : Typologie des résidences principales (type de logement par année de construction) – source INSEE 2011.

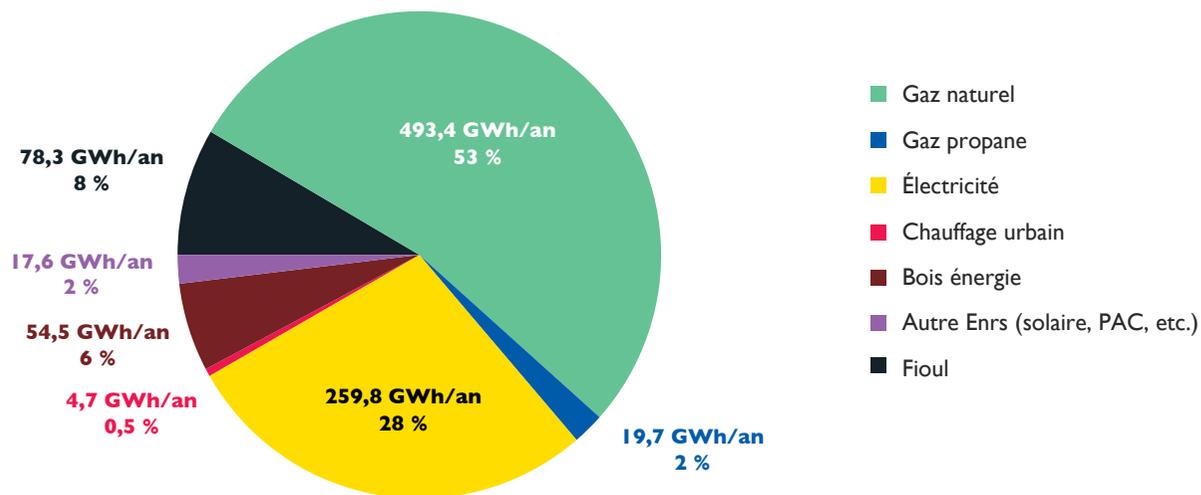


Figure 19 : Consommation (MWh/an) et répartition par sources d'énergie consommées dans les résidences principales - source AXCELEO (2012), étude Axenne 2016.

### 1.1.1. Chauffage : Premier poste de consommation énergétique

Pour l'habitat, le chauffage représente les deux tiers de la consommation totale d'énergie. Cette part est conforme à la moyenne nationale (celle-ci s'établit à 68 % en 2010 - Source : les chiffres clés 2012 ADEME).

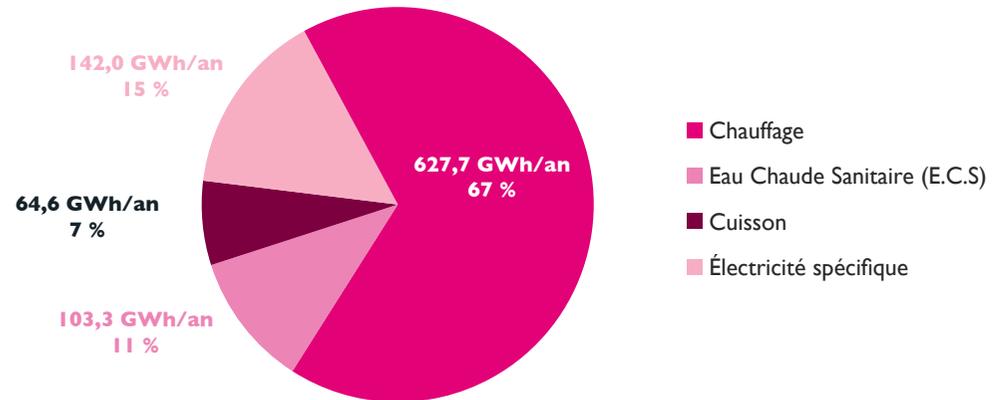


Figure 20 : Consommation (MWh/an) et répartition par usages dans les résidences principales – source AXCELEO (2012), étude Axenne 2016.

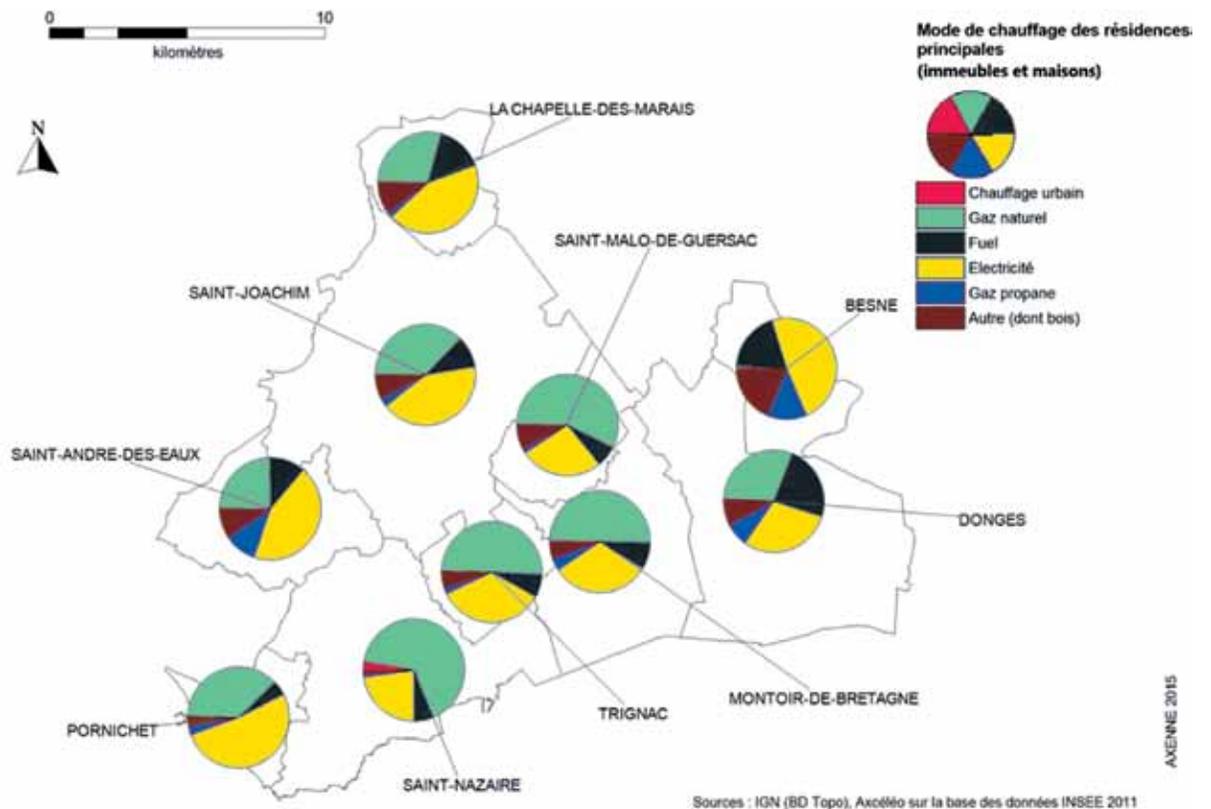


Figure 21 : Répartition des modes de chauffage dans les résidences principales – source AXCELEO (2012), étude Axenne 2016.

### Zoom sur les consommations d'énergie dans les logements collectifs (Tableau 2)

Pour le chauffage des logements collectifs, le gaz naturel représente près des 3/4 des consommations (73 %), suivie par l'électricité (11 %), le fioul (9 %) et le chauffage urbain (7 %).

Le fioul et le gaz propane vont voir leur coût augmenter fortement dans les années à venir (la hausse du gaz naturel et de l'électricité devrait être un peu moins importante). Leur substitution permettrait de réduire les émissions de GES et résorber la précarité énergétique.

La présence d'une chaudière centrale permet d'envisager assez facilement le passage sur l'énergie bois, la géothermie ou un système solaire combiné.

Pour les logements collectifs équipés de chauffages électriques où il sera plus difficile d'intervenir sur les systèmes de chauffage, il est préconisé d'agir sur l'enveloppe des bâtiments et sur la performance énergétique du système de chauffage (régulation, programmation, etc.).

### Zoom sur les consommations d'énergie dans les logements individuels (Tableau 3)

Les logements construits avant 1975 (date de la 1<sup>ère</sup> réglementation thermique) représentent un fort gisement d'économie d'énergie car ils sont les plus déperditifs thermiquement. L'enjeu constituera pour ces constructions de réaliser des rénovations énergétiques performantes tout en préservant les valeurs architecturales.

Tableau 2 : Consommation (GWh/an) des résidences principales en logements collectifs par sources d'énergie et par usages-Axenne (données INSEE – 2012).

 Immeubles (GWh/an) en 2012 hors résidences secondaires	Chauffage	E.C.S	Cuisson	Électricité spécifique	Total combustible
Fioul	15,4	2,6			18,0
Gaz naturel	122,1	19,1	12,9		154,0
Gaz propane	0,7	0,1	2,3		3,1
Électricité	18,5	9,9	4,2	46,9	79,5
Chauffage urbain	11,0	3,2			14,2
Enrs (solaire, bois, etc.)	7,7	0,2			7,9
<b>Total usage</b>	<b>175,4</b>	<b>35,0</b>	<b>19,4</b>	<b>46,9</b>	<b>276,6</b>

Tableau 3 : Consommation (MWh/an) des résidences principales en logements individuels par sources d'énergie et par usages-Axenne (données INSEE – 2012).

 Maisons (GWh/an) en 2012 hors résidences secondaires	Chauffage	E.C.S	Cuisson	Électricité spécifique	Total combustible
Fioul	55,0	5,2			60,3
Gaz naturel	273,6	39,4	26,4		339,4
Gaz propane	10,1	1,2	5,3		16,7
Électricité	49,8	22,0	13,5	95,0	180,3
Chauffage urbain	0,07	0,03			0,10
Bois en base	35,9				35,9
Bois en appoint	18,6				18,6
Autres Enrs (solaire, PAC)	9,3				9,7
<b>Total usage</b>	<b>452,3</b>	<b>68,3</b>	<b>45,2</b>	<b>95,0</b>	<b>660,9</b>

Dans les maisons individuelles en résidence principale, le gaz naturel est également le combustible le plus utilisé pour le chauffage (51 %), suivi par l'électricité (27 %) et le fioul (9 %).

Les maisons équipées d'un chauffage électrique sont une cible importante dans la mesure où la consommation d'énergie primaire de celles-ci est prépondérante.

En plus, ces maisons utilisent souvent le chauffage au bois en appoint.

Or, il s'agit souvent d'équipements vieillissants (vieux poêles ou vieilles cheminées) avec des rendements très faibles et des émissions de polluants importantes.

Pour les chauffages bois peu performants, comme pour le fioul, l'enjeu de leur renouvellement est important en terme de qualité de l'air (émissions de particules fines).

### 1.1.2. La précarité énergétique des ménages : une situation préoccupante

Le degré d'exposition des ménages au risque de précarité énergétique s'évalue en **calculant leur taux d'effort énergétique, qui mesure la part de leurs ressources consacrées à l'énergie dans le logement** (en % du revenu du foyer). Au-delà d'un seuil usuellement fixé à 10 %, le ménage est considéré comme se trouvant en situation de précarité énergétique.

La précarité énergétique résulte de la combinaison de 3 facteurs :

- > la fragilité économique du foyer.
- > la mauvaise qualité thermique du logement.
- > le prix de l'énergie.

Elle représente un enjeu de société avéré, car elle se traduit à la fois par une spirale de difficultés individuelles (impayés, inconfort, problèmes de santé, dégradation du logement...) et par des problèmes d'ordre collectif ou sociétal (rupture sociale, exclusion...).

La CARENE travaille sur la thématique du mal logement depuis 2011, en y intégrant spécifiquement la thématique de la précarité énergétique depuis maintenant 2013.

Le Programme Local de l'Habitat pour la période de 2016 – 2021 porte la lutte contre le logement indigne et la précarité énergétique comme axe majeur de l'intervention publique en faveur des publics les plus fragiles.



Figure 22 : La précarité énergétique en France.

## Les résultats de l'étude IRISCORE

Une étude IRISCORE, réalisée en 2013 sur le territoire de la CARENE fait apparaître ce territoire comme fortement concerné par la précarité énergétique avec une part de ménages exposés de l'ordre de 23 % (contre 15 % à l'échelle nationale). L'étude révèle des situations diffuses sur le territoire faisant apparaître des secteurs ou quartiers fortement exposés justifiant une action spécifiques ou renforcée.

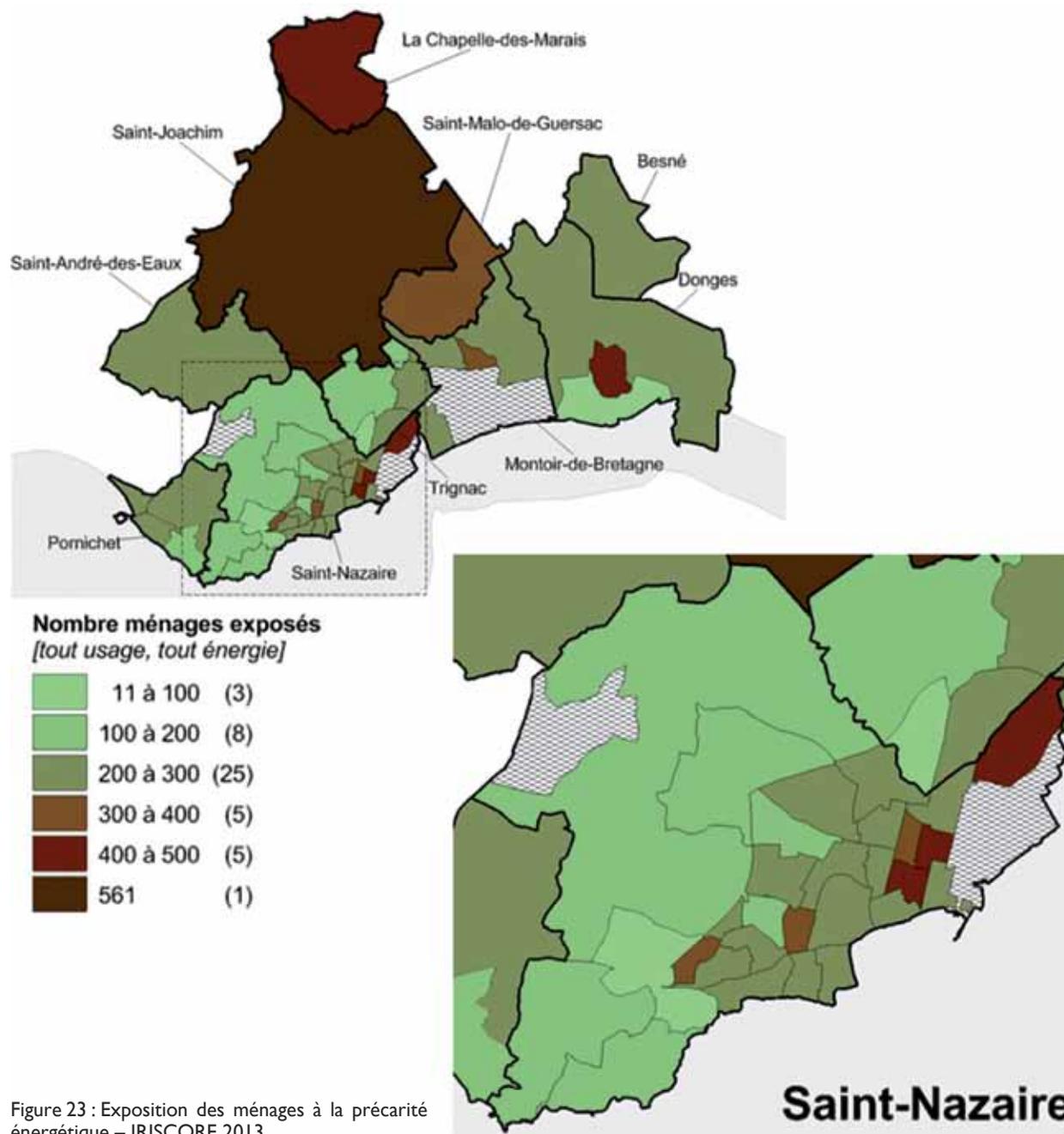


Figure 23 : Exposition des ménages à la précarité énergétique – IRISCORE 2013.

## 1.2. Le secteur tertiaire

Le secteur tertiaire consomme, en 2012, plus de 450 GWh/an, ce qui représente 15 % de la consommation totale du territoire. La consommation du secteur tertiaire est évaluée à partir des consommations unitaires des employés connus sur le territoire. Le secteur tertiaire fait apparaître une légère hausse de ses consommations d'énergie entre 2008 et 2012 (9 %) liée au développement de ce secteur.

La CARENE emploie 8 % des salariés des activités tertiaires du département, ce qui représente 3 % des effectifs régionaux.

Les ratios de consommation par surface de la CARENE sont en moyenne plus élevés que pour le département et la région (Figure 24). Cette constatation est très marquée pour les activités transport (locaux) et bureaux, qui représentent respectivement 4 % et 24 % des effectifs tertiaires de la CARENE. L'activité commerce est quant à elle moins consommatrice d'énergie à l'échelle de la CARENE.

Des efforts en matière d'efficacité énergétique seront à orienter en priorité sur les activités de bureaux, d'enseignement, et de transports (locaux). Bien que difficilement mobilisable pour des actions de maîtrise de l'énergie, le secteur tertiaire peut se montrer beaucoup plus vertueux. Les solutions sont connues (performance de l'éclairage et des équipements, actions spécifiques dans les bureaux, etc.). La difficulté tient plus ici à mobiliser et engager les acteurs sur la voie de l'efficacité énergétique.

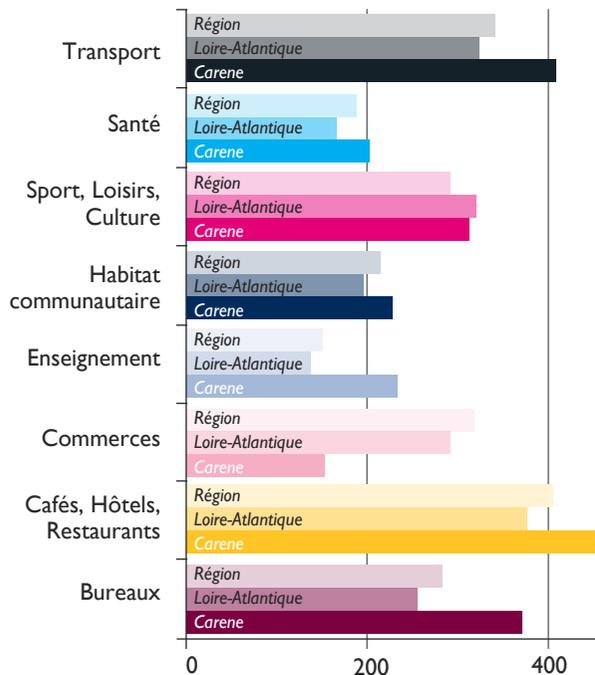


Figure 24 : Ratios de consommation d'énergie (MWh/m<sup>2</sup>) par branche d'activité du secteur tertiaire (source : BASEMIS, Air Pays de la Loire, 2014).

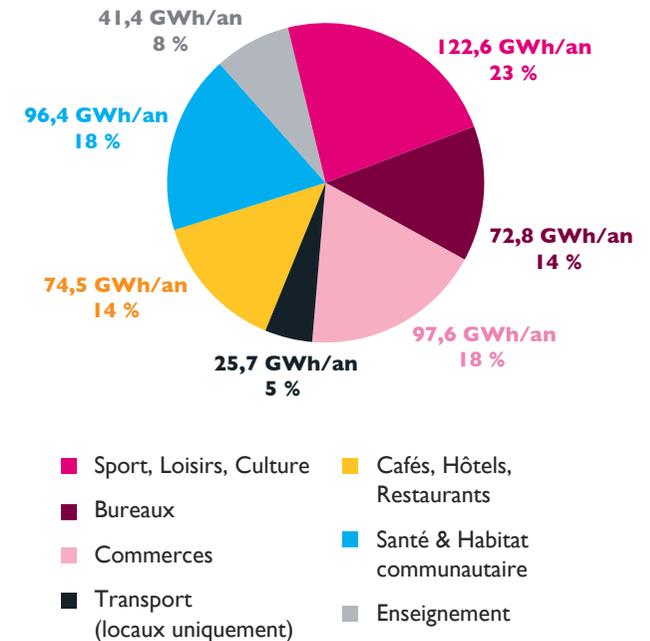


Figure 25 : Répartition des consommations d'énergie (GWh/an) du secteur tertiaire par branche – source AXCELEO, étude Axenne 2016.

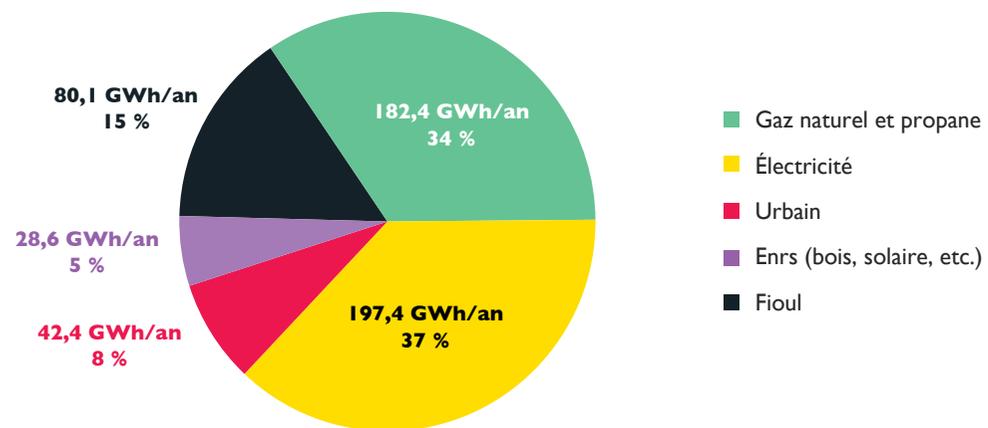


Figure 26 : Répartition des consommations d'énergie (GWh/an) du secteur tertiaire par type d'énergie – source AXCELEO, étude Axenne 2016

### 1.2.1. Zoom sur le patrimoine public : bâtiment et éclairage

#### Le parc bâti

Le suivi énergétique des communes (hors ville de Saint-Nazaire) est réalisé depuis 2013 avec la mise en place du conseil en énergie partagé.

Les 2/3 de ces consommations répondent aux besoins thermiques et proviennent d'un usage de chauffage et d'eau chaude sanitaire ayant le plus souvent recours au gaz naturel, fioul ou gaz propane (pour les sites isolés ou non desservis en gaz). La gestion du chauffage a été dernièrement améliorée par la passation d'un nouveau marché d'exploitation des installations climatiques avec une implication plus forte du prestataire retenu.

20 % du parc consomme l'équivalent des 80 % des consommations énergétiques (Figure 27). L'effort à produire en matière d'efficacité énergétique devra en priorité se focaliser sur les bâtiments les plus énergivores.

20 rénovations énergétiques ont été réalisées depuis 2013, 5 nouveaux projets de réhabilitation sont programmés dans les 3 prochaines années.

Un gisement important reste également à mobiliser via la mise en place de gestion technique centralisée et d'outil de monitoring.

En dehors de la rigueur climatique, la consommation énergétique des communes varie en fonction de la dimension du parc bâti, des usages et des activités.

La commune de Saint-Joachim s'est engagée depuis

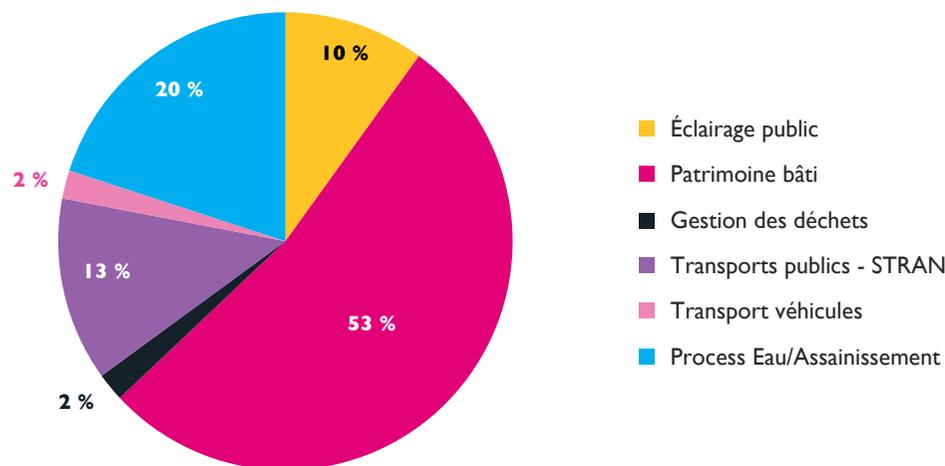


Figure 27 : Patrimoine public-Répartition des consommations (kWh) par secteur d'activité (2015).

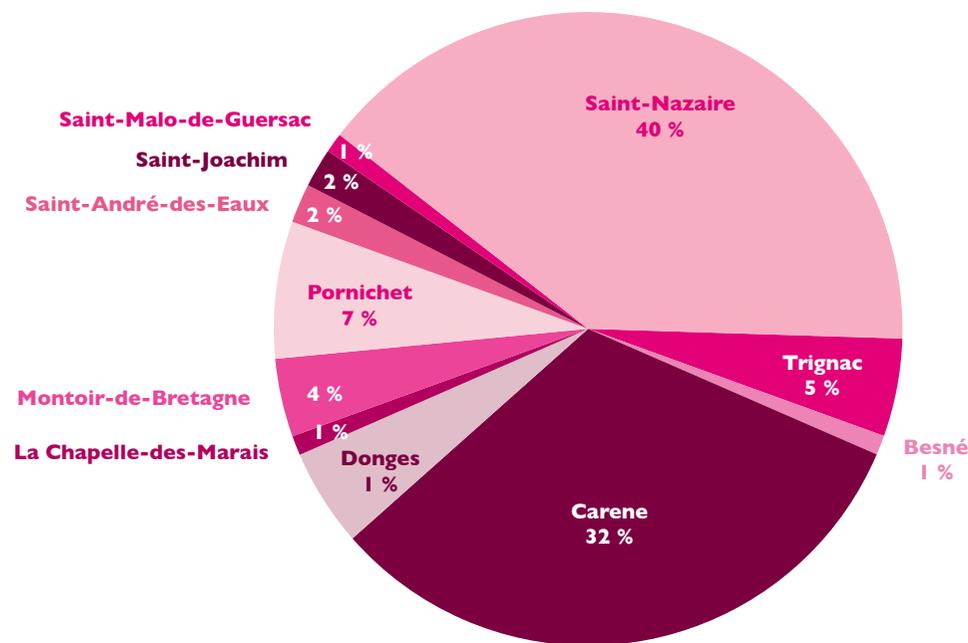


Figure 28 : Répartition des consommations (kWh) par commune.

2008 dans un programme efficace de rénovation énergétique de ses bâtiments (isolation thermique extérieure, développement de la Gestion Technique Centralisée...).

Sur le parc bâti, l'électricité représente en moyenne 30 % des consommations et déjà presque 60 % des dépenses énergétiques (Figure 29).

**Les marchés groupés** coordonnés par l'agglomération montrent leurs effets en 2016 avec une diminution des différents prix des énergies (Figure 30). Ce résultat bénéfique en termes financiers pour les collectivités reste cependant conjoncturel. Les marchés de l'énergie restent très volatiles, et, compte tenu de la progression du prix de l'électricité ces dernières années et des prévisions de la Commission de Régulation de l'Énergie (sur les évolutions futures des tarifs d'acheminement des taxes), il faut s'attendre à une progression plus rapide du prix de l'électricité.

L'exemple de l'évolution des coûts énergétiques constatée sur la commune de Donges est représentatif de l'ensemble des communes de l'agglomération. Elle diffère cependant pour les très gros consommateurs tels que les process communautaires ou les piscines.

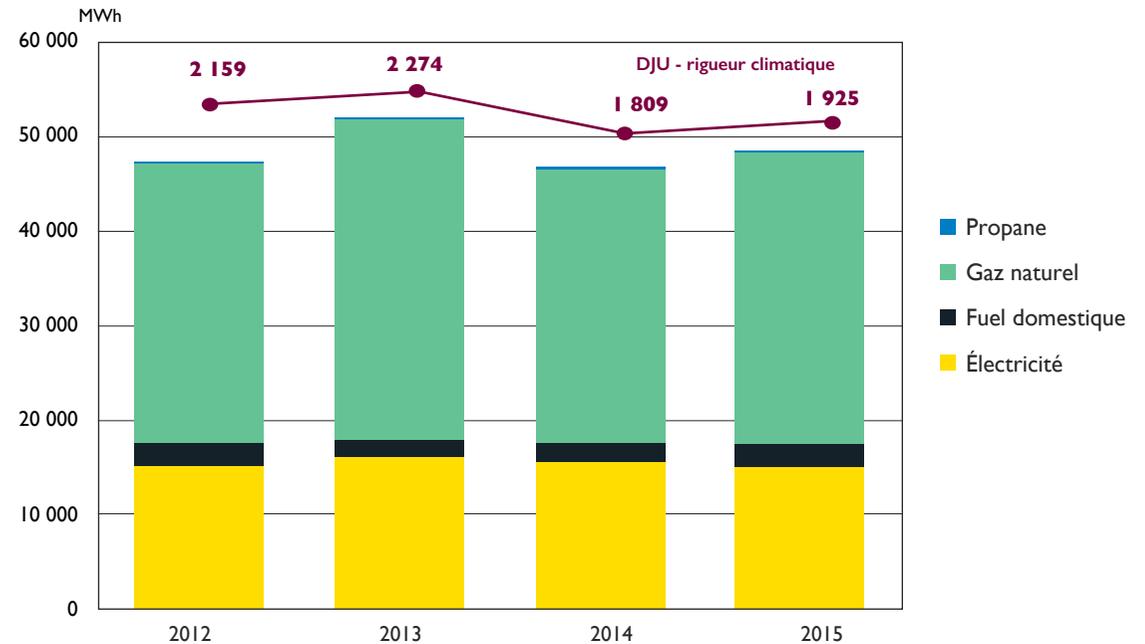


Figure 29 : Évolution des consommations d'énergie du patrimoine public par types d'énergie (MWh) en 2015 (Source CARENE – DSTEP, 2017).

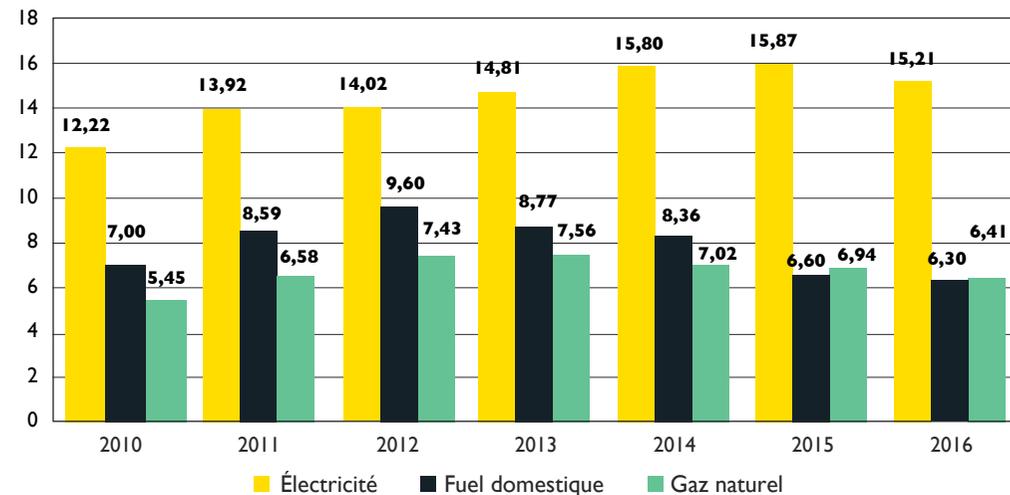


Figure 30 : Évolution des coûts énergétiques (en centsTTC/KWh) sur Donges de 2010 à 2016 (source CARENE – DSTEP, 2017).

## L'éclairage public

L'éclairage public avec ses 25 000 points lumineux répartis sur l'agglomération dont la facture globale s'élève à 1,2 M€/an constitue un enjeu important en matière de réduction des consommations d'énergie. Ce secteur représente 10 % des consommations du parc public. Les collectivités du territoire sont particulièrement sensibles à ce sujet et sont engagées. Ainsi, plusieurs communes (notamment celles du PNR de Brière) pratiquent l'extinction nocturne.

Chaque commune assure la gestion de son parc lumineux en régie ou bien en confiant l'exploitation à des entreprises spécialisées. Des investissements ont été réalisés dans toutes les communes pour réduire la facture énergétique (Figure 31).

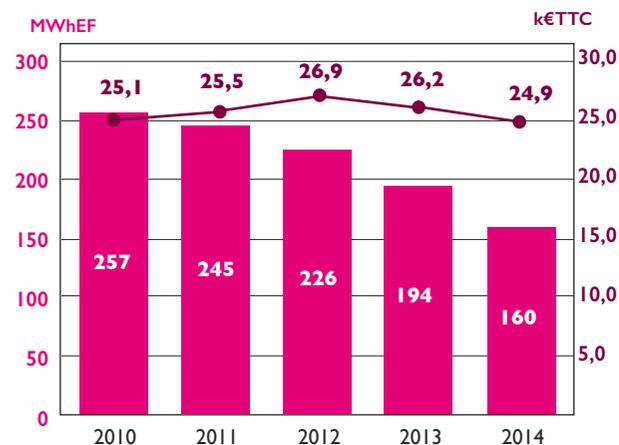


Figure 31 : Exemple de l'évolution des consommations (MWh) et des dépenses (€TTC) en éclairage public de Saint-Joachim – source : D STEP 2017.

Le patrimoine de la ville de Saint-Nazaire est constitué de 13 500 points lumineux et de 260 armoires.

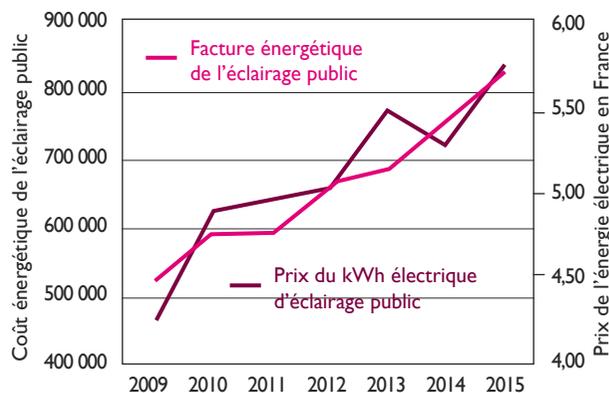


Figure 32 : Exemple d'évolution de la facture d'électricité éclairage public pour la ville de Saint-Nazaire (€TTC) – source : service éclairage public Saint Nazaire.

Le coût de l'énergie électrique en éclairage public est en constante augmentation (Figure 32). En moyenne sur 10 ans, la hausse est de + 2 %/an. De plus, les efforts du service pour maîtriser le patrimoine, ne per-

mettent ni la diminution du parc (rétrocessions) ni la réduction de la facture énergétique. A ce rythme, à la fin du municipe, à patrimoine constant la facture annuelle de l'éclairage public sera de 910 k€ TTC. En 2026, ce poste de dépense sera de plus de 1 M€ TTC. Une heure de fonctionnement de l'ensemble de l'éclairage public de Saint-Nazaire coûte 175 € TTC à la collectivité.

Face à ce constat, la ville de Saint-Nazaire a engagé des actions telles que des remplacements de luminaires, des abaissements de luminosité qui ont conduit à une économie de l'ordre de 32 k€/an soit l'équivalent de 300 MWh/an entre 2016 et 2017. Pour aller plus loin, elle construit actuellement son **Schéma Directeur d'Aménagement Lumière** qui vise à réduire les consommations d'électricité, optimiser et valoriser le patrimoine, favoriser le dynamisme touristique et préserver la biodiversité.



### 1.2.2. Zoom sur le patrimoine public : les piscines

La CARENE exploite 4 piscines et l'aquaparc, centre aquatique qui a remplacé la piscine de Léo Lagrange en 2018.

Les consommations d'énergie baissent régulièrement depuis 2012. La baisse des dépenses est accentuée en 2014 par la chute du prix du gaz naturel et par l'effet du groupement d'achat de gaz naturel (Figure 33 et Figure 34).

Pour une rigueur climatique similaire entre 2012 et 2015, on constate une économie de 379 MWh, soit 54 k€/an.

Des programmes de rénovation sont prévus pour Donges et la Bouletterie. Le centre aquatique, livré au printemps 2018, est un consommateur important qui fait l'objet d'un suivi attentif par les équipes techniques.

Une utilisation rationnelle de l'énergie grâce à la mise en place d'une Gestion Technique Centralisée dans les piscines pourrait conduire à une réduction de 20 % des consommations d'énergies thermiques (soit 720 MWh th) et de 15 % des consommations d'électricité (soit 195 MWh e).

### 1.3. Le secteur industriel

Le territoire se caractérise par la présence de grands donneurs d'ordres industriels et logistiques, (Les Chantiers de l'Atlantique, Airbus, Grand Port Maritime, Total, Man Energy Solutions, ...). Ces derniers sont positionnés sur les filières des ensembles métal-

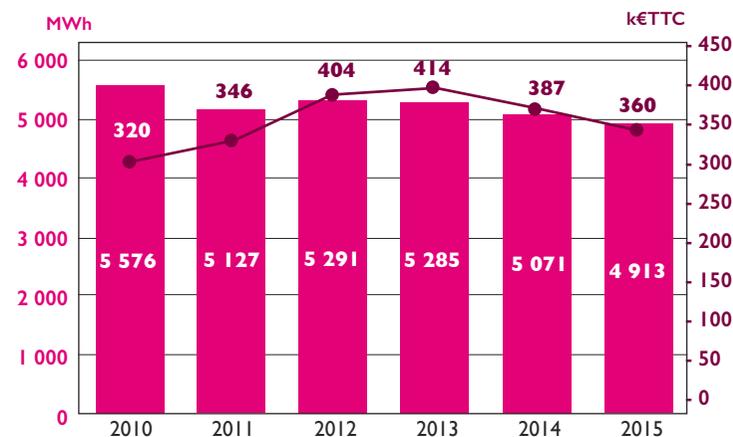


Figure 33 : Évolution des consommations énergétiques (MWh) et dépenses (k€TTC) des piscines – source D STEP 2017.

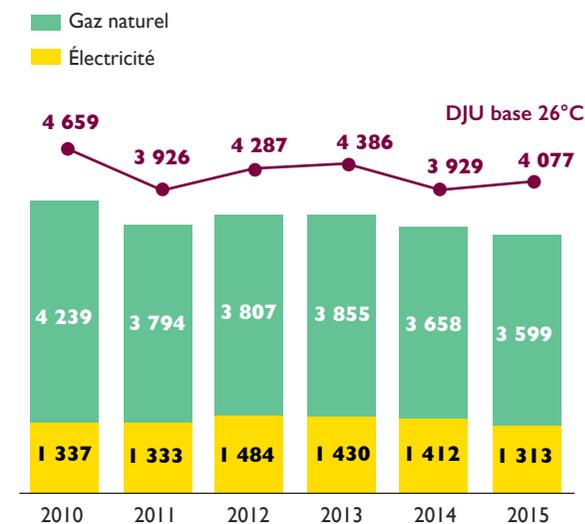
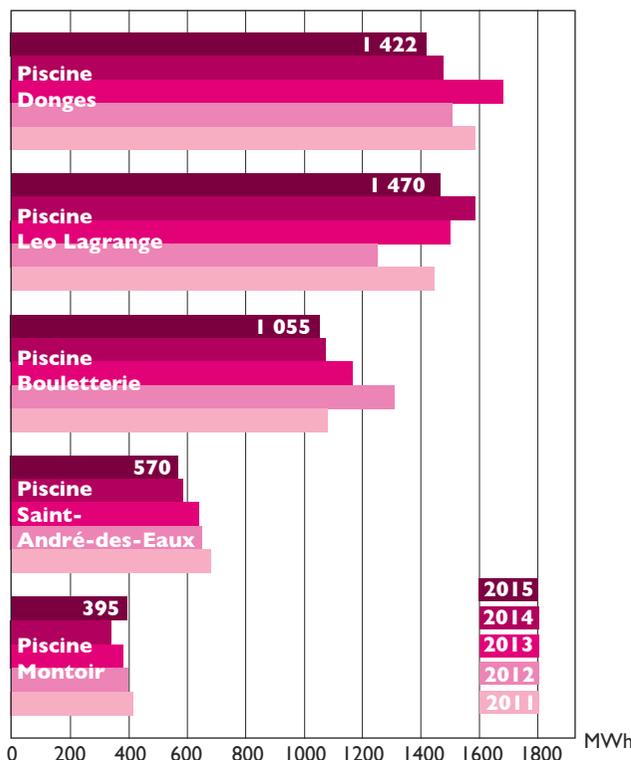


Figure 34 : Évolution des consommations énergétiques (MWh) des 5 piscines : par piscine à gauche et par type d'énergie à droite.

liques complexes (construction navale, aéronautique, véhicules spéciaux...), de l'énergie et de la maintenance industrielle et portuaire.

La consommation des entreprises industrielles atteint 757 GWh en 2012, soit près du quart de la consommation totale du territoire. C'est le 3<sup>e</sup> secteur derrière le résidentiel et les transports.

En 2014, la CARENE compte 9 604 emplois dans le secteur industriel. A l'échelle départementale, la CARENE représente 12 % des emplois industriels pour 17 % de la consommation d'énergie du secteur. A l'échelle régionale, ce sont 4 % des emplois pour 5 % des consommations du secteur.

Les industries les plus consommatrices sur le territoire sont les industries liées à la fabrication de biens d'équipements et de matériels de transports (à hauteur de 34 %), puis les industries agroalimentaires (26 %) et les industries du secteur de la chimie (22 %).

Globalement, **nombre d'industries implantées sur la zone industrialo-portuaire sont électro-intensives.**

Forts de ce constat, la CARENE et le Grand Port Maritime de Nantes – Saint-Nazaire se sont associés dès 2014 pour impulser et animer une démarche d'Écologie Industrielle et Territoriale (EIT) (Figure 35).

### 1.3.1. La démarche d'écologie industrielle et territoriale sur la ZIP

Le Grand Port Maritime et la CARENE accompagnent les entreprises industrielles dans l'identification et la mise en œuvre de synergies industrielles.

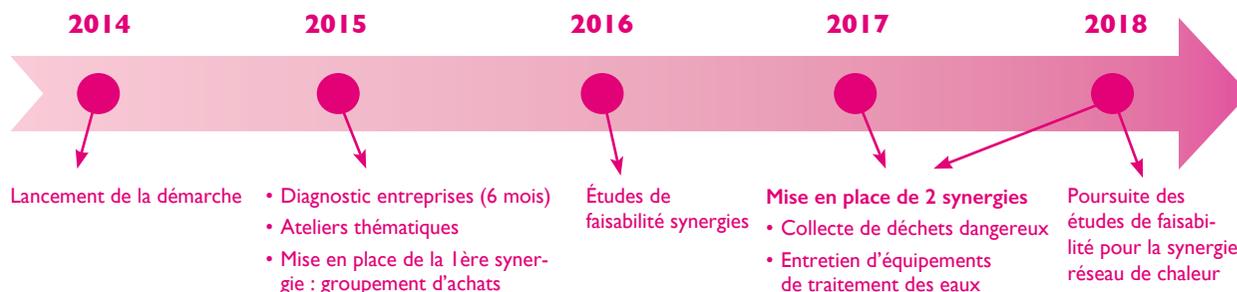


Figure 35 : Principales étapes du projet d'écologie industrielle.

En 2014, 24 entreprises industrielles mobilisées ont fait l'objet d'un diagnostic de flux, dont de grandes entreprises mobilisatrices comme la centrale thermique ENGIE, le fabricant d'engrais Yara, Man Energy Solutions, le chantier naval, Les Chantiers de l'Atlantique, ...

15 ateliers thématiques (énergie, eau, déchets) ont été organisés avec les entreprises dans la phase de diagnostic, principalement dans l'objectif de vérifier l'intérêt de celles-ci pour des synergies identifiées en amont par les bureaux d'étude.

Fin 2017, 7 synergies sont réalisées ou en cours :

- > 9 entreprises ont profité d'un achat groupé d'électricité permettant de réaliser une économie annuelle totale de 32 000 € par an
- > 7 entreprises ont choisi de mutualiser la collecte de leurs déchets dangereux
- > 5 ou 6 entreprises mutualisent désormais l'entretien de leurs équipements de traitement des eaux
- > une étude de faisabilité est en cours pour créer un réseau de chaleur à partir d'énergies renouvelables et de récupération
- > une étude doit prochainement déterminer les

conditions de récupération d'électricité fatale

- > une étude d'opportunité pour le captage de CO<sub>2</sub> par la culture micro-algues est en cours
- > l'analyse des profils de consommations et des gisements d'énergie solaire permettra d'envisager des projets d'autoconsommation électrique, individuelle et collective.

Cette démarche partenariale a vocation à être poursuivie et renforcée.

### 1.3.2. Les process du cycle de l'eau

Plus de 300 équipements (pompes de relevage, stations d'épuration, stations de pompage, châteaux d'eau...) assurent la production, l'approvisionnement et le traitement de l'eau.

Les process du cycle de l'eau représentent plus de la moitié des consommations électriques du patrimoine et des process public.

#### L'assainissement des eaux usées

Deux nouvelles stations d'épuration (STEP Est et STEP Ouest/Ecoziennes) ont été mises en service en 2011 et 2012 dans le cadre du schéma directeur d'assainissement afin de préparer l'évolution démographique du territoire et répondre aux nouvelles normes environnementales. Ces outils de production très gourmands en électricité sont très bien équipés. La gestion des process est assurée en continu par les équipes en régie.

Le réseau d'assainissement est régulièrement étendu pour raccorder de nouveaux logements et bâtiments d'activités. **Chaque année, de nouveaux postes de relevage sont créés, venant augmenter les consommations d'électricité de l'activité.**

Par ailleurs, le réseau d'assainissement n'est pas totalement étanche, il capte des eaux parasites, provenant d'infiltration d'eaux de pluies et de mauvais branchements. Ces eaux parasites sont traitées avec les eaux usées dans les stations d'épuration. L'amélioration des réseaux d'eaux usées est une des priorités du nouveau schéma directeur d'assainissement des eaux usées.

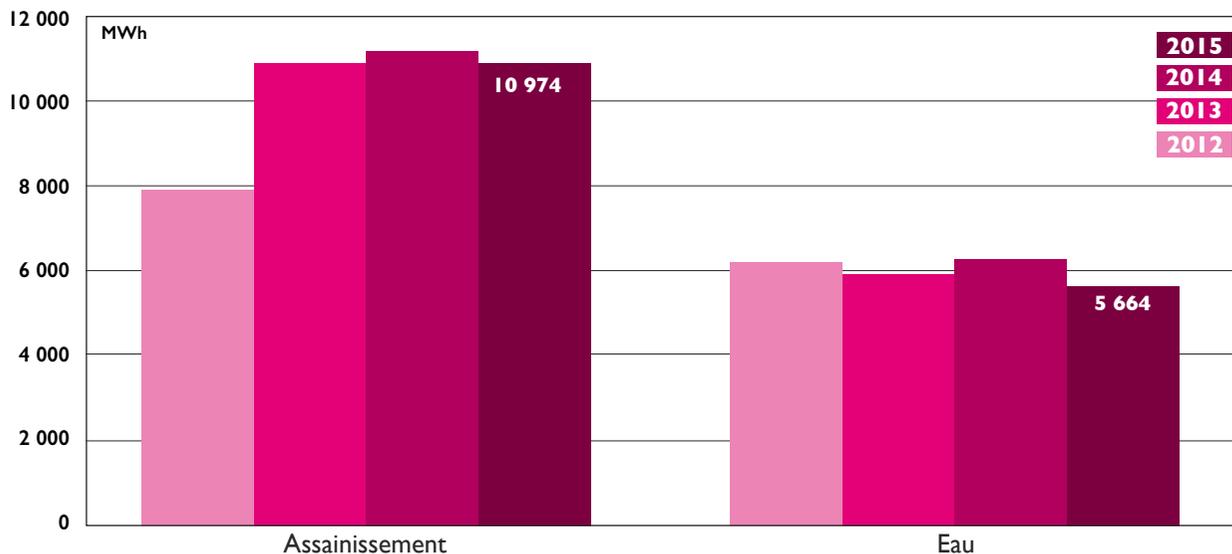


Figure 36 : Évolution des consommations du cycle de l'eau en MWh/an entre 2012 et 2015 (source CARENE – DSTEP, 2017).

Ces équipements suivent l'activité humaine et économique. Ils fonctionnent majoritairement pendant les heures pleines et de pointes très pénalisantes d'un point de vue économique et environnemental (démarrage des centrales thermiques).

Pour améliorer la performance énergétique de ces process, la gestion technique des équipements permet une amélioration continue.

Des solutions d'effacement des consommations des unités de production pendant les périodes de pointe sont actuellement à l'étude (apportant des compléments de revenus à l'activité et de la flexibilité au réseau de distribution).

**Compte tenu du contexte dynamique et des efforts prévus, l'optimisation des process et des réseaux devrait conduire à une réduction de 8 % des consommations d'énergie à l'horizon 2023.**

#### L'alimentation en eau potable

Côté production d'eau potable, les pompes de relevage sont extrêmement énergivores et l'usine de Campbon nécessite aujourd'hui une optimisation de ses process qui devra prendre en compte la dimension énergétique.

La mise en place de variation de vitesse sur les pompes des forages pourrait conduire à une économie de 4 % sur le fonctionnement du process de l'usine. **La modernisation de l'usine de production d'eau devrait conduire à une réduction globale de l'ordre de 8 % des consommations d'électricité d'ici 2023.**

### 1.3.3. La gestion des déchets

#### Les bennes à ordures ménagères

Les principales consommations directes proviennent de l'utilisation des 17 Benne à Ordures Ménagères (BOM) diesel utilisées pour le ramassage des déchets de l'agglomération. La consommation totale de carburant équivaut à 2 215 MWh, soit 250 000 €TTC/an.

Des essais consistant à rajouter un additif dans la cuve de carburant ont été réalisés sur l'année 2017. Cet additif devait améliorer les performances des moteurs des véhicules, c'est-à-dire réduire leurs consommations et limiter les rejets de polluants (NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, particules fines). L'expérience a été menée sur une période de 6 mois et les résultats n'ont pas été concluants. Cependant, ces essais ont permis de démontrer une grande disparité des consommations sur un même véhicule en fonction des chauffeurs. Sur un même parcours, avec un véhicule identique, les consommations moyennes peuvent varier de plus ou moins 20 L/100 km, démontrant l'intérêt de l'éco-conduite. Une campagne réussie nous permettrait des gains de l'ordre de 2 % par an.

Les camions sont régulièrement remplacés par des modèles moins consommateurs. Le choix des boîtes de vitesses est également essentiel et permet des baisses significatives des consommations. Le remplacement progressif des BOM par des modèles plus efficaces permettrait de réduire les consommations du parc à moyen terme.

#### Une valorisation des déchets en progrès constant

Pour la collecte et la valorisation des déchets, l'impact positif sur les émissions de GES et la consommation énergétique est l'essence même de l'activité.

En effet, depuis la mise en place du programme de prévention des déchets (2011/2016), la CARENE est passée de 361 kg/an/hab à 301 kg/an/hab (Ordures Ménagères et Assimilés) entre 2009 et 2016.

Le compostage individuel et partagé permet le retour à la terre des déchets fermentescibles des ménages (environ 30 % du poids de la poubelle). La plateforme de compostage de Cuneix à Saint-Nazaire permet de valoriser les déchets verts collectés en déchèterie.

Le soutien de la recyclerie « Au bonheur des bennes » qui a signé une convention de partenariat sur 5 ans avec la CARENE pour intervenir sur les déchèteries de Cuneix à Saint-Nazaire et Pornichet, facilite le réemploi d'objets du quotidien, de mobiliers, de jouets, ... et favorise le lien social. Dans le même esprit, l'association Récup'Util remet en état du petit électroménager alors qu'Envie44 se concentre sur le gros électroménager. Emmaüs est également présent sur le territoire. Par ailleurs, 75 % des ordures ménagères sont valorisées dont 35 % comme combustibles et alimentent un réseau de chaleur de la ville de Nantes. (Source : rapport d'activité CARENE, 2016).

## 1.4. Le secteur des transports

Le transport est le 2<sup>e</sup> secteur de consommation après le résidentiel. Il représente 867 GWh/an en 2012 soit 28 % de la consommation énergétique du territoire (Figure 37). Sont comptabilisés : les déplacements routiers, ferroviaires, maritimes et aériens (hors déplacements touristiques).

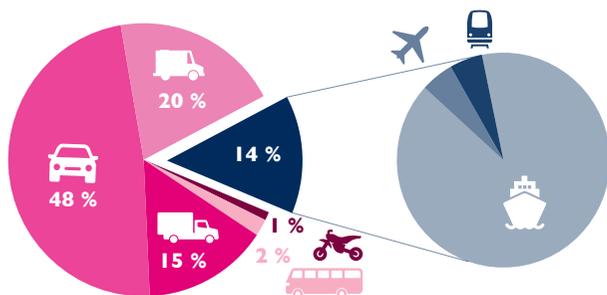


Figure 37 : Répartition des consommations d'énergie du secteur des transports sur la CARENE en 2014 – BASEMIS.

### 1.4.1. Le poids du secteur routier et de la voiture individuelle

La CARENE compte 320 km de routes principales. La Loire-Atlantique en compte 4 000 km, et les Pays de la Loire, 14 000 km. La CARENE représente ainsi 8 % du linéaire routier de la Loire-Atlantique et 2 % de celui des Pays de la Loire.

Les voitures particulières sont responsables de la moitié des consommations du transport routier de la CARENE. Cela s'explique par le nombre beaucoup plus important de voitures particulières circulant sur les voies de l'agglomération. Les deux-roues et les bus et cars ne représentent que 4 % des consom-

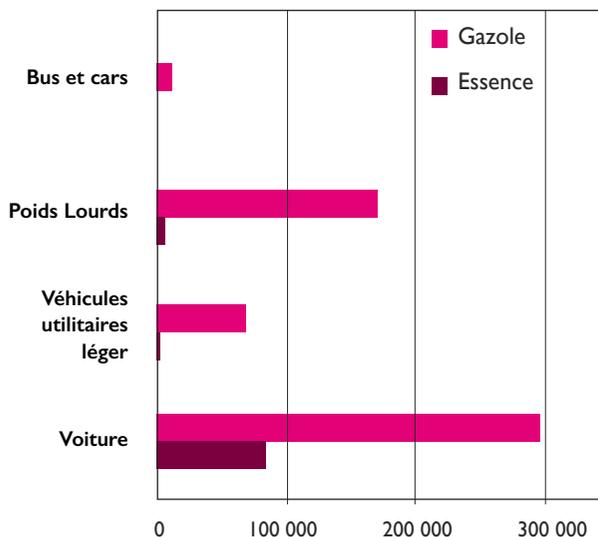


Figure 38 : Consommation par type de véhicules en 2012 (MWh/an) – Source AXENNE – Axcéléo.

mations d'énergie du secteur routier de la CARENE.

Le gazole est le combustible dominant puisqu'il représente 80 % des consommations d'énergie (Figure 38).

### 1.4.2. Des actions entreprises pour réduire la part de la voiture individuelle

Accompagner le changement de la mobilité, est un enjeu phare du Plan de Déplacement Urbain (PDU) de la CARENE. Actuellement en révision. Le PDU doit fixer des objectifs pour chaque part modale afin de diminuer au maximum les déplacements en véhicule individuel.

La CARENE accompagne les entreprises dans la mise en place de **Plans de Déplacements (Inter-**

**Entreprise. Le PD(i)E** est un outil de sensibilisation des salariés aux bonnes pratiques. La CARENE s'est dotée en interne d'un Plan de Déplacement de l'Administration (PDA) à destination des agents de la collectivité.

Pour promouvoir le vélo, l'agglomération a élaboré un **schéma directeur des itinéraires cyclables** et a choisi de développer **VéLYcéo**, une offre de location longue durée de vélos, notamment à assistance électrique pour proposer une alternative à l'usage de la voiture sur les petites distances.

Par ailleurs, la CARENE a adopté en juin 2016 un **Schéma directeur covoiturage**. Celui-ci s'appuie notamment sur les partenariats avec le Département de Loire-Atlantique, Nantes Métropole et l'ADEME. Mise en relation des usagers, identification des aires de parking, actions de communication, enquêtes quantitatives... : l'objectif est d'inciter à plus de partage de la voiture individuelle.

### 1.4.3. Les transports publics – Stran

Depuis 2012, avec la mise en service de la ligne hÉLYce, l'offre de transport a été significativement améliorée, entraînant une hausse des consommations de carburant. 17 bus articulés ont été mis en service permettant d'augmenter la capacité d'accueil de l'ordre de 40 %.

Des améliorations du réseau ont également été entreprises depuis la refonte du réseau en 2012, avec notamment la création d'une ligne mutualisée avec Lila Presqu'île (LI3), ou encore le prolongement de la ligne hÉLYce sur le quartier de l'Ormois à Montoir-de-Bretagne.

Les infrastructures créées et l'optimisation des voies de circulations permettent une fluidité des trajets, une réduction des régimes transitoires des moteurs (évite redémarrages intempestifs en zone urbaine). Les consommations des moteurs s'en trouvent ainsi limitées et les équipements préservés dans la durée.

Des campagnes d'éco-conduite ont été suivies par les conducteurs de la STRAN en 2011 et 2012.

Le parc de véhicules fonctionne exclusivement au gazole. Une équipe et un centre de maintenance spécialisé ont été créé au sein de la STRAN. Le renouvellement du parc est assuré à hauteur de 10 %/an depuis 2012. La durée de vie d'exploitation d'un bus est de l'ordre de 15 ans.

### Renouvellement de la flotte

Une grande partie du remplacement de la flotte de bus interviendra en 2025.

Afin de répondre à l'obligation réglementaire «50 % des nouveaux véhicules devront être propres » en 2020, la CARENE lancera des expérimentations, des tests de diversification des motorisations en se tournant le plus possible vers le gaz naturel et l'électricité.

Les retours d'expériences, la mutation du marché des équipements de transports, l'évolution des prix des énergies guideront les choix futurs de la CARENE à l'horizon 2025 pour tendre vers « 100 % véhicules propres » (objectif réglementaire).

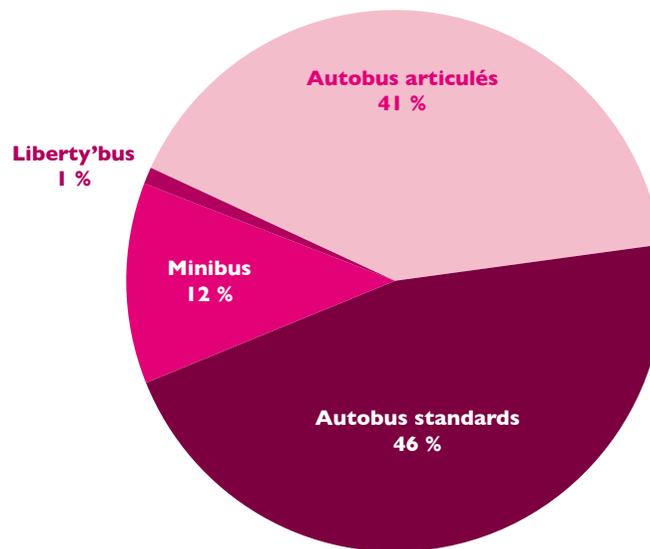


Figure 39 : Répartition des consommations Litres Go 2016 par type de transports (source D STEP – CARENE, 2017).

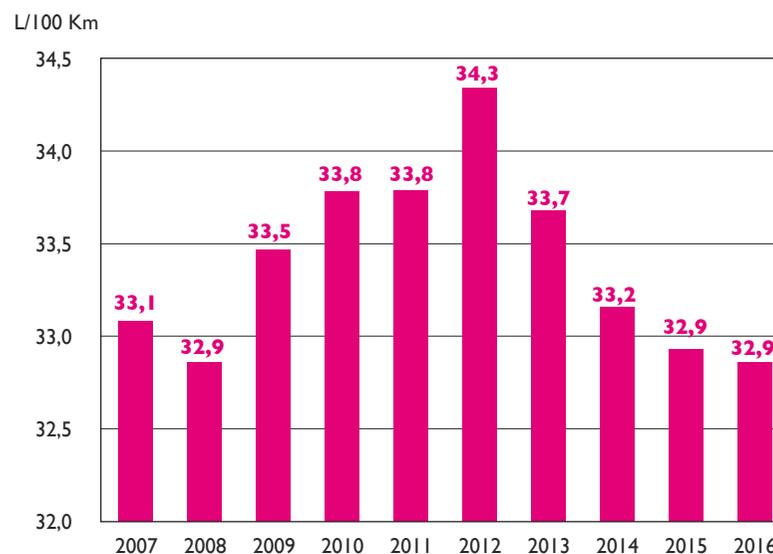


Figure 40 : Évolution des consommations Litres Go (source DSTEP - CARENE, 2017).

### 1.4.4. Le parc automobile public

Un état des lieux du nombre de véhicules des collectivités de l'agglomération, de leurs consommations de carburant a été réalisé sur l'année 2016. Parmi les équipements comptabilisés et étudiés, on retrouve :

- > Les Voitures Particulières (VP).
- > Les Véhicules Utilitaires Légers (VUL).
- > Les fourgons et les camionnettes.

La ville de Saint-Nazaire dispose d'un parc automobile important. Des efforts ont déjà été fait pour réduire le nombre de véhicules. Depuis 2013 (soit en 4 ans), la valeur du parc aurait été réduite de l'ordre de 150 00 €, soit l'équivalent de 16 Renault Twingo.

Les véhicules sont généralement remplacés tous les 12 à 14 ans en fonction des opportunités, ainsi que des frais de réparation ou de maintenance à engager.

La ville de Saint-Nazaire mutualise progressivement ses ressources. Elle a mis en place des pools communs de véhicules (parking hôtel de ville, plateforme de Coulvé) permettant de partager les véhicules entre services. D'autres projets similaires sont à l'étude pour la direction de l'enfance et de l'éducation, la direction des sports (Léo Lagrange) ou la direction des espaces publics (Avalix).

La CARENE dispose également d'un parc de véhicules partagés entre toutes les directions du Siège.

Le Gazole représente 2/3 des consommations de carburants.

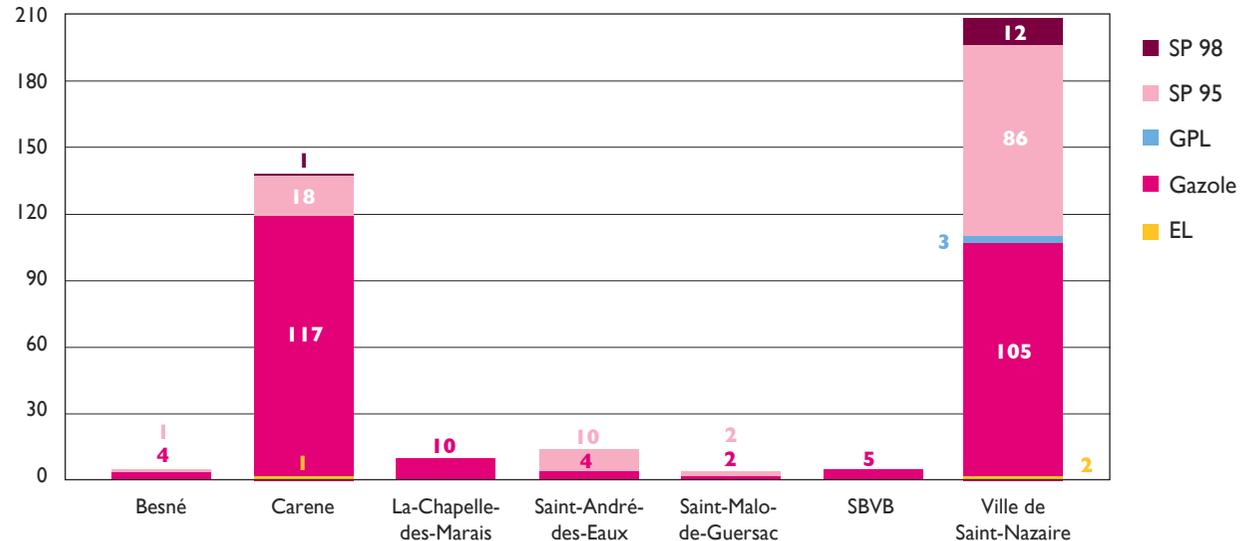


Figure 41 : Nombre de véhicules (VP, VUL, fourgons) par collectivité et par type de carburant.

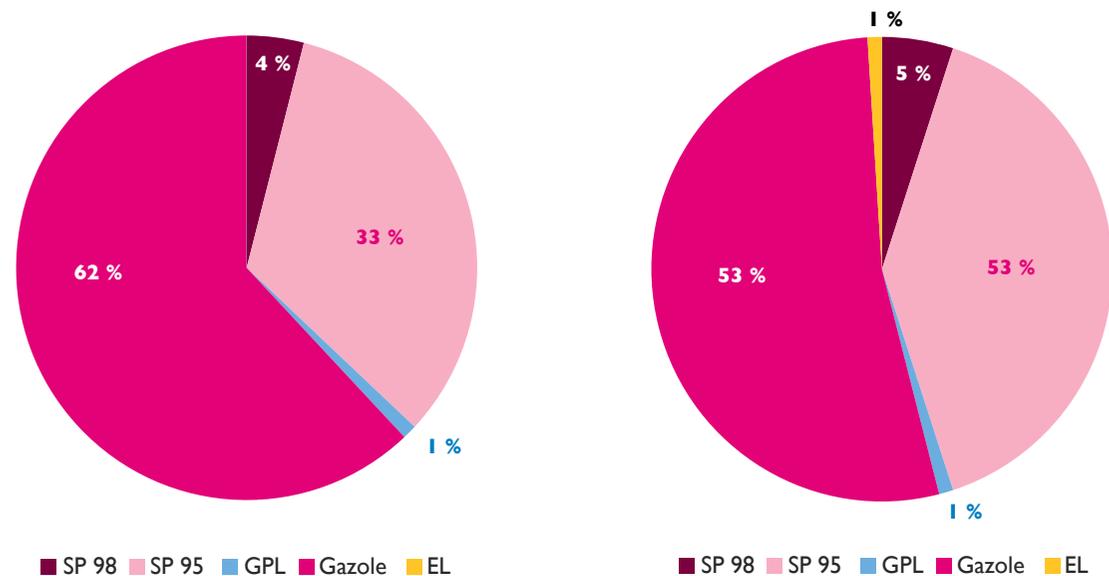


Figure 42 : Répartition des consommations (kWh) par type de carburant sur tous les véhicules (VP, VUL, fourgons).

Figure 43 : Répartition des véhicules en fonction du type de carburant utilisé.

Les véhicules électriques (VE) sont très minoritaires. Les premières acquisitions apparaissent en 2016. Fin 2017, la CARENE en dispose de 4, la ville de Saint-Nazaire (Coulvé) de 2. Des infrastructures de recharge (lentes et rapides) dédiées à ces véhicules ont été créées sur le parking du siège CARENE, sur la plateforme de Coulvé et la STEP des Ecossiernes. La borne rapide permet de recharger complètement le stockage électrique en 1h20.

A la différence des véhicules thermiques, la majorité des impacts environnementaux d'un véhicule électrique interviennent lors de sa fabrication. Les gains environnementaux d'un véhicule électrique se retrouvent donc à l'usage. Sur le plan économique, si à l'achat, le véhicule électrique reste globalement plus cher qu'un véhicule thermique (majoritairement en raison du coût de la batterie), son usage permet des économies significatives car les coups de l'électricité et de l'entretien sont moindres. Le véhicule électrique devient économiquement viable à partir d'un kilométrage quotidien et d'une fréquence d'utilisation permettant d'amortir l'investissement initial. On privilégiera les véhicules parcourant une distance supérieure à 10 000 km/an avec un usage quotidien compris entre 50 et 80 km/jour (informations issues de l'étude Infini Drive de l'ADEME – 2016)

Les réponses collectives que pourrait structurer la CARENE avec ses communes se confrontent à des difficultés organisationnelles (par exemple en matière de disponibilité des véhicules). Dans certaines communes, le remisage des véhicules, perçu comme un avantage sur lequel il est difficile de revenir complexifie la bonne gestion de la flotte.

Pour éviter les déplacements, le recours à la visioconférence devient un moyen de plus en plus utilisé.

La conversion d'une partie de la flotte automobile de la ville de Saint-Nazaire en Gaz Naturel de Ville (GNV) est à l'étude.

#### 1.4.5. Les transports non routiers

Le territoire de la CARENE possède une infrastructure maritime et aéroportuaire conséquente puisqu'elle représente 38 % des consommations énergétiques des transports non routiers de la Loire-Atlantique et 20 % de la Région.

La présence du 4<sup>e</sup> grand port maritime français et de l'aéroport de Montoir sur le territoire explique ces consommations importantes.

Le transport ferroviaire représente 2 % des consommations énergétiques du secteur Transport. Il reste cependant un enjeu fort de déplacement pour l'agglomération qui sera traité dans le cadre du PDU.



L'activité portuaire et le transport maritime dans l'estuaire, 2017 - Martin Launay - Ville Saint-Nazaire.

## 1.5. Le potentiel de réduction de la consommation énergétique

Un travail prospectif a été mené dans le cadre de l'élaboration de la stratégie de développement des énergies renouvelables (étude Axenne 2016) afin d'évaluer les consommations supplémentaires à l'horizon 2030 et 2050 en tenant compte de l'évolution de la population et l'émergence de nouvelles activités.

Les prévisions démographiques du SCOT pour la CARENE sont de 135 100 habitants en 2030 contre 122 000 habitants en 2014 soit une croissance de 0,7 %/an. Cette hausse démographique aura un impact sur les consommations du secteur résidentiel avec la construction de nouveaux logements. Le PLH prévoit la création sur la CARENE de 6 300 logements sur la période 2016-2021, soit une dynamique moyenne de 1 050 logements par an.

Cette hausse démographique aura également un impact sur les consommations du secteur tertiaire avec l'apparition de nouveaux services, ainsi que sur le secteur transport sur la base d'une hausse du nombre des véhicules mis en circulation et d'une baisse des consommations de carburants de ces véhicules.

Pour les secteurs de l'industrie et de l'agriculture, il est difficile d'estimer la hausse des consommations due au développement des activités sur le territoire. On considérera que leurs consommations resteront constantes, hors actions de maîtrise de l'énergie.

Tableau 4 : Évolution tendancielle de la consommation par secteur sur le territoire / secteur résidentiel hors secondaire –Source AXCELEO, étude Axenne 2016.

	Consommation 2012 (GWh/an)	Consommations supplémentaires 2012-2030 (GWh/an)	Effort de maîtrise de l'énergie 2012-2030 (GWh/an)	Consommation en 2030 (MWh/an)	Consommations supplémentaires 2030-2050 (GWh/an)	Effort de maîtrise de l'énergie 2030-2050 (GWh/an)	Consommation en 2050 (GWh/an)
Logements individuels 	661	124	-162	622	120	-138	604
Logements collectifs 	277	72	-104	245	70	-96	219
<b>Total résidentiel</b>	<b>938</b>	<b>195</b>	<b>-266</b>	<b>867</b>	<b>190</b>	<b>-234</b>	<b>823</b>
Tertiaire 	453	61	-46	468	57	-49	476
Industrie 	757		-117	640		-108	532
Agriculture 	15		-1	14		-1	13
Transport  	867	147	-174	840	217	-193	864
<b>Total Carene</b>	<b>3 029</b>	<b>404</b>	<b>-604</b>	<b>2 829</b>	<b>465</b>	<b>-586</b>	<b>2 708</b>

Des simulations ont conduit à l'élaboration de 2 scénarii.

Le premier, dit « tendanciel », consiste à laisser la dynamique se faire d'elle-même sans action particulière de la collectivité. Il ne tient pas compte des actions spécifiques qui seront mises en œuvre par la collectivité concernant la maîtrise de l'énergie et le développement des énergies renouvelables.

Le Tableau 4 résume les consommations d'énergie du territoire par secteur pour 2030 et 2050 en présentant les estimations des consommations supplémentaires et les efforts de maîtrise de l'énergie tendancielle à ces deux horizons.

Dans ce scénario tendanciel, la consommation globale diminue de 7 % entre 2012 et 2030 et de 4 % de 2030 à 2050.

Le scénario tendanciel conduirait à une baisse des consommations de 7 % en absolu, soit une diminution de 15 % de la consommation d'énergie annuelle par habitant, à 2030 par rapport à 2012.

Le second scénario, dit « volontariste » et qui sert de base à la stratégie du PCAET, est développé dans le tome 2 – stratégie PCAET.

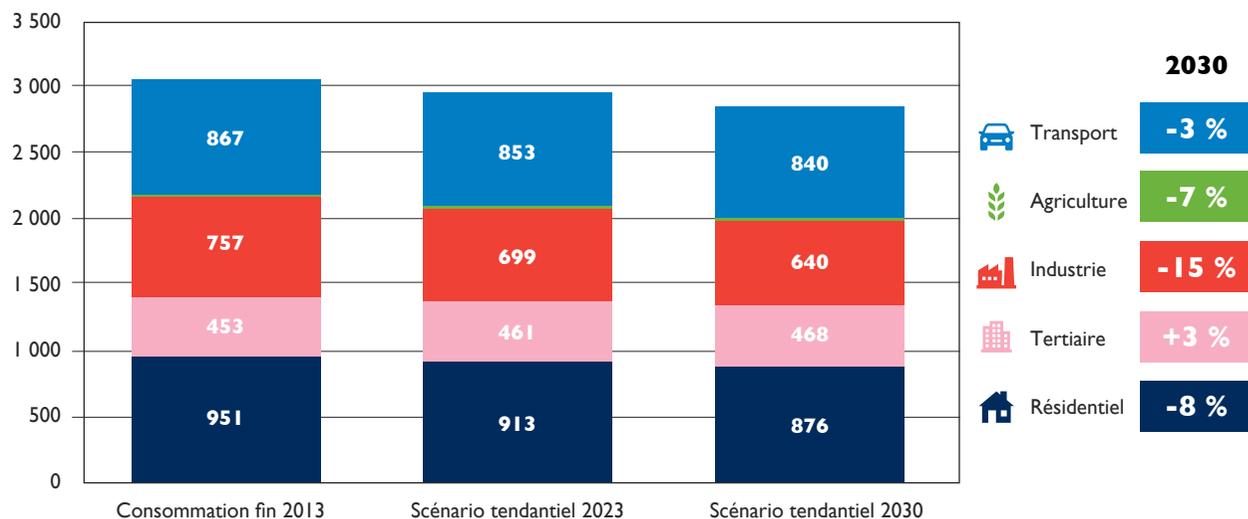


Figure 44 : Scénario tendanciel – Évolution de la consommation par secteur sur le territoire – Source AXCELEO, étude Axenne 2016.



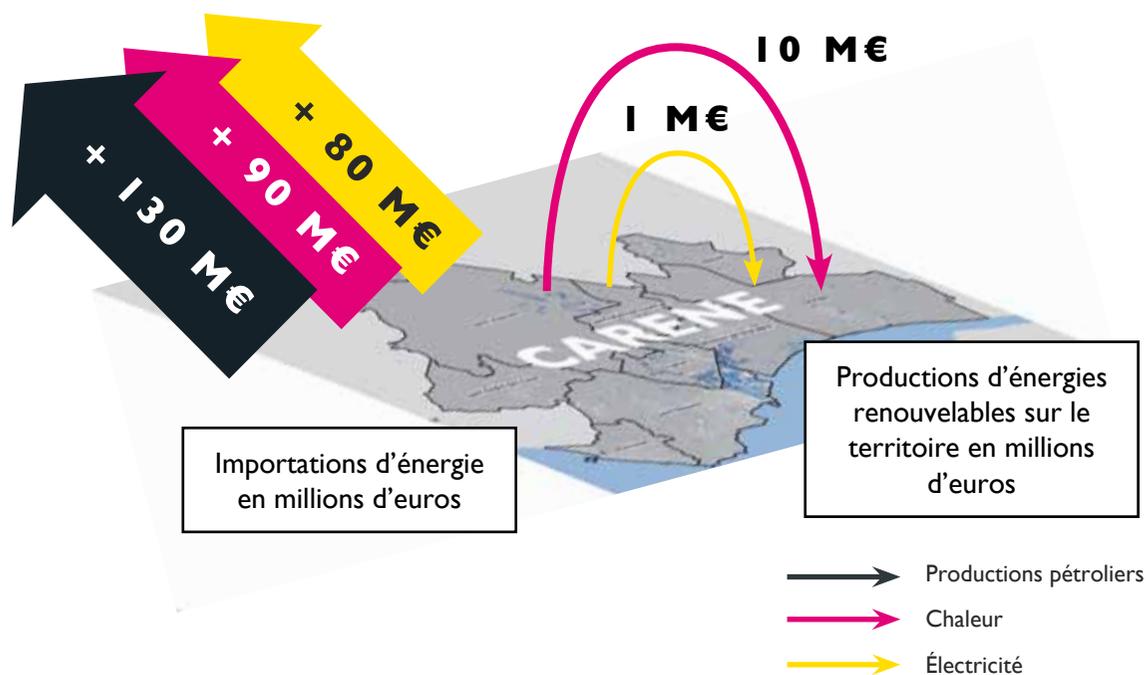
## Production d'énergies renouvelables : des marges de progrès indéniables !

Sur une facture énergétique de 311 M€ en 2012, 300 M€ sortent chaque année du territoire pour l'approvisionnement en énergie. La production locale d'énergie renouvelable a donc, au-delà de l'impact positif recherché sur les émissions de GES, un rôle prépondérant dans le développement économique du territoire.

### 2.1. La facture énergétique territoriale

Elle reflète la consommation interne du territoire (les consommations de transport du transit des camions et du tourisme non comprises). Les consommations des résidences secondaires et du secteur touristique (hôtels, restaurants, commerces) sont quant à elles prises en compte.

Les produits pétroliers représentent une part prépondérante devant l'électricité et le gaz naturel. Il faut noter que les produits pétroliers sont utilisés pour le carburant des véhicules, le chauffage de certains bâtiments et également dans l'industrie. Le chauffage est aussi très consommateur d'énergie sous toutes ses formes.



NB : Les détails méthodologiques, les calculs intermédiaires, les graphes présentés dans le chapitre 2 sont présentés dans le rapport « Stratégie de développement des énergies renouvelables sur le territoire de la CARENE » produit en Mars 2016 par le cabinet AXENNE.

## 2.2. Bilan territorial de production d'EnR

Le bilan de la production d'énergie renouvelable à fin 2012 est établi conformément à la directive européenne 2009/28/CE suivie par la France dans le cadre de l'élaboration du bilan énergétique national. Cette directive stipule que seule la part de chaleur renouvelable réellement produite par les différents systèmes doit être prise en compte, cela suppose que pour tous les systèmes utilisant une pompe à chaleur (systèmes aérothermique, géothermique et thermodynamique), on comptabilise la quantité de chaleur produite une fois déduite la consommation d'électricité nécessaire au fonctionnement de la pompe à chaleur.

Ce bilan est établi à partir des frontières du territoire : toute installation présente sur le territoire est comptabilisée dans le bilan de la production d'énergies renouvelables et de récupération. **Une seule exception est faite pour la part d'énergies renouvelables des centrales d'incinération.** La part des déchets du territoire qui sont valorisés énergétiquement est comptabilisée même si l'unité de traitement et de valorisation énergétique est à l'extérieur du territoire.

La part de production des énergies renouvelables sur la consommation totale du territoire (transport inclus) est de 3,6 % en 2012. Cette production représente environ 108 GWh/an dont 6 GWh/an d'électricité et 102 GWh/an de chaleur.

Pour l'ensemble des filières d'énergie renouvelable, on considère qu'il s'agit d'une énergie primaire : énergie brute. « En d'autres termes, il s'agit de

Tableau 5 : Production d'énergie renouvelable en 2012 et objectifs nationaux 2030 – étude Axenne 2016.

	Loi TECV Objectifs 2030	CARENE Fin 2012	
Couverture des besoins de chaleur par les EnR	38%	6,6%	18%
Couverture des besoins d'électricité par les EnR	40%	0,9%	17%
Couverture globale des consommations par les EnR	32%	3,6%	14%

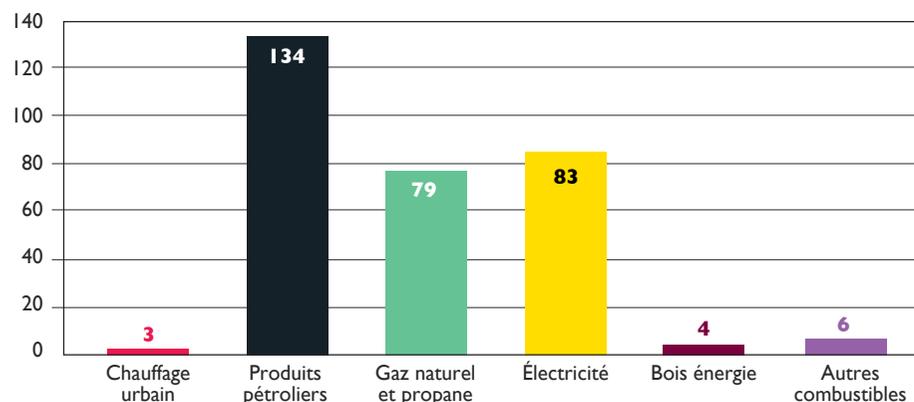


Figure 46 : Facture énergétique territoriale par énergie (M€) – étude Axenne 2016.

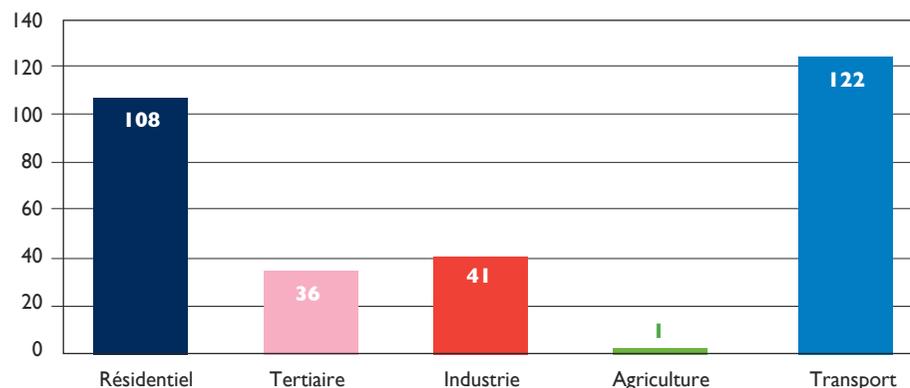


Figure 47 : Facture énergétique territoriale par secteurs (M€) – étude Axenne 2016.

l'énergie tirée de la nature (soleil, fleuves ou vent) ou contenue dans les produits énergétiques tirés de la nature (comme les combustibles fossiles ou le bois) avant transformation. On considère donc que l'énergie électrique produite à partir d'une éolienne, d'un barrage ou de capteurs photovoltaïques est une énergie primaire. La chaleur primaire est fournie par les réservoirs géothermiques, les réacteurs nucléaires et les panneaux solaires qui convertissent les rayons solaires en chaleur. ».\*

La production de biocarburants par les sociétés Cargill et SAIPOL est évaluée à près de 2 800 GWh/an. Utilisée en grande partie hors du territoire, elle n'est par conséquent pas intégrée au bilan. Si on intègre cette production, la part d'EnR produite représente alors 94,9 % de la consommation du territoire...

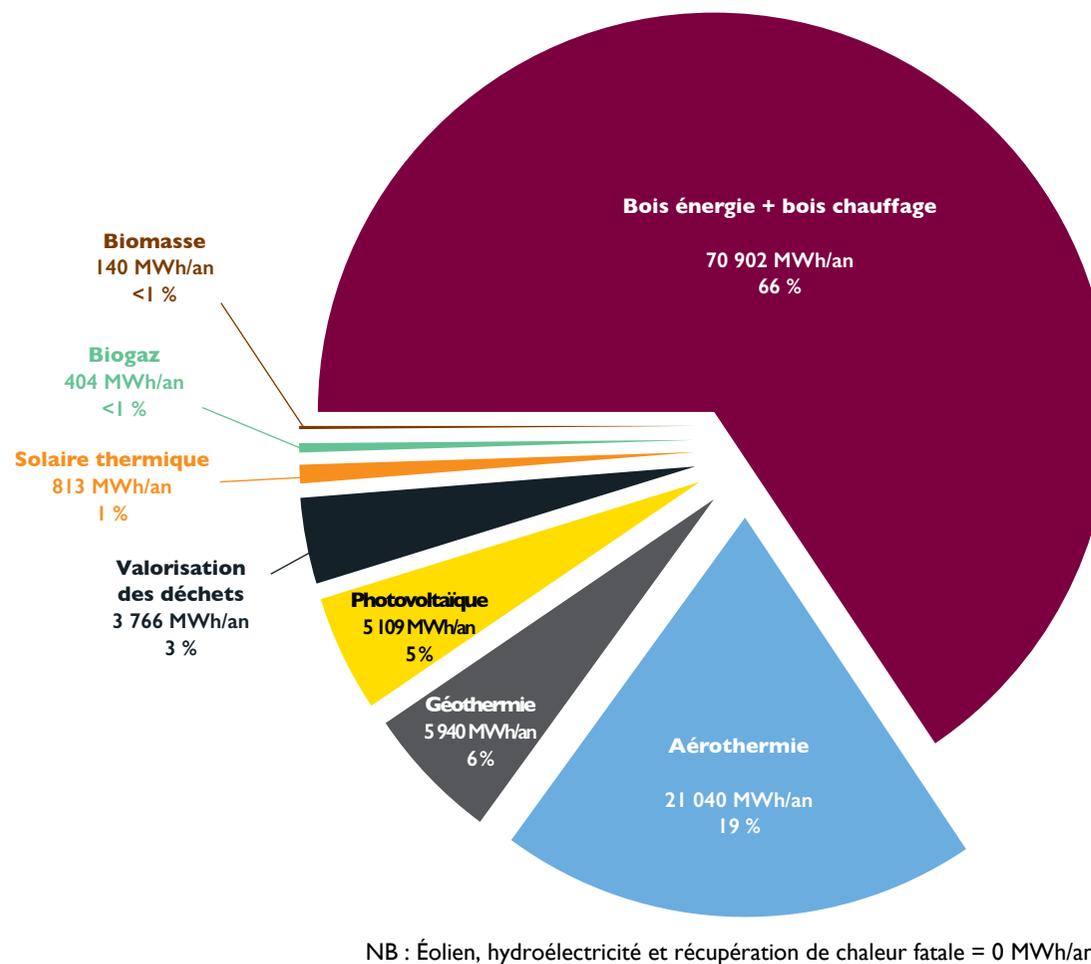


Figure 48 : Répartition de la production d'énergie renouvelable à fin 2012 – étude Axenne 2016.

\* Énergies renouvelables : définitions – Service de l'Observatoire et des statistiques – août 2014.

## Chaleur renouvelable : 6,6 % de la consommation totale de chaleur du territoire

Pour l'essentiel, il s'agit de :

- > bois-énergie (poêles à bois et cheminées utilisés notamment dans l'habitat individuel, et quelques chaufferies collectives, dont la principale assure le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire de la Cité Sanitaire sur l'hôpital de Saint-Nazaire).
- > d'aérothermie (pompe à chaleur air-air).



## Électricité renouvelable : 0,9 % de la consommation totale d'électricité du territoire

Pour l'essentiel, il s'agit d'installations solaires photovoltaïques réparties sur le territoire.

Tableau 6 : Production des filières de la chaleur renouvelable en 2012 – étude Axenne 2016.

Bilan des énergies renouvelables 2012	CARENE
<b>Solaire thermique</b>	
Nb installations	
Nombre de m <sup>2</sup>	1 772 m <sup>2</sup>
<b>Production annuelle</b>	813 MWh/an
Équivalent tep/an	70
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	118
<b>Bois énergie (chaudière collectives)</b>	
Nb installations	3
Puissance installée	3 490 kW
tonnes de bois valorisées par an	5 815
<b>Production annuelle</b>	16 279 MWh/an
Équivalent tep/an	1 400
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	4 698
<b>Poêles Cheminées Chaudières (estimation)</b>	
Nb d'équipements (cheminées, inserts, poêles, chaudières)	4 786
tonnes de bois valorisées par an	15 210
<b>Production annuelle</b>	54 623 MWh/an
Équivalent tep/an	4 698
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	16 005
<b>Géothermie (estimation)</b>	
Nb installations	282
Puissance installée	420 kW
<b>Production renouvelable</b>	5 940 MWh/an
Équivalent tep/an	511
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	1 758
<b>Aérothermie - pompes à chaleur (estimation)</b>	
Nb installations	1 248
Puissance installée	1 861 kW
<b>Production renouvelable</b>	21 040 MWh/an
Équivalent tep/an	1 809
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	6 165
<b>Biogaz</b>	
Nb de site	1
<b>Production de chaleur</b>	227 MWh/an
Équivalent tep/an	20
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	68
<b>Biomasse (production de chaleur)</b>	
Nb de site	1
<b>Production de chaleur</b>	140 MWh/an
Équivalent tep/an	12
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	42
<b>Valorisation des déchets ménagers</b>	
Nb de site sur le territoire	0
<b>Production de chaleur</b>	3 330 MWh/an
Équivalent tep/an	286
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	996
<b>Total production thermique (MWh/an)</b>	
Production annuelle thermique	102 392 MWh/an
Équivalent tep/an	8 806
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	29 969

Tableau 7 : Production d'énergie électrique renouvelable en 2012 – étude Axenne 2016.

Bilan des énergies renouvelables 2012	CARENE
<b>Hydroélectricité</b>	
Nb installations	0
Puissance installée	0 kW
<b>Production annuelle</b>	0 MWh/an
Équivalent tep/an	0
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	0
<b>Photovoltaïque</b>	
Nb installations	598
Nombre de m <sup>2</sup>	35 328 m <sup>2</sup>
Puissance installée	4 593 kWc
<b>Production annuelle</b>	5 109 MWh/an
Équivalent tep/an	439
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	1 533
<b>Éolien</b>	
Nb de parc éolien	0
Puissance installée	0 kWc
<b>Production annuelle</b>	0 MWh/an
Équivalent tep/an	0
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	0
<b>Biogaz (production d'électricité)</b>	
Nb de site	1
<b>Production de chaleur</b>	177 MWh/an
Équivalent tep/an	15
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	53
<b>Biomasse (production d'électricité)</b>	
Nb de site	0
<b>Production de chaleur</b>	0 MWh/an
Équivalent tep/an	0
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	0
<b>Valorisation des déchets ménagers (production d'électricité)</b>	
Nb de site sur le territoire	0
<b>Production de chaleur</b>	436 MWh/an
Équivalent tep/an	37
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	131
<b>Total production électrique (MWh/an)</b>	
Production annuelle électrique	5 722 MWh/an
Équivalent tep/an	492
Rejet CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)	1 717

Production de chaleur et de froid

Production d'électricité

### 2.3. Réalisations à fin 2012 et gisements potentiels

Ajouter à la part d'énergie renouvelable actuellement produite sur le territoire, les gisements maximums théoriques d'énergies renouvelables à horizon 2030 permet de visualiser la marge de manoeuvre pour chaque filière entre la production actuelle et les gisements maximum théoriques (Figure 49). La part d'énergie renouvelable actuellement produite sur le territoire est parfois si faible qu'elle représente l'épaisseur du trait sur le graphique (cas de l'éolien).

En synthèse, ces gisements théoriques représentent les potentiels suivants :

- > Électricité : un potentiel théorique équivalent à 50 % des besoins actuels.
- > Chaleur : un potentiel théorique permettant de couvrir 100 % des besoins actuels.

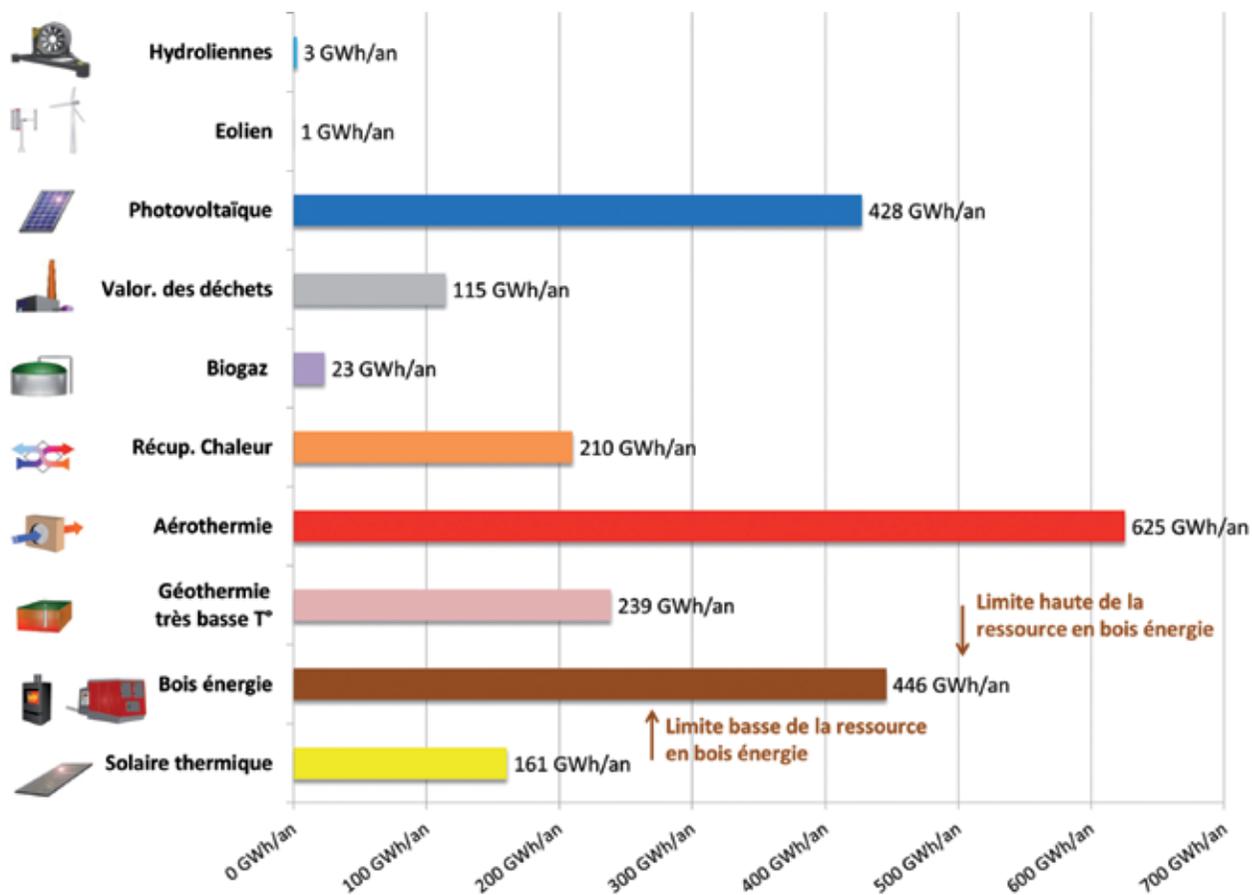


Figure 49 : Gisements maximum théoriques d'énergies renouvelables à horizon 2030 et production effective 2012 – étude Axenne 2016.

### Analyse multicritères : 6 filières sortent du lot

Les filières énergies renouvelables sont examinées selon différents critères dans le but de quantifier la « performance » de chacune d'entre elles vis-à-vis des aspects réglementaires, organisationnels, économiques, etc.

Les notes vont de 0 (filiale non performante vis-à-vis du critère) à 5 (filiale très performante vis-à-vis du critère).

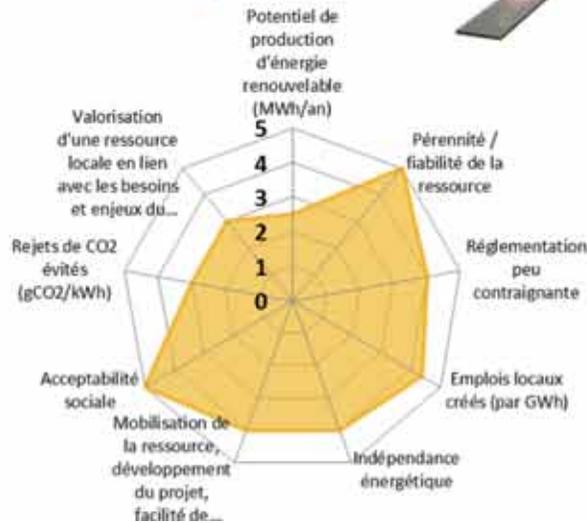
L'intérêt des différentes filières pour le territoire est présenté sous la forme de graphiques en radar par filiale (solaire, bois etc.).

Plus le radar présente une surface importante, plus la filiale semble intéressante au regard des différents critères :

- > **Potentiel de production d'énergie renouvelable :** ce sont les gisements maximums théoriques. Ils représentent la production totale théorique si tous les bâtiments étaient équipés.
- > **Pérennité/fiabilité de la ressource :** le bois énergie et le biogaz ont des notes inférieures aux autres filières dans la mesure où ils font appel à des ressources physiques susceptibles d'évoluer en fonction du contexte local (raréfaction des ressources bois énergie en cas de nombreux projets de chaufferies, concurrence sur les gisements méthanisables, etc.). La géothermie ne présente pas une note maximale car un nombre important de projets situés au même endroit est susceptible de compromettre la ressource.

- > **Emplois locaux créés :** emplois potentiels théoriques pour l'exploitation.
- > **Indépendance énergétique :** ce critère traduit la capacité des différentes installations à produire de manière autonome ou à nécessiter une énergie fossile en complément.
- > **Valorisation d'une ressource locale en lien avec les besoins et enjeux du territoire :** ce critère donne la possibilité de mettre en avant des filières permettant de valoriser une ressource locale (telles que le bois énergie ou la méthanisation), ainsi que de favoriser certaines filières pour leur intérêt vis-à-vis des besoins (par exemple la géothermie est la seule filiale permettant de chauffer un bâtiment en hiver et de le climatiser en été de manière simple).

### Solaire thermique



### Bois énergie

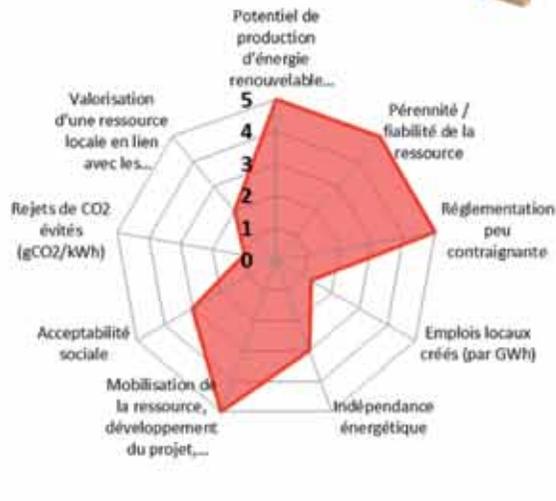


### Géothermie - PAC

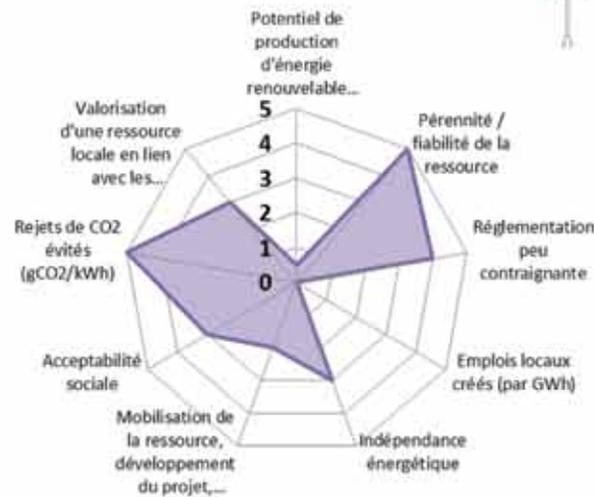


Figure 50 : Analyse multicritères des filières d'EnR – étude Axenne 2016.

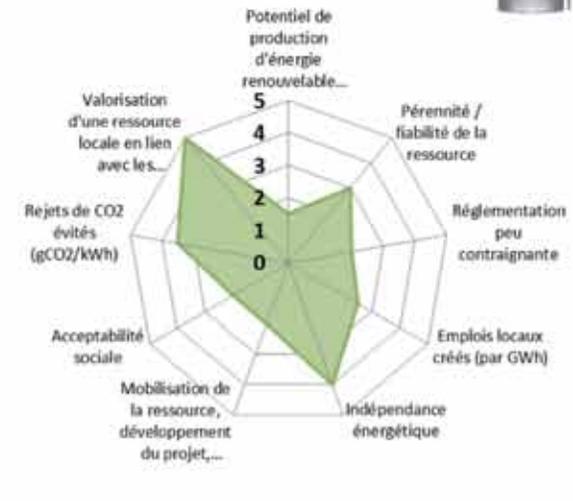
### Aérothermie - PAC



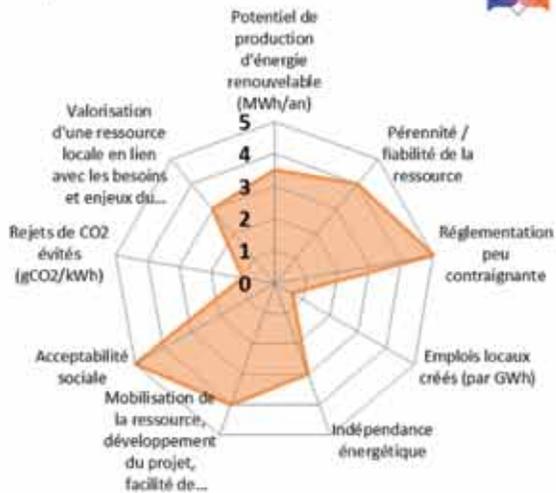
### Petit éolien



### Biogaz



### Récupération de chaleur fatale



### Hydrolien



### Photovoltaïque



**6 filières sont ainsi à privilégier** sur le territoire, au regard des gisements nets et des graphiques en radar ci-dessus :

- > **le photovoltaïque** semble la seule filière disposant d'un potentiel et de conditions favorables pour la production d'électricité ; la forte baisse des coûts de la filière solaire, la proximité du littoral bénéficiant d'un ratio d'ensoleillement important et la densité du bâti sur le territoire (résidentiel, tertiaire, industriel, commercial et logistique) offrent en effet des perspectives particulièrement intéressantes à cette filière.
- > pour la production de chaleur renouvelable **les filières solaire thermique, bois énergie, géothermie et la récupération de chaleur industrielle** sont à privilégier, avec un focus important sur les gisements de chaleur fatale d'origine industrielle et les opportunités de valorisation de résidus de biomasse issus de l'industrie agroalimentaire.
- > pour la production de biogaz, un projet territorial de **méthanisation** est en cours de développement, suite à l'analyse des gisements.

#### 2.4. Scénario tendanciel : 13 % d'EnR dans la consommation d'énergie finale en 2030

Le scénario tendanciel reflète la situation énergétique en 2030 sans aucune mesure prise par la collectivité pour favoriser les installations les plus vertueuses. Les maîtres d'ouvrage guident leur choix vers les solutions les plus simples et les moins onéreuses à l'achat. Dans cette hypothèse, les collectivités ne sont proactives sur le développement des énergies renouvelables ni pour leur propre patrimoine, ni en termes d'incitation auprès des autres acteurs.

Ainsi une bonne partie des filières énergies renouvelables ne seront pas valorisées à leur juste valeur pour les citoyens comme pour les collectivités :

- > l'énergie solaire thermique se maintient à un très faible niveau dans l'existant. Quelques opérations voient le jour dans les maisons neuves, du fait de l'article 16 de l'Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments.
- > le renouvellement des systèmes de chauffage au bois individuels et leur développement dans les constructions neuves suivent leur cours.
- > la géothermie n'est pas privilégiée par les maîtres d'ouvrages, ce sont les pompes à chaleur air/air et air/eau qui sont privilégiées.
- > les installations de micro-cogénération bois ne sont pas particulièrement développées.
- > le chauffe-eau thermodynamique (récupération de la chaleur fatale sur l'air vicié) poursuit une croissance de vente très importante, en remplacement des cumulus électriques traditionnels et dans les maisons neuves.

La production totale dans le cadre de ce scénario atteindrait « naturellement » **380 GWh/an** en 2030 contre 108 GWh/an à fin 2012. Si la consommation baisse de 7 % sur le territoire, la production d'énergie renouvelable atteint **13 %** de la consommation totale contre 3,6 % à fin 2013. Il est entendu que ces estimations tiennent compte des nouveaux occupants des constructions neuves et des actions de maîtrise de l'énergie sur les bâtiments existants.

Un deuxième scénario, dit « volontariste », qui sert de base à la stratégie de développement des ENR

de la CARENE est précisé dans le tome 2 – stratégie PCAET.

#### En conclusion : 3 bonnes raisons de développer les énergies renouvelables :

- > pour valoriser les ressources locales du territoire, créer de la richesse et des emplois non délocalisables (installation et maintenance) = Relocalisation de l'économie
- > pour produire de l'énergie décarbonée (Chaleur & Électricité) = Réduction des émissions de GES
- > pour renforcer l'indépendance énergétique du territoire = Réduction de la vulnérabilité du territoire à la fluctuation des prix mondiaux de l'énergie.



## Des réseaux de distribution et de transport d'énergie bien dimensionnés

### 3.1. Le réseau de gaz naturel

La quasi-totalité des communes du territoire est desservie en gaz naturel. Seule la commune de Besné n'est pas raccordée au réseau public de distribution. Le réseau est suffisamment dimensionné pour envisager la production de biogaz (réseau de distribution et de transport).

### 3.2. Les réseaux de chaleur

La carte ci-contre représente l'implantation des 4 réseaux de chaleur recensés sur le territoire, tous situés sur la commune de Saint-Nazaire.

#### 3.2.1. Trois petits réseaux existants

Le réseau de chaleur de la cité sanitaire de Saint-Nazaire a été mis en service en 2012 dans le cadre de la construction du centre hospitalier, qui en assure l'exploitation et la gestion. Pour l'heure, le réseau est circonscrit au périmètre de la cité sanitaire et son extension à des bâtiments externes n'a pas été envisagée. Toutefois, la puissance des installations permettrait de raccorder d'autres bâtiments. Ses principales caractéristiques sont regroupées dans le tableau ci-contre (Tableau 8) :



Figure 51 : Réseaux de chaleur recensés sur le territoire de la CARENE (source : Étude AXENNE 2016).

Tableau 8 : Caractéristiques du réseau de chaleur de la cité sanitaire (source : Direction Patrimoine et des Travaux Cité Sanitaire de Saint-Nazaire).

Puissance bois	3 200 kW
Puissance appoint gaz	8 500 kW
Consommation annuelle de bois	3 à 4 000 tonnes de plaquettes forestières

### Le réseau de chaleur et de froid de la base sous-marine de Saint-Nazaire

Mis en service en 2000, il alimente en chaleur et en eau glacée 2 sous-stations, sur une partie des alvéoles pour une longueur d'environ 200 mètres linéaires.

L'extension de ce réseau est contrainte par plusieurs facteurs technico-économiques, dont le détail est consultable dans l'étude AXENNE de 2016.

Ses principales caractéristiques sont regroupées dans le Tableau 9.

### 2 200 logements sociaux alimentés par 2 réseaux

SILENE, l'Office Public de l'Habitat intercommunal gère un ensemble de près de 9000 logements locatifs sur 11 communes, soit 90 % de l'offre locative sociale sur Saint-Nazaire et 80 % sur le territoire de la CARENE.

#### La Bouletterie

Ce réseau date des années 1970 et alimente sept groupes immobiliers pour un total de 1480 logements. Il est alimenté par trois chaudières gaz de 2x 4,5 MW et 2 MW (mises en service respectivement en 2010 et 1994). Il alimente 11 sous-stations, et est exploité par la société COFELY dans un contrat qui court jusqu'en 2028. Depuis la fin de l'année 2016, la chaufferie de la Bouletterie est dotée d'un système de cogénération.

Ses principales caractéristiques sont regroupées dans le Tableau 10.

Tableau 9 : Caractéristiques du réseau de chaleur et de froid de la base sous-marine (source : COFELY).

Puissance gaz	800 kW (chaleur)
Puissance élec.	400 kW <sub>e</sub> (froid-boucle sur eau de mer + pompe à chaleur) + 150 kW machine à absorption (secours)
Consommation annuelle	chaleur :   200 à   400 MWh/an froid : environ   000 MWh/an

Tableau 10 : Caractéristiques du réseau de chaleur de la Bouletterie (source : SILENE).

Puissance gaz	11 030 kW
Consommation annuelle	NC

Tableau 11 : Caractéristiques du réseau de chaleur de Kerlédé (source : SILENE).

Puissance gaz	5 350 kW
Consommation annuelle	7000 à 8000 MWh/an

#### Kerlédé

Ce réseau date de 1972 et alimente sept groupes immobiliers pour un total de 740 logements. Il est alimenté par deux chaudières gaz à cogénération de 3 MW et 2,3 MW (mises en service respectivement en 1991 et 1993). Il alimente 8 sous-stations, et est exploité par la société COFELY jusqu'en 2023.

Aucun projet d'extension n'est prévu à ce jour.

Ses principales caractéristiques sont regroupées dans le Tableau 11.

### 3.2.2. Projets de réseaux de chaleur

Plusieurs projets de réseaux bois énergie ont été étudiés sur le territoire au cours des dernières années et n'ont pas abouti pour des raisons principale-

ment économiques. Souffrant de la concurrence de bas prix du gaz, la réalisation de ce type de réseau est en effet conditionnée par son temps de retour sur investissement, qui est d'autant plus important que les projets concernent un nombre important de bâtiments/abonnés. L'étude des potentiels de développement de ces réseaux en amont permettra ainsi de mieux planifier le développement de ces réseaux pour en optimiser la rentabilité.

Un réseau de chaleur est notamment en réflexion à Montoir-de-Bretagne autour de la récupération de chaleur fatale de différentes entreprises (dont YARA, production d'engrais, et la SPEM, Centrale à Cycle Combiné Gaz). La chaleur fatale pourrait être utilisée par les sociétés voisines Cargill et Saipol, voire alimenter un réseau de chaleur qui pourrait également être relié au projet de méthanisation en cours de réalisation à Montoir, sur le site de la Barillais.

D'autres projets communaux de plus petite envergure sont également à l'étude, notamment autour des projets de rénovation des piscines de la CA-RENE, dont le profil de consommation de la chaleur constitue un socle intéressant pour asseoir la rentabilité d'une solution bois énergie, à condition que la taille des projets soit suffisante pour prétendre aux incontournables subventions du Fonds Chaleur.

Compte-tenu de sa taille, l'agglomération est aujourd'hui peu dotée en réseaux de chaleur. Cependant, plusieurs projets de réseaux de chaleur sont à l'étude ou ont été étudiés sur le territoire. Ces projets devront être approfondis dans les mois et années qui viennent, afin d'évaluer s'ils représentent des zones à enjeux pour le développement des EnR.

### 3.3. Le réseau électrique : ce que prévoit le S3REnr

L'essor massif des énergies renouvelables confère un rôle central au réseau de transport. Les flux d'électricité d'origine renouvelable, tout comme l'indispensable solidarité entre les territoires, guident l'évolution du réseau, en France et en Europe.

Les Schémas Régionaux de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables (S3REnr) sont des documents produits par RTE dans le cadre de la loi «Grenelle II» permettant d'anticiper et d'organiser au mieux le développement des ENR et leur intégration au réseau électrique. Ils analysent la capacité du réseau à intégrer les ENR.

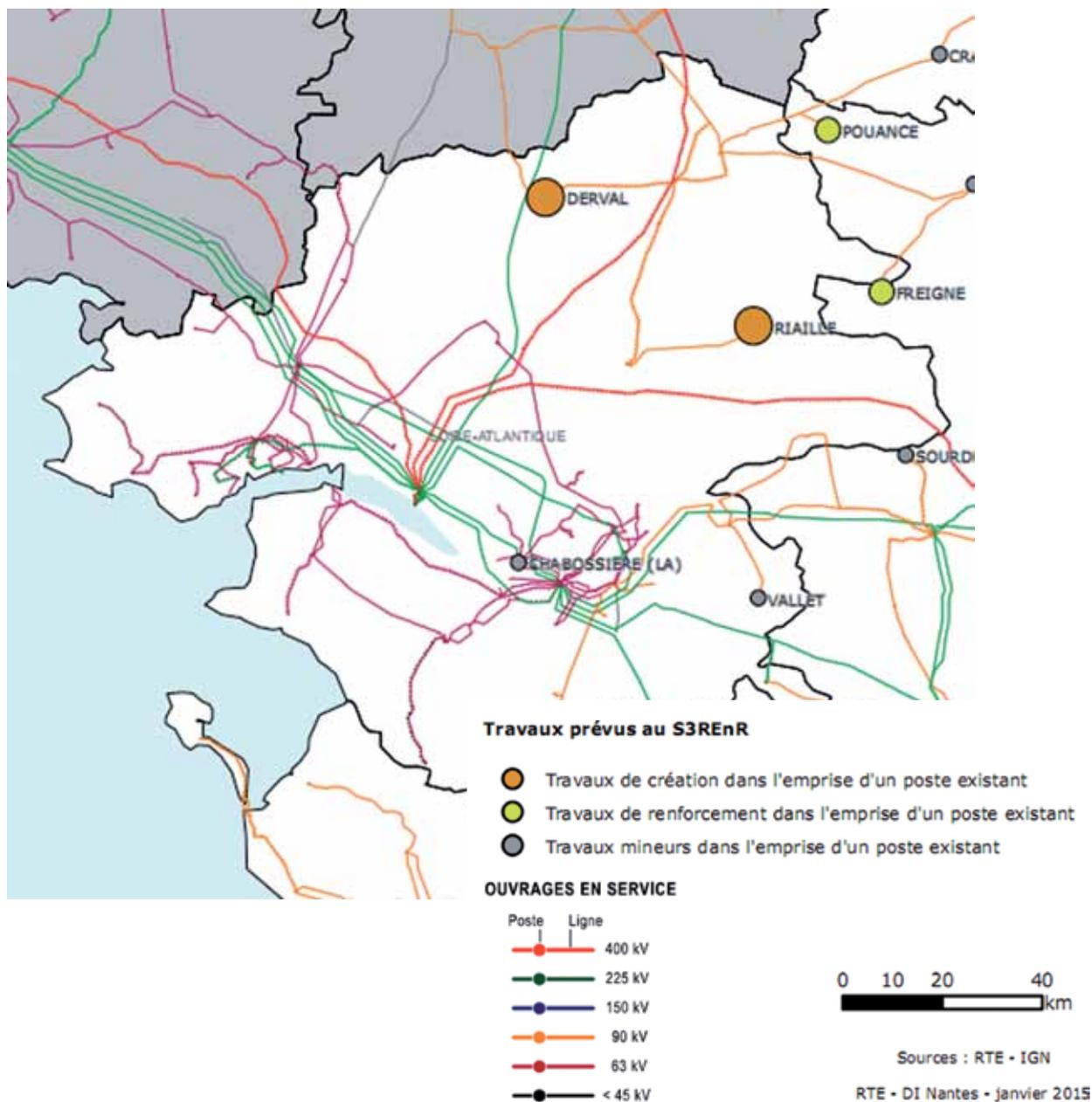


Figure 52 : Carte des travaux prévus dans le cadre du S3REnr.

### 3.3.1. Infrastructures à mettre en service

Le S3REnR (Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables) Pays de la Loire approuvé par le préfet de Région permet l'accueil de 1 372 MW :

- > un gisement de 1 267 MW permettant d'atteindre les objectifs du scénario 2 du SRCAE (dont 89 MW de puissance estimée pour le segment < 100 kVA)
- > 35 MW issus des objectifs des SRCAE Bretagne et Poitou-Charentes dont le raccordement sera réalisé sur la région Pays de la Loire
- > un surplus de 70 MW dégagé par les créations d'ouvrages.

Le schéma indique les travaux de renforcement des réseaux électriques prévus et nécessaires à l'atteinte de ces objectifs. Aucun chantier n'est prévu sur le territoire de la CARENE.

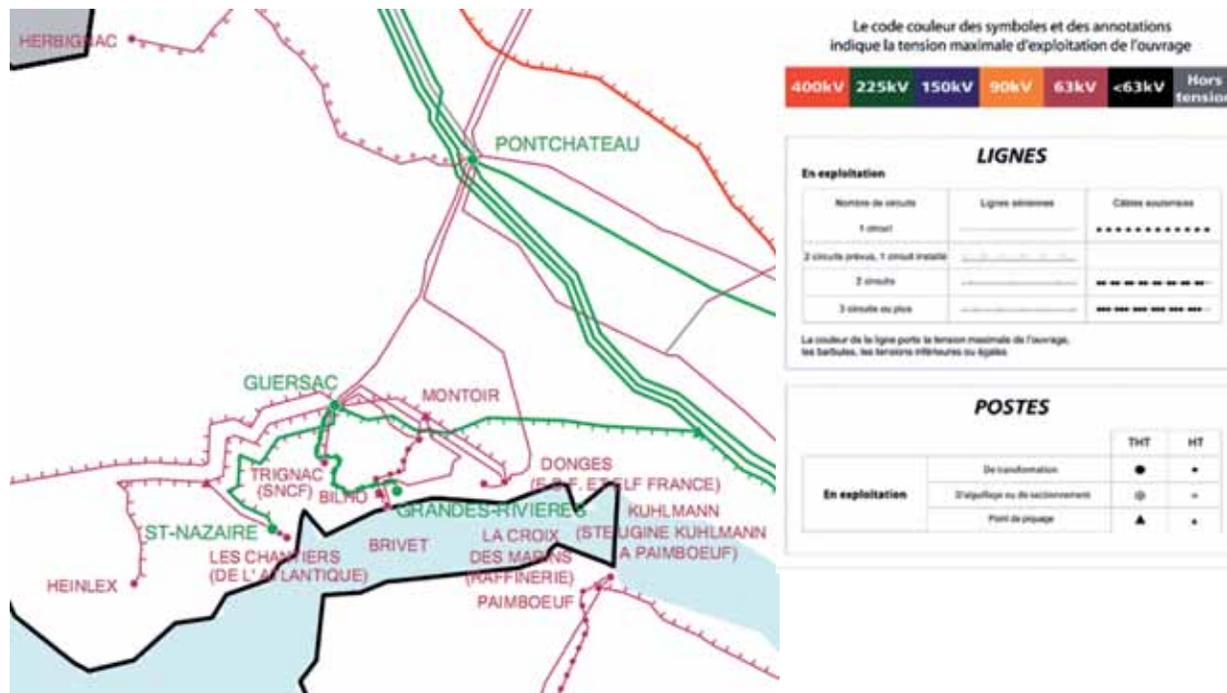


Figure 53 : Carte du réseau électrique et des postes sources du territoire.

### 3.3.2. Postes sources du territoire

Le SR3EnR fournit les volumes d'EnR en service et en file d'attente des postes sources ainsi que les capacités d'accueil pour les projets importants (> 5 MW) qui se raccorderaient, et les capacités réservées par postes sources pour les projets (> 5 MW) identifiés et les projets diffus (minimum 1 MW réservé par poste pour les projets photovoltaïques).

L'implantation des postes sources sur le territoire, ainsi que leurs capacités respectives d'accueil théorique en transformation, et réservées (en date du 21/08/2017) sont représentées sur la Figure 53 et le Tableau 12.

Tableau 12 : Capacités du réseau pour le raccordement des projets EnR (> 5 MW). Source : RTE capareseau.fr, mise à jour du 21/08/2017.

Poste source	Volume d'EnR terrestre en service (en MW)	Volume d'EnR terrestre en file d'attente (en MW)	Capacité théorique d'accueil en transformation (MW)	Capacité réservée (en MW)
HEINLEX	1,6	0,1	82	1
SAINT-NAZAIRE	1,5	0,1	82	1
DONGES	1,5	0,1	82	10

Globalement, le réseau électrique est bien dimensionné sur le territoire de l'agglomération mais l'intégration massive d'EnR impliquerait de l'optimiser afin de limiter les coûts de renforcement du réseau.

## 4



## Émissions de Gaz à Effet de Serre : des efforts à poursuivre

L'effet de serre est un phénomène naturel et nécessaire participant à l'équilibre bioclimatique de la planète. Or, les activités humaines sont à l'origine d'émissions de GES dites « anthropiques ». Ces émissions supplémentaires modifient peu à peu la composition de l'atmosphère, plus concentrée en GES, et accentuent l'effet de serre. C'est cette augmentation de l'effet de serre qui est à l'origine du réchauffement climatique.

Si la part des émissions anthropiques dans le total des émissions de GES est relativement faible, l'impact de ces émissions additionnelles sur le climat via l'accroissement de l'effet de serre est, lui, important.

La liste des gaz à effet de serre anthropiques a été établie par le Protocole de Kyoto en 1997 :

- > dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).
- > méthane (CH<sub>4</sub>).
- > oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O).
- > hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>).
- > hydrofluorocarbures (HFC).
- > perfluorocarbures (PFC) ou hydrocarbures perfluorés.
- > trifluorure d'azote (NF<sub>3</sub>).

En cohérence avec le décret et l'arrêté relatifs au PCAET, les émissions de GES liées à la production d'électricité et de chaleur sont comptabilisées au niveau des secteurs utilisateurs (résidentiel, tertiaire, etc.). Les émissions de la raffinerie sont quant à elles intégrées aux résultats d'émissions de GES de la branche énergie, ce qui induit d'importantes émissions de GES responsables du fort taux par habitant observé sur la CARENE (16 teqCO<sub>2</sub>/hab.) par rapport aux territoires du SCOT, de la Loire-Atlantique ou de la Région (respectivement 6, 7 et 8 teqCO<sub>2</sub>/hab.).

Tableau 13 : Émissions de GES par habitant pour la CARENE, le Pôle métropolitain, la Loire Atlantique et la Région Pays de la Loire – BASEMIS année 2014.

	Population (hab.)	Émissions de GES		Émissions de GES (hors branche énergie)	
		(kteq CO <sub>2</sub> )	(teqCO <sub>2</sub> /hab)	(kteq CO <sub>2</sub> )	(teqCO <sub>2</sub> /hab)
CARENE	122 000	1 988	16	679	6
Pôle métropolitain	850 000	5 313	6	4 001	5
Département	1 343 000	9 327	7	8 013	6
Région Pays de la Loire	3 689 000	30 267	8	28 934	8

### 4.1. Répartition des émissions de GES par secteur

Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) du territoire sont nettement dominées par le secteur de production d'énergie (raffinerie de pétrole, terminal méthanier gaz). Le fort pourcentage des émissions de GES de la branche **énergie** (66 %) est dû à la présence de la raffinerie pétrolière sur la commune de Donges et diminue fortement en proportion de la contribution des autres secteurs au total des émissions de GES.

Sans occulter l'impact et le rôle de la CARENE dans la réduction des émissions de GES de ce secteur, une analyse sans prendre en compte ce secteur est nécessaire pour identifier les autres enjeux du territoire.

Le **secteur agricole** de la CARENE ne représente que 2 % des émissions de GES (contre 37 % en Pays de la Loire). Ce faible impact est lié à la relative rareté des terres agricoles de la CARENE par rapport au reste de la région, ainsi qu'au type de filière qui domine sur le territoire : un élevage bovin très extensif. Ce constat est très variable en fonction des communes, comme en témoigne la carte de la page suivante (Figure 56).

Le caractère **industriel** de la CARENE est mis en avant dans le graphique hors **branche énergie** à hauteur de 16 % (11 % pour le Pôle métropolitain et 13 % pour les Pays de la Loire).

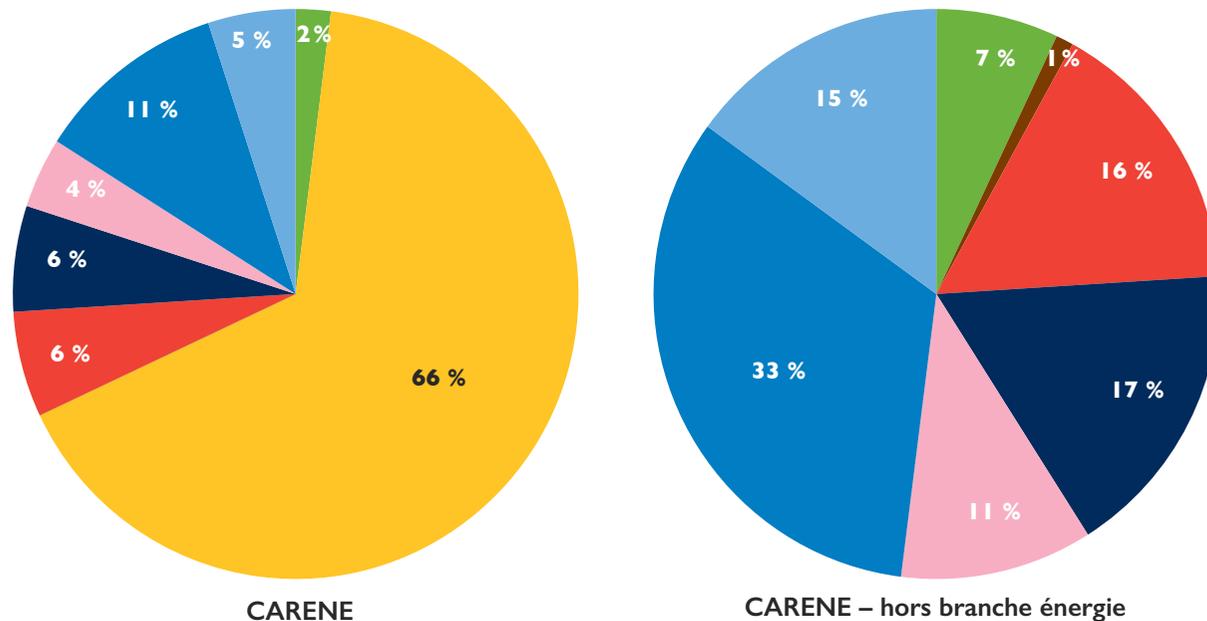


Figure 54 : Répartition des émissions de GES par secteur avec et sans branche énergie – BASEMIS 2014.

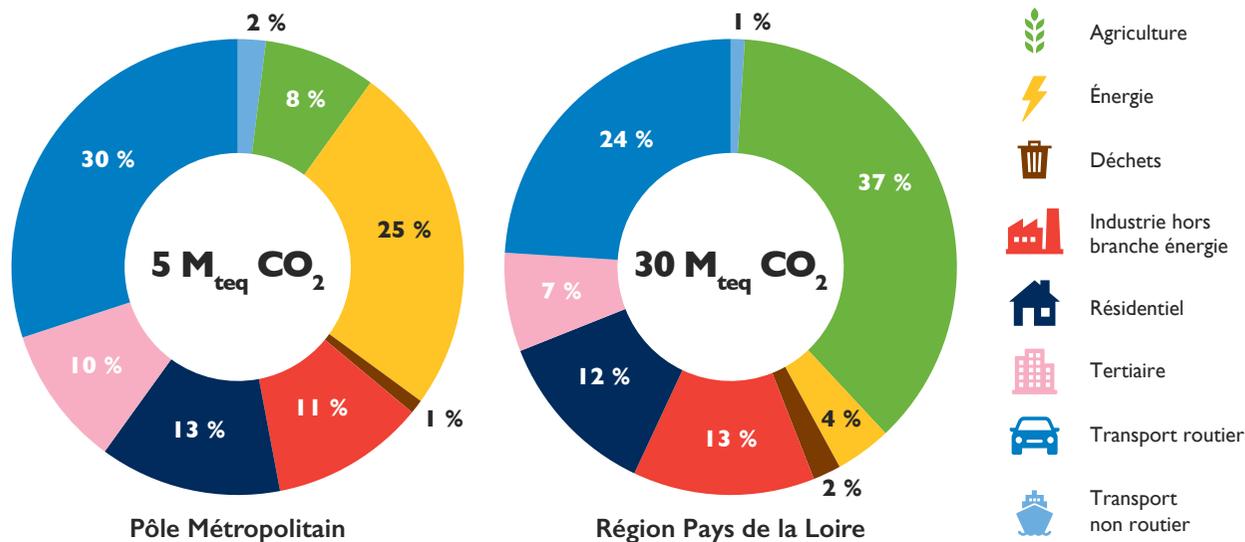


Figure 55 : Répartition des émissions de GES par secteur du Pôle métropolitain et de la Région Pays de la Loire – BASEMIS 2014.

- > Le **secteur agricole** est important dans les communes de **Besné** (40 %), **Saint-Malo-de-Guersac** (36 %) et **Saint-André des Eaux** (35 %). Ces communes ont effectivement des surfaces agricoles utiles importantes sur leurs territoires : respectivement 55 %, 56 % et 41 % (RGA, 2010).
- > 67 % des émissions de GES de **Trignac** sont imputées au secteur des **transports routiers**. Le passage des RD213 et RN171 explique ce résultat.
- > Les émissions de **Donges** sont dues à la présence de la **raffinerie pétrolière** qui concentre 94 % des émissions de GES de la commune. De plus, les **escales des navires pétroliers** représentent près de 3 % des émissions de GES de la commune (41 % hors branche énergie).
- > Les industries fortement émettrices (YARA, Cargill et dans une moindre mesure, AIRBUS) présentes à **Montoir-de-Bretagne** contribuent à 27 % des émissions de GES de la commune, et représentent 49 % des **émissions industrielles** de la CARENE (contre 75 % en 2008).
- > Montoir-de-Bretagne doit également 24 % de ses émissions de GES au secteur de la **branche énergie** (activités du terminal méthanier).

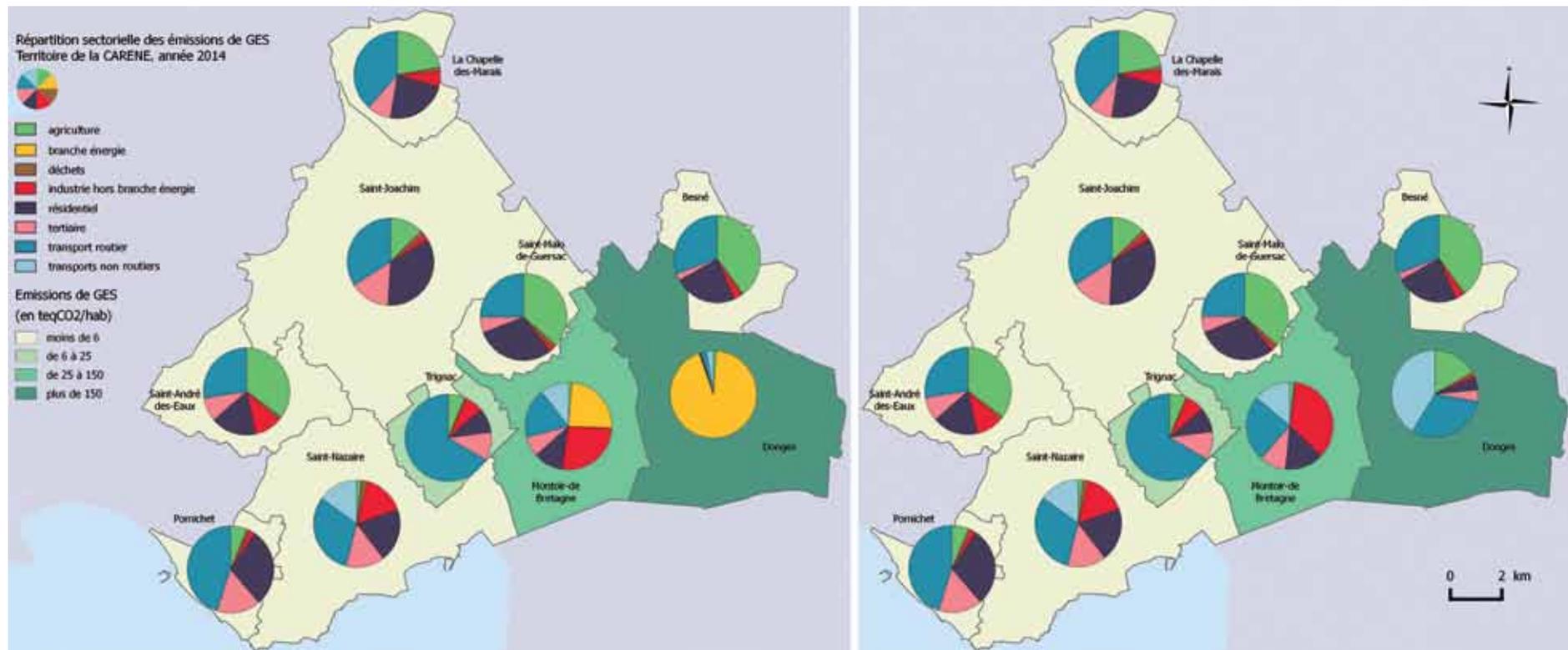


Figure 56 : Répartition sectorielle et communale des émissions de GES avec et sans secteur de la production d'énergie – BASEMIS 2014.

## 4.2. Évolution des émissions de GES

Les émissions de GES de la CARENE ont **diminué de 17 % entre 2008 et 2014**.

Le **secteur industriel** connaît une diminution de ses émissions de - 57 % entre 2008 et 2014, en lien notamment avec les émissions de Yara : l'entreprise s'est engagée à réduire ses émissions de GES de manière significative pour aller de pair avec sa politique de développement durable.

Les émissions de GES du **secteur résidentiel** suivent les évolutions des consommations d'énergie en lien avec la rigueur climatique.

Le **secteur tertiaire** fait apparaître une baisse sur l'ensemble de la période des émissions de GES liée à la diminution de ses consommations d'énergie.

Le **secteur des transports non routiers** connaît une augmentation importante en 2013 en lien avec l'activité du Grand Port Maritime de Nantes – Saint-Nazaire.

Pour une question de lisibilité, le secteur de la branche énergie n'est pas représenté sur le graphique. Ses émissions ont diminué de 16 % entre 2008 et 2014. Elles sont principalement liées à la raffinerie de Donges, ainsi qu'au terminal méthanier.

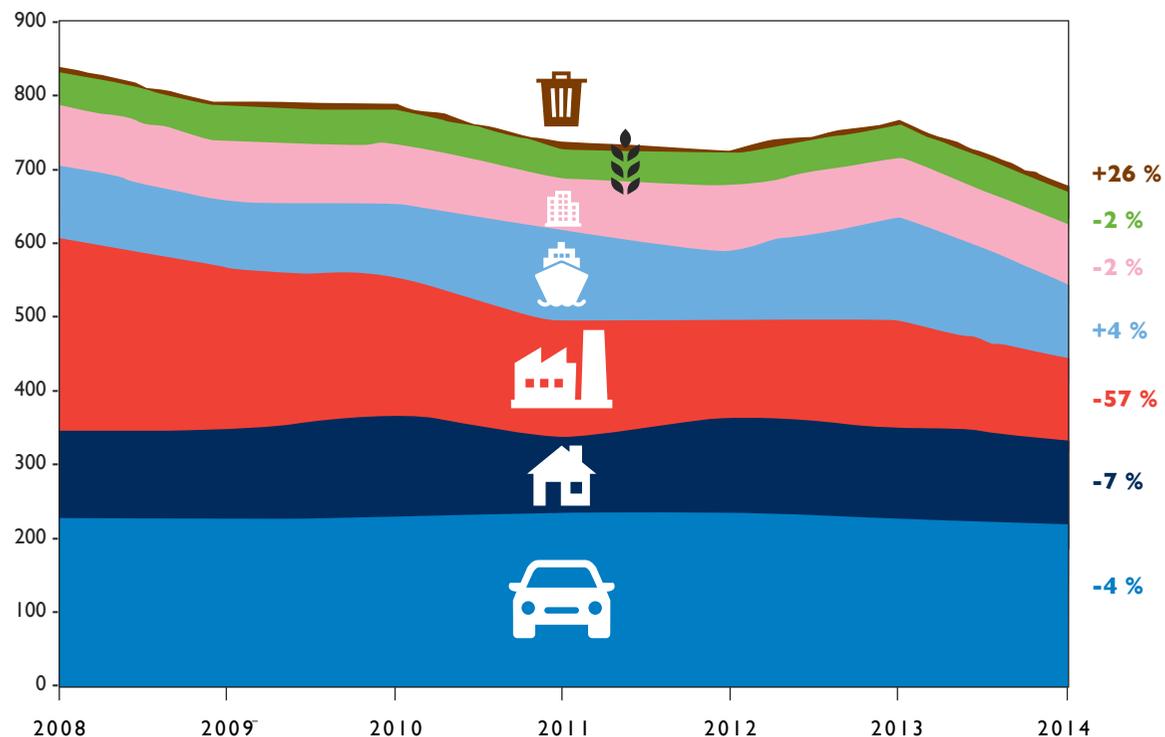


Figure 57 : Évolution des émissions de GES de la CARENE par secteur (kteq CO<sub>2</sub> hors branche énergie) entre 2008 et 2014 – BASEMIS 2014.

## 5

## Stockage du carbone : des incertitudes, mais une diminution des capacités liée à l'urbanisation

La capacité de stockage du carbone correspond à la capacité des surfaces à absorber et contenir une partie du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) contenu dans l'atmosphère. Ce service écosystémique concourt directement à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et diffère selon la nature des surfaces. Les surfaces en eau ainsi que les zones humides enregistrent les capacités les plus élevées. Viennent ensuite les espaces forestiers, les prairies naturelles, les espaces agricoles et pour finir les surfaces urbanisées, à la plus faible capacité de stockage du carbone.

Le piégeage du carbone (ou stockage) dans les sols et dans l'eau est un processus long (plus de 20 ans en moyenne pour atteindre le maximum de capacité de stockage d'une surface), qui se voit perturbé lorsque l'Homme aménage le territoire : l'évolution de l'occupation des sols influe sur cette capacité, notamment de façon négative au travers de l'étalement urbain mais aussi selon le type de cultures agricoles pratiquées. Le déstockage (ou émissions) sera d'autant plus grand si des surfaces nouvellement artificialisées se trouvent être d'anciennes zones humides, ou boisées. Selon le niveau d'imperméabilisation des sols, le carbone peut ainsi se trouver partiellement à totalement déstocké, et ne peut plus être absorbé par ceux-ci.

Pour apprécier ces flux de stockage/déstockage à travers le temps passé et futur, il a été mobilisé les millésimes 1999 et 2012 de la base de données des modes d'occupations du sol (dite BDMOS), produite par le Conseil départemental de Loire Atlantique, ainsi que l'enveloppe maximale des secteurs à projet, identifiés lors de l'élaboration du zonage du PLUi de l'agglomération. En croisant ces données avec celles de la Base Carbone de l'ADEME, concernant les estimations de déstockage des sols (par types d'occupation) lorsque artificialisés, nous pouvons tenter d'estimer et de territorialiser l'impact de l'artificialisa-

tion sur la capacité de piégeage du CO<sub>2</sub> du territoire. Néanmoins, certaines limites dans la précision des données sont à prendre en compte.

### Limites de l'exercice de quantification du déstockage carbone

- > La BDMOS est issue de la photo-interprétation d'images aériennes : la qualité des photographies servant à sa construction a beaucoup évolué avec le temps et la performance des appareils. Des imprécisions pour les millésimes les plus anciens sont à prendre en compte. A la marge, certaines largesses lors de la numérisation des parcelles peuvent générer des écarts de surfaces entre les millésimes. La BDMOS n'a fait l'objet d'aucune mise à jour depuis le millésime de 2012. Il existe donc un blanc dans les données chiffrées présentées dans le Tableau 14, entre l'année 2012 et celle de 2019, année de mise en application du PLUi de la CARENE.
- > La saisonnalité des cultures ne peut être appréciée via cette base de données d'occupation des sols, qui fournit une photographie du territoire à un instant donné. Certaines parcelles agricoles peuvent ainsi passer d'une année à l'autre dans la catégorie des prairies naturelles et assimilés, introduisant ainsi un biais dans l'identification des espaces ruraux qui

peut tendre à minimiser la tendance à la baisse des capacités de stockage totales de l'agglomération ainsi que l'influence réelle de l'artificialisation des sols sur cette capacité.

- > Les estimations de flux de déstockage du carbone sont des moyennes pour lesquelles une forte incertitude subsiste (marge d'erreur d'environ 70 % sur l'ensemble des valeurs de déstockage fournies par l'ADEME). A ce titre, les valeurs de déstockage estimées lors de l'artificialisation de prairies naturelles sont plus d'une fois et demie supérieures à celles des espaces cultivés, qui comme évoqué précédemment, peuvent aisément être confondus avec des prairies naturelles, d'une année ou d'une saison à l'autre.

## Résultats

Selon l'exploitation des millésimes 1999 et 2012 de la BDMOS ainsi que l'enveloppe maximale des secteurs à projet, il apparaît que **la capacité d'absorption du CO<sub>2</sub> de l'agglomération est en diminution. Une diminution liée à l'extension des surfaces artificialisées, qui devrait continuer dans la décennie à venir,**

**mais à un rythme moindre, du fait du zonage du Plan Local d'Urbanisme intercommunal.** Ce dernier, en cours de finalisation au moment de la réalisation du présent diagnostic, identifie l'enveloppe maximale des secteurs à projet d'aménagement de l'agglomération. L'enveloppe est dite maximale car ne pouvant qu'être réduite en surface d'ici l'adoption définitive du PLUi (programmée pour 2019). La réduction de cette enveloppe s'inscrit dans la volonté de maîtrise de l'étalement urbain, conformément aux objectifs du Schéma de Cohérence Territoriale de Nantes Saint-Nazaire. Les objectifs du PLUi pour une gestion économe et responsable de l'espace affirment cette volonté en visant la réduction de la consommation des espaces agricoles, naturels et forestiers de 35 % par rapport aux extensions de l'urbanisation (à vocation résidentielle ou économique) observées entre 1999 et 2012.

L'artificialisation projetée à 2032 (Tableau 14 et Figure 58) est donc une projection pessimiste du déstockage carbone qu'est susceptible de connaître le territoire. L'ensemble des surfaces de secteurs à projet ne fera pas l'objet d'une artificialisation/imperméabilisation : soit car non retenues in fine, soit car

à vocation mixte ou de loisirs, préservant ainsi certains boisements ou prairies en présence. La période projetée verra moins d'espaces naturels et agricoles artificialisés que celle de 1999 à 2012 : 547 hectares maximum contre 708, **soit une diminution déjà identifiable d'environ 23 % de consommation d'espace,** devant atteindre 35 % pour être en conformité avec les objectifs du SCoT.

**Côté déstockage du carbone, la diminution projetée est de l'ordre de 19 % par rapport à la période passée** (entre 1999 et 2012 : -184 300 TeqCO<sub>2</sub> de 2019 à 2032 : -49 854 TeqCO<sub>2</sub>).

Sur la période passée, le déstockage annuel moyen du carbone des sols représente l'équivalent de 2 % des émissions totales de CO<sub>2</sub> de la CARENE (hors branche énergie).

L'analyse des occupations du sol d'origine des secteurs à projet met également en évidence la volonté de préservation des milieux humides et aquatiques, dont les surfaces se sont réduites de 38 hectares entre 1999 et 2012, contre seulement 0,4 hectare dans la projection à 2032. Encore une fois, les valeurs

Tableau 14 : L'artificialisation des sols de l'agglomération entre 1999 et 2012.

Artificialisation des sols et déstockage carbone	Déstockage moyen par occupation du sol d'origine en teq CO <sub>2</sub> /ha	Période passée 1999-2012 (13 années)			Période projetée 2019-2032 (13 années)		
		Surfaces concernées sur la période (en ha)	Déstockage total sur la période (en teq CO <sub>2</sub> )	Déstockage annuel moyen sur la période (en teq CO <sub>2</sub> /an)	Surfaces potentiellement concernées sur la période (en ha)	Déstockage total sur la période (en teq CO <sub>2</sub> )	Déstockage annuel moyen sur la période (en teq CO <sub>2</sub> /an)
Milieux humides vers sols artificialisés	NC, bien que supérieur aux autres modes d'occupation	38	?	?	0,4	?	?
Forêt vers sols artificialisés	-290	70	-20 300	-1 562	81,4	-23 606	-1 816
Prairie vers sols artificialisés	-290	500	-145 000	-11 154	378,6	-109 794	-8 446
Culture vers sols artificialisés	-190	100	-19 000	-1 462	86,6	-16 454	-1 266
<b>Total</b>	<b>/</b>	<b>708</b>	<b>-184 300</b>	<b>-14 177</b>	<b>547</b>	<b>-149 854</b>	<b>-11 527</b>

## L'artificialisation de l'agglomération nazairienne de 1999 à 2012 et projetée à 2032

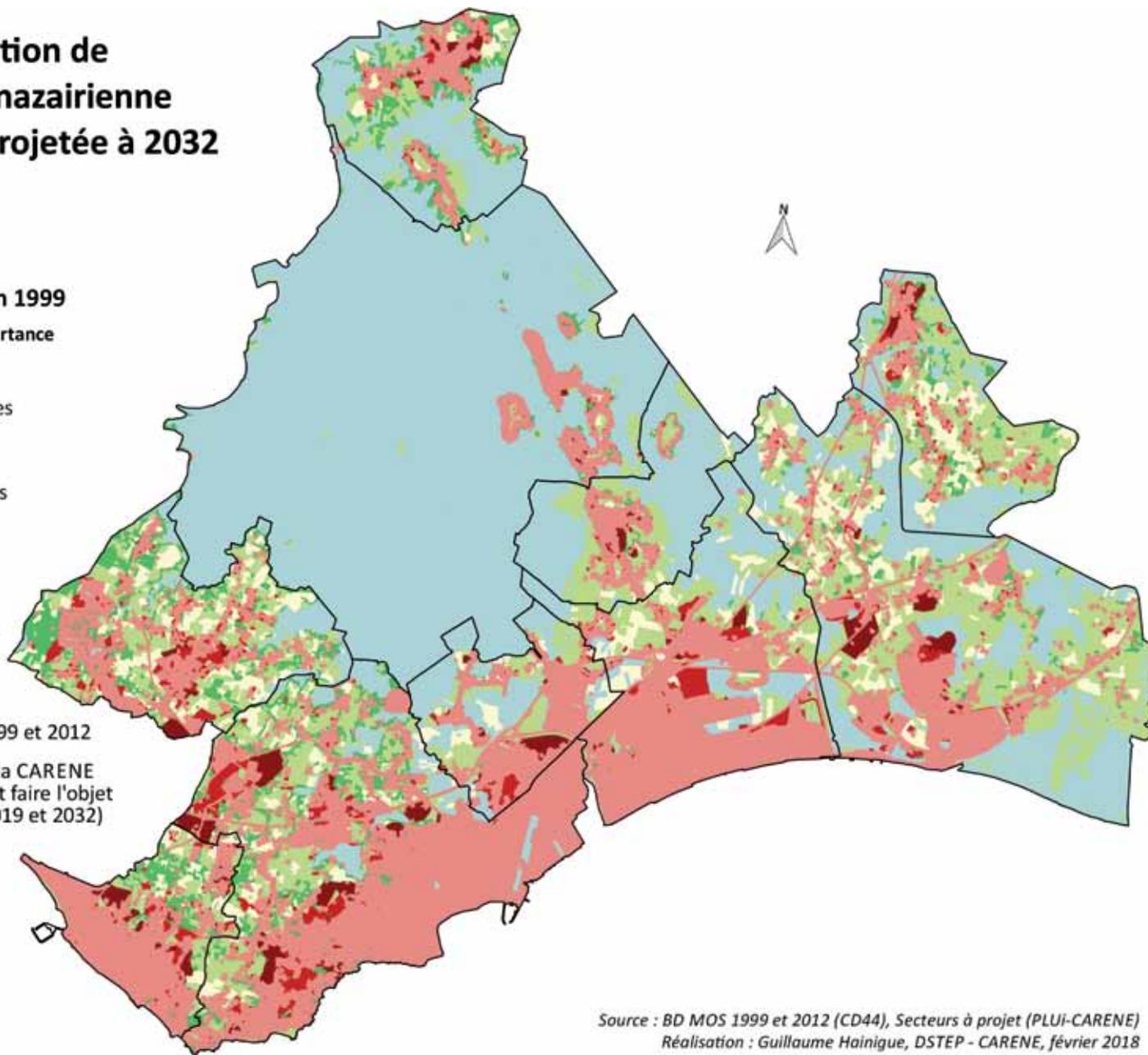
**Modes d'occupation du sol en 1999**  
classés par ordre décroissant d'importance estimée de leur stock carbone

- Milieux humides et aquatiques
- Forêts
- Prairies naturelles et assimilés
- Cultures

**L'artificialisation des surfaces**

- Espaces artificialisés en 1999
- Espaces artificialisés entre 1999 et 2012
- Secteurs à projet du PLUi de la CARENE (enveloppe maximale pouvant faire l'objet d'une artificialisation entre 2019 et 2032)

0 2 4 km

Source : BD MOS 1999 et 2012 (CD44), Secteurs à projet (PLUi-CARENE)  
Réalisation : Guillaume Hainigue, DSTEP - CARENE, février 2018

Figure 58 : L'artificialisation des sols de l'agglomération entre 1999 et 2012.

de projection pour la période 2019-2032 décrivent un scénario exagéré, impliquant que la totalité des surfaces de secteurs à projet soit artificialisée.

L'importante marge d'erreur accompagnant les données estimées de capacité de stockage par typologie des sols invite à la prudence dans la formulation de conclusions. **Un approfondissement de la connaissance est nécessaire** pour pouvoir quantifier fidèlement le de carbone contenu dans les sols, et les flux entraînés par changements d'occupation.

Toujours est-il que le rôle du PLUi, en matière de planification de l'aménagement du territoire, reste fondamental dans le contrôle de l'imperméabilisation des sols, et donc dans le maintien des capacités de stockage du carbone dans ces derniers.

L'enveloppe des secteurs à projet ainsi que leurs vocations, pourront faire l'objet d'un suivi particulier, au travers des actions du Plan Climat Air Énergie Territorial, afin de :

- > **maîtriser l'artificialisation et l'imperméabilisation des sols en vue de pérenniser ce service écosystémique**
- > **de préserver le stock de carbone existant et la capacité de stockage du carbone dans les sols et la biomasse du territoire**





## Pollution atmosphérique : une nette amélioration de la qualité de l'air mais quelques points noirs

La pollution de l'air est un ensemble de gaz et de particules en suspension présents dans l'air (intérieur ou extérieur) dont les niveaux de concentration varient en fonction des émissions et des conditions météorologiques. Lorsqu'ils sont d'origine anthropique, ils proviennent par exemple des installations de chauffage, des véhicules à moteur ou des activités industrielles ou agricoles.

### Bilan de la qualité de l'air issu des stations de mesure d'Air Pays de la Loire

Les concentrations moyennes observées à Saint-Nazaire ont diminué de 13 à 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le dioxyde d'azote et de 26 à 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les particules fines entre 2010 et 2015. Les concentrations d'ozone sont quant à elles stables et s'élèvent à environ 61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2015.

En 2015 à Saint-Nazaire, le seuil d'information a été dépassé pendant 7 jours pour les particules fines et 1 jour pour l'ozone.

L'indice de qualité de l'air atteint un niveau moyen ou mauvais 21 % de l'année, essentiellement entre février et juin. Les valeurs réglementaires « longs termes » ont été respectées à l'exception de l'objectif de qualité pour l'ozone.

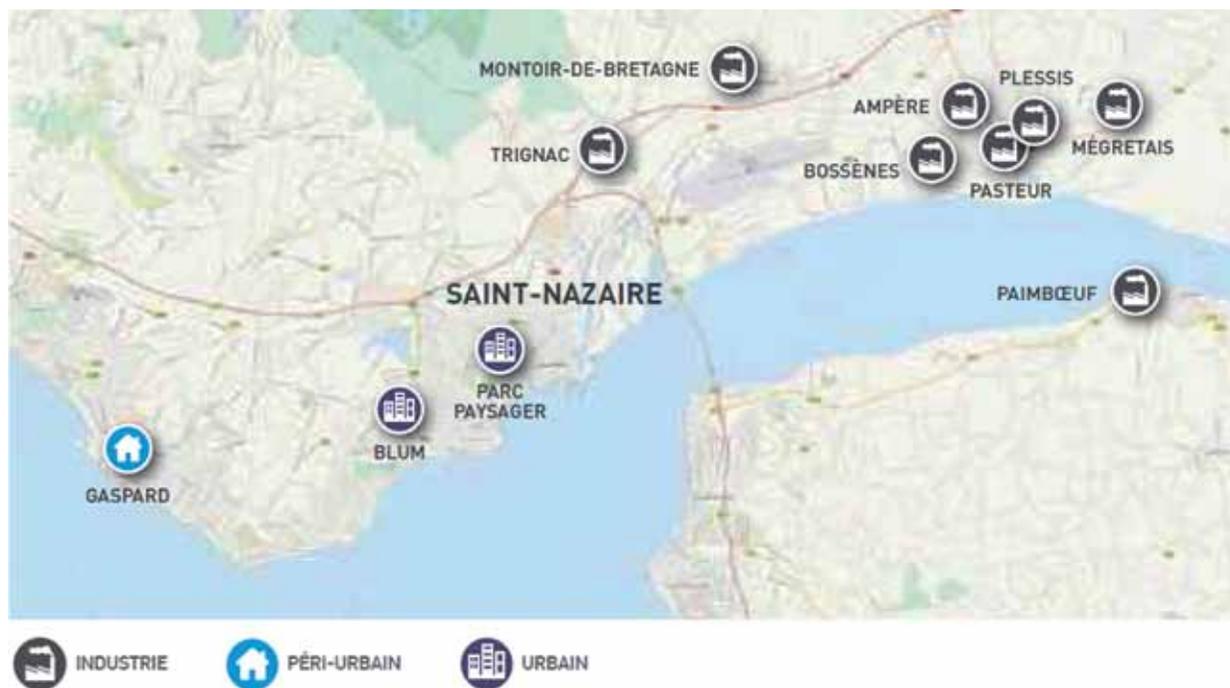


Figure 59 : Réseau de surveillance à Saint-Nazaire – Rapport annuel Air Pays de la Loire 2016.

Il est important de distinguer **concentrations de polluants et émissions de polluants**. Les émissions de polluants correspondent aux quantités de polluants directement rejetées dans l'atmosphère par les activités humaines ou naturelles exprimées en kilogrammes ou tonnes par an ou par heure. **Les concentrations de polluants** caractérisent la qualité

de l'air que l'on respire, et qui s'expriment le plus souvent en microgrammes par mètre cube ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Au niveau local, Air Pays de la Loire, association de surveillance de la qualité de l'air, suit tout au long de l'année des concentrations des principaux polluants atmosphériques sur le territoire de la CARENE.

## 6.1. Les trois grands enjeux de la pollution de l'air

### 6.1.1. Les enjeux sanitaires : maladies respiratoires, troubles cardio-vasculaires, effets cancérigènes

Si l'impact de la pollution atmosphérique au niveau individuel paraît faible en comparaison à d'autres facteurs de risque, multiplié par la population exposée, il devient considérable. Troisième cause de décès prématurés en France (après le tabac et l'alcool), la pollution atmosphérique est alors un enjeu de santé public à part entière.

À court-terme, même à de faibles niveaux, l'exposition aux polluants peut provoquer des symptômes irritatifs au niveau des yeux, du nez et de la gorge mais peut également favoriser la survenue d'un infarctus du myocarde, aggraver des pathologies respiratoires chroniques (asthme, bronchite...), voire provoquer le décès. A long terme, la pollution atmosphérique peut induire des effets sanitaires comme la survenue d'un cancer du poumon, d'une maladie cardiorespiratoire, d'une naissance prématurée, d'une altération de la fonction cognitive chez l'enfant ou d'une démence chez les personnes âgées. (Source : Santé publique France).

Parmi les polluants suivis, les **particules fines** doivent faire l'objet d'une attention particulière par l'effet sanitaire qu'elles représentent, elles peuvent pénétrer et se loger en profondeur dans les poumons. Même à faible concentration, la pollution aux petites particules a une incidence sanitaire; en effet, on n'a identifié aucun seuil au-dessous duquel elle n'affecte en rien la santé (Source : OMS).

1 870 décès dus à la présence de particules fines pourraient être évités chaque année en Pays de la Loire (soit une baisse de 7 % de la mortalité) [Santé Publique France – 2016].

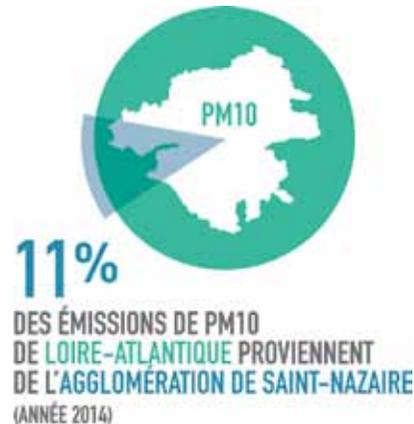


Figure 60 : Part des émissions de PM10 provenant de l'agglomération nazairienne en 2014 par rapport à la Région Pays de la Loire – Rapport annuel Air Pays de la Loire 2016.

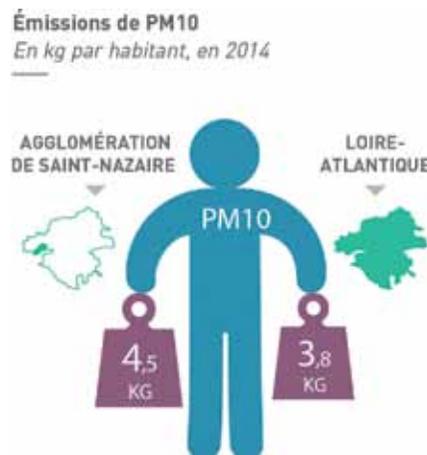


Figure 61 : Émissions de PM10 (en kg/habitant, en 2014) pour l'agglomération nazairienne et la Loire-Atlantique – Rapport annuel Air Pays de la Loire 2016.

### 6.1.2. Les enjeux environnementaux : agriculture, modification des écosystèmes, pluies acides

La pollution de l'air peut avoir des impacts sur l'agriculture et les écosystèmes. L'agriculture est à la fois impactante et affectée par la pollution de l'air, notamment au niveau de la production et qualité des produits. Oxydant puissant, l'ozone agit sur les processus physiologiques des végétaux, notamment sur la photosynthèse, ce qui provoque des baisses de production des cultures et des forêts. Les pertes de rendement qui en résultent (de 3 à 20 % selon les cultures) représentent un enjeu économique important en Europe. Elles peuvent en outre constituer dans certains pays une menace supplémentaire sur l'approvisionnement alimentaire. L'exposition à l'ozone, aggravée par les pics d'ozone et l'augmentation de son niveau de fond, concerne non seulement la périphérie des villes et les régions industrielles mais aussi l'ensemble du territoire. L'impact sur les écosystèmes : de fortes concentrations de certains polluants peuvent conduire à des nécroses visibles sur les plantes et entraîner une réduction de la croissance des plantes. Elle peut également contribuer aux phénomènes de pluies acides qui, en liaison avec d'autres facteurs (sécheresse, parasites...) entraînent le dépérissement des forêts et la dégradation des sols. Des études mettent en avant le phénomène « d'eutrophisation », lié à la pollution de l'air extérieur, notamment via l'impact sur les écosystèmes de l'excès de dépôt d'azote.

Sources : Airparif et Ministère de la transition écologique et solidaire.

### 6.1.3. Les enjeux financiers : 460 euros par habitant par an en France

Le coût de la pollution de l'air a des composantes financières et non financières. Ces composantes sont encore appelées respectivement coûts marchands et coûts non marchands ou coûts tangibles et coûts intangibles. Les coûts tangibles sont ceux qui se prêtent facilement à une valorisation monétaire ; ceux pour lesquels un prix de marché existe. Par exemple, une bronchite supplémentaire causée par la pollution de l'air se traduit par des coûts financiers induits par une visite chez le médecin, l'achat de médicaments, un arrêt maladie, etc. Elle se traduit également par une certaine souffrance, de l'anxiété et un mal-être chez l'individu du fait de son état de santé. Il s'agit de coûts humains et psychologiques non tangibles liés à la perte du bien-être et de la qualité de vie ressentie par l'individu et pour laquelle il n'existe pas de prix de marché. Seules les composantes financières se traduisent par des dépenses effectives. Les coûts non marchands sont bien évidemment beaucoup plus difficiles à évaluer. Leur évaluation nécessite de faire appel à des valeurs de référence dont l'élaboration est fortement déterminée par des choix de société. Ils nécessitent néanmoins d'être pris en compte au risque de sous-estimer considérablement les bénéfices que la société tire d'une politique d'amélioration de la qualité de l'air. (Ministère de la transition écologique et solidaire).

En 2012, le Commissariat Général au Développement Durable chiffrait le coût de la pollution par les particules sur la santé entre 20 et 30 Mds€ par an. 13 à 21 Mds€ sont attribuables à la mortalité. Dernièrement (2016), le rapport de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economiques) sur les performances environnementales de la France

estime le coût de la mortalité liée à la pollution par les particules fines à près de 51 Mds€ par an. Une commission d'enquête du Sénat a estimé à 100 milliards d'euros par an le coût de la pollution à la société française [2016]. Les seuls coûts sanitaires de la pollution de l'air extérieur en France (estimés à partir du nombre d'hospitalisations cardiaques, respiratoires et décès qui auraient pu être évités si les normes de la qualité de l'air avaient été respectées) ont été estimés dans une fourchette de 20 à 30 milliards d'euros par an (sans prendre en compte les dommages à l'environnement), ce qui représente environ 460 euros par habitant et par an. Par ailleurs, les particules contribuent aux salissures des bâtiments et des monuments, à la contamination des sols et des aliments et perturbent l'équilibre biologique des organismes vivants.

### Un Plan de Protection de l'Atmosphère Nantes – Saint-Nazaire

Les plans de protection de l'atmosphère (PPA) sont des plans d'actions en faveur de la réduction des émissions de polluants dans l'air afin de maintenir les concentrations en deçà des valeurs limites réglementaires. En France, ils sont obligatoires pour toutes les zones agglomérées de plus de 250 000 habitants et les zones dépassant (ou présentant un risque de dépassement) des valeurs limites.

Un plan de protection de l'atmosphère a été adopté en 2005 sur le territoire du SCoT de Nantes – Saint-Nazaire, couvrant 58 communes.

Du fait des évolutions réglementaires et de la nécessité de prendre en compte des enjeux sanitaires mieux identifiés, le PPA de 2005 a été révisé et adopté le 13 août 2015 par le préfet de la Loire-Atlantique dans sa nouvelle version.

Ce PPA se concentre sur les enjeux principaux, essentiellement la pollution liée aux particules fines dont les effets sur la santé sont aujourd'hui avérés et sur les pollutions urbaines. Le plan définit 12 actions en faveur de la qualité de l'air, complémentaires des actions déjà menées par les services de l'État et les collectivités au titre des politiques publiques liées au transport ou à l'aménagement.

## 6.2. Cinq polluants mesurés

L'arrêté relatif au Plan Climat-Air-Énergie Territorial du 28 juin 2016, impose de mesurer les émissions annuelles de 5 polluants. Issus de diverses sources, tous impactent aussi bien l'environnement que la santé.

> **Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)** provient généralement de la combinaison des impuretés soufrées des combustibles fossiles avec l'oxygène de l'air, lors de leur combustion. Les procédés de raffinage du pétrole rejettent aussi des produits soufrés. Émis ponctuellement en fonction des émissions industrielles et des phénomènes naturels, il provoque des irritations des muqueuses, de la peau et des voies respiratoires (*Source : Air Pays de la Loire*).

> **Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)** : Le monoxyde d'azote se forme par combinaison de l'azote et de l'oxygène atmosphérique lors des combustions. Ce polluant principalement émis par les pots d'échappement se transforme rapidement en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Les NO<sub>x</sub> présentent en milieu urbain deux pics de pollution aux heures de pointe. La pollution est plus forte en hiver avec des émissions plus importantes et des conditions de dispersion moins favorables. Irritant pour les bronches, il augmente la fréquence et la gravité des crises d'asthme (*Source : Air Pays de la Loire*).

> **Les particules fines (PM10, PM2,5)** sont d'origine naturelle ou humaine. Les PM10 proviennent principalement de l'agriculture, du chauffage au bois, de l'usure des routes, des carrières et chantiers BTP. Les PM2,5 sont essentiellement liées aux transports routiers, au chauffage au bois et à l'agriculture. Les épisodes de pollution par les particules fines se produisent principalement l'hiver ou au printemps. Selon leur taille, les particules pénètrent

plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes (*Source : Air Pays de la Loire*).

> **L'ammoniac (NH<sub>3</sub>)** est naturellement présent dans les rejets organiques des animaux. Il est aussi utilisé pour la fabrication de composés d'ammonium dans différents secteurs de la chimie (engrais, synthèse du nylon et des fibres synthétiques, fabrication des matières plastiques, ...). À l'échelle régionale, 10 % des émissions de NH<sub>3</sub> de l'agriculture sont liées à l'utilisation d'engrais azotés. Les 90 % restant sont dus à la gestion des déjections animales (stockage) et à leur épandage. L'ammoniac est également utilisé pour la fabrication de l'hydrazine, des pesticides, des détergents et des produits d'entretien. Il peut entraîner des irritations sévères voire des brûlures au niveau des muqueuses (*Source : Ineris*).

> **Les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)** regroupent une multitude de substances, d'origine naturelle ou anthropique. Les plus connus sont le butane, le toluène, l'éthanol (alcool à 90°), l'acétone et le benzène que l'on retrouve dans l'industrie, le plus souvent sous la forme de solvants organiques (par exemple, dans les peintures ou les encres). Ils ont un double effet sur la santé (*source : ADEME*) :

- » un effet indirect en agissant en tant que précurseur sur l'ozone (atteintes des voies aéro-respiratoires).
- » un effet direct comme substance toxique, jusqu'à des niveaux de gravité extrême justifiant une classification rigoureuse.

### 6.3. Les sources de polluants atmosphériques sur le territoire

L'agglomération de Saint-Nazaire accueille d'importants établissements et infrastructures (raffinerie, industries, grand port maritime...) qui sont fortement émetteurs. Ces émissions apparaissent aux niveaux régional et national.

La **production d'énergie** est le plus important émetteur de polluants dans l'air sur le territoire de la CARENE. Ce secteur est responsable de 91 % des émissions de dioxyde de soufre et de 47 % des émissions d'oxyde d'azote via la combustion d'énergies fossiles.

En retirant le secteur de la production d'énergie, on constate que les secteurs de l'industrie et des transports routiers et non routiers sont les principales sources de polluants sur le territoire.

L'**industrie** représente 53 % des émissions de particules fines et 66 % des émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM).

Le secteur transports routiers émet principalement des dioxydes d'azote et des particules fines. Le secteur des transports non routiers est responsable de 82 % des émissions de dioxyde de soufre et de 52 % des émissions d'oxydes d'azote. Cela est lié au trafic maritime du Grand Port de Nantes – Saint-Nazaire, et notamment les escales des navires pétroliers à proximité de la raffinerie de Donges.

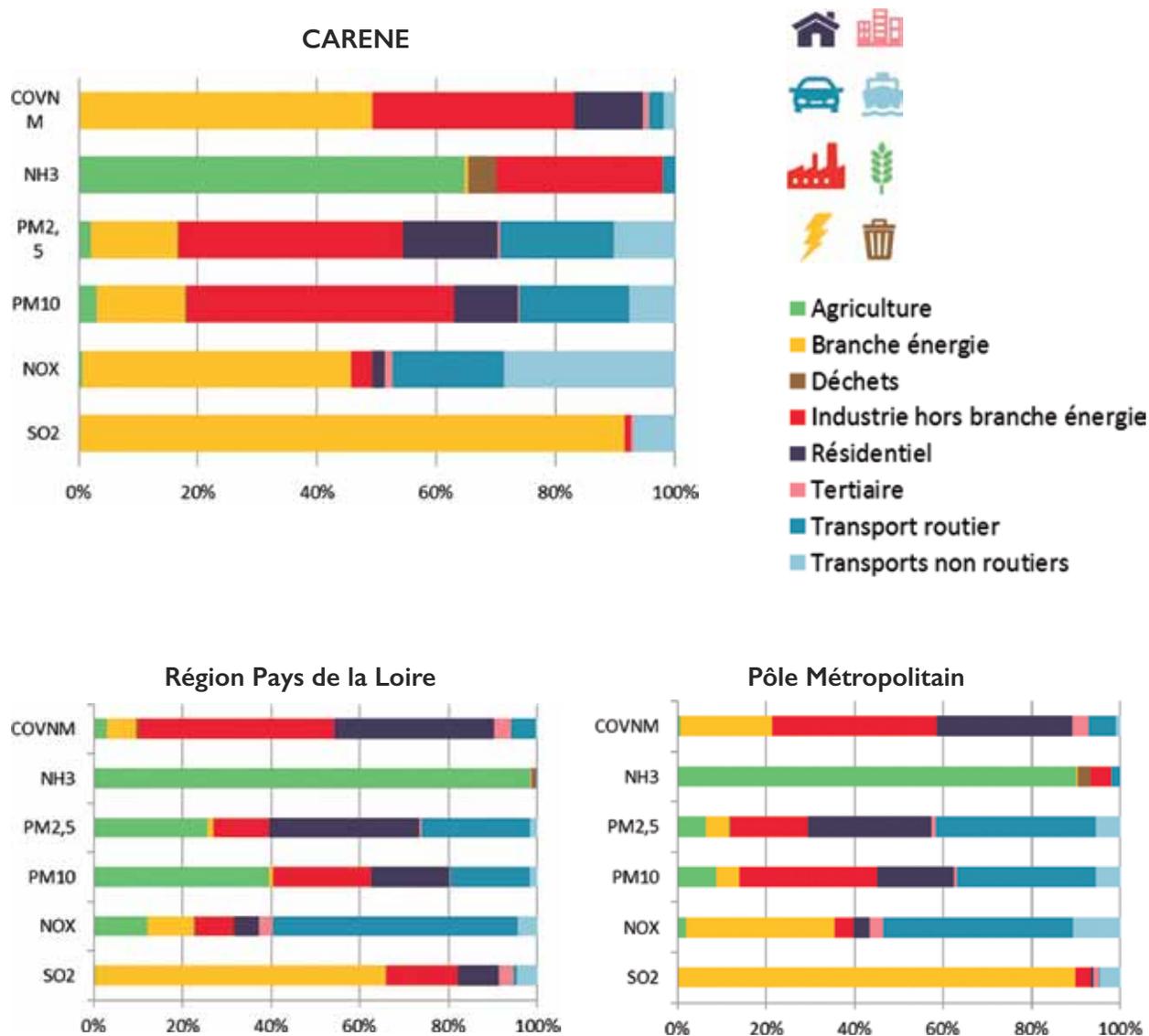


Figure 62 : Répartition sectorielle des émissions de polluants atmosphériques à l'échelle de la CARENE, du Pôle Métropolitain et de la Région Pays de la Loire pour l'année 2014 – BASEMIS 2014.

Tableau 15 : Émissions de polluants (en kg/hab) par territoire – BASEMIS 2014.

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM10	PM2,5	NH <sub>3</sub>	COVNM
CARENE	31,8	38,4	4,5	3	3,6	26,1
CARENE (hors branche énergie)	2,7	20,3	3,8	2,6	3,6	13,1
Pôle métropolitain	7,3	16,8	2,7	1,6	3,6	9,4
Pays de la Loire	2,4	14,3	5,1	2,6	21,6	10,2

### Évolution des émissions de polluants atmosphériques

Au global, les émissions de polluants ont diminué sur le territoire de la CARENE. On observe un réel effort de la part des industriels depuis 2008.

Le Plan de Protection de l'Atmosphère de Nantes/Saint-Nazaire prévoit une diminution des émissions de 17 % pour les particules fines entre 2008 et 2020. Sur le territoire de la CARENE, les émissions de particules fines (PM10) ont réduit de 23 % entre 2008 et 2014.

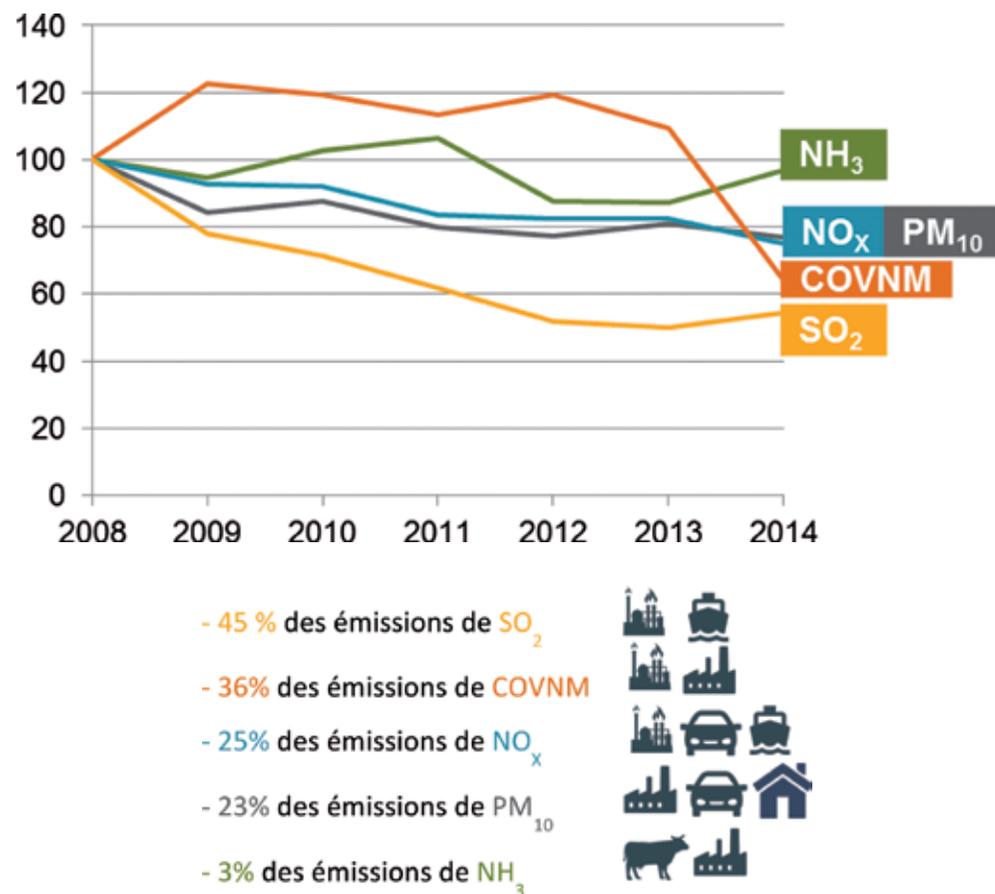


Figure 63 : Évolution des émissions de la CARENE entre 2008 et 2014 (Base 100 en 2008) – BASEMIS 2014.

## 6.4. Le bilan de la qualité de l'air sur le territoire

### 6.4.1. Les concentrations de polluants atmosphériques

Les concentrations moyennes observées à Saint-Nazaire ont diminué et se situent sous les valeurs limites réglementaires (niveau maximal de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement). Le niveau de concentrations des particules fines se situent sous le seuil d'objectif qualité à atteindre dans une période donnée.

L'indice de qualité de l'air atteint un niveau moyen ou mauvais 18 % de l'année 2016 (Figure 65), particulièrement lors du premier trimestre, lié aux émissions de particules fines et aux conditions météorologiques.

Les concentrations de particules fines (PM10) sont en diminution depuis quelques années. Les émissions de NO<sub>2</sub> sont en diminution alors que les concentrations sont stables depuis 2014.

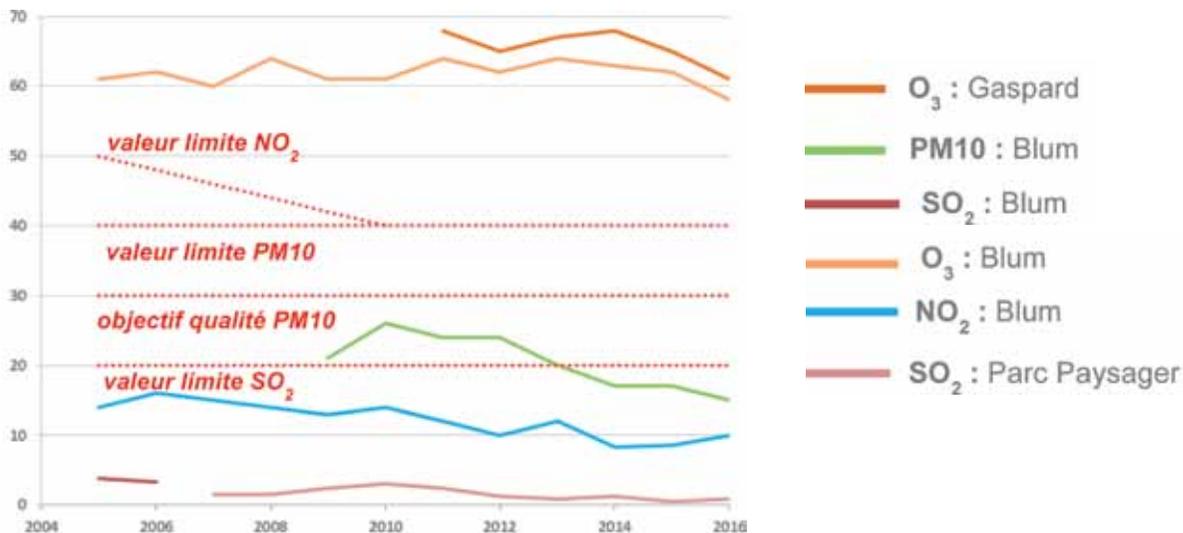


Figure 64 : Historique des niveaux moyens de PM10, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et SO<sub>2</sub> dans l'agglomération nazairienne en environnement urbain non influencé – Air Pays de la Loire (comité technique PCAET – 28 mars 2017).

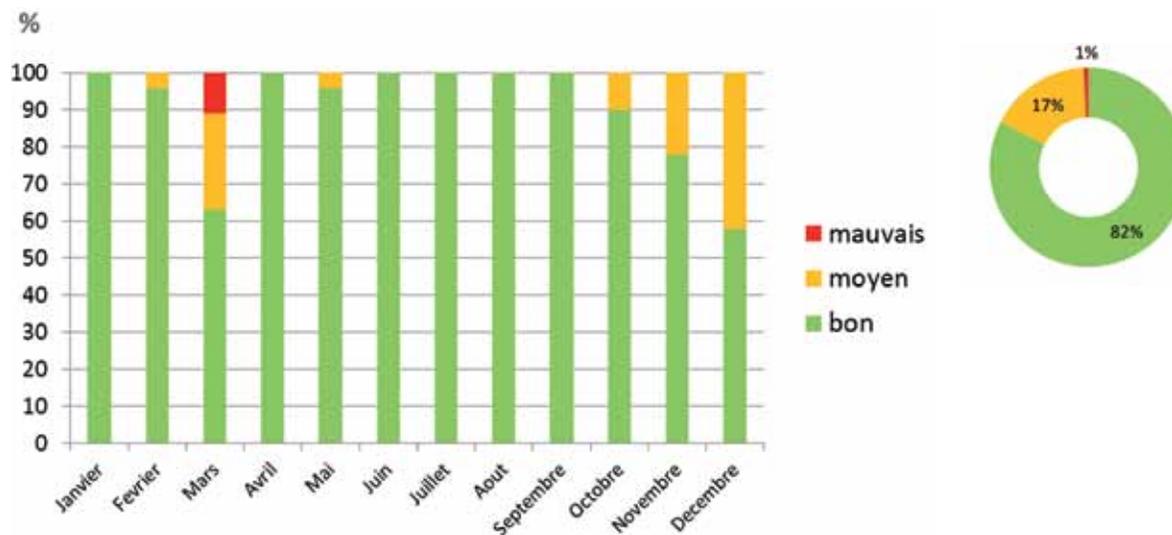


Figure 65 : Distribution mensuelle des indices de qualité de l'air au cours de l'année 2016 à Saint-Nazaire – Air Pays de la Loire (comité technique PCAET – 28 mars 2017).

Les concentrations de dioxyde d'azote et de particules fines (PM10) sont plus élevées à proximité des grands axes de circulations : N171, D213 et la D492. Le port de Saint-Nazaire et la raffinerie de Donges sont également des zones où l'on observe des concentrations plus importantes que sur le reste du territoire.

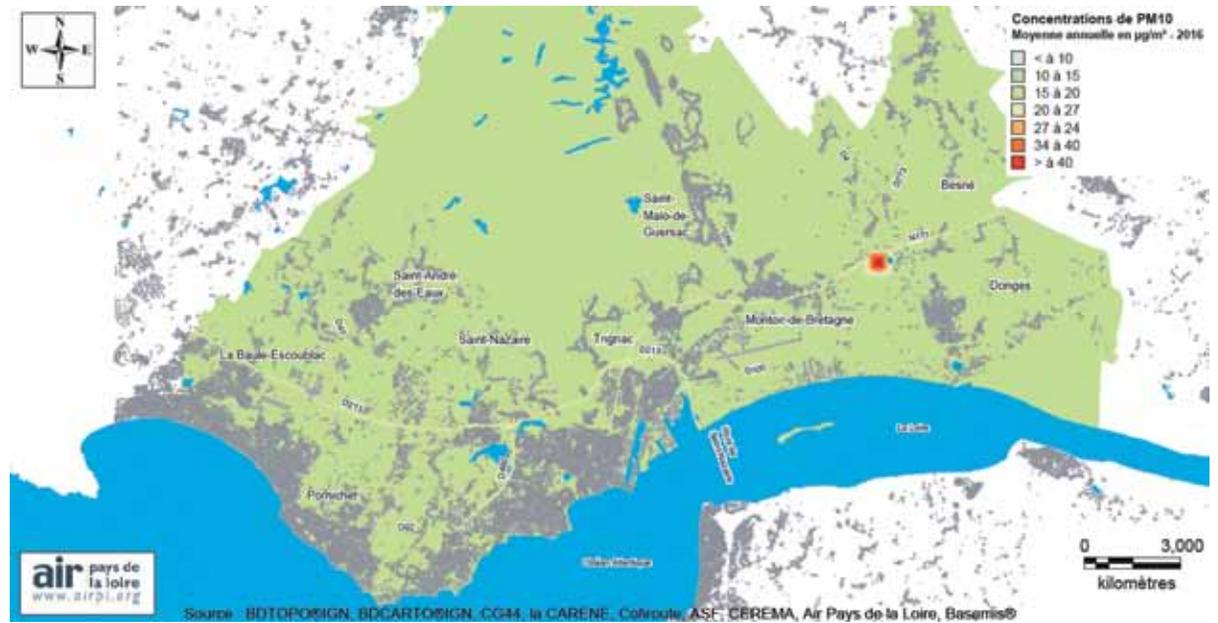


Figure 67 : Concentration moyenne annuelle de PM10 – Atlas Air Pays de la Loire 2014.



Figure 66 : Concentration moyenne annuelle de NO<sub>2</sub> – Atlas Air Pays de la Loire 2014.



Figure 68 : Concentration moyenne annuelle de SO<sub>2</sub> – Atlas Air Pays de la Loire 2014.

Afin de visualiser les zones du territoire représentant un enjeu de préservation ou d'amélioration de la qualité de l'air, une carte stratégique Air a été réalisée par Air Pays de la Loire. Celle-ci croise les données de concentrations de plusieurs polluants :

- > dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)
- > particules fines (PM10, PM2,5)
- > dioxyde d'azote (SO<sub>2</sub>)
- > benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
- > monoxyde de carbone (CO)

Une très large majorité du territoire de la CARENE se trouve dans la classe I correspondant à une situation favorable du point de vue de la qualité de l'air. Les zones approchant des seuils réglementaires ou en situation de dépassement sont :

- > les voies rapides : RD 213, RD 492, RN 171, RN 471 et la voie rapide reliant l'agglomération de Saint-Nazaire à Guérande, Savenay, Nantes et le Sud- Estuaire témoignent d'un dépassement d'au moins une valeur limite réglementaire sur certaines portions, notamment de part et d'autre de la sortie zone commerciale Grand Large. Pour les axes routiers structurants, le dioxyde d'azote est le polluant déterminant pour lequel a été observé des dépassements du seuil réglementaire.
- > l'intérieur de la raffinerie de Donges ainsi que certains pontons maritimes où accostent principalement des navires pétroliers et gaziers présentent des zones fortement dégradées en termes de qualité de l'air sur le territoire de la CARENE. Le dioxyde de soufre est ici la valeur déterminante.
- > le centre sablier rue des Evens à Montoir-de-Bretagne. Les particules fines sont les polluants déterminants.

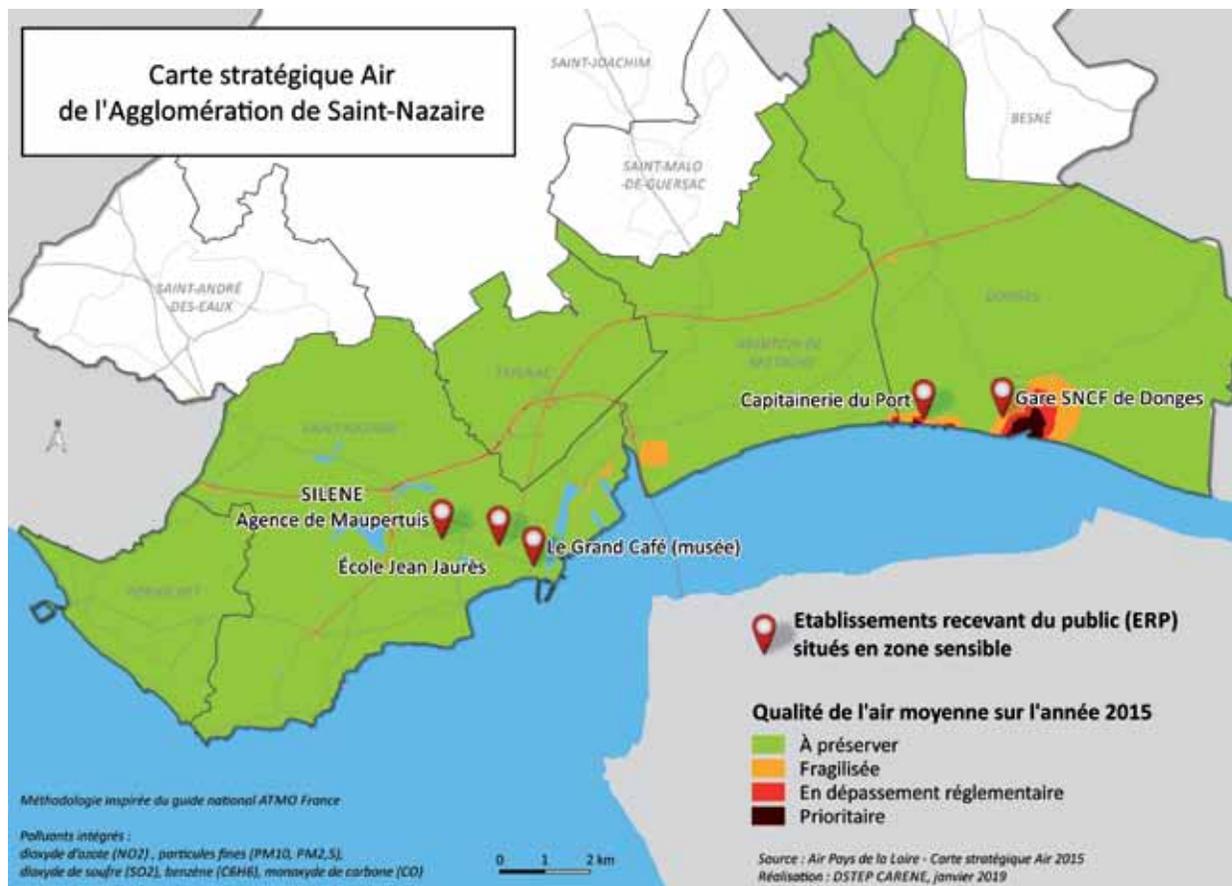


Figure 69 : Carte Stratégique Air (données année 2015) – Air Pays de la Loire.

Environ 15 hectares de la surface de la métropole approchent les seuils réglementaires. Une superficie cumulée de 2 hectares dans laquelle ne réside pas de population se trouve en situation de dépassement réglementaire. Dans cette aire se trouve une zone prioritaire correspondant à la situation la plus exposée de moins de 0,8 ha. Seuls 411 habitants sont dans une zone à fragilisée.

Tableau 16 : Croisement secteurs à enjeux et carte stratégique air – Air Pays de la Loire (comité technique PCAET – 28 mars 2017)

zone	Commune	Zones habitées (Population)	pistes cyclables	chemins piéton	ERP	Zones d'activité
fragilisée	Saint-Nazaire	Allée René Ross (4), Rue des Ajoncs (2), Route de Tréfféac (2), Boulevard de l'Hôpital (40), Boulevard Pierre de Maupertuis (23), Boulevard Léon Gambetta (10), Boulevard Victor Hugo (27), Rue de la Berthauderie (17), Rue Michel de Montaigne (4), Avenue de la République (78), Rue d'Anjou (5), Rue Henri Gauthier (75), Rue de Trignac (56)	Avenue de la République, Route de la Côte d'Amour, Boulevard Georges Charpak	Boulevard Georges Charpak, Boulevard de Sarrelouis, à partir de la Route des Bassins	- SILENE agence Maupertui, - Centre le Grand Café (Musée), - Ecole Jean Jaurès (291 élèves), - Cimetière de Méan	
	Montoir-de-Bretagne	Rue Jules Verne (2), Rue Parmentier (2), Rue de l'Enferneuf (10), Route de la Croix Chevalier (2)		chemin sous la N171		
	Trignac	Rue de Saint-Nazaire (2), Route de Certé (2), Rue des 40 Logements (20), Rue Adrien Berselli (2), Rue Marcel Cachin (2), Rue Edouard Herriot (6), Rue Emile Zola (2), Rue Jules Auffret (11), Rue Jean Jaurès (3)	N471			
	Donges	La Ferdenais (2)			- Gare SNCF	ZA rue du Galion ZI de Bonne nouvelle
en dépassement réglementaire	Donges				- Capitainerie du port autonome	ZA rue du Galion ZI de Bonne nouvelle
prioritaire	Donges					ZA rue du Galion ZI de Bonne nouvelle

## 6.4.2. Les pics de pollution

Pour la plupart liés aux chauffages au bois de faible performance, aux transports, aux industries et à l'agriculture, les pics de pollution font l'objet d'une alerte ou d'une simple information.

Depuis 2015, la procédure de déclenchement des seuils d'alerte est activée si la persistance de la pollution est observée ou anticipée. Cela n'entraîne pas particulièrement de hausse du nombre d'alertes. Ces alertes restent toutefois régulières et sont liées à des seuils réglementaires qui tendent à se durcir pour se rapprocher des seuils conseillés par l'Organisation Mondiale de la Santé. Il est alors probable que le nombre d'alertes augmente dans les années à venir si des mesures volontaristes ne sont pas adoptées pour réduire les émissions de polluants atmosphériques.

Sur le territoire de la CARENE, les polluants significatifs lors des alertes sont les particules fines et l'ozone. Ces deux polluants sont liés aux activités industrielles et de production d'énergie ainsi qu'aux transports.

Le Plan de Protection de l'Atmosphère prévoit des mesures pour agir concrètement lors de ces épisodes de pollution. Ainsi, la CARENE, Nantes Métropole et le syndicat mixte Lila Presqu'île allongent la durée de validité des titres de transport 1h qui deviennent valables une journée. Cette mesure exceptionnelle est automatiquement mise en place avec le déclenchement du seuil d'alerte, en complément des mesures de régulation de la circulation automobile prises par l'État (réduction de la vitesse de 20 km/h) sur les 2x2 voies du Département.

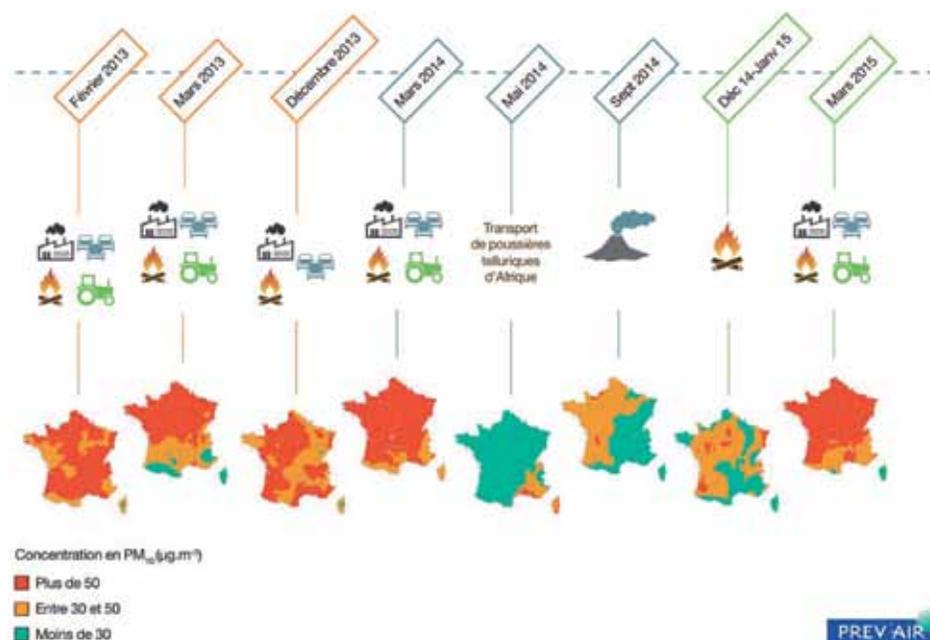


Figure 70 : Sélection non exhaustive d'épisodes de pollution aux particules fines (PM10) d'ampleur nationale de 2013 à 2016, source Prev'Air (programme CARA).

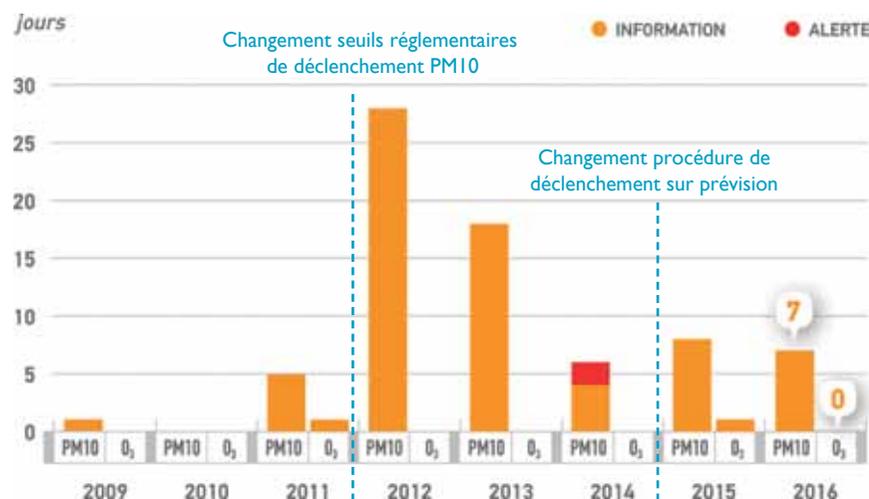


Figure 71 : Dépassements des seuils d'alerte et d'information pour les PM10 et l'Ozone sur la CARENE entre 2009 et 2016 (Source Air Pays de la Loire).

Si Air Pays de la Loire diffuse ces alertes auprès de tous les acteurs du territoire (établissements sanitaires et scolaires, autorités publiques, ...), leur prise en compte nécessite d'être mieux relayée auprès des habitants, et plus particulièrement auprès des publics fragiles.

### 6.5. Suivre les odeurs

Au-delà du suivi des concentrations de polluants, le territoire est également concerné par un suivi des odeurs sur la zone industrialo portuaire. En effet, Air Pays de la Loire a lancé en 2015, en Basse-Loire, avec les associations de riverains, les industriels, les élus, et l'appui de la société Osmanthe, un programme de suivi des odeurs visant à diagnostiquer puis, à long terme, à améliorer la situation odorante de plusieurs communes. 15 nez bénévoles ont été recrutés puis formés à la méthode du langage des nez®, leur travail d'olfaction a permis de :

- > objectiver la situation odorante de la zone d'étude.
- > faire un état des lieux des perceptions olfactives sur le territoire de la Basse-Loire.
- > établir des liens entre les sources des odeurs et les observations pour agir avec efficacité au niveau des sites contributeurs.

Grâce au travail régulier et rigoureux des nez la deuxième année de veille olfactive, 410 perceptions ont été enregistrées, notamment en mars et en mai 2017, représentant 50 % de journées odorantes toutes intensités confondues : une situation moins odorante que l'année précédente où 64 % de journées odorantes avaient été enregistrées (olfactions complémentaires).

Sur 410 perceptions, 82 % sont de niveau faible ou intermédiaire, contre 92 % l'année précédente. Une augmentation des odeurs gênantes est constatée par rapport à l'année précédente, avec 18 % d'odeurs gênantes dont :

- > 45 % sont liées à la raffinerie Total (en baisse de 17 points par rapport à l'année précédente).
- > 49 % à Cargill (en augmentation de 20 points par rapport à l'année précédente, notamment en mars 2017 en lien avec la mise en route du nouveau système de traitement des odeurs et la difficulté à comprendre les phénomènes chimiques et biologiques générés).
- > 6 % à d'autres sources.

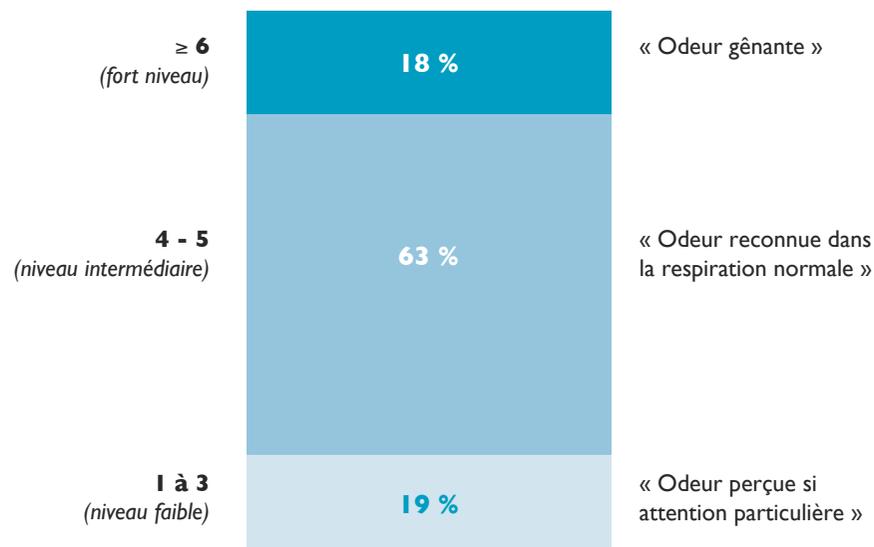


Figure 72 : Répartition des niveaux de perception des odeurs sur un échantillon de 410 personnes – Bilan de la veille olfactive Air Pays de la Loire, 2017.

## 6.6. 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.** 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.

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. Les enjeux sanitaires et économiques liés à la qualité de l'air intérieur sont importants. En France on estime à 19 milliards d'euros par an le coût de la mauvaise qualité de l'air intérieur. Il est donc important de mettre en œuvre des actions pour améliorer la qualité de l'air intérieur, que ce soit dans les logements ou dans les établissements recevant du public comme les écoles (*Source : Ministère de la transition écologique et solidaire, 2018*).

Les ministères de l'Environnement et de la Santé ont lancé en 2013 le **Plan d'actions sur la qualité de l'air intérieur** intégré dans le troisième **Plan national santé environnement** et décliné en région dans les plans régionaux santé environnement. En région Pays de la Loire, le **Plan Régional Santé Environnement 3 2016-2021 (PRSE3)** établit 12 objectifs principaux



dont celui « d'améliorer la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments, en particulier vis à vis du radon ».

Sur le territoire de la CARENE, la Ville de Saint-Nazaire a signé un **Contrat local de Santé (2015-2018)** avec l'Agence Régionale de Santé et la Préfecture de Loire-Atlantique dans lequel elle a retenu le thème de la qualité de l'air intérieur comme objet de campagne de sensibilisation et d'information à mener auprès de la population nazairienne. Dans ce cadre, l'association UFC-Que Choisir intervient auprès des personnels d'aide à domicile pour leur enseigner les gestes à adopter pour améliorer la qualité de l'air intérieur des personnes visitées. Sur le territoire, l'association Consommation Logement et Cadre de Vie (CLCV) mène également des interventions de sensibilisation auprès du grand public dans le cadre de ses animations. Également, la CARENE accompagne les habitants logés dans des habitats indignes, à la rénovation de leur logement. La mauvaise qualité de l'air intérieur fait partie des problématiques rencontrées. Des aides sont alors apportées pour effectuer les travaux nécessaires. Enfin, l'association Alisée animatrice de l'Espace Info Énergie de Saint-Nazaire, a organisé la formation de ses salariés au contact des habitants dans leurs projets de rénovation afin que ne soit pas oubliée la qualité de l'air intérieur dans la rénovation énergétique du logement.

La loi portant engagement national pour l'environnement (Loi Grenelle) a rendu obligatoire **la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant un public sensible.** Les échéances sont les suivantes : 1er janvier 2018 pour les écoles maternelles, élémentaires et crèches, 1er janvier 2020 pour les accueils de loisirs et les établissements d'enseignement du second degré et 1er janvier 2023 pour les autres établissements.



Figure 73 : Panneau d'information qualité de l'air intérieur – Airs Pays de la Loire CARENE 2016.

Pour accompagner les communes dans la bonne conduite de ces mesures, la CARENE a fait appel à Air Pays de la Loire pour mettre en place des sessions de formation des agents et élus entre 2016 et 2017. 66 participants ont suivi cette formation leur apportant les connaissances essentielles des enjeux de la qualité de l'air intérieur et des actions à mettre en place (mesures, choix des matériaux, suivi). Également, des panneaux de sensibilisation ont été créés avec Air Pays de la Loire pour accompagner la communication et l'information auprès des habitants.

À Saint-Nazaire, une étude a également été menée par Air Pays de la Loire en partenariat avec la Ville de Saint-Nazaire (lauréate d'un appel à projets de l'ADEME : AACT'AIR 2016) dans les écoles Ernest Renan et Paul Bert pour étudier le transfert des polluants extérieurs dans l'air intérieur. Ces deux écoles sont situées dans le quartier Méan Penhoët, une zone où la qualité de l'air est potentiellement dégradée par la zone industrialo-portuaire et le trafic automobile dense à proximité.

Les polluants considérés sont les particules fines (PM10), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) ainsi que les paramètres de confort hygrothermique (température, humidité) et de confinement (CO<sub>2</sub>). Les différentes mesures effectuées ont permis de réaliser un bilan de la qualité de l'air ambiant au cœur du quartier Méan Penhoët, notamment au sein de la cour de l'école Paul Bert, afin de caractériser la qualité de l'air intérieur et identifier une éventuelle influence des activités économiques et industrielles à proximité.

Au final, la qualité de l'air ambiant mesurée au niveau de la cour de l'école Paul Bert est comparable à celle mesurée à Saint-Nazaire en milieu urbain (Parc Paysager et Blum) qui, elles, respectent les niveaux réglementaires. Le transfert de polluants de l'air extérieur vers l'air intérieur est très ponctuel et s'observe pour le SO<sub>2</sub> et le NO<sub>2</sub>. Les sources suspectées seraient liées aux activités industrielles et énergétiques de la zone industrialo-portuaire et au trafic automobile environnant.

Quotidiennement, c'est davantage le confinement qui impacte la qualité de l'air intérieur (CO<sub>2</sub>). Il faut donc privilégier d'optimiser les systèmes de ventilation des salles de classe. Des solutions pourront être envisagées en cas d'épisode de pics de pollution. Air Pays de la Loire effectuera des mesures de contrôle pendant l'hiver 2019 et accompagnera la Ville de Saint-Nazaire pour la mise en place d'actions de sensibilisation dans les écoles.



École primaire Ernest Renan à Méan – Airs Pays de la Loire CARENE 2016.



École primaire Paul Bert à Penhoët – Airs Pays de la Loire CARENE 2016.

## 6.7. Les objectifs de réduction des polluants atmosphériques (source : PPA Nantes Saint-Nazaire)

Le tableau Tableau 17 présente les résultats des inventaires d'émissions suivant les différents scénarii à l'échelle du PPA.

Dans le cadre de l'élaboration du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), l'évaluation de la qualité de l'air attendue sur la zone de Nantes – Saint-Nazaire aux échéances 2015 et 2020 a été confiée à Air Pays de la Loire qui s'est conformé à la méthodologie nationale préconisée par le ministère en charge de l'écologie.

Les évaluations se sont focalisées sur les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>) et les particules fines (PM10), polluants identifiés à enjeux dans le cadre du PPA.

L'année de référence est 2008 pour les données de pollution. L'évaluation porte sur les émissions (en tonnes par an) et sur les concentrations (cartographies des niveaux de pollution).

Deux scénarii ont été étudiés :

- > le scénario « tendanciel 2015 » (au fil de l'eau), correspondant à une situation à fin 2015 qui reflète les évolutions d'activités, structurelles ou technologiques attendues et pouvant être estimées en intégrant toutes les mesures de gestion et les législations adoptées au plan national avant 2010 ainsi que les projections de la demande et de l'offre en matière d'énergie.
- > le scénario « perspectives 2020 », correspondant à une situation future (2020) intégrant les évolutions nationales et intégrant les actions complémentaires prises au niveau local dans le cadre du PPA et des autres plans locaux.

Pour chacun de ces scénarii, une évaluation de la population exposée à des dépassements des valeurs limites annuelles est réalisée.

Tableau 17 : Objectifs du Plan de Protection de l'Atmosphère de Nantes/Saint-Nazaire – (PPA) révisé en 2015.

	NO <sub>x</sub> (tonnes)	NO <sub>2</sub> (tonnes)	PM10 (tonnes)	PM2,5 (tonnes)	COV (tonnes)
Base de référence : émissions	17 677	2 331	2 663	1 646	18 364
Scénario «tendanciel 2015» :					
Estimations des émissions en 2015 intégrant les évolutions réglementaires attendues en 2015 mais sans actions locales additionnelles.	15 805	2 689	2 445	1 389	15 908
Scénario «perspectives 2020 avec mesures additionnelles PPA» :					
Estimations des émissions en 2020 intégrant les évolutions réglementaires attendues en 2020 et les actions locales(dont PPA).	12 580	2 244	2 206	1 197	15 273
<b>Évolutions prévues entre 2015 et 2020</b>	<b>-20 %</b>	<b>-16 %</b>	<b>-10 %</b>	<b>-14 %</b>	<b>-4 %</b>
<b>Évolutions prévues entre 2008 et 2020</b>	<b>-28 %</b>	<b>-4 %</b>	<b>-17 %</b>	<b>-27 %</b>	<b>-17 %</b>

### Le scénario tendanciel 2015

L'évolution de la qualité de l'air « au fil de l'eau » entre 2008 et 2015 est estimée à partir d'un modèle national (OPTINEC 4) définissant pour chaque secteur d'activités un facteur d'évolution. Pour le secteur routier les hypothèses ont été affinées sur certains secteurs géographiques pour tenir compte des évolutions d'infrastructures notables intervenues depuis 2008 et des données plus précises issues des études d'impact (pont Eric Tabarly et pont Léopold Sedar Senghor à Nantes, projet HÉLYce, Bus à Haut Niveau de Service à Saint-Nazaire par exemple). De même, les hypothèses d'évolution des émissions des plus importants émetteurs industriels de Basse-Loire ont fait l'objet d'une estimation plus précise que le modèle national sectoriel.

Hormis pour le NO<sub>2</sub>, les émissions de l'ensemble des polluants étudiés sont en baisse de -2 % à -16 % selon les polluants. Cette baisse est majoritairement liée à l'évolution des émissions du trafic automobile en lien avec l'amélioration des technologies, des motorisations des véhicules en circulation et des efforts des plans de déplacement pour limiter l'usage de la voiture. Cette évolution du parc automobile a en revanche un effet négatif sur les émissions de NO<sub>2</sub>, en augmentation de +15 % entre 2008 et 2015. En effet, les véhicules diesels récents, notamment ceux équipés de pots catalytiques, émettent moins de NO<sub>x</sub> mais davantage de NO<sub>2</sub>. Le rapport global NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> à l'émission passe ainsi de 17,8 % en 2008 à 29,2 % en 2015.

### Le scénario « perspectives 2020 » (avec mesures additionnelles locales)

Pour l'estimation des émissions à horizon 2020 des hypothèses ont été prises sur les principales sources de pollution en tenant compte du plan d'actions défini dans le PPA et des autres plans locaux dont l'influence est notable, notamment les PDU (plans de déplacement urbains).

Pour le secteur résidentiel-tertiaire, des hypothèses nationales ont été retenues par défaut, ne disposant pas de perspectives précises sur le territoire du PPA.

En accord avec les concentrations modélisées en NO<sub>2</sub>, une diminution des zones en dépassement est observée sur l'ensemble du PPA en 2020. Malgré une baisse des concentrations en proximité trafic, il subsiste certaines zones dépassant la valeur limite réglementaire en moyenne annuelle (périphérique nantais, N165 entre Nantes et Savenay, route de Pornic, N171 et D213 en proximité de Saint-Nazaire). Ces zones résiduelles sont très faiblement habitées ; la population potentiellement concernée par un dépassement de la valeur limite réglementaire en NO<sub>2</sub>, à l'échelle du PPA en 2020, est inférieure à 1 000 habitants.

## Synthèse des énergies, GES, des polluants atmosphériques et du stockage CO<sub>2</sub> sur le territoire

Le secteur résidentiel et celui des transports ont un impact important sur le changement climatique puisqu'ils représentent plus de la moitié des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre (GES) sur le territoire. **En matière d'habitat comme de déplacements, les comportements de la société civile jouent un rôle prépondérant**, d'autant que les voitures particulières sont responsables de plus de la moitié des consommations du transport routier sur la CARENE.

La CARENE doit parvenir à impliquer tous les citoyens de l'agglomération dans la mise en œuvre de sa stratégie de transition énergétique et écologique. Parmi ses objectifs : **renforcer la mobilisation de l'ensemble de la société civile** (entreprises, particuliers, associations, étudiants, ...). Elle doit favoriser les changements de pratiques (de mobilité, de consommation, ...) et encourager l'émergence des initiatives de la société civile afin de réduire significativement les émissions de GES et les consommations énergétiques. Elle doit aussi amplifier **la réhabilitation thermique du parc de logements de la Reconstruction, en premier lieu des ménages les plus modestes soumis au risque de précarité énergétique**.

La part des énergies renouvelables, sur la consommation totale du territoire, atteint à peine 4 % en 2014. La stratégie de déploiement massif des EnR adoptée en 2016 a identifié les filières et les cibles prioritaires. Cette stratégie commence à porter ses fruits.

Les secteurs industriel et tertiaire représentent 40 % des consommations d'énergie et plus d'1/4 des émissions de GES du territoire. L'industrie a également un impact important sur la qualité de l'air. La priorité est d'accompagner les plus gros consommateurs dans leur volonté de réduire les consommations d'énergie et de produire de l'énergie renouvelable **en renforçant les démarches structurées comme l'écologie industrielle et territoriale (EIT) sur la zone portuaire ou plus largement, les démarches autour des zones d'activités intelligentes**.

En parallèle, la Direction du développement économique et de l'attractivité devra se faire l'ambassadrice des outils disponibles sur le territoire et **sensibiliser l'ensemble des entreprises aux bénéfices qu'elles tireront à s'engager dans la transition énergétique**.

**Côté pollution atmosphérique**, les enjeux sanitaires sont colossaux et le territoire, soumis à un Plan de Protection de l'Atmosphère, est sensible. **Industries, transports et chauffages peu performants sont les principaux responsables de la mauvaise qualité de l'air**.

Les industriels agissent sur leurs process pour se mettre en accord avec la législation toujours plus stricte.

L'agglomération peut et doit agir sur les déplacements pour limiter l'usage du véhicule individuel et favoriser le report modal vers les transports en commun, les pratiques alternatives et les modes actifs. Elle

doit encourager le renouvellement des flottes captives par des véhicules propres.

Par ailleurs, elle doit favoriser le remplacement des cheminées à foyers ouverts, poêles peu performants et chaudière au fioul ou au propane, à la croisée des enjeux de précarité énergétique et de pollution de l'air intérieur et extérieur.

Au-delà de la mobilisation et de l'accompagnement, **la CARENE a un rôle à jouer au titre de ses compétences d'aménagement du territoire**. Il s'agit d'actionner des leviers à moyen et long termes, qui questionnent à la fois les modes d'habiter, les pratiques de déplacement, et globalement le projet d'urbanisation et de développement de l'agglomération. En cela, les outils de planification que sont le Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi) et le Plan de Déplacement Urbain (PDU) ont leur rôle majeur, tout comme la politique d'aménagement des zones d'activités. La concomitance des calendriers d'élaboration de PLUi, du PCAET et de révision du PDU est une réelle opportunité.

**La CARENE doit impulser la dynamique et donner les moyens d'agir à l'ensemble de la société civile. Pour commencer, les collectivités, CARENE et communes, se doivent de montrer l'exemple, sur leur patrimoine, process et fonctionnement, et d'expliquer pour sensibiliser, tant en matière de qualité de l'air que de transition énergétique, intimement liées.**





**Vulnérabilité du territoire au changement climatique : un territoire fortement soumis aux risques climatiques mais des dispositifs en place**



## En préambule : qu'est-ce que le risque climatique ?

Un risque climatique pour un territoire est défini par l'interaction de trois composantes :

- > l'aléa climatique
- > l'exposition des populations, milieux et activités d'un territoire à cet aléa (aussi appelé « enjeux »)
- > et la vulnérabilité à cet aléa climatique.

L'impact d'un risque climatique est la mesure des conséquences de la manifestation d'un risque climatique sur un territoire et/ou un secteur donné. On parle, par exemple, de l'impact d'une tempête sur la forêt ou l'impact d'une canicule sur la population. Les impacts peuvent être exprimés en termes « bruts » ou en termes financiers, par exemple, le nombre de logements inondés ou les coûts des dommages.

Il faut distinguer les risques climatiques actuels et futurs. Le climat futur se caractérisera par de nouveaux aléas et une nouvelle probabilité des aléas. Les risques climatiques doivent être évalués en intégrant l'évolution de la structure socio-économique et de l'organisation du territoire.

L'aléa climatique est un événement climatique ou d'origine climatique susceptible de se produire (avec une probabilité plus ou moins élevée) et pouvant entraîner des dommages sur les populations, les activités et les milieux (par exemple l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation des températures atmosphériques, les niveaux de pluviométrie, une tempête, etc.).

Encart aléas/enjeux/risques :

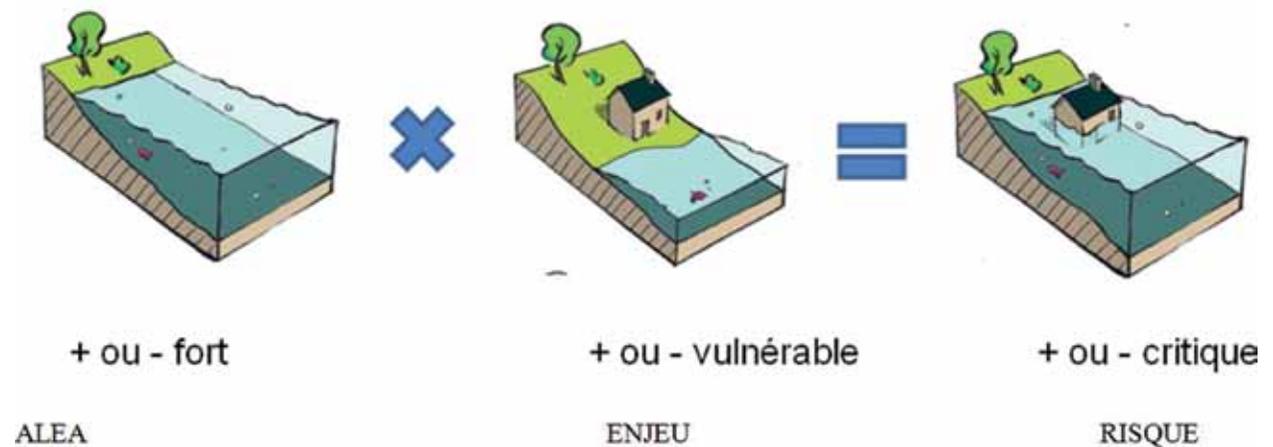


Figure 74 : Les composantes du risque.

L'exposition aux aléas climatiques des enjeux correspond à l'ensemble des populations, milieux et activités qui peut être affecté par les aléas climatiques. Elle est caractérisée par une nature d'exposition et par un niveau d'exposition qui définissent l'enjeu de la politique d'adaptation et l'approche à suivre par la collectivité (degré partenarial fort, approche réglementaire, etc.).

La nature d'exposition est la typologie de ce qui est exposé : industrie (système de refroidissement d'une usine, turbine hydroélectrique...), infrastructures, bâtiments, sites touristiques, habitants, etc.

Le niveau d'exposition correspond au « Volume » de ce qui est exposé : un unique bâtiment, un quartier ou une ville, un ou plusieurs milliers d'hectares de culture, etc.

Ces enjeux présentent une vulnérabilité spécifique selon leur niveau d'exposition, leur sensibilité au risque et leur capacité de résilience. On parle de résilience territoriale pour désigner la capacité d'un territoire à anticiper des perturbations et à en minimiser les effets grâce à la veille et à la prospective, ainsi que sa capacité à se relever et à rebondir grâce à l'apprentissage, l'adaptation et l'innovation.

La **vulnérabilité au changement climatique** est le degré de capacité d'un système à faire face ou non aux effets néfastes des aléas climatiques (y compris la variabilité climatique et les extrêmes). La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme de l'évolution climatique, des variations auxquelles le système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation.

La vulnérabilité au changement climatique peut être aggravée par d'autres contraintes, affaiblissant la résilience et pouvant également réduire la capacité d'adaptation en raison des ressources déployées pour satisfaire des besoins en concurrence.

D'autre part, la vulnérabilité future ne dépend pas uniquement des changements climatiques, mais également des modes de développement. Par exemple, des scénarios alternatifs peuvent présenter des différences considérables quant à la population, au revenu et au développement d'une région, facteurs souvent déterminants du niveau de vulnérabilité aux changements climatiques.

La **capacité d'adaptation** est le degré d'ajustement d'un système à des changements climatiques (y compris la variabilité climatique et les extrêmes) afin d'atténuer les dommages potentiels, de tirer parti des opportunités ou de faire face aux conséquences. Les sociétés humaines disposent d'une large fourchette de mécanismes d'adaptation, allant du mécanisme purement technologique (ouvrages défensifs contre la mer), en passant par les mesures comportementales (modification des régimes alimentaires et choix des loisirs) ou de gestion (modification des techniques agricoles) jusqu'aux stratégies politiques (réglementation des programmes).

L'un des moyens d'augmenter la capacité d'adaptation est d'introduire dans les programmes de développement l'étude des conséquences du changement climatique, par exemple :

- > en introduisant des mesures d'adaptation dans la planification de l'affectation des terres et des infrastructures.
- > en introduisant dans les stratégies existantes, qui visent à réduire les risques de catastrophes, des mesures dont l'objectif serait de réduire la vulnérabilité.

Des mesures d'adaptation sont rarement prises pour faire face aux seuls changements climatiques, mais peuvent être intégrées dans des stratégies de mise en valeur des ressources en eau, de protection du littoral et de réduction des risques, par exemple.



L'embouchure du Brivet et la digue de Méan, 2017 - Bruno BOUVRY

# 1

## Le changement climatique sur le territoire

### 1.1. Les évolutions climatiques passées

#### 1.1.1. Températures

**E**n France Métropolitaine, on observe une augmentation des températures moyennes annuelles de l'ordre de 1 °C au cours du XX<sup>e</sup> siècle.

L'évolution du climat depuis 1959 montre également une hausse des températures dans l'atmosphère à l'échelle régionale. On observe :

- > la hausse des températures moyennes voisine de 0,3 °C par décennie sur la période 1959 – 2009.
- > l'accentuation du réchauffement depuis les années 1980.
- > un réchauffement plus marqué au printemps et surtout en été.
- > un réchauffement moins marqué sur le littoral qu'à l'Est de la région. Le nombre de journées chaudes (ayant une température supérieure à 25 °C) a ainsi augmenté de 7 jours entre 1971 et 2015 pour Saint-Nazaire et respectivement de 14 et 22 jours pour Angers et Le Mans.

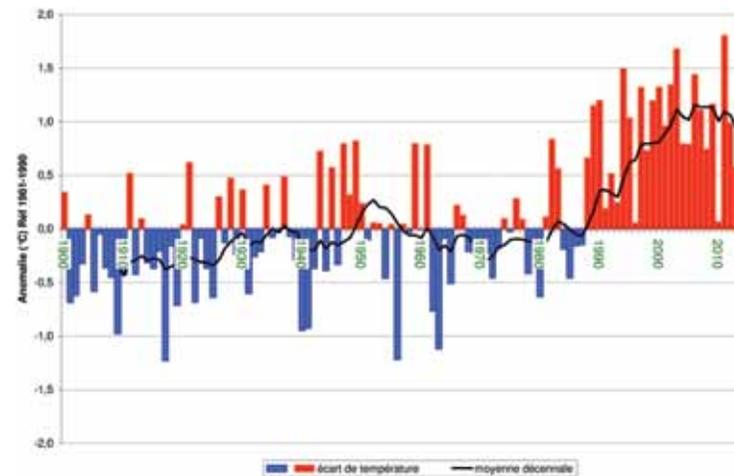


Figure 75 : Évolution des températures annuelles moyennes, en France, entre 1900 et 2013.

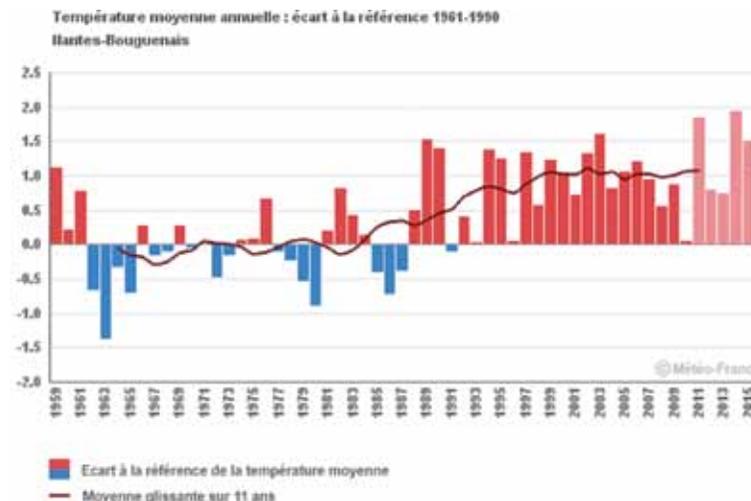


Figure 76 : Évolution des températures annuelles moyennes, dans les Pays de la Loire, entre 1959 et 2009.

### 1.1.2. Précipitations

La Loire Atlantique est caractérisée par un régime pluviométrique de type océanique, avec des précipitations plus abondantes durant les saisons froides d'automne et d'hiver. Les franges littorales de Loire Atlantique, présentent des précipitations plus faibles que le reste du département avec 600 mm/an contre près de 800 mm/an.

Au cours de ces 40 dernières années, il est constaté une stabilité des précipitations moyennes mensuelles.

Dans les Pays de la Loire, les précipitations annuelles présentent une grande variabilité d'une année sur l'autre. A titre d'exemple, 2012 a été une année particulièrement humide alors que 2005 fait partie des années les plus sèches.

Sur la période 1959 – 2009, les évolutions annuelles sont très peu marquées et aucune tendance ne se dégage sur le cumul des précipitations saisonnières. Il n'est pas ou peu constaté d'évolution des sécheresses. Toutefois, faute d'un accroissement marqué du cumul de pluie, l'augmentation des températures favoriserait à l'avenir des phénomènes de déficit en eau des sols, voire de sécheresse, essentiellement par effet d'évaporation.

### 1.1.3. Des sécheresses plus fréquentes à l'avenir ?

Une simulation des conditions pédoclimatiques à l'horizon 2100 met en lumière de nouvelles contraintes à venir pour le Grand Ouest de la France : plus de sécheresses estivales. Pour les régions rurales, cela pose à moyen terme la question de la vulnérabilité des systèmes de production agricole face à la sécheresse accrue des sols durant la saison végétale (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Changement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes). Les recharges automnales des sols profonds pourraient ainsi se voir retardées d'un mois d'ici à la fin du siècle. Celles-ci permettent d'éviter les phénomènes de sécheresses précoces et intenses mais aussi et surtout la recharge des nappes d'eau souterraines par infiltration. Des épisodes de sécheresse hivernale, encore rares actuellement pourraient devenir structurels dans les années 2080.

Les épisodes de sécheresses pourraient ainsi durer 6 à 7 fois plus longtemps qu'actuellement. A l'horizon 2080, les périodes de sécheresse se généralisent sur le territoire, avec, dans le scénario du GIEC le plus optimiste, 40 % du temps passé en état de sécheresse sur une majeure partie du territoire, ce chiffre s'élevant à 60 voire 80 % dans les scénarii pessimistes. Les cinq départements de la région sont assez uniformément touchés (CESER).

## 1.2. Les prévisions climatiques à 2100

Météo France, à travers sa plateforme « DRIAS les futurs du climat », propose des projections régionalisées selon des indicateurs climatiques retraçant la période 1950 – 2016, extrapolés selon plusieurs scénarii sur la période 2016 – 2100.

Trois scénarii formulés par le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) sont ainsi analysés : le RCP 2.6 (le plus optimiste), le RCP 4.5 (pessimiste) et RCP 8.5 (« extrême »). Les publications récentes du GIEC, requalifient aujourd'hui ces deux derniers scénarii comme « le plus probable » et « pessimiste ».

Il est important d'indiquer que les scénarii et les impacts éventuels qui émergent ne représentent qu'une tendance du climat futur, des facteurs externes pouvant intervenir (démographie, inertie climatique, etc.). Les résultats de cette analyse sont des hypothèses d'une vision prospective et les connaissances en matière de climat évoluent constamment.

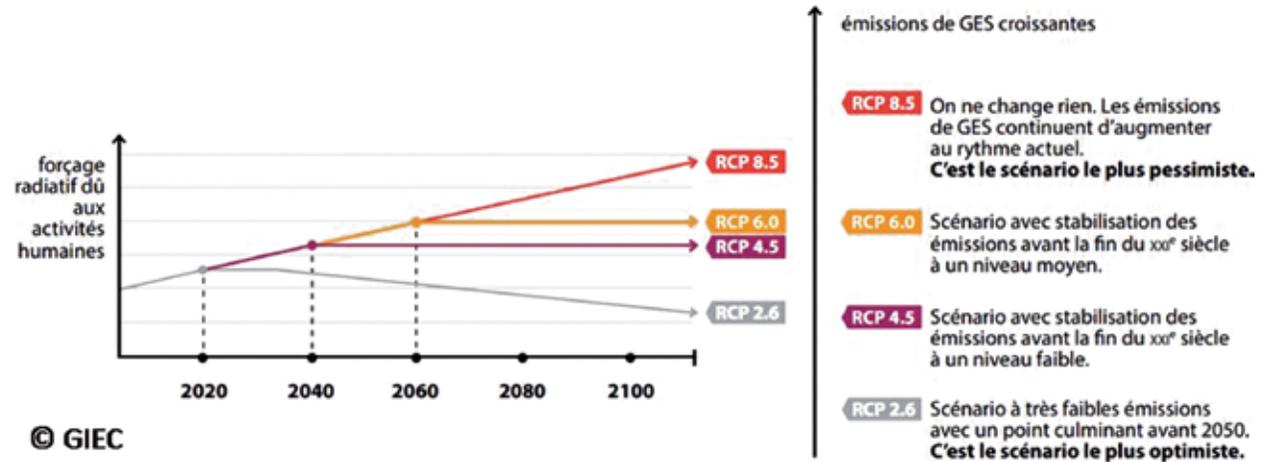
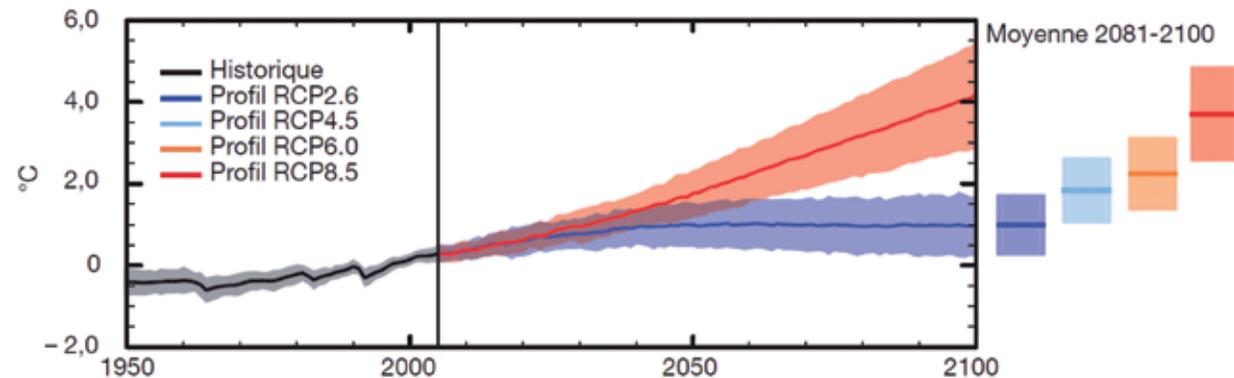


Figure 77 : Les scénarii d'évolution des émissions de gaz à effet de serre, formulés par le GIEC.

### Projection de la variation de température moyenne



Source : Giec, 1<sup>er</sup> groupe de travail, 2013

Figure 78 : Projection des températures moyennes annuelles futures, selon les scénarii du GIEC.

## Synthèse des résultats DRIAS – Pays de la Loire

Une poursuite du réchauffement est attendue au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, quel que soit le scénario. Selon le scénario sans politique climatique (RCP 8.5), le réchauffement pourrait atteindre près de 4 °C à l'horizon 2071 – 2100 par rapport à la période 1976 – 2005.

On note peu d'évolution des précipitations annuelles au XXI<sup>e</sup> siècle.

On attend cependant une diminution du nombre de jours de gel (entre 17 et 22 jours de moins) et une augmentation du nombre de journées chaudes (entre 19 et 51 jours de plus), quel que soit le scénario.

L'assèchement des sols sera de plus en plus marqué au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, en toute saison. En saison estivale, les températures moyennes tendraient à s'élever de +1,6 à 2,6 °C.

Les précipitations estivales, à la baisse quel que soit le scénario, pourront engendrer des tensions sur la ressource en eau, corrélées à une pression démographique accrue en été.

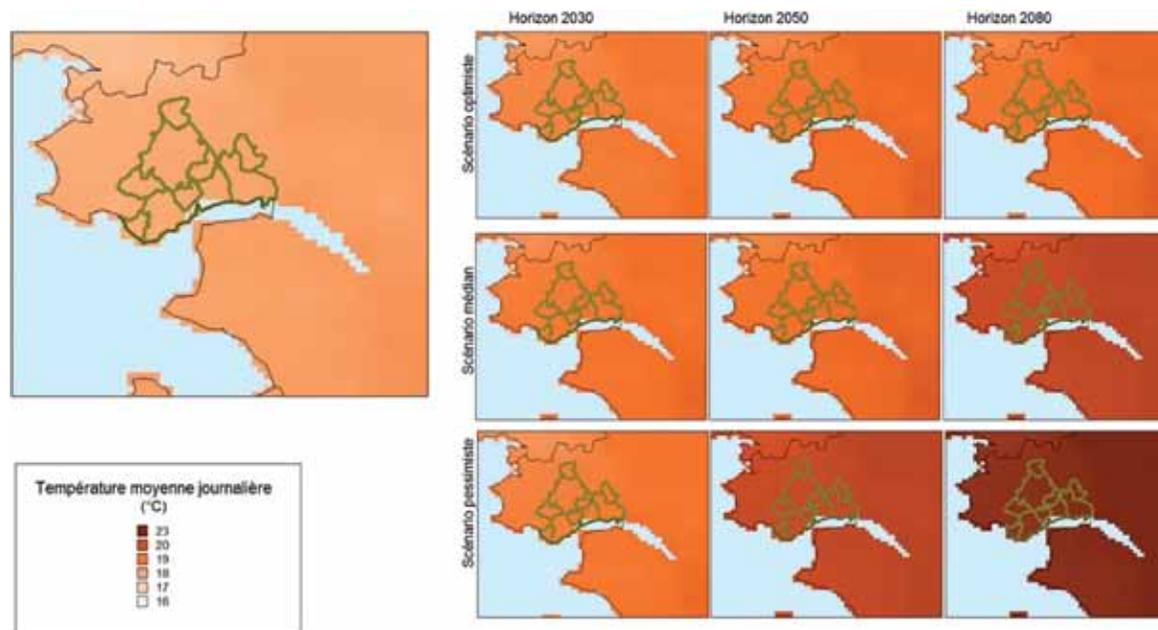


Figure 79 : Simulation de l'évolution des températures estivales journalières, via la plateforme DRIAS.

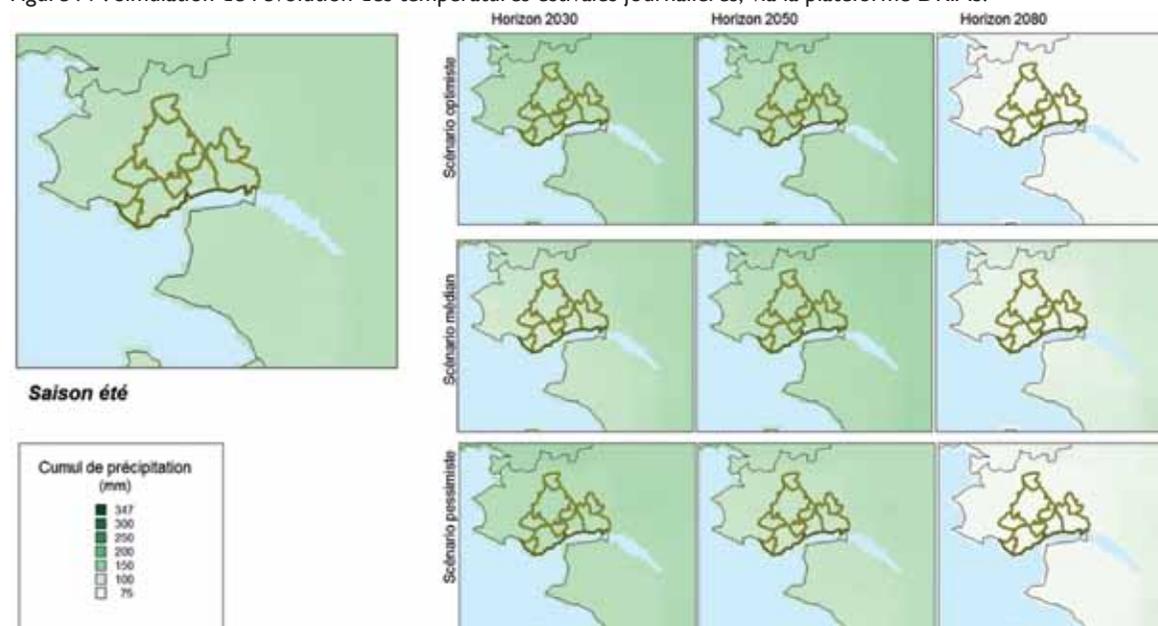


Figure 80 : Simulation de l'évolution des cumuls de précipitations estivales, via la plateforme DRIAS.

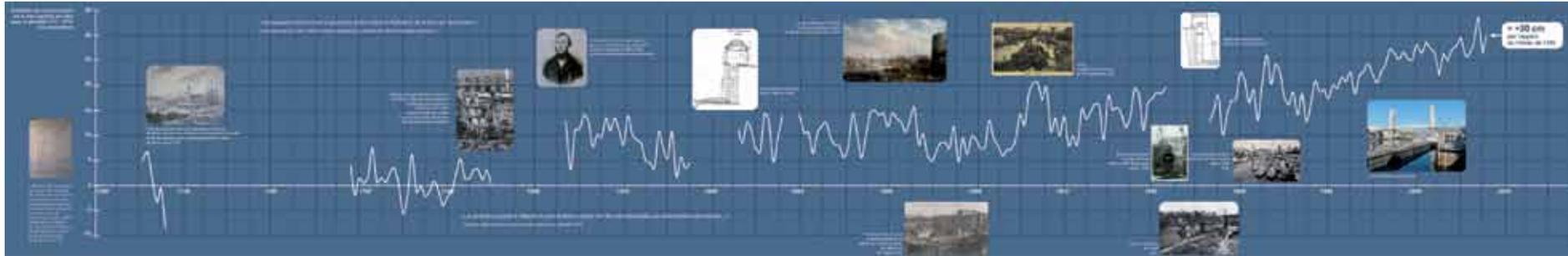


Figure 81 : 300 années d'évolution du niveau marin enregistrées par le marégraphe de Brest, SHOM.

### 1.3. Les effets attendus du changement climatique sur le territoire (aléas) à 2100

#### 1.3.1. La hausse du niveau de la mer

Une hausse du niveau marin est observée par le marégraphe de Brest, de l'ordre de 30 cm en 300 ans (Figure 81), avec une accélération ces dernières décennies, passant de 1,30 mm/an sur la période 1890 – 1980 à 3 mm/an depuis 1980 (Wöppelmann *et al.*).

Le marégraphe de Saint-Nazaire, bien que recueillant des données seulement depuis 1960, dégage lui aussi une tendance à la hausse (Figure 82).

Les projections à 2100 s'accordent toutes sur une augmentation du niveau marin, comprise entre 20 centimètres et 1 mètre selon le caractère optimiste ou pessimiste des *scenarii*, fonction des engagements politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

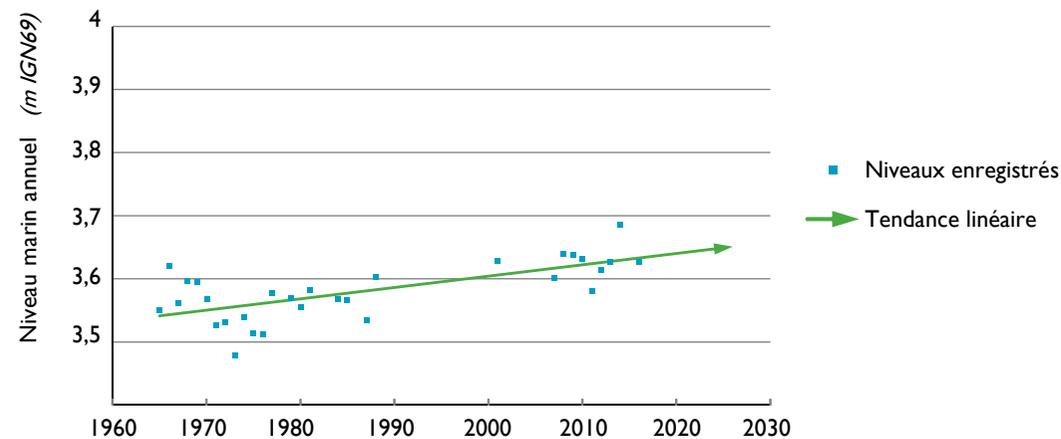


Figure 82 : 50 années d'évolution du niveau marin enregistrées par le marégraphe de Saint-Nazaire.

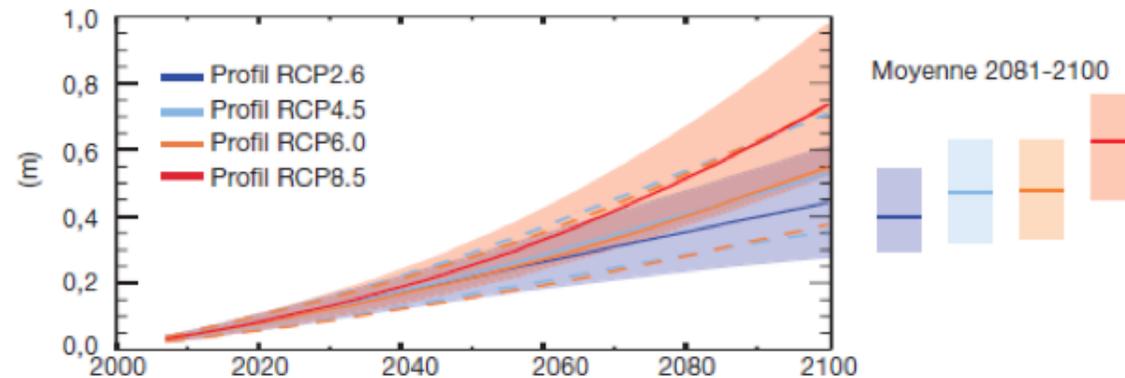


Figure 83 : Projection de la hausse moyenne du niveau des mers par rapport à la période 1986 – 2005 (GIEC, 1<sup>er</sup> groupe de travail, 2013).

### 1.3.2. Acidification des mers

La hausse des concentrations en dioxyde de carbone dans l'atmosphère a entraîné une augmentation de l'absorption du CO<sub>2</sub> par les eaux de surface océanique. De cette absorption résultent des changements dans l'équilibre chimique de l'eau de mer et une diminution de son pH. Ainsi, le pH de l'océan à l'échelle mondiale a diminué de 0,1 en deux siècles, passant de 8,2 à 8,1. Le GIEC indique une réduction supplémentaire du pH de l'ordre de -0,35 d'ici à 2100.

Dans les eaux tempérées, l'impact sera différé et ne devrait donc toucher le Grand Ouest qu'à l'horizon 2080, avec un impact direct possible sur les activités conchylicoles (DATAR).

Alors que les conséquences chimiques de l'acidification des océans sont prévisibles, les réponses potentielles des organismes et des écosystèmes au phénomène sont encore hautement spéculatives, en raison des données limitées et parfois contradictoires.

On peut supposer qu'à terme, l'acidification de l'océan représente un risque majeur pour les ressources marines biologiques exploitables, même si actuellement, les observations (en Bretagne) restent incertaines concernant l'évolution de l'abondance des espèces calcifiantes. Des synthèses récentes réalisées à l'échelle planétaire montrent que des processus d'adaptation et de résilience des populations ne permettent pas à ce jour de dégager de tendance claire sur les conséquences de l'acidification ni sur la production primaire des invertébrés calcifiants. La variabilité de réponse entre les différents groupes faunistiques apparaît notamment très forte y compris au sein des espèces calcifiantes. Alors que des

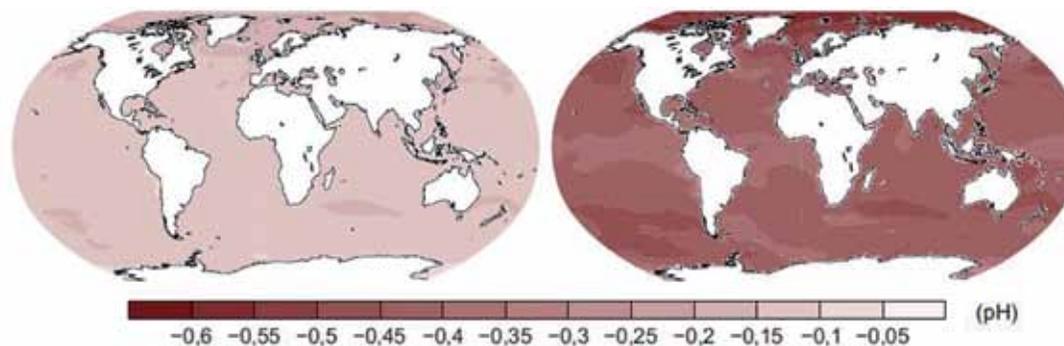


Figure 84 : Évolution du pH de la surface des océans entre 1986 – 2005 et 2081 – 2010.

effets avérés ont été mis en évidence sur les zones de récifs et que les conséquences pourraient être importantes aux hautes latitudes, ce constat incertain est particulièrement approprié pour les secteurs tempérés et notamment les côtes bretonnes (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – *Changement climatique dans l'Ouest*, Presses universitaires de Rennes).

Cet aléa, bien que n'impliquant aujourd'hui pas le littoral de l'agglomération, pourrait potentiellement impacter le plancton ainsi que certaines espèces de poissons, qui chercheraient à migrer vers le nord et les profondeurs, et pourrait à terme devenir corrosif pour les coquilles de calcaire et les coraux.

### 1.3.3. Réchauffement des eaux superficielles et des mers

**Poursuite du réchauffement des eaux de surfaces terrestres, dommageable pour les milieux et les écosystèmes des zones humides**

A débit d'étiage et en période de sécheresse, la température de l'eau dans le bassin de la Loire et de

ses affluents peut atteindre des valeurs supérieures à 25 °C, entraînant une prolifération d'algues et une mortalité accrue des poissons. En août 2003, la station de Montjean-sur-Loire a enregistré une température de l'eau de 29 °C, une saturation en oxygène de l'ordre de 30 % et une concentration chlorophyllienne d'environ 60 µg/l, conditions quasi létales pour la faune aquatique. Ces conditions ont entraîné des mortalités de poissons, des retards de migration, des proliférations d'algues sur l'ensemble du bassin versant de la Loire, plus importants sur ses affluents que sur la Loire elle-même (DATAR et lettre Loire Estuaire n° 6, 2005, GIP Estuaire).

Les eaux de surface (rivières, fleuves) devraient connaître une augmentation de leurs températures de 0,5 °C à 1,4 °C à l'horizon 2030. La température de la Loire à Montjean-sur-Loire augmenterait quant à elle de 1,9 °C à 2,1 °C en moyenne d'ici à 2070, selon les prévisions de l'étude Explore 2070. (CESER).

Des travaux (Gosse *et al.* 2009) conduisent à des prévisions de réchauffement moyen de la Loire moyenne entre 0,8 à 1,5 °C à l'horizon 2050 ; réchauffement pouvant atteindre jusqu'à +3 °C pour les mois les plus chauds. La présence plus marquée

du bouchon vaseux et le réchauffement de l'eau pourraient donner lieu à une augmentation des épisodes de faible concentration de l'eau en oxygène (hypoxie), néfastes pour la faune aquatique. Les événements climatiques récents – en particulier les sécheresses des années 2000 – révèlent déjà cette vulnérabilité.

Dans la vallée de la Loire, les étiages sévères entraînent une augmentation de la température de l'eau particulièrement dommageable pour les milieux et les écosystèmes des zones humides (DATAR).

### Poursuite de l'augmentation de la température des eaux de mer

Dans l'Atlantique nord, dans le Golfe de Gascogne, la température a augmenté d'environ 1 °C sur la période 1880 – 2000. Dans le nord du Golfe de Gascogne, l'augmentation est particulièrement forte ces 4 dernières décennies en ce qui concerne les minima hivernaux. Au large de Roscoff, on peut observer une augmentation de 0,7 °C de 1970 à 2004. Toutefois, ces données ne permettent pas de documenter l'importance relative du signal lié au changement climatique à celle de la variabilité naturelle. En effet, la variabilité observée sur 10 ans peut être liée à une variabilité naturelle comme cela peut s'observer sur l'indice d'oscillation nord-atlantique. Quant à la variabilité observée sur 35 ans, elle peut être liée à une variabilité naturelle multidécennale enchaînant des périodes froides et chaudes.

Les projections du XXI<sup>e</sup> siècle montrent que le réchauffement des températures atmosphériques devrait se poursuivre ainsi que celui des températures de l'océan, de manière plus lente pour ce dernier.

Ces projections montrent ainsi une augmentation de la température de surface en Mer du Nord de l'ordre de 3 °C d'ici la fin du siècle (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Changement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes).

### 1.3.4. La diminution du débit des cours d'eau

La ligne d'eau d'étiage s'est abaissée de plusieurs mètres en un siècle et semble continuer sa lente progression (GIP Loire-Estuaire). Néanmoins, la forte variabilité interannuelle des débits des rivières ainsi que la perturbation des régimes liés à l'utilisation de l'eau et aux aménagements empêchent d'observer dans les chroniques passées un effet significatif du changement climatique sur les débits. On observe tout de même depuis deux décennies un débit d'étiage plus précoce que sur les 140 dernières années, témoignage d'une réduction probablement déjà amorcée des précipitations (notamment en période estivale). Celle-ci a pour corolaire des épisodes de sécheresse plus récurrents et plus intenses : la dernière décennie

enregistre ainsi pas moins de quatre sécheresses notables : 2003, 2005, 2006 et 2011 (DATAR).

Les simulations de l'évolution des débits des cours d'eau à 2100 indiquent en Bretagne une baisse des débits de 20 – 25 % par rapport à ceux du passé récent, que l'on soit dans un futur proche ou lointain. Cette baisse est plus importante pour la Loire et peut atteindre 50 % en futur lointain, principalement sous l'effet de l'augmentation des températures de l'air et de l'évapotranspiration. Alors que les pics de débit se situent toujours sur le mois de mars, l'étiage s'accroît et se décale des mois de septembre-octobre à octobre-novembre avec une reprise des débits plus lente.

L'année 2017 compte également parmi les plus sèches enregistrées depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, comme l'illustre la Figure 85, comparant les débits moyens des mois de janvier (à gauche) et de juillet 2017 (à droite) avec ceux des années passées.

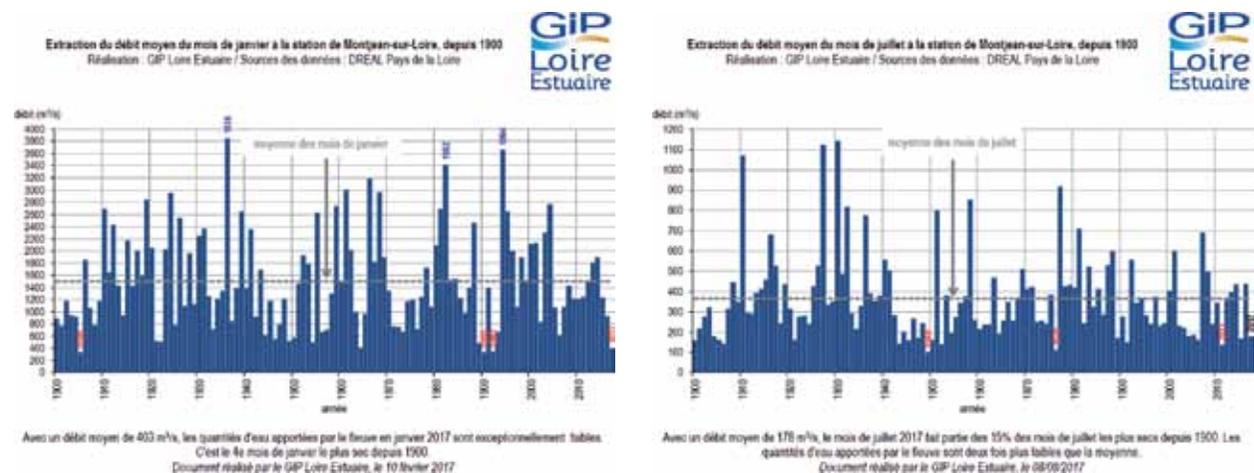


Figure 85 : Rétrospectives des débits moyens des mois de janvier et juillet, de 1900 à 2017.

### 1.3.5. Salinisation des eaux douces

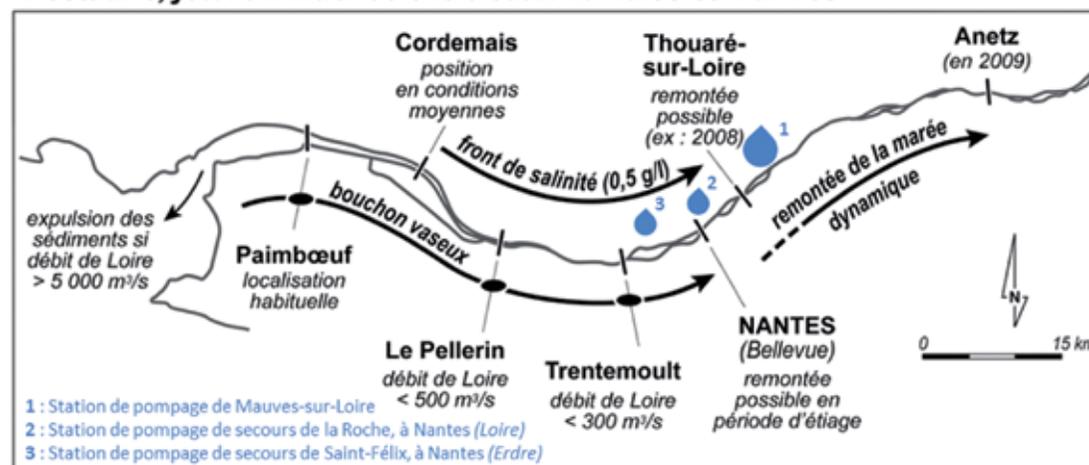
Le changement climatique pourrait potentiellement affecter la salinité des eaux en modifiant le régime des précipitations, les pluies extrêmes, le risque de crues et de ruissellement local. Toutefois, il existe peu d'informations sur l'évolution de ces variables sous l'effet du changement climatique et les projections de leur impact sur les caractéristiques physiques et chimiques des eaux côtières restent entourées d'incertitudes. Ces projections suggèrent une augmentation des précipitations extrêmes en hiver en Europe. On peut donc supposer que lors d'événements extrêmes de fortes pluies, plus marqués en hiver, le risque de crue sera plus élevé ainsi que le déversement d'eaux douces dans les zones côtières, pouvant entraîner une diminution de salinité des eaux.

**Turbidité :** Teneur en matériaux en suspension d'un cours d'eau

**Stratification :** Étagement vertical de couches d'eau aux propriétés différentes (salinité, oxygénation, densité, température, turbidité, etc.)

L'inverse pourra se produire lors d'épisode extrêmes de faibles précipitations, surtout marqués en été, entraînant des sécheresses, une diminution de l'écoulement fluvial et une augmentation de l'intrusion de salinité. Des changements des débits d'eau dans les environnements côtiers peuvent entraîner des changements de la salinité, de la turbidité, de la stratification et de la disponibilité en éléments nutritifs. Actuellement, il n'y a pas de données observées sur ce type de changements, toutefois, ces effets auront de forts impacts sur la biodiversité côtière, car l'hydrologie et la salinité y exercent une grande influence sur

### L'estuaire, jeux d'influence entre eaux fluviales et marines



Sources : diverses dont Pinot, 1974 ; Vanney, 1977 ; Ménanteau, 2009 ; GIP Loire Estuaire, 2002 .

Figure 86 : Les influences fluviales et marines de l'estuaire de la Loire et les prélèvements d'eau pour la consommation.

la distribution de la faune et de la flore, influencées par les apports.

L'évolution saisonnière de la salinité pourrait limiter les usages possibles de l'eau (risque de salinisation) et entraîner un coût supplémentaire d'usage de la ressource pour l'alimentation en eau potable, notamment en provenance de la station de prélèvement de Mauves-sur-Loire.

Par grands coefficients de marée et lorsque le débit de la Loire est réduit (200 m³/s), le front de salinité peut aujourd'hui remonter jusqu'à Thouaré-sur-Loire (70 kilomètres en amont de l'embouchure). Il est à envisager qu'il pourrait remonter plus loin encore en amont du fait du changement climatique et des aménagements du fleuve, qui tendent à diminuer les débits de Loire et à renforcer les influences marines dans l'estuaire.

Les équilibres écologiques de l'estuaire, qui reposent

sur ce jeu d'influence entre mer et fleuve, pourraient être réinterrogés par de possibles évolutions dans les modalités de gestion hydraulique, notamment au sein des marais de Brière.

### 1.3.6. Disponibilité de la ressource en eau

#### Un enjeu futur comme actuel

Exigeante dans la production et la distribution, la CA-RENE a pour mission de produire une eau potable de qualité en quantité suffisante pour satisfaire la demande. Pour se faire, elle dispose aujourd'hui de trois sources d'approvisionnement :

- > La nappe phréatique de Campbon, réservoir naturel souterrain d'une contenance de 100 millions de m³ d'une eau d'excellente qualité, qui assure 50 % de l'approvisionnement ;
- > La réserve de Férel, sur la Vilaine, en amont du bar-

rage d'Arzal qui assure 25 % de l'approvisionnement de l'agglomération nazairienne ;

- > Les stations de captage de Nantes Métropole situées à Mauves-sur-Loire et La Roche et Saint-Félix à Nantes (stations de secours).

La grande canalisation reliant La Baule à Nantes construite de 2014 à 2018 permet de renforcer et de sécuriser l'alimentation en eau potable du nord-ouest du département, en période estivale notamment, comme recommandé par le Schéma Départemental de Sécurisation de l'Alimentation en Eau Potable de la Loire Atlantique. **Les études prévoient déjà un déficit de ressource sur Cap Atlantique et la CARENE durant les jours de pointe à l'horizon 2020 – 2025.**

En effet, malgré l'actuelle stabilité de la consommation annuelle et la diminution de la consommation par habitant (fruit de la sensibilisation à une consommation raisonnée), une importante fluctuation de la pression démographique sur le littoral, notamment en période estivale, peut générer des tensions sur la ressource, accrues en cas d'épisodes de sécheresse.

La consommation d'eau potable de la CARENE s'élève aujourd'hui à 17 millions de m<sup>3</sup>/an. Les prévisions des besoins en eau pour le bassin Saint-Nazaire – La Baule à l'horizon 2020 – 2025 s'établissent entre 26 et 29 millions de m<sup>3</sup>/an, avec des pics de consommation allant jusqu'à 110 000 m<sup>3</sup>/jour de pointe (ADDRN). La sécurisation de l'approvisionnement et le partage de la ressource est donc un enjeu important pour supporter les besoins et anticiper l'évolution démographique du territoire.



### Diminution très probable de la disponibilité future de la ressource en eau

Tous les scénarii indiquent une réduction généralisée des précipitations estivales dès 2030, en particulier sur la façade littorale (selon un gradient ouest-est).

En Pays de la Loire, l'augmentation des températures conjuguée à la diminution des précipitations conduira très probablement à une diminution de la disponibilité de la ressource en eau. Le niveau moyen minimum des cours d'eau pourrait ainsi baisser de 30 à 60 % à l'horizon 2050, faisant des Pays de la Loire une des régions les plus impactées. La recharge des eaux souterraines pourrait quant à elle diminuer de 30 %. Ces projections sont relativement optimistes car elles ne prennent pas en compte l'évolution de la population touristique, ainsi que l'augmentation des prélèvements du secteur agricole, compte-tenu des épisodes de sécheresses attendus.

Des incertitudes quant à la recharge des aquifères et du niveau des nappes existent et sont liées :

- > à l'évolution climatique pluriannuelle : comme le montre l'évolution récente, la baisse observée du niveau des nappes suite à des épisodes de sécheresse peut être en partie compensée les années suivantes.
- > à l'évolution des prélèvements : une adaptation des usages à la réduction des ressources disponibles, via des mesures d'économie d'eau par exemple, permettrait de limiter cette baisse attendue du niveau des nappes. Une étude sur l'hydrologie, les milieux, les usages et le changement climatique est en projet, afin de dresser un diagnostic de la ressource et d'adapter les prélèvements.

**Aquifères :** Formations géologiques se prêtant à l'emmagasinement à la circulation de l'eau

### Impact sur l'alimentation en eau potable et les activités humaines

La vulnérabilité de la ressource en eau due au changement climatique dépendra principalement de l'évolution des prélèvements pour les différents usages de l'eau (alimentation en eau potable, agriculture, industrie, énergie). Une augmentation tendancielle de ces prélèvements augmenterait la vulnérabilité, en réduisant encore la disponibilité des ressources. A l'inverse, toute mesure d'économie d'eau et d'éventuelles mobilisations de nouvelles ressources (stockage des eaux pluviales, réutilisation d'eaux usées, etc.) la réduirait (DATAR et GIP Loire-Estuaire).

**En Pays de la Loire, le maintien d'un débit minimal est un impératif absolu.** Il s'agit de garantir l'alimentation des villes en eau potable, mais aussi d'assurer le bon fonctionnement de la centrale thermique de Cordemais ou encore de permettre aux agriculteurs ligériens de maintenir leurs activités, dans des conditions d'exploitation satisfaisantes.

La tension sur la ressource pourrait en outre être accrue par :

- > une altération de la qualité sanitaire des eaux superficielles (60 % des volumes prélevés pour l'alimentation en eau potable en Pays de la Loire) : dissolution des polluants, développement de cyanobactéries, etc.
- > une salinisation croissante des ressources en eau douce destinées à la consommation humaine. Les eaux saumâtres, pouvant remonter en amont de Nantes à l'étiage, contraignent d'autant les divers usages de l'eau dans la basse vallée de la Loire.

Tableau 18 : Tendances d'évolution et incidences des dynamiques de l'estuaire.

	Marnage en vives eaux	Salinité	Bouchon vaseux	Vasières
Scénario tendanciel	Légère augmentation	Avancée de 6 km vers l'amont	Forte progression vers l'amont	Diminution

Usages	Incidences potentielles
Eau industrielle	Contraintes supplémentaires – usage de l'eau
Agriculture	Contraintes supplémentaires : • usage de l'eau • submersibilité et évolution des prairies
Activité portuaire	Augmentation des dragages dans le chenal de Nantes
Développement urbain	Augmentation des lignes d'eau extrêmes Renforcement de l'envasement des ports de plaisance, cales,...
Environnement	Perte de vasières Risque de développement des crises d'anoxie Augmentation des submersibilités – évolution des milieux

Paote estuaire de la Loire – séminaire du 8 février 2013



Tableau 19 : Effets des changements climatiques et impacts potentiels sur les activités humaines dans les prairies de l'estuaire de la Loire.

Paramètres	Effets attendus des changements climatiques	Impacts à prévoir sur les activités humaines			
		Agriculture	Chasse	Protection de la nature	Urbanisation
Hydro-sédimentaires	Augmentations des durées et niveaux de submersion	Diminutions périodiques d'exploitation des prairies, difficultés d'accès aux parcelles	Problème d'accès	En faveur des zones humides estuariennes	Habitations inondées, besoin de renforcer les ouvrages de protection
	Augmentation de la salinité de l'estuaire	Prairies grillées par le sel, problème d'abreuvement du bétail	-	Recul d'espèces protégées sensibles au sel (ex : Angélique des estuaires)	Problème d'alimentation en eau potable
	Développement du bouchon vaseux vers l'amont	Prairies recouvertes par la vase lors des débordements	-	Diminution de l'oxygène de l'eau, impact sur des espèces patrimoniales (ex : Saumon)	Perturbation du prélèvement d'eau pour la centrale thermique de Cordemais
Végétation	Progression des végétations halophiles	Modification de la valeur fourragère et de la productivité	Modification de la faune	Favorable aux végétations pouvant s'exprimer à l'aval Effets significatifs sur l'avifaune (ex : Phragmite aquatique)	-
	Progression des roselières	Diminution des surfaces de prairies	Sanglier favorisé	-	-

Source : Impacts socio-économiques des Changements Environnementaux des complexes Prairiaux de l'Estuaire de la Loire : approche prospective - PROJET ICEPEL 2015-2017

Le GIP Loire-Estuaire prédit une remontée du sel et du bouchon vaseux, ainsi qu'une probable augmentation de la fréquence des submersions marines dans la plaine alluviale, ce qui impacterait la qualité de la ressource en eau.

**L'arrivée de nouveaux habitants et activités économiques, en accroissant la demande, risque d'augmenter encore la tension sur la ressource en eau.**

**Ce phénomène va obliger certains usagers de l'estuaire qui dépendent de l'eau (agriculture, industrie, énergie, tourisme) à s'adapter pour limiter les conflits d'usages. L'enjeu est de taille : la disponibilité d'une eau de qualité est un paramètre incontournable de l'attractivité du territoire comme du maintien d'un certain nombre d'activités, garant du dynamisme du territoire.**

Ce constat est partagé par l'Université de Bretagne Occidentale qui, au travers du Projet ICEPEL 2015 – 2017, tend à identifier les impacts socio-économiques des changements environnementaux sur les complexes prairiaux de l'estuaire de la Loire.

### **Impacts sur les milieux naturels et la biodiversité**

Les événements épisodiques tels que des pluies extrêmes et des inondations peuvent entraîner des dépôts de sédiments fins et un apport important en nutriments, avec des impacts sur la structure et la fonction des communautés.

Une étude sur un estuaire portugais a observé une augmentation des crues extrêmes en hiver, corrélées à une détérioration de l'habitat, une dégradation de

la qualité de l'eau et une augmentation de la turbidité par eutrophisation. L'intensification des inondations a eu des effets significatifs sur la structure et le fonctionnement des communautés macrobenthiques\* entraînant une baisse de la biomasse totale et de la richesse spécifique.

L'interaction entre les deux phénomènes d'inondation et d'eutrophisation a eu un impact négatif sur la résilience de la macrofaune.

A l'inverse, le manque de précipitations entraîne des phénomènes de sécheresse qui ont une influence sur l'hydrologie, la salinité et les températures en zones côtières.

L'effet positif de l'enrichissement d'origine terrigène sur le renouvellement de nombreuses espèces de poissons qui utilisent les secteurs côtiers et estuariens comme zones nourricières est avéré. La diminution de cet enrichissement du fait de l'effet combiné de sécheresse estivale et de captages accrus d'eaux douces en domaine continental aurait donc des conséquences néfastes sur ces ressources marines et leur exploitation (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Changement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes).

Les évolutions prévues pourraient également affecter les vasières de l'estuaire, suivant un phénomène de colmatage, se traduisant par une diminution de leur surface.

Par ailleurs, la présence plus marquée du bouchon vaseux et le réchauffement de l'eau pourraient donner lieu à une augmentation des épisodes de faible concentration de l'eau en oxygène (hypoxie), néfastes pour la faune aquatique (CESER).

**Saumâtres** : Se dit des eaux où se rencontrent l'eau douce des cours d'eau et l'eau salée de la mer.

**Terrigène** : Se dit des éléments d'origine continentale intervenant dans la sédimentation marine et dans l'enrichissement en éléments nutritifs des eaux.

**Eutrophisation** : Phénomène d'enrichissement excessif de l'eau en sels minéraux (nitrates et phosphates, notamment) entraînant des déséquilibres écologiques : prolifération de végétaux, appauvrissement en oxygène.

**Macrobenthiques** : Désigne les organismes aquatiques, de taille supérieure à 1 mm, vivant dans les profondeurs.

**Le défi du maintien d'une disponibilité optimale de la ressource en eau potable et de celle nécessaire aux activités du territoire sans pour autant compromettre sa disponibilité pour les milieux et espèces naturels est un enjeu fort pour la CARENE. Des actions favorisant une utilisation rationnelle de la ressource en eau doivent être étudiées : développement de nouvelles activités économes en eau, optimisation de l'existant, gestion des espaces artificialisés, naturels, agricoles et boisés favorisant la rétention des eaux et l'infiltration, ...**

### 1.3.7. Canicule et îlots de chaleur urbains

Un **Îlot de Chaleur Urbain (ICU)** est un secteur urbanisé où les températures de l'air et des surfaces sont supérieures à celles de la périphérie rurale.

Le phénomène est aujourd'hui peu observé dans l'agglomération du fait du brassage de l'air en milieu littoral et de la présence des zones humides opérant comme contrepoids. Mais il est voué à se renforcer avec le changement climatique, notamment dans le centre-ville de Saint-Nazaire, fortement minéralisé.

Dans un contexte de vieillissement de la population, les jours de canicule accentuent les risques sanitaires. Outre l'inconfort qu'ils produisent, les pics de chaleur contribuent à l'augmentation des allergènes et des polluants atmosphériques. Ils favorisent le déploiement de maladies transmises par des moustiques qui prolifèrent dans les régions chaudes. C'est le cas notamment du moustique tigre, observable depuis 2004 en France métropolitaine et potentiellement porteur des virus de la dengue, du chikungunya et du zika. Si aucun cas autochtone (contracté sur le territoire métropolitain) n'a été recensé à ce jour, le développement de ce vecteur potentiel de transmission accroît la menace épidémiologique.

Pour se prémunir du phénomène et réduire la surmortalité liée aux épisodes de vagues de chaleur et canicules, des îlots de fraîcheur sont à favoriser dans les centres urbains. Ceux-ci passent par l'augmentation de l'albédo des surfaces urbanisées, la végétalisation, le bioclimatisme des constructions, le développement de l'eau et de la nature en ville qui facilitent l'ombrage et la perméabilité des surfaces tout en diminuant la rétention de chaleur. La réduction de la chaleur émise par les activités humaines (transports,

## Pourquoi l'effet îlot de chaleur urbain

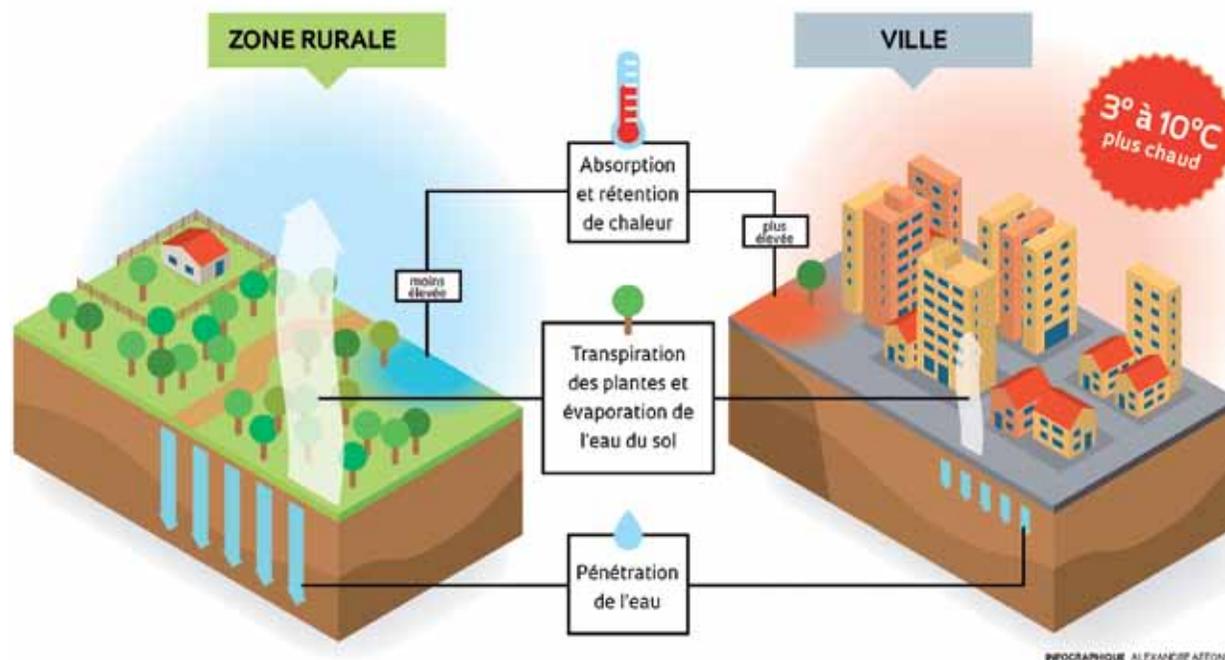


Figure 87 : Principes de l'îlot de chaleur urbain.

bâtiments, industries, etc.) est également un levier d'adaptation important.

**Albédo** : Capacité de réflexion du rayonnement solaire d'une surface.

**Bioclimatisme** : Conception adaptée aux caractéristiques du lieu d'implantation pour favoriser les économies d'énergie.

Sans quoi le phénomène d'îlot de chaleur urbain concernerait alors un centre-ville à la densité de population la plus forte de l'agglomération...

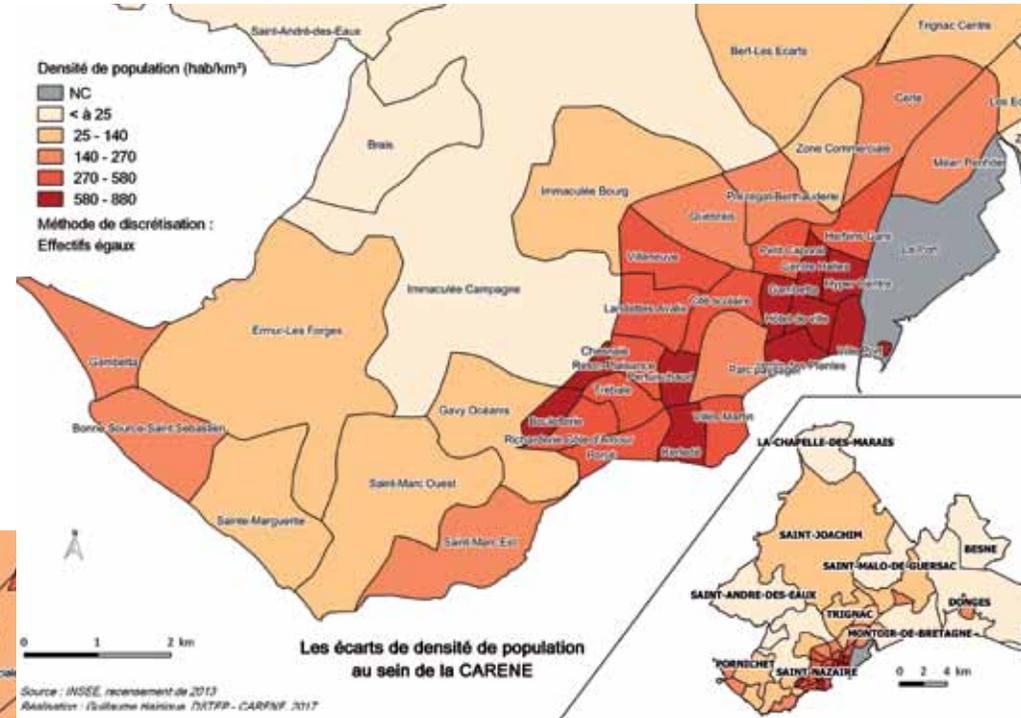
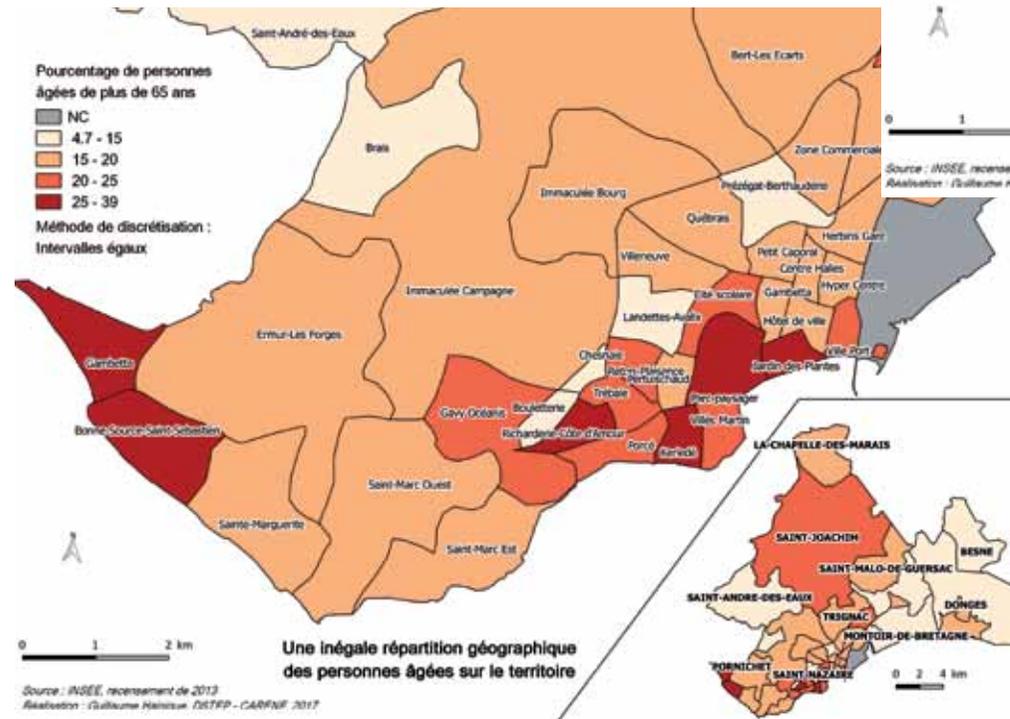


Figure 88 : La densité de population des communes de Pornichet et Saint-Nazaire.



... et où le pourcentage de personnes âgées est aussi parmi les plus élevés.



Figure 89 : Le pourcentage de personnes âgées de plus de 65 ans parmi la population de Pornichet et de Saint-Nazaire.

### 1.3.8. Feux de forêt

Actuellement, les massifs forestiers du Grand Ouest sont peu exposés au risque de feux de forêt. Sur l'agglomération, seules les landes, présentes sur le littoral pornichétain y sont à priori susceptibles.

Toutefois, l'augmentation future du nombre de jours de vague de chaleur et d'épisodes de sécheresse croisée avec une diminution des réserves en eau des sols peuvent accroître ce risque dans les territoires méditerranéens actuellement exposés mais aussi sa propagation territoriale vers le nord et en altitude, en période estivale notamment.

L'Indice Forêt Météo (IFM) calculé par Météo-France évalue le niveau de risque sur le territoire national. Cet indice attribue une valeur déterminant le risque de départ de feux de forêt. Un IFM de 20 correspond à la valeur moyenne observée dans les régions méditerranéennes, très sensibles aux incendies de forêts.

Les cartes ci-contre proposent une estimation plausible de l'évolution de l'aléa en intensité et en extension suivant le changement climatique, à moyen et long termes. Elles reposent sur l'évolution attendue de l'occurrence par année du nombre de jours évalués avec un IFM égal ou supérieur à 20.

Il est à noter que le territoire de l'agglomération compte en moyenne pour la période de référence (1989-2008), 33 journées par an potentiellement favorables aux incendies de forêts. Selon un scénario médian d'évolution du risque modélisé par Météo-France (plateforme DRIAS), cette moyenne passerait à 55 journées pour la période 2031-2050, 70 journées pour la période 2051-2070 et jusqu'à 84 journées pour l'horizon lointain 2081-2100.

Moyenne annuelle du nombre de jours avec un indice feu météorologique supérieur à 20 pour le scénario d'évolution socio-économique intermédiaire (A1B)  
Expérience : Météo-France/IFM2009 - France CNRM : modèle Arpege - V4.6 étiré de Météo-France

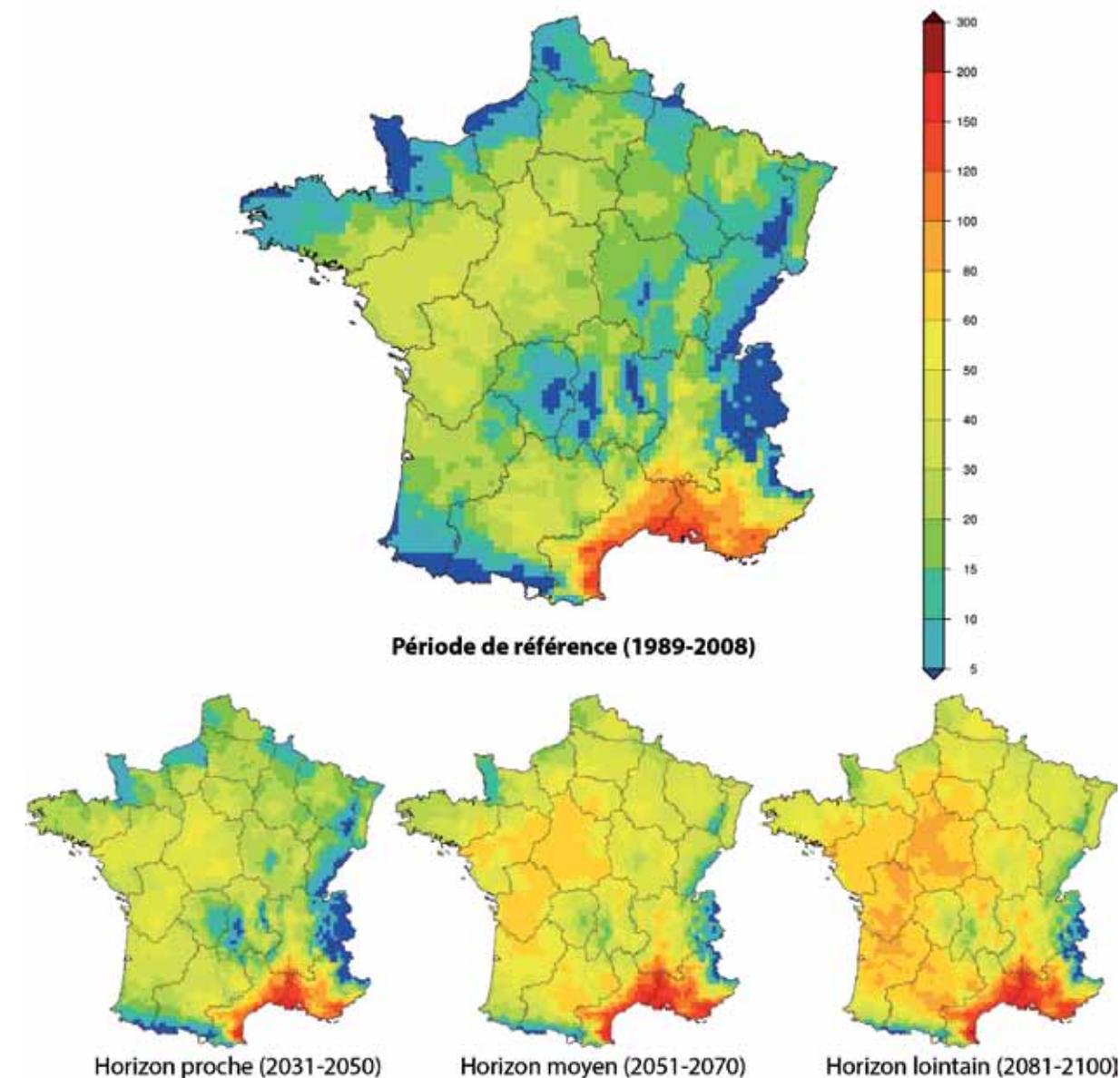


Figure 90 : Évolution modélisée, de la moyenne annuelle du nombre de jours favorables aux incendies de forêts (IFM > 20).

## 2

### Les risques climatiques majeurs sur le territoire

#### 2.1. Analyse des arrêtés de catastrophe naturelle

Le département a connu plusieurs événements climatiques exceptionnels et marquants dans un proche passé :

- > sécheresses de 1976, 1996 et 2003.
- > hiver rude de 1962 – 1963.
- > tempêtes de 1987, 1999 et 2010.

Il ne paraît toutefois pas possible de relier la fréquence de ces événements, qui restent exceptionnels, à l'évolution du climat. Il ne semble ni plus ni moins fréquents que par un passé plus lointain (ONEF et CRPF Pays de la Loire).

En revanche, depuis la création des arrêtés interministériels relatifs à la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle, en 1982 (permettant l'indemnisation des victimes pour les dommages causés aux biens assurés), il apparaît que les communes, notamment celles de la CARENE, voient leur recours aux arrêtés croître avec le temps.

Ainsi, en moins de 20 ans, ce sont 32 arrêtés qui ont été déposés dont 18 après un événement météorologique majeur (tempêtes Lothar de 1999 et Xynthia de 2010, et canicule de l'été 2003). Toutes les communes de l'agglomération ont fait l'objet au moins une fois d'une constatation de l'état de catastrophe naturelle.

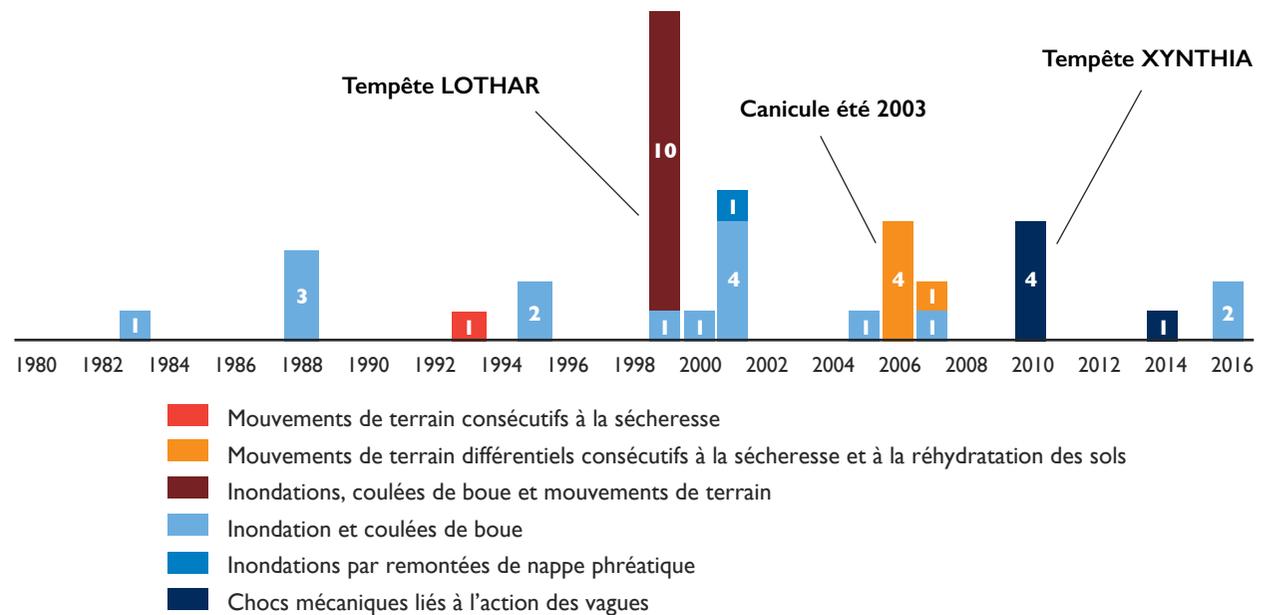


Figure 91 : Chronologie des arrêtés de catastrophe naturelle sur la CARENE (1980 à 2016). Source : Base GASPARD, Ministère de la Transition écologique et solidaire.

trôle naturel. Saint-Joachim et Trignac plus particulièrement avec 6 et jusqu'à 7 reconnaissances pour Saint-Nazaire (Figure 91).

L'analyse des types d'arrêtés déposés permet d'identifier les aléas naturels ayant le plus d'impact sur le territoire :

- > les phénomènes d'inondation par crues de cours d'eau, précipitations et remontées de nappe phréa-

tique (plus de 70 % des arrêtés).

- > le retrait-gonflement des argiles, correspondant aux mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols (plus de 15 % des arrêtés).
- > les submersions marines et l'érosion littorale, imputables notamment aux chocs mécaniques liés à l'action des vagues (plus de 10 % des arrêtés).

D'après le bilan des arrêtés de catastrophe naturelle et l'exposition observée du territoire aux aléas climatiques, il apparaît que quatre d'entre eux sont pressentis pour croître dans les années à venir, soit en occurrence, soit en intensité, soit dans l'exposition des enjeux du territoire, du fait notamment des effets induits par le changement climatique (Figure 93).

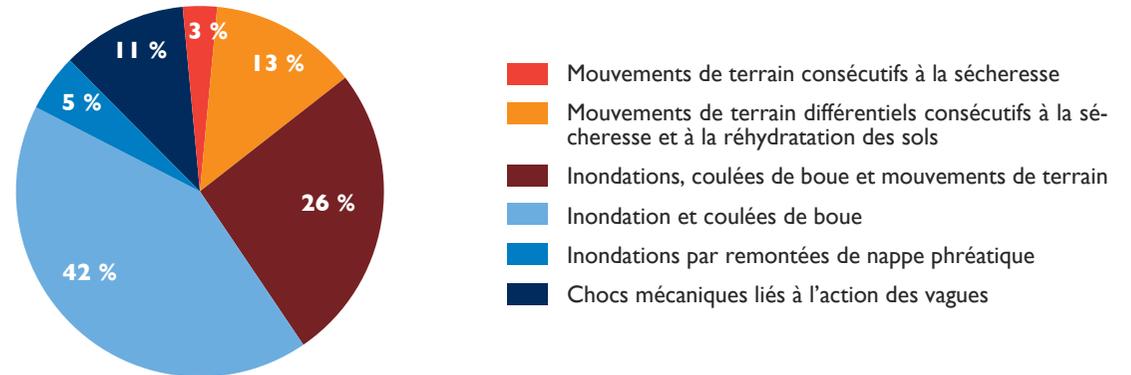


Figure 92 : Les types d'arrêtés de catastrophe naturelle recensés sur l'agglomération nazairienne, de 1980 à 2016.

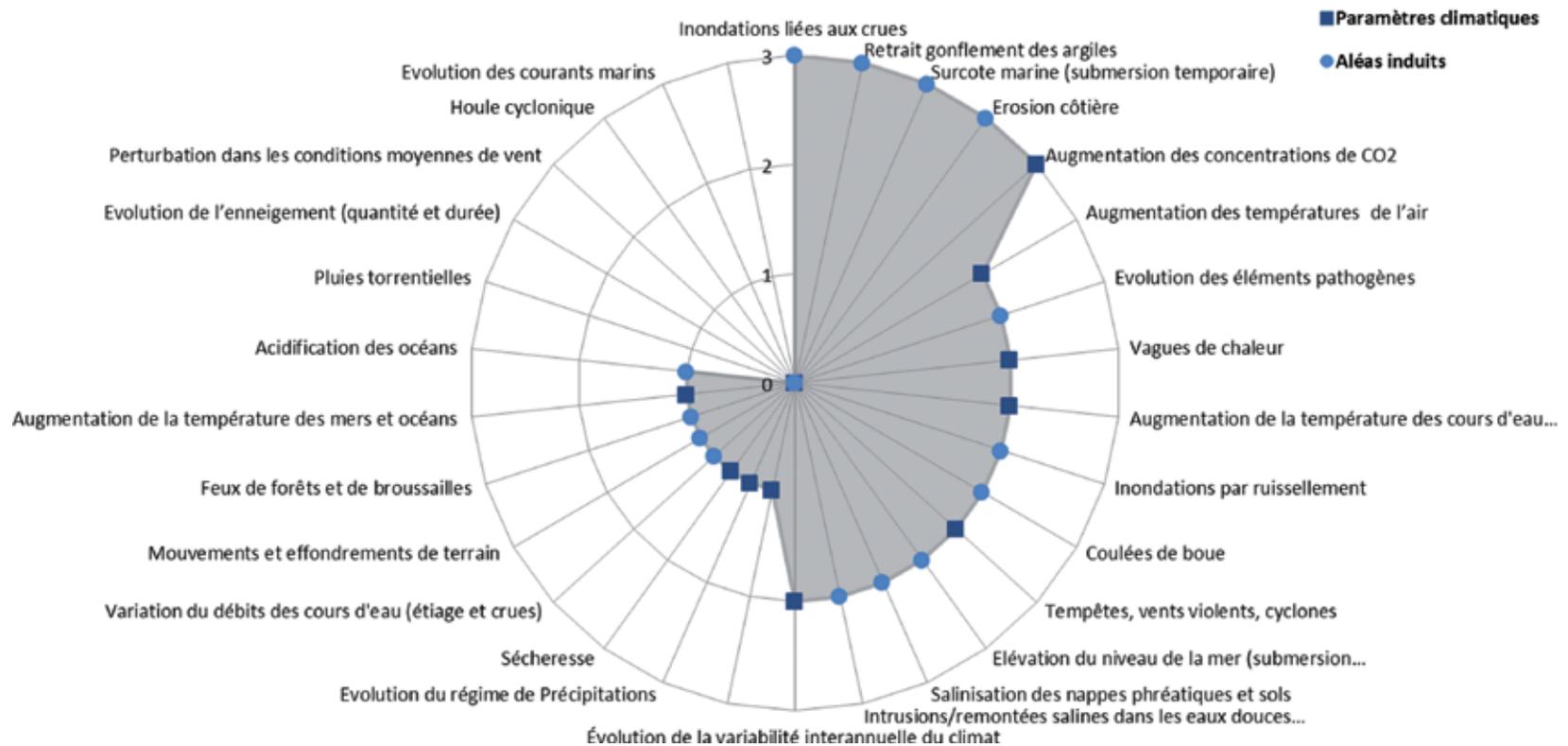


Figure 93 : Notation de l'exposition observée du territoire selon l'outil Impact Climat de l'ADEME.

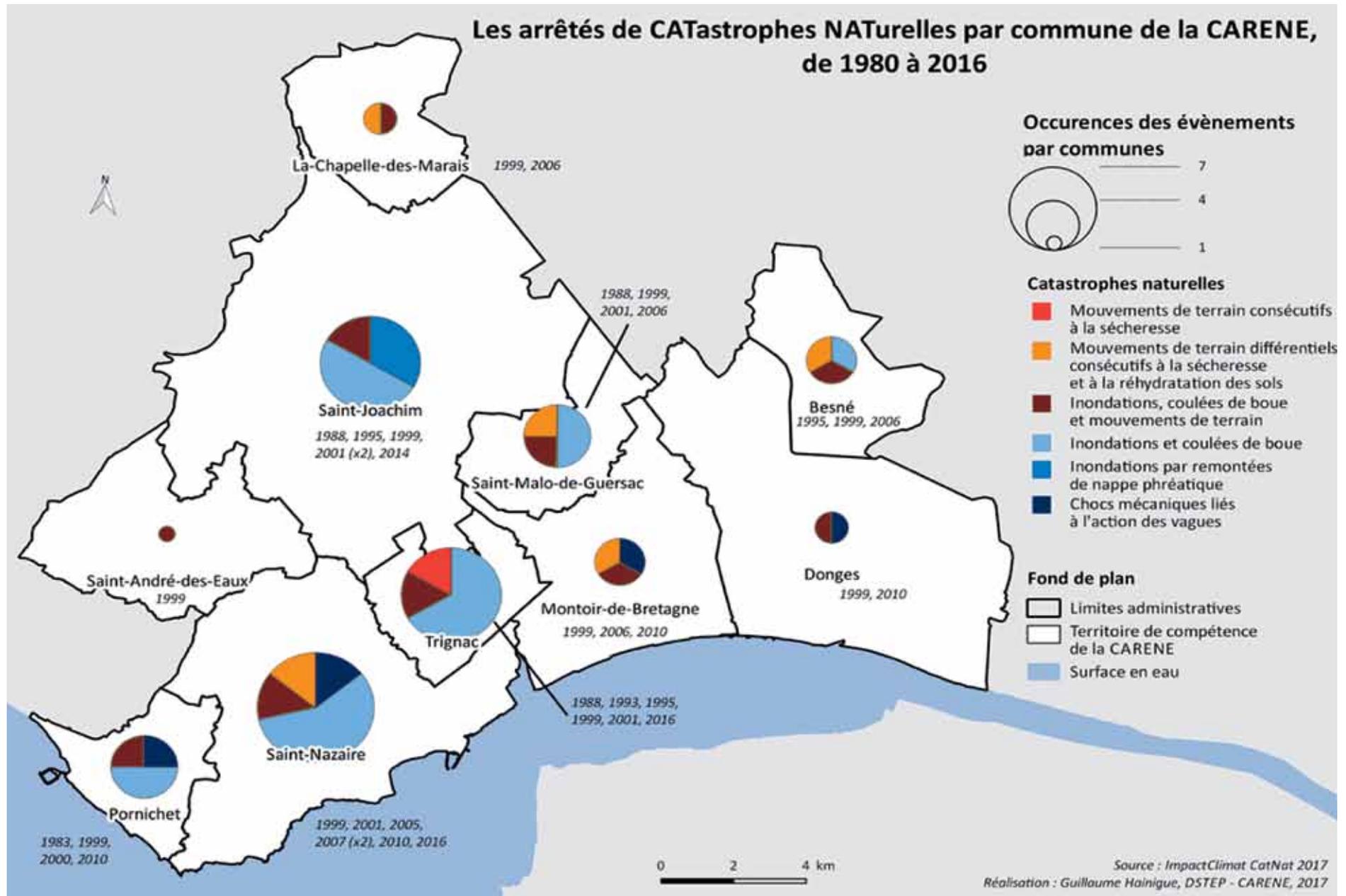


Figure 94 : Répartition des arrêtés de catastrophes naturelles sur la CARENE (1980 – 2016).

## 2.2. Le risque inondations par crue de cours d'eau et remontée de nappes

Une inondation est un phénomène de submersion des terrains avoisinant le lit mineur d'un cours d'eau lors d'épisodes de débordement, de crue.

### 2.2.1. Inondation par crue des cours d'eau

Sur le territoire de l'agglomération, cet aléa se caractérise par une cinétique lente dans le cas de crues de Brière, avec un risque humain direct limité, comparé aux épisodes cévenols connus dans le sud de la France. Les montées des eaux comme les décrues sont lentes et progressives, entraînant une longue durée de submersion des terrains. Les crues de Loire sur l'estuaire sont quant à elles principalement dictées par les influences marines, et ceux jusqu'au Pellerin, 40 kilomètres en amont. Lentes également, elles se produisent essentiellement lors des pleines mers à fort coefficient.

Les zones basses, support principal du réseau hydrographique actuel et ancien (Figure 95), représentent les deux tiers de l'agglomération, principalement sous les formes de marais, de prairies humides et de polders agricoles et industriels.

*Polder : Espace artificiel de terre gagné sur l'eau*

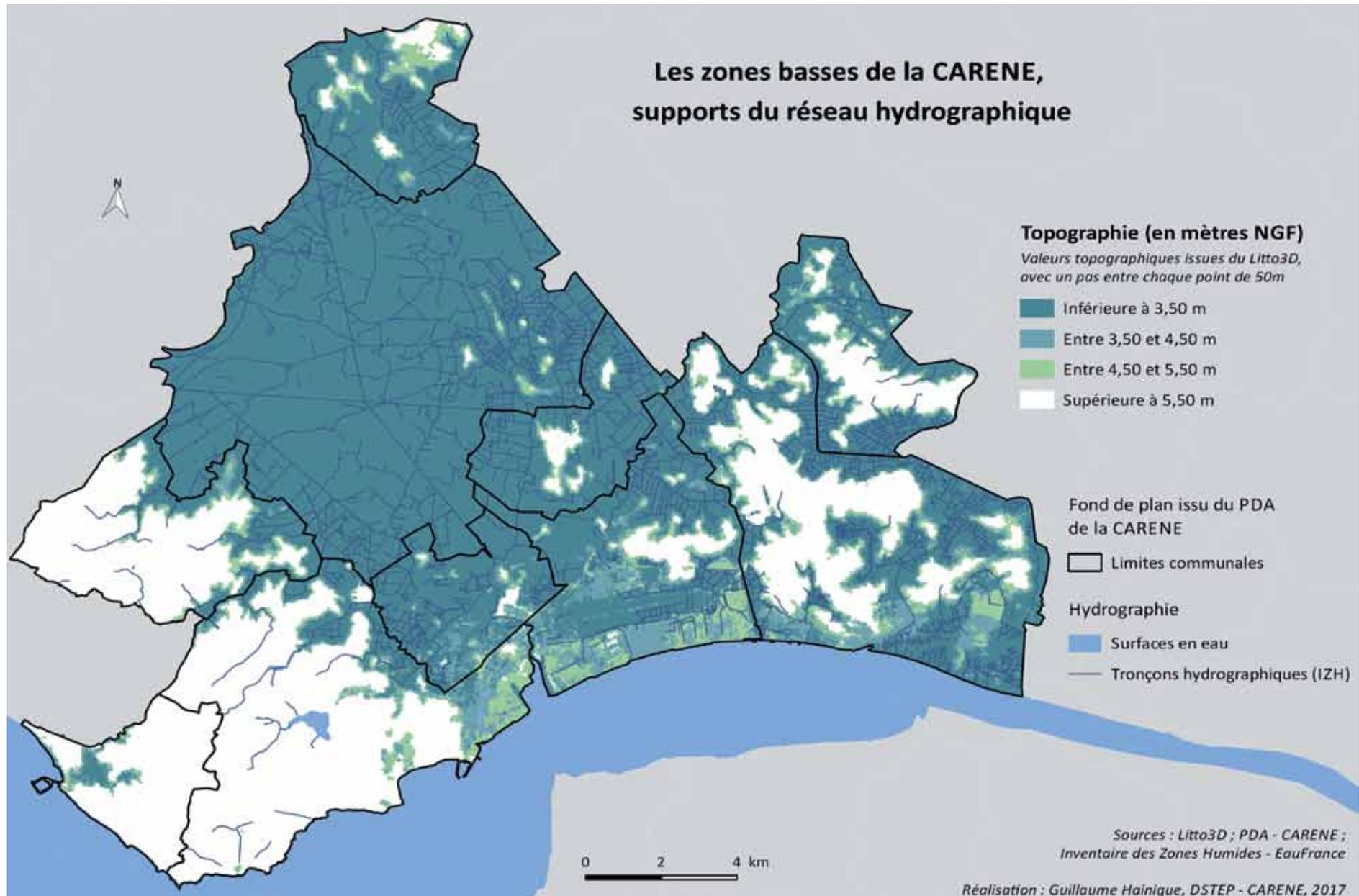


Figure 95 : Les zones basses de l'agglomération.

Ces secteurs à faibles altitudes sont propices à l'accumulation des eaux lors des débordements de Loire et de Brière.

L'ensemble de ces sources permet d'apprécier l'emprise potentielle maximale des zones inondables sur le territoire, toutes hauteurs d'eau confondues. Cette « enveloppe » correspond alors à des secteurs concernés à minima par un risque faible d'inondation.

Pour caractériser les secteurs concernés par un risque plus important : moyen et fort, la méthode a consisté ici (suivant les recommandations du Centre d'Études et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement) à croiser l'enveloppe des secteurs inondables avec le référentiel altimétrique Litto3D<sup>1</sup> produit par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) et l'IGN.

Les zones situées à des altitudes comprises entre 3,50 et 4,50 mètres d'altitude faisant l'objet d'un classement en aléa dit moyen. Les zones situées en deçà de 3,50 m étant en situation d'aléa potentiel fort.

Le résultat de cette classification a ensuite servi à qualifier différents enjeux du territoire face au risque d'inondation, disponibles au sein du Plan Cadastral Informatisé (bâti en dur, constructions légères), ou encore le réseau routier issu de la Base de Données Topographique de l'IGN (Figure 97 et 106).

Les espaces urbanisés potentiellement exposés aux inondations par crues de cours d'eau se situent principalement aux marges des îles de Brière (Saint-Joachim, Saint-Malo-de-Guersac) et à l'interface Brière-estuaire du Brivet (Trignac, Méan-Penhoët à Saint-Nazaire et Montoir-Bellevue).

Les données relatives à cet aléa sont valides à des échelles différentes : minimale 1/5 000 ; maximale 1/25 000. Les AZI<sup>2</sup> ne permettent pas d'apprécier les effets du changement climatique sur les phénomènes d'inondation quand le PPRL<sup>3</sup> tend à identifier des secteurs inondables futurs, selon l'augmentation du niveau des mers. C'est pourquoi l'appréciation des cartographies produites dans le PCAET à l'échelle communale est à relativiser. Ces dernières ont pour objectif de sensibiliser les acteurs de l'aménagement sur la vulnérabilité du territoire et non de faire office de support d'expertise pour des enjeux localisés. L'AZI de Brière-Brivet, fait actuellement l'objet de discussions entre la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Loire Atlantique et la CARENE, pour procéder à sa mise à jour (Atlas élaboré en 2004) avec des données altimétriques plus récentes et précises. La prise en compte des effets du changement climatique sur les niveaux marins de référence est aussi à l'étude pour les espaces sous influence marine.

En cas de fortes précipitations, des secteurs situés en dehors des zones inondables par crue de cours d'eau et situés à des altitudes supérieures à 5,50 m ne sont pas exempts de possibles inondations, notamment les secteurs en situation de cuvette comme le parc paysager ou l'étang du Bois Joalland de Saint-Nazaire.

La carte ci-contre (Figure 98), identifie les axes du réseau routier selon leur potentielle exposition au phénomène d'inondation, suivant leur localisation ou non dans un secteur inondable et selon l'altitude des tronçons routiers concernés.

Les axes les plus exposés se retrouvent en périphérie de la Brière, dans les communes de Saint-André-des-Eaux, Trignac et Saint-Malo-de-Guersac, principa-

lement sur les axes communaux. Les axes routiers du sud de la commune de Trignac ainsi que des quartiers de Méan et Penhoët à Saint-Nazaire sont qualifiés en risque fort d'inondation suivant leur localisation dans les cartes des TRI<sup>4</sup> et du PPRL, surtout pour un risque à moyen et long terme. Les axes routiers de la Zone Industriale-Portuaire de Montoir-de-Bretagne et Donges sont classés comme inondables d'après l'AZI de l'estuaire de la Loire, car historiquement localisés dans son lit majeur. Les routes départementales 50 et 16 reliant respectivement Saint-Joachim à la Chapelle-des-Marais et à Crossac apparaissent elles aussi comme assujetties à un risque fort d'inondation.

<sup>1</sup> Litto 3D : Modèle numérique altimétrique précis couvrant l'interface terre-mer.

<sup>2</sup> AZI : document cartographique de connaissance sur les zones inondables par débordement de cours d'eau.

<sup>3</sup> PPRL : servitude d'utilité publique qui a vocation à protéger les personnes et les biens exposés à des dangers naturels.

<sup>4</sup> TRI : zone dans laquelle les enjeux potentiellement exposés aux inondations sont les plus importants, justifiant une action volontariste et à court terme des acteurs de la gestion du risque.

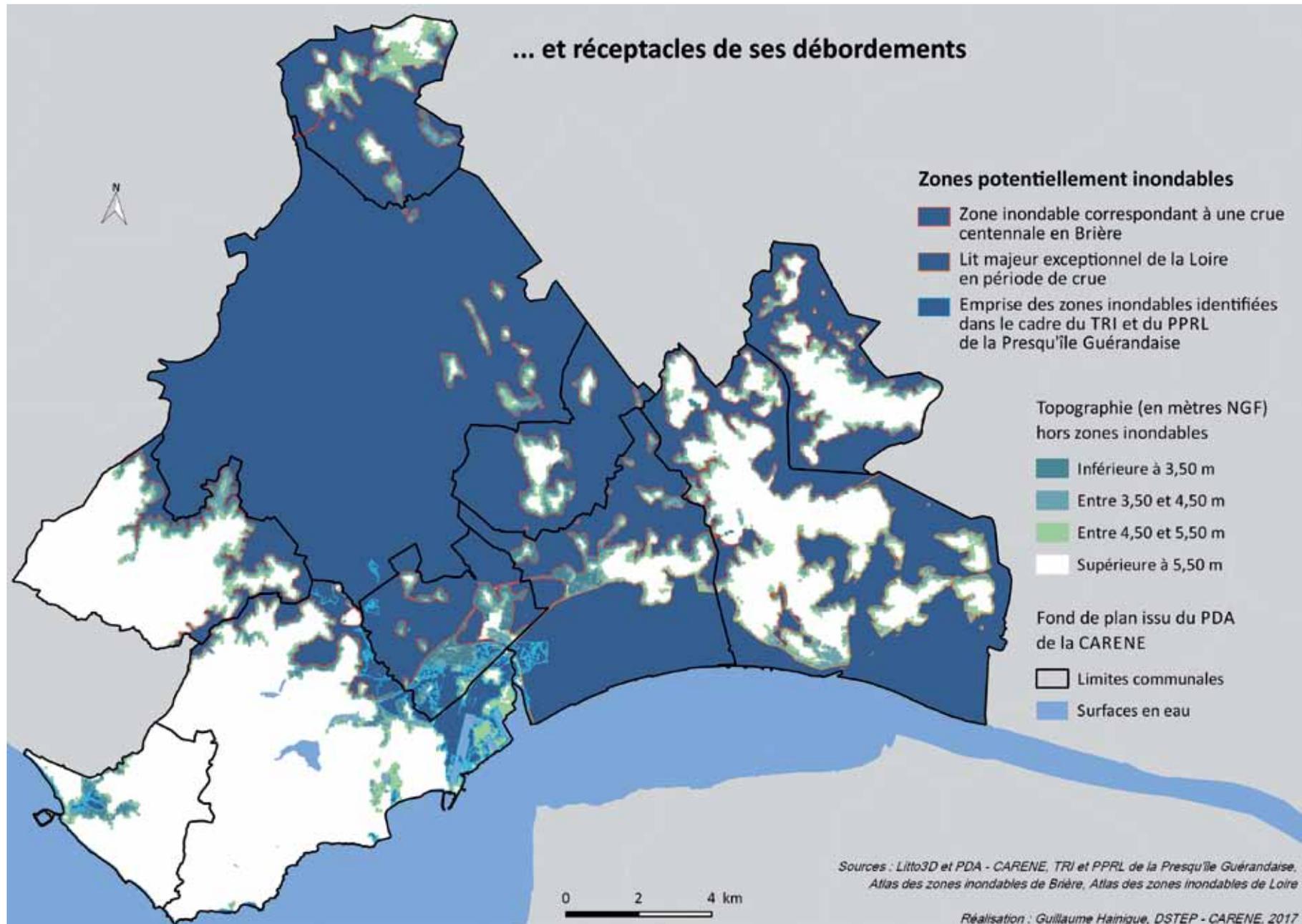


Figure 96 : L'enveloppe des zones inondables de la CARENE.

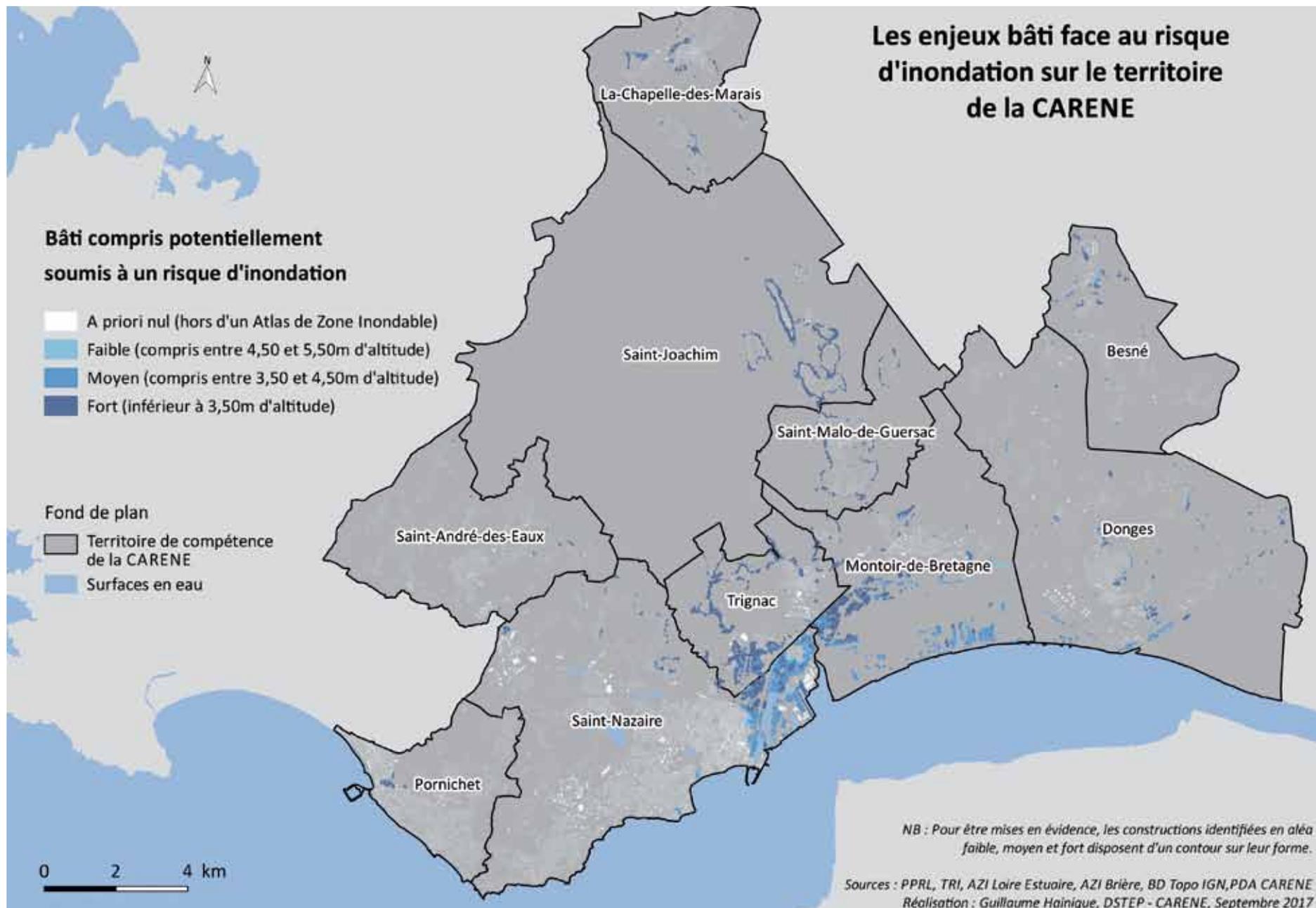


Figure 97 : Les surfaces urbanisées exposées à l'aléa d'inondation.

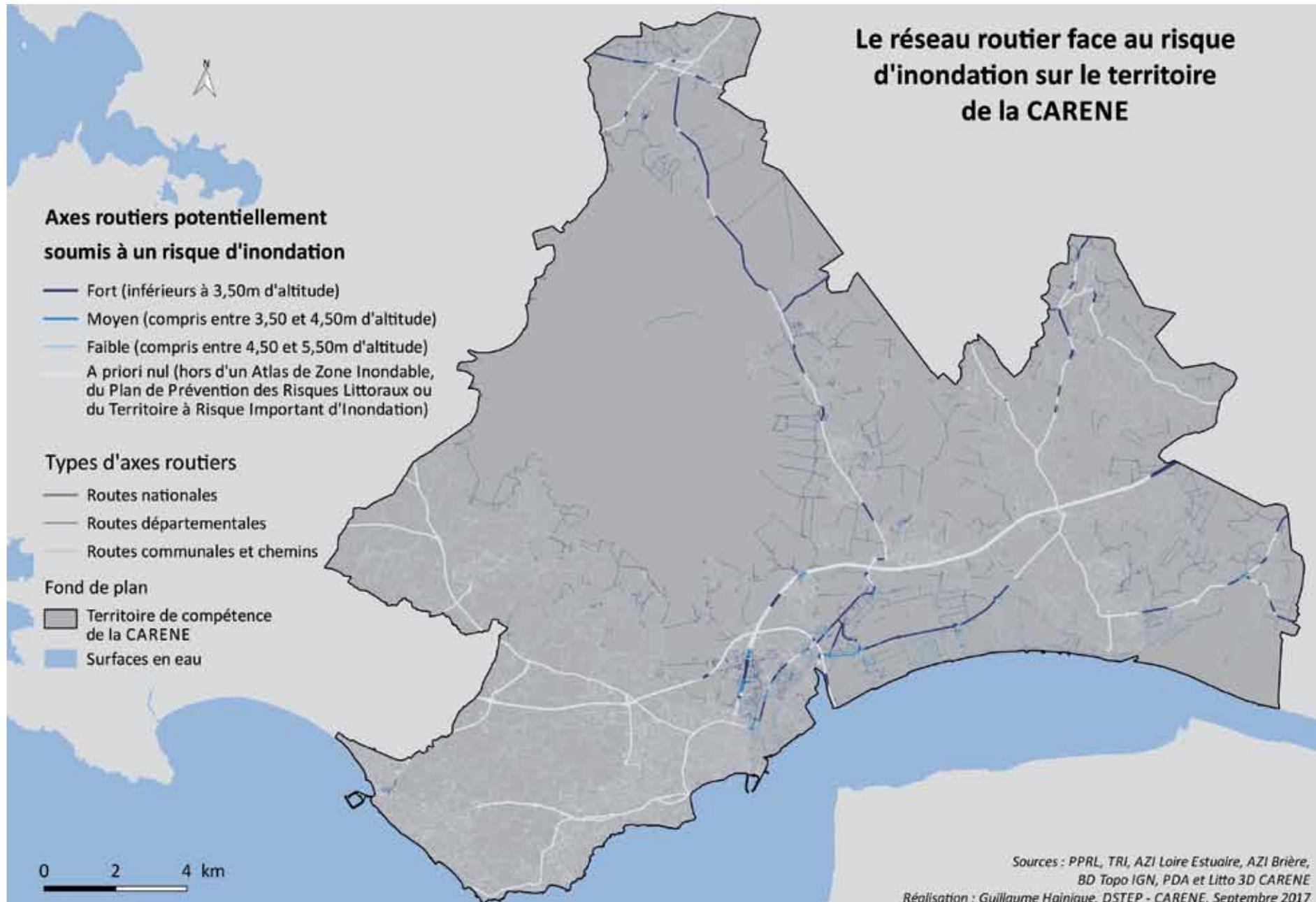


Figure 98 : Le réseau routier face au risque d'inondation sur le territoire de la CARENE.

### 2.2.2. L'influence des facteurs anthropiques sur les inondations par crue

Selon le dossier d'information sur les inondations du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (2004), les influences anthropiques sont des facteurs aggravants du risque d'inondation par divers aspects.

**L'urbanisation et l'implantation d'activités dans les zones inondables** constituent la première cause d'aggravation du phénomène. En parallèle, l'augmentation du niveau de vie et le développement des réseaux d'infrastructures ont accru dans des proportions notables la valeur globale des biens et la fragilité des activités exposées. Pour les zones industrielles situées en zone inondable, un risque de pollution et d'accident technologique est à prendre en compte.

**La diminution des champs d'expansion** des crues consécutive à l'urbanisation est parfois aggravée par l'édification de digues ou de remblais. Elle a pour conséquence une réduction de l'effet naturel d'écrêtement des crues, bénéfique aux secteurs habités en aval des cours d'eau.

**L'occupation et l'utilisation des sols sur les pentes des bassins versants** (déboisement, suppression des haies, pratiques agricoles, imperméabilisation) empêchant le laminage des crues et la pénétration des eaux, favorise une augmentation du ruissellement, un écoulement plus rapide et une concentration des eaux.

Beaucoup de rivières ont été modifiées localement sans préoccupation des conséquences en amont ou en aval. **Ces aménagements de cours d'eau** (suppression des méandres, endiguement, etc.) peuvent



avoir des conséquences préjudiciables sur l'accélération de crues en aval et l'altération du milieu naturel.

Enfin, la défaillance des dispositifs de protection accroît les risques. Leur rôle peut être limité. Leur mauvaise utilisation et leur manque d'entretien peuvent parfois exposer davantage la plaine alluviale que si elle n'était pas protégée. Les ouvrages de protection collectifs, comme les digues, ne peuvent garantir une protection absolue.

En conséquence, le meilleur moyen de prévention contre les risques d'inondation est d'éviter d'urbaniser les zones exposées. Pour autant, de nombreuses habitations existent déjà dans ces zones. Face à ce constat, il faut agir sur la réduction de la vulnérabilité des enjeux, c'est-à-dire sur la limitation des éventuels dommages : on parle alors de mitigation.

#### Comment s'adapter au risque d'inondation par crue ?

L'impact du changement climatique sur ce type de risque est très incertain. L'évolution de la fréquence et de l'intensité des crues de la Loire et de Brière est encore difficile à estimer. La vulnérabilité future face aux inondations dépendra, pour l'essentiel, de notre capacité à maîtriser l'occupation du sol en milieu urbain et agricole, afin de tenir compte, dans les politiques territoriales et les documents d'urbanisme, de l'évolution de ce risque (DATAR). Les recours à des constructions surélevées, disposant d'étages refuges et de matériaux adaptés peuvent être prescrits, tout comme des interdictions de constructions de caves et parkings souterrains dans les zones à risque.

### 2.2.3. Inondation par remontée de nappe

Des inondations peuvent également être générées par la hausse du niveau de remplissage des nappes. Ces remontées de nappes se produisent lors d'événements pluvieux exceptionnels, entraînant une saturation des capacités d'infiltration de l'eau dans les aquifères. La saturation se traduit alors par une émergence de la nappe au niveau du sol et par des inondations.

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) étudie ces phénomènes et a réalisé une cartographie des zones sensibles aux remontées de nappes. Ces dernières sont déterminées suivant l'épaisseur de la zone insaturée en eau et l'amplitude du battement annuel de la nappe (entre niveau d'étiage et niveau de saturation).

La faible période de retour du phénomène ainsi que le manque de connaissance homogène sur le territoire national ne permettent pas à ce jour d'établir une cartographie précise du risque. La carte ci-après (Figure 100), valide à l'échelle 1/100 000, a donc valeur d'indication concernant la sensibilité des sols.

Les secteurs ainsi colorés en violet, rouge et orange sont les plus propices aux remontées des nappes de socle. Les nappes dites « sub-affleurantes » (en violet) sont celles dont l'épaisseur de la zone insaturée est inférieure à 3 mètres, et donc particulièrement concernées par le phénomène (zones humides).

**Ressuiement** : Processus post-inondation de diminution de l'humidité d'un sol.

### 2.2.4. Principales conséquences à redouter des inondations par remontée de nappe, selon le BRGM

**Les inondations de sous-sols**, de garages semi-enterrés ou de caves peuvent se limiter à de faibles infiltrations et à quelques suintements, mais l'humidité en remontant dans les murs peut arriver à la longue à désagréger les mortiers, d'autant plus si le phénomène est fréquent.

**La fissuration d'immeubles** a été remarquée en région parisienne, en particulier dans les immeubles qui comportent plusieurs niveaux de sous-sols ou de garages.

Sous la poussée de l'eau, **des cuves étanches peuvent être soulevées** par la pression d'Archimède. C'est en particulier le cas de cuves contenant des fluides moins denses que l'eau (produits pétroliers de stations-essence ou de dépôts pétroliers), ou même de cuves à usage agricoles ou de piscines partiellement ou totalement vidées.

Par phénomène de sous-pression consécutive à l'envahissement de l'eau dans le sol, les couches de granulats utilisées dans la fabrication des routes et le ballast des voies ferrées se trouvent désorganisées. **Des tassements différentiels causent des dommages importants aux réseaux routier et ferré.**

Les canalisations enterrées qui contiennent ordinairement une partie importante de vides peuvent subir des remontées : par exemple les canalisations d'égouts, d'eaux usées, de drainage. Les canalisations d'eau en revanche ne subissent que peu de dommages parce qu'elles sont toujours pleines et en raison de la densité identique de l'eau qu'elles contiennent.

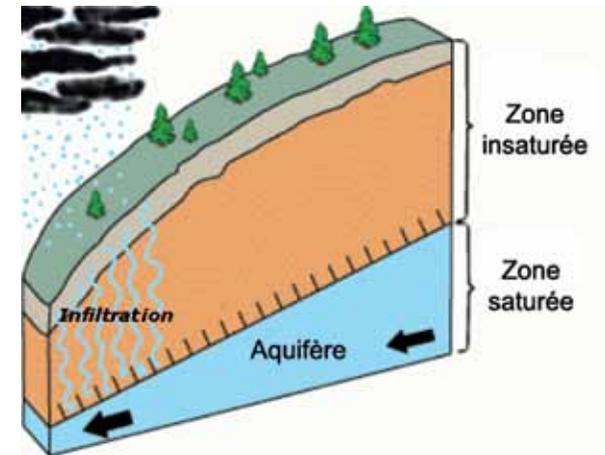


Figure 99 : Schéma simplifié d'une nappe phréatique.

Après que l'inondation ait cessé, il peut se produire **des contraintes mécaniques dans le sol** en relation avec les processus de ressuiement\*, **qui déstabilisent les ouvrages de génie civil**. C'est le cas des argiles qui en séchant et en se rétractant provoquent des défauts de verticalité de piliers en béton enfoncés dans le sol (phénomène de retrait-gonflement des argiles – cf. partie 2.5.).

Les désordres dus aux **pollutions causées par des inondations** sont communs à tous les types d'inondation : dispersion des déchets de décharge publique, le transport et la dispersion de produits dangereux soit dissous, soit entraînés par l'eau (produits pétroliers, peintures, vernis et solvants, produits phytosanitaires et engrais, chlore de piscine, lisiers, fosses septiques, ...).

**Des effondrements de marnières, de souterrains** ou d'anciens abris datant des dernières guerres sont provoqués par une modification de l'équilibre des parois sous l'effet de l'eau, et en particulier probablement davantage à la décrue de l'inondation.

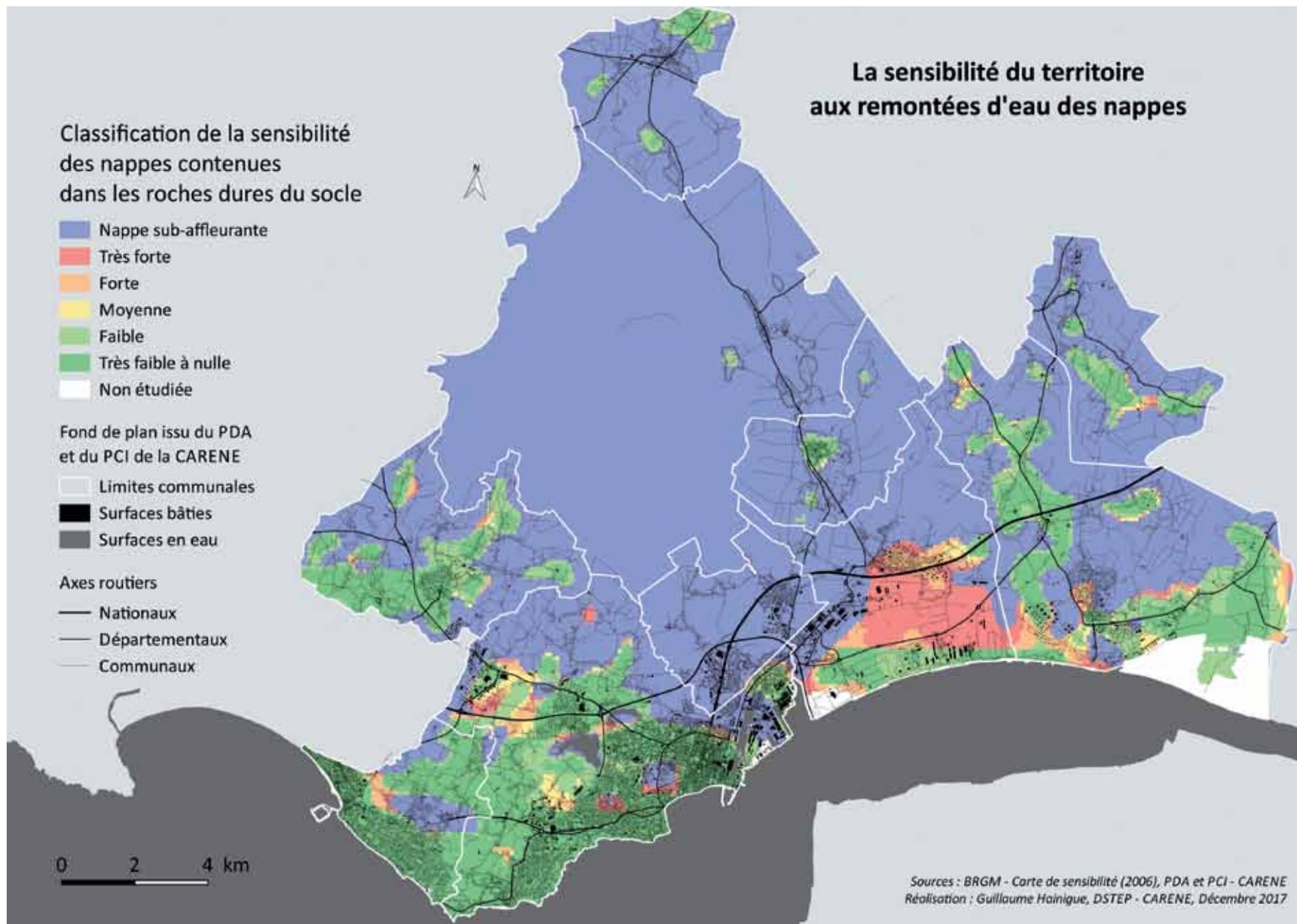


Figure 100 : Carte de sensibilité de l'agglomération nazairienne aux remontées de nappes.

### Comment s'adapter au risque d'inondation par remontée d'eau de nappe ?

Lorsque les conditions sont réunies pour que le phénomène se produise, celui-ci ne peut être évité. En revanche certaines précautions permettent de limiter les dégâts :

- > déconseiller la réalisation de sous-sol dans les secteurs sensibles, ou réglementer leur conception (préconiser que le sous-sol soit non étanche, que le circuit électrique soit muni de coupe-circuit sur l'ensemble des phases d'alimentation, y réglementer l'installation des chaudières et des cuves de combustible, y réglementer le stockage des produits chimiques, des phytosanitaires et des produits potentiellement polluants, etc.).
- > ne pas prévoir d'aménagements de type collectifs (routes, voies ferrées, trams, édifices publics, etc.) dans les secteurs les plus sensibles.
- > mettre en place un système de prévision du phénomène basé sur l'observation méthodique des niveaux de l'eau des nappes superficielles.

### 2.3. Le phénomène de submersion marine

Une submersion marine est une inondation temporaire des espaces côtiers par la mer due à des conditions météo-marines sévères (fort coefficient de marée, dépression atmosphérique, vent violent) entraînant une élévation importante du plan d'eau. Cet aléa concerne au premier plan les terrains situés en zones basses (proche des niveaux marins habituels) et ceux situés en retrait d'un ouvrage de protection lors de débordements ou ruptures.

L'estuaire de la Loire est exposé à cet aléa, en particulier dans le secteur de Saint-Nazaire où la conjonction d'une crue de Loire et d'une forte marée pourrait s'avérer dévastatrice (DATAR).

D'après le porter à connaissance sur les risques majeurs de Saint-Nazaire de 2011, la commune a déjà connu des ruptures d'ouvrages de protection contre

la mer dans l'anse de Sautron lors des tempêtes de 1978 et 1999, une submersion partielle de la zone industrialo-portuaire le 14 mars 1937 et plus récemment l'inondation du quartier de Méan par surverse lors de la tempête Xynthia en 2010. Pour étudier l'évolution sur le temps long de cet aléa, il convient de prendre en compte l'élévation attendue du niveau des mers dans les projections. La Figure 101 présente trois schémas expliquant les niveaux d'eau actuels communs et exceptionnels enregistrés lors de la tempête de référence Xynthia en 2010 (gauche), et les niveaux d'eau attendus selon deux scénarii du GIEC pour la fin du XXI<sup>e</sup> siècle (milieu et droit).

Situés hors zonage réglementaire du Plan de Prévention des Risques Littoraux, les abords de l'estuaire de la Loire (notamment Trignac, Montoir-de-Bretagne et Donges sur le territoire de la CARENE) sont eux aussi potentiellement exposés à l'aléa de submersion marine. En effet, les niveaux d'eau observés dans l'estuaire sont davantage dictés par les influences ma-

rines que par celles de la Loire. De surcroît, la forme en entonnoir que dessine l'estuaire peut entraîner des niveaux d'eau supérieurs à ceux observables sur le littoral. Ce fut notamment le cas lors de la tempête Xynthia, en 2010, où le niveau d'eau à Lavau-sur-Loire était supérieur à celui enregistré à Saint-Nazaire de quelques centimètres (Source : DREAL Pays de la Loire, *Retour d'expérience Xynthia*).

L'espace estuarien de la CARENE a fait l'objet d'un complément de cartographie de l'aléa de submersion marine, s'appuyant sur les mêmes côtes de référence que l'étude du PPRL : Xynthia + 20 cm (soit 4,36m NGF\*) et Xynthia + 60 cm (soit 4,76 m NGF). Ce complément de connaissance cartographique, en attente de validation par les services de l'État, repose sur une approche topographique, qui identifie les espaces situés à des altitudes inférieures à ces deux côtes, et contiguës aux surfaces en eau permanente : la Loire, le Brivet et les canaux du Priory et du Martigné.

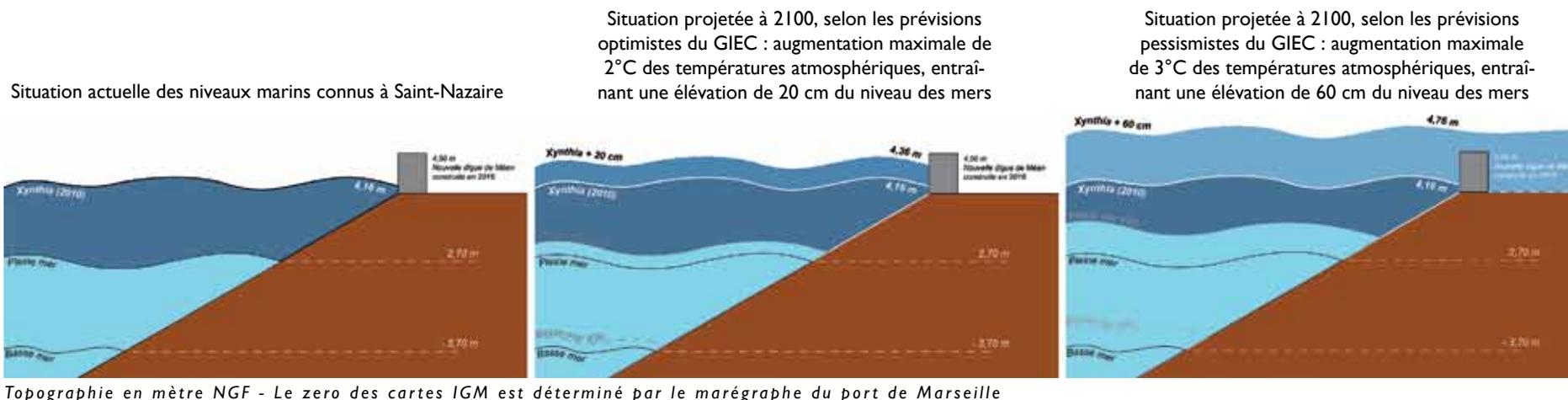


Figure 101 : Les niveaux d'eau actuels et projetés à 2100 sur Saint-Nazaire.

\* NGF : Le niveau zéro des cartes en France métropolitaine est, par convention, fixé selon le marégraphe du port de Marseille.

Les principaux enjeux sur ce secteur sont les installations de bord de Loire, exposées aux chocs mécaniques des vagues et à la montée temporaire du niveau marin, tels les équipements portuaires et industriels, les habitations et les commerces (notamment ceux de plain-pied, dépourvus d'étage refuge) situés en zones basses et à proximité des cours d'eau précédemment cités.

Selon ce complément de cartographie du risque sur l'estuaire :

- > au **scénario optimiste projeté à 2100**, correspondant à un événement tempétueux type Xynthia, majoré d'une élévation de 20 cm du niveau de la mer (soit 4,36 m NGF de niveau d'eau), des entrées marines pourraient s'observer sur les rives de l'embouchure du Brivet, au niveau des terminaux roulier et pétrolier ainsi que sur les roselières et prairies humides de Donges Est.
- > au **scénario pessimiste projeté à 2100**, correspondant à un événement tempétueux type Xynthia, majoré d'une élévation de 60 cm du niveau de la mer (soit 4,76 m NGF de niveau d'eau), en plus des entrées marines évoquées précédemment, s'observeraient d'autres au niveau des chantiers navals et en retrait des bassins portuaires de Saint-Nazaire. Les terminaux méthanier et à marchandises diverses et conteneurs du port pourraient eux aussi voir des paquets de mer submerger les quais, tandis que les zones basses situées en retrait du remblais de la Zone Industriale-Portuaire de Montoir pourraient être inondées : les marais gérés hydrauliquement pouvant ne plus suffire à contenir l'inondation.

La hausse du niveau marin pourrait se traduire par des submersions plus fréquentes des terres basses,

polders ou zones de marais (asséchés ou non), y compris parfois éloignés du littoral. Ces territoires présentent potentiellement une vulnérabilité accrue aux phénomènes de surcote.

Les incertitudes ne doivent pas nous empêcher de nous projeter vers l'avenir et de prendre en compte dès à présent les impacts potentiels de ces changements dans les politiques de prévention et de gestion des risques littoraux.

Le PPRL prévoit que soit envisagée la relocalisation des activités ne nécessitant pas la proximité aux installations portuaires et à la Loire. En lieu et place, des zones tampons pourraient être agrandies et/ou créées pour amortir une submersion marine de plus grande ampleur. En parallèle, des diagnostics de l'état des ouvrages de protection (remblais, digues) contre la mer ainsi que des ouvrages hydrauliques (vannes, écluses, barrages, marais gérés hydrauliquement en arrière de la ZIP) devraient être réalisés afin de connaître leurs capacités de protection contre la mer sur le long terme et, au besoin, de les renforcer.



Paquets de mer franchissant la jetée du Vieux Môle à Saint-Nazaire, en janvier 2014 – Presse Océan

## Comment s'adapter au risque de submersion marine ?

### Trois grandes philosophies de réaction face aux risques littoraux :

#### > Ne rien faire

Quel que soit le scénario, le niveau des mers est attendu à la hausse. Le territoire peut cependant décider d'ignorer le risque et de ne pas intervenir pour le limiter.

#### > Relocaliser

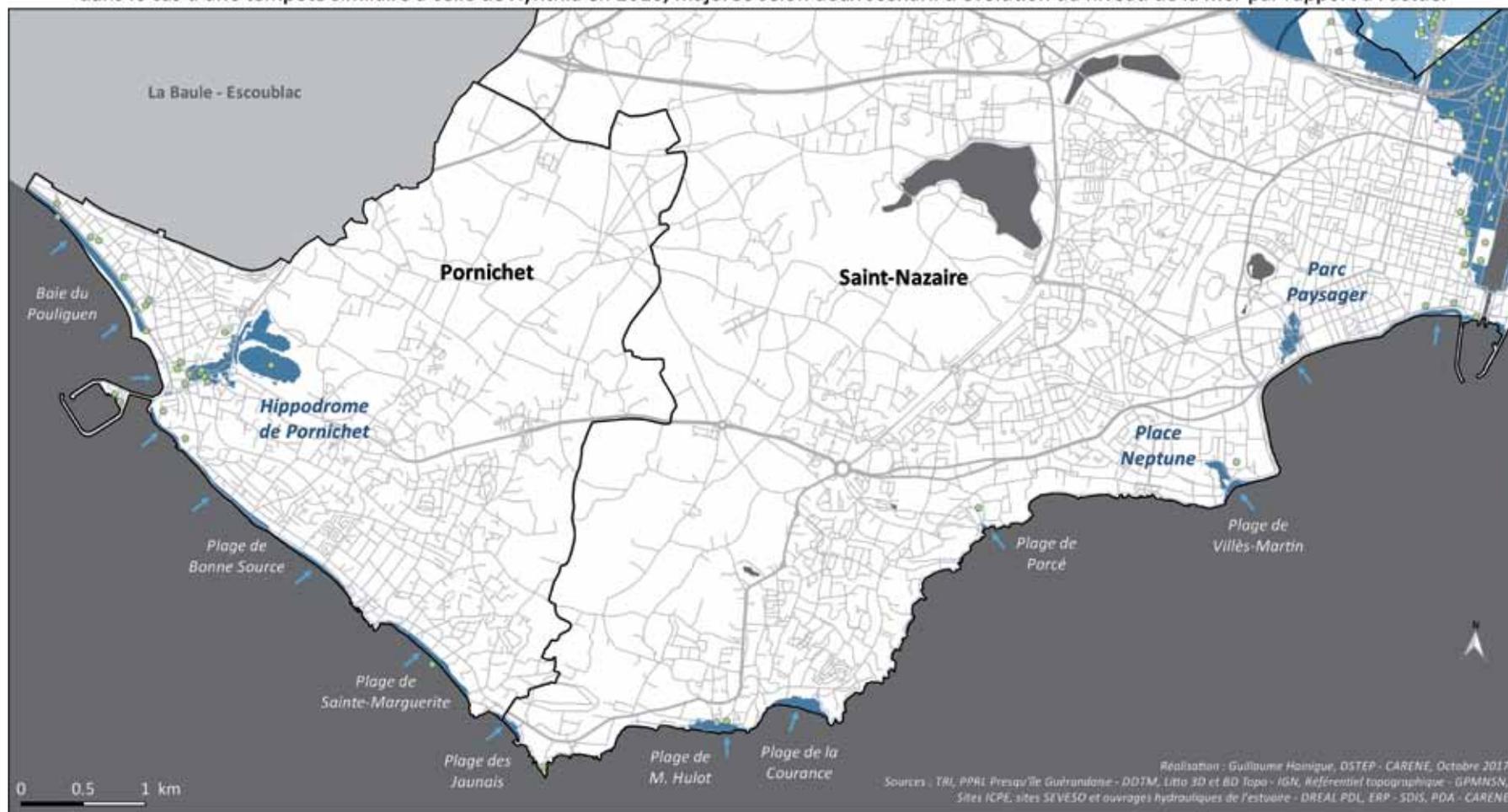
Le territoire peut aller jusqu'à relocaliser activités, équipements et habitats situés dans les zones à risque majeur. Cependant, la relocalisation complète n'est pas concevable.

#### > Adapter et protéger

L'attitude la plus sage est de prendre en compte dès aujourd'hui les tendances d'élévation du niveau marin pour ne pas reproduire des erreurs passées. Les aménagements actuels doivent anticiper l'aléa futur, et les installations anciennes doivent être étudiées pour identifier leur comportement en cas de survenance d'un aléa exceptionnel. En cas de mauvaise tenue, leur rehausse ou le recours à des matériaux plus résistants peuvent être des solutions.

## Les surfaces du littoral pornichétin et nazairien potentiellement soumises au risque de submersion marine à l'horizon 2100

dans le cas d'une tempête similaire à celle de Xynthia en 2010, majorée selon deux scénarii d'évolution du niveau de la mer par rapport à l'actuel



**Zones potentiellement submersibles au scénario optimiste\***

\* inférieures à la côte de 4,36m NGF (soit le niveau marin atteint par la tempête Xynthia, augmenté de 20 cm pour simuler l'élévation du niveau marin (scénario optimiste du GIEC) en 2100, et contiguës avec une surface en eau permanente ou un cours d'eau côtier

**Zones potentiellement submersibles au scénario pessimiste \***

\* inférieures à la côte de 4,76m NGF (soit le niveau marin atteint par la tempête Xynthia, augmenté de 60 cm pour simuler l'élévation du niveau marin (scénario pessimiste du GIEC) en 2100, et contiguës avec une surface en eau permanente ou un cours d'eau côtier

**Entrées d'eau potentielles**  
• Etablissements Recevant du Public exposés à l'aléa

**Ouvrages hydrauliques (vannes, barrages)**

**Voies de communication**

— Voies ferrées  
Réseau routier  
— Nationale  
— Départementale  
— Autre

**Fond de plan**

— Cours d'eau  
■ Surfaces en eau permanente actuelles  
□ Limites administratives intra-CARENE  
■ Communes hors CARENE

Réalisation : Guillaume Hainque, DSTEP - CARENE, Octobre 2017  
Sources : TRI, PPR, Presqu'île Guérandaise - DDTM, Lito 3D et BD Topo - IGN, Référentiel topographique - GPMNS, Sites ICPE, sites SEVESO et ouvrages hydrauliques de l'estuaire - DREAL PDL, ERP - SDIS, PDA - CARENE

Figure 102 : L'aléa de submersion marine à l'horizon 2100 sur le littoral pornichétin et nazairien.

## 2.4. Érosion du littoral et recul du trait de côte

L'érosion du littoral se traduit par le recul du trait de côte. Processus se traduisant par le déplacement vers l'intérieur des terres de la limite entre le domaine marin et le domaine continental. Le recul du trait de côte est la conséquence d'une perte de matériaux sous les effets parfois combinés de facteurs naturels et anthropiques. Les facteurs naturels sont de types météo-marins (vagues, vents, précipitations, alternances de gel et dégel). Les facteurs imputables aux activités humaines concernent la fréquentation des côtes végétalisées (piétinement notamment), mais surtout l'extraction de matériaux sableux (entretien d'un chenal de navigation) et l'aménagement d'ouvrages côtiers (digues, remblais, épis, port, etc.), modifiant les équilibres sédimentaires.

Bien qu'aujourd'hui modérément assujetties à l'érosion (en comparaison aux côtes vendéennes par exemple), les côtes pornichétines et nazairiennes pourraient reculer par endroit de plusieurs dizaines de mètres d'ici la fin du siècle.

Les cartes traitant du risque d'érosion identifient les portions du littoral, sur les communes de Saint-Nazaire et Pornichet (Montoir-de-Bretagne et Donges ne figurent pas dans l'emprise des études prescrites par le PPRL), caractérisées par un aléa fort d'érosion et susceptibles de disparaître à l'horizon d'un siècle (zone ERC). Le taux annuel moyen de recul observé sur les décennies passées a été extrapolé pour apprécier une évolution future suivant les mêmes tendances et prenant en compte l'élévation attendue du niveau marin.

Une bande forfaitaire de 20 mètres de large a également été attribuée au droit de chaque ouvrage de protection (remblais, perrés) aménagé sur le littoral.

Le zonage ERC est un zonage réglementaire, qui prescrit à ce titre des règles d'aménagement des espaces. Ces prescriptions sont détaillées dans le Chapitre I du règlement du PPRL de la Presqu'île Guérandaise – Saint-Nazaire, relatif aux dispositions applicables aux zones ERC, BC et R.

Les données relatives à cet aléa d'érosion sont valides à l'échelle de la parcelle cadastrale, c'est pourquoi l'appréciation des cartographies produites pour le PCAET à l'échelle communale est tout à fait fiable. Ces dernières ont pour objectif de sensibiliser les acteurs de l'aménagement sur la vulnérabilité du littoral sur le temps long.

Les impacts de ce processus d'érosion diffèrent selon la nature du trait de côte : dégradation de paysage, disparition de plage sableuse et mise à nu de platier rocheux, disparition de massif dunaire, risque d'éboulement de falaise et de submersion marine. Les vasières du Grand Tourteau et de Donges-Est pourraient elles aussi se voir dégradées si le processus de sédimentation alimenté par la Loire se trouvait insuffisant pour soutenir la hausse du niveau marin (ICEPEL).



Enrochements en pied de falaise, à la plage de Porcé - Saint-Nazaire, 2017, Noémie Martin



Sentier côtier stabilisé (Ville de Saint-Nazaire)

### L'évolution théorique du trait de côte sur les communes de Saint-Nazaire et Pornichet, à l'horizon 2100

d'après le zonage ERC pour Erosion Côtière, issu du Plan de Prévention des Risques Littoraux de la Presqu'île Guérandaise, approuvé en 2016



**Zone ERC du PRRL, considérée comme exposée à un risque fort d'érosion et susceptible de disparaître à l'horizon d'un siècle**

Sources : BD Topo IGN ; SHOM ; PDA et PCI CARENE ; Plan de Prévention des Risques Littoraux DDTM44  
Réalisation : Guillaume Hainique, DSTEP - CARENE, 2017

**Nature du trait de côte (déporté du littoral)**

- Falaises et côtes rocheuses < 20 m
- Côtes d'accumulation sableuses ou sablo-limoneuses
- Côtes artificialisées

**Bathymétrie (référéntiel 0 issu des cartes marines)**

- < 2 m
- 2 - 5 m
- 5 - 10 m
- 10 - 20 m

**Fond de plan**

- Bâti indifférencié
- Limites communales
- Réseau routier**
- Départemental
- Autre

Figure I03 : Le recul du trait de côte attendu sur les communes de Pornichet et Saint-Nazaire à l'horizon 2100.

Le zonage ERC du PPRL a fait l'objet d'un croisement avec le tracé du sentier littoral, mis à disposition par le Ministère de la Transition Écologie et Solidaire, pour apprécier son exposition et obtenir une vision à long terme sur les enjeux de son maintien et de son aménagement.

**Ainsi, à Pornichet, plus de la moitié du linéaire de sentier côtier se situe dans la zone à risque d'érosion (ERC) définie par le PPRL (Figure 104).**

Certains tronçons sont déjà fermés car présentent un risque pour la sécurité des usagers. Des itinéraires « Bis » de continuité du sentier, déportés en retrait du littoral, sont proposés aux usagers. Le constat est le même pour Saint-Nazaire, principalement sur ses côtes à falaises (Figure 105). De nombreux itinéraires sont déportés du trait de côte pour la sécurité des usagers.

Sur ces deux communes, les travaux de confortement de falaises et de sécurisation du sentier littoral sont récurrents : Plan de gestion du sentier côtier avec une vision portée à 10 ans. La question doit désormais porter sur la pertinence à long terme de ces aménagements.

Le zonage ERC a fait également l'objet de croisements avec les données SIG (Système d'Information Géographique) issues du Plan cadastral Informatisé de la CARENE notamment sur :

- > les parcelles, afin d'identifier l'importance surfacique et les types de propriétaires concernés par l'aléa
- > les surfaces bâties en dur, et les constructions légères, pour identifier les enjeux matériels et humains directement exposés à l'aléa.

Sur Pornichet, 131 parcelles privées et 5 publiques pourraient être en partie grignotées par la mer. Au total, 3 hectares de terrain sont susceptibles de disparaître. Une zone à risque sur laquelle 45 bâtiments construits en dur se situent. Sur Saint-Nazaire, 160 parcelles privées et 68 publiques pourraient être en partie reprises par la mer (Figure 106). Au total, 8 hectares de terrain sont susceptibles de disparaître. Une zone à risque sur laquelle 39 bâtiments construits en dur se situent (Figure 107).

Les choix de gestion du trait de côte et d'aménagement dans les secteurs exposés (actuellement ou qui pourraient le devenir en raison de l'élévation du niveau de la mer), relèvent du long terme et notamment de la mise en place d'une stratégie d'adaptation. Il s'agira en particulier de répondre à la poursuite tendancielle de la croissance démographique du littoral sans pour autant augmenter l'exposition future.

A l'avenir, en l'absence de mesures fortes d'adaptation, incluant des mesures qui peuvent apparaître radicales et aller jusqu'au retrait stratégique, la sensibilité des territoires littoraux exposés au recul du trait de côte pourrait continuer d'augmenter en raison de l'attractivité démographique et touristique du littoral. (DATAR).

### Comment s'adapter au risque d'érosion côtière ?

Pour réduire la vulnérabilité actuelle et future de ces espaces littoraux face à l'érosion, l'application des mesures prescrites par le Plan de Prévention des Risques Littoraux de la Presqu'île Guérandaise et Saint-Nazaire, impératif, devra faire l'objet d'un suivi particulier.

Pour ralentir le processus d'érosion et stabiliser les plages et falaises, diverses techniques de protection existent. Dures ou alternatives, elles prennent en compte la dimension paysagère, paramètre incontournable de l'attractivité des espaces littoraux. Étudier l'efficacité des mesures à prendre est primordial pour se prémunir des effets parfois contreproductifs des solutions à court terme.



Enrochement de falaise, plage de Porcé à Saint-Nazaire – N. Martin, mai 2017

## L'impact potentiel de l'érosion sur le sentier côtier de Pornichet, à l'horizon 2100

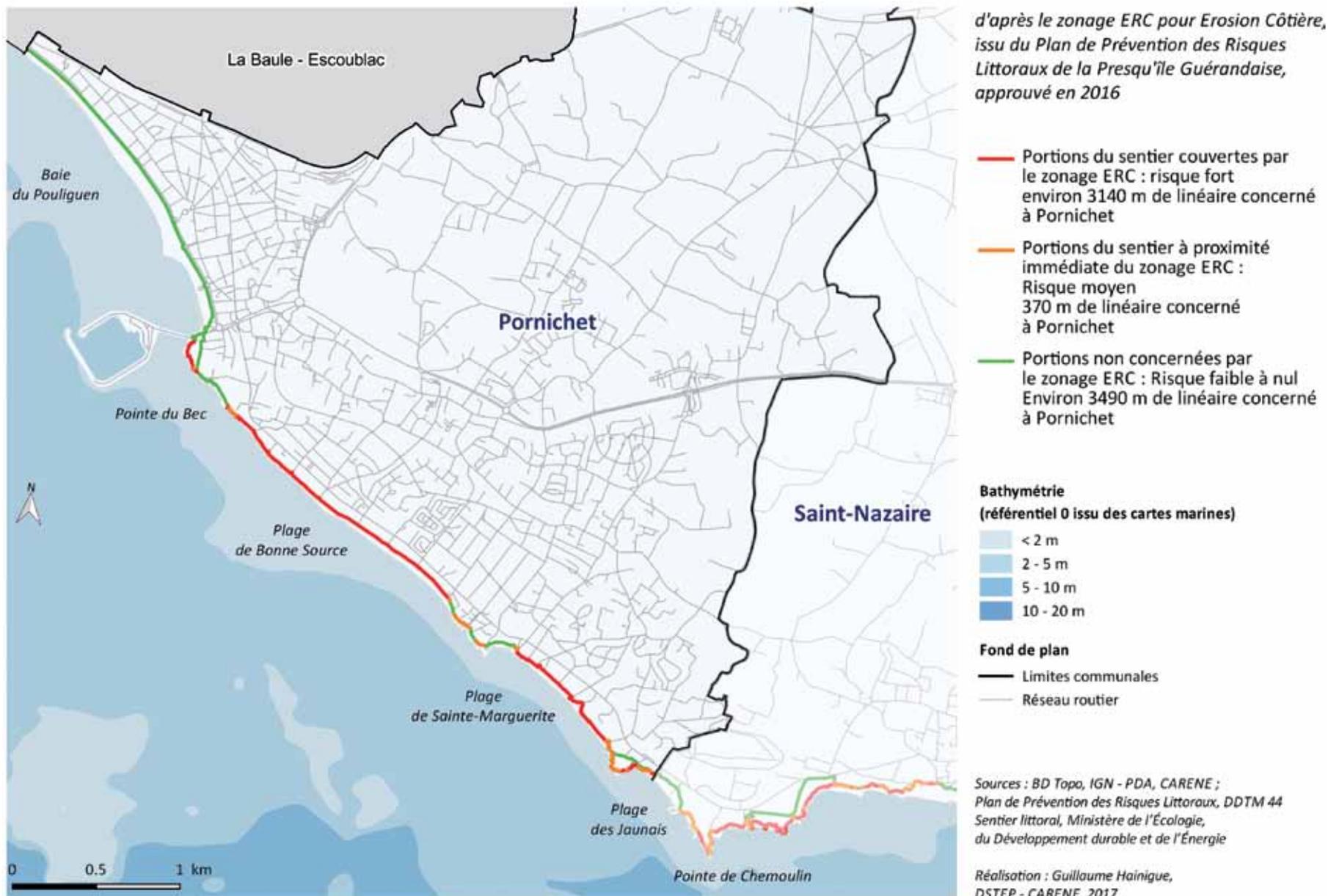


Figure I04 : Le sentier côtier de Pornichet et le risque d'érosion.

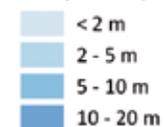
## L'impact potentiel de l'érosion sur le sentier côtier de Saint-Nazaire, à l'horizon 2100

d'après le zonage ERC pour Erosion Côtière, issu du Plan de Prévention des Risques Littoraux de la Presqu'île Guérandaise, approuvé en 2016



- Portions du sentier couvertes par le zonage ERC : risque fort  
environ 6950 m de linéaire concerné à Saint-Nazaire
- Portions du sentier à proximité immédiate du zonage ERC : Risque moyen  
1290 m de linéaire concerné à Saint-Nazaire
- Portions non concernées par le zonage ERC : Risque faible à nul  
5650 m de linéaire concerné

**Bathymétrie (référentiel 0 issu des cartes marines)**



**Fond de plan**

- Limites communales
- Réseau routier

Sources : Plan de Prévention des Risques Littoraux - DDTM 44 ; BD Topo - IGN ; PDA - CARENE ; Sentier littoral - Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

Réalisation : Guillaume Hainigue, DSTEP - CARENE, 2017

Figure 105 : Le sentier côtier de Saint-Nazaire et le risque d'érosion.

## L'impact potentiel de l'érosion sur le littoral de Pornichet, à l'horizon 2100

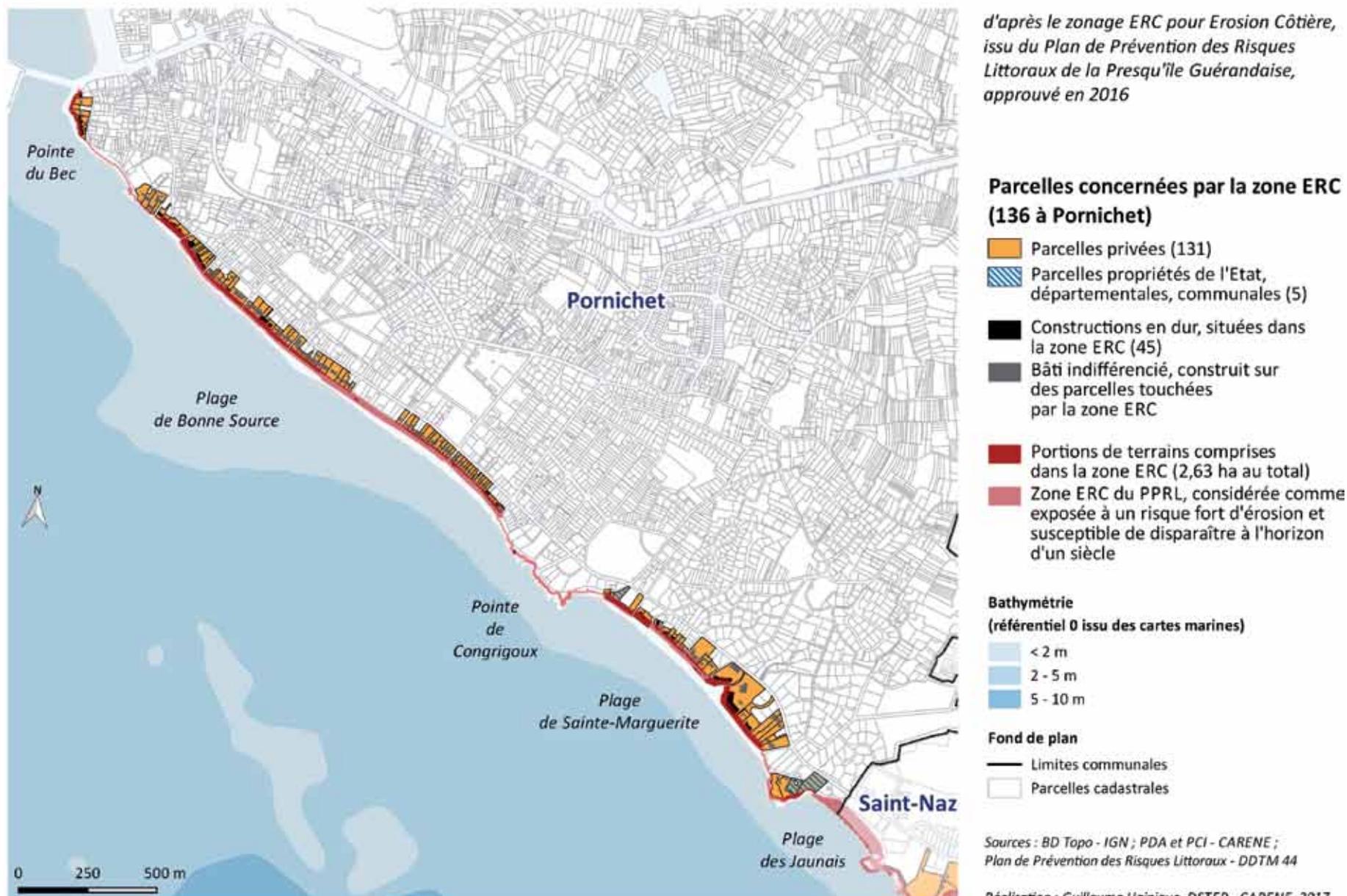
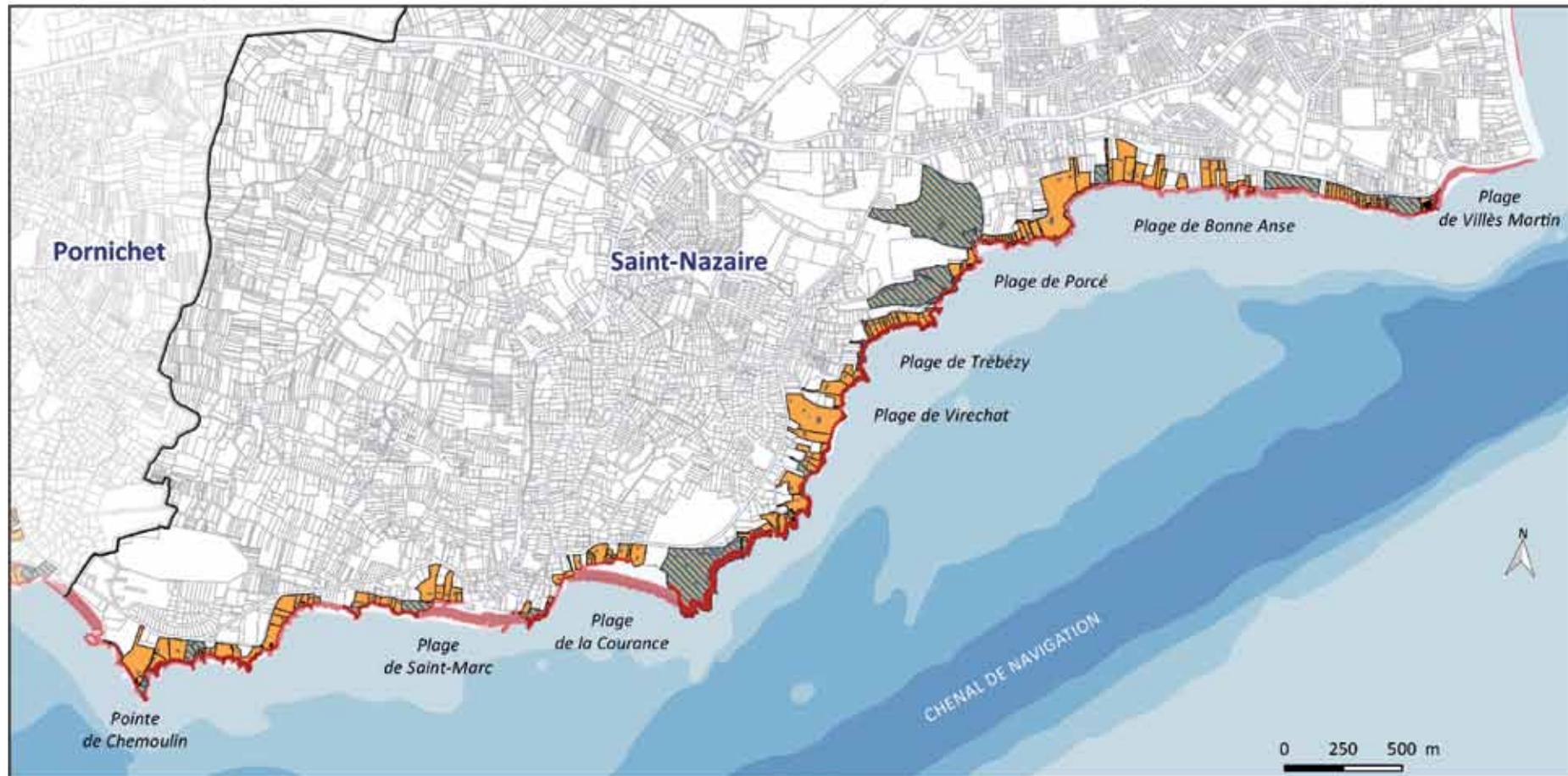


Figure I06 : Les surfaces urbanisées de Pornichet et le risque d'érosion.

## L'impact potentiel de l'érosion sur le littoral de Saint-Nazaire, à l'horizon 2100

d'après le zonage ERC pour Erosion Côtière, issu du Plan de Prévention des Risques Littoraux de la Presqu'île Guérandaise, approuvé en 2016



### Parcelles et constructions concernées par la zone ERC

- Parcelles privées (160)
- Parcelles propriétés de l'Etat, départementales, intercommunales, communales (68)
- Constructions en dur, situées dans la zone ERC (39)
- Bâti indifférencié, construit sur des parcelles touchées par la zone ERC

- Portions de terrains comprises dans la zone ERC (7,87 ha au total)
- Zone ERC du PPRL, considérée comme exposée à un risque fort d'érosion et susceptible de disparaître à l'horizon d'un siècle

### Bathymétrie (référentiel 0 issu des cartes marines)

- < 2 m
- 2 - 5 m
- 5 - 10 m
- 10 - 20 m

### Fond de plan

- Limites communales
- Parcelles cadastrales

Sources : BD Topo - IGN ; PDA et PCI - CARENE ; Plan de Prévention des Risques Littoraux - DDTM 44  
Réalisation : Guillaume Hainique, DSTEP - CARENE, 2017

Figure 107 : Les surfaces urbanisées de Saint-Nazaire et le risque d'érosion.

## 2.5. Le risque de retrait-gonflement des argiles (RGA)

Les sols argileux peuvent voir leur consistance se modifier en fonction de leur teneur en eau. Ainsi, en contexte humide, ils se présentent comme souples et malléables, tandis que ce même sol desséché sera dur et cassant. Lorsque la teneur en eau augmente dans le sol, son volume augmente, on parle alors de « gonflement des argiles ». Un déficit en eau provoquera un phénomène inverse de rétractation ou « retrait des argiles » (BRGM).

### 2.5.1. Nature du phénomène

En climat tempéré, les surfaces argileuses sont souvent proches de leur état de saturation, si bien que leur potentiel de gonflement est relativement limité. En revanche, elles sont souvent éloignées de leur limite de retrait, ce qui explique que **les mouvements les plus importants sont observés en période sèche**. La tranche la plus superficielle de sol, sur 1 à 2 m de profondeur, est alors soumise à l'évaporation. Il en résulte un retrait des argiles, qui se manifeste verticalement par un tassement et horizontalement par l'ouverture de fissures, classiquement observées dans les fonds de mares qui s'assèchent.

L'amplitude de ce tassement est d'autant plus importante que la couche de sol argileux concernée est épaisse et qu'elle est riche en minéraux gonflants. Par ailleurs, la présence de drains et surtout d'arbres (dont les racines pompent l'eau du sol jusqu'à 3 voire 5 m de profondeur) accentue l'ampleur du phénomène en augmentant l'épaisseur de sol asséché.



Illustration des dégâts dus au retrait-gonflement des argiles sur les maisons individuelles

### 2.5.2. Manifestation des dégâts

Le sol situé sous une maison est protégé de l'évaporation en période estivale et il se maintient dans un équilibre hydrique qui varie peu au cours de l'année. De fortes différences de teneur en eau vont donc apparaître dans le sol au droit des façades, au niveau de la zone de transition entre le sol exposé à l'évaporation et celui qui en est protégé. Ceci se manifeste par des mouvements différentiels, concentrés à proximité des murs porteurs et particulièrement aux angles de la maison. Ces tassements différentiels sont évidemment amplifiés en cas d'hétérogénéité du sol ou lorsque les fondations présentent des différences

d'ancrage d'un point à un autre de la maison (cas des sous-sols partiels notamment, ou des pavillons construits sur terrain en pente). Ceci se traduit par des fissurations en façade, souvent obliques et passant par les points de faiblesse que constituent les ouvertures.

Les désordres se manifestent aussi par des décollements entre éléments jointifs (garages, perrons, terrasses), ainsi que par une distorsion des portes et fenêtres, une dislocation des dallages et des cloisons et, parfois, la rupture de canalisations enterrées (ce qui vient aggraver les désordres, car les fuites d'eau qui en résultent provoquent des gonflements localisés).

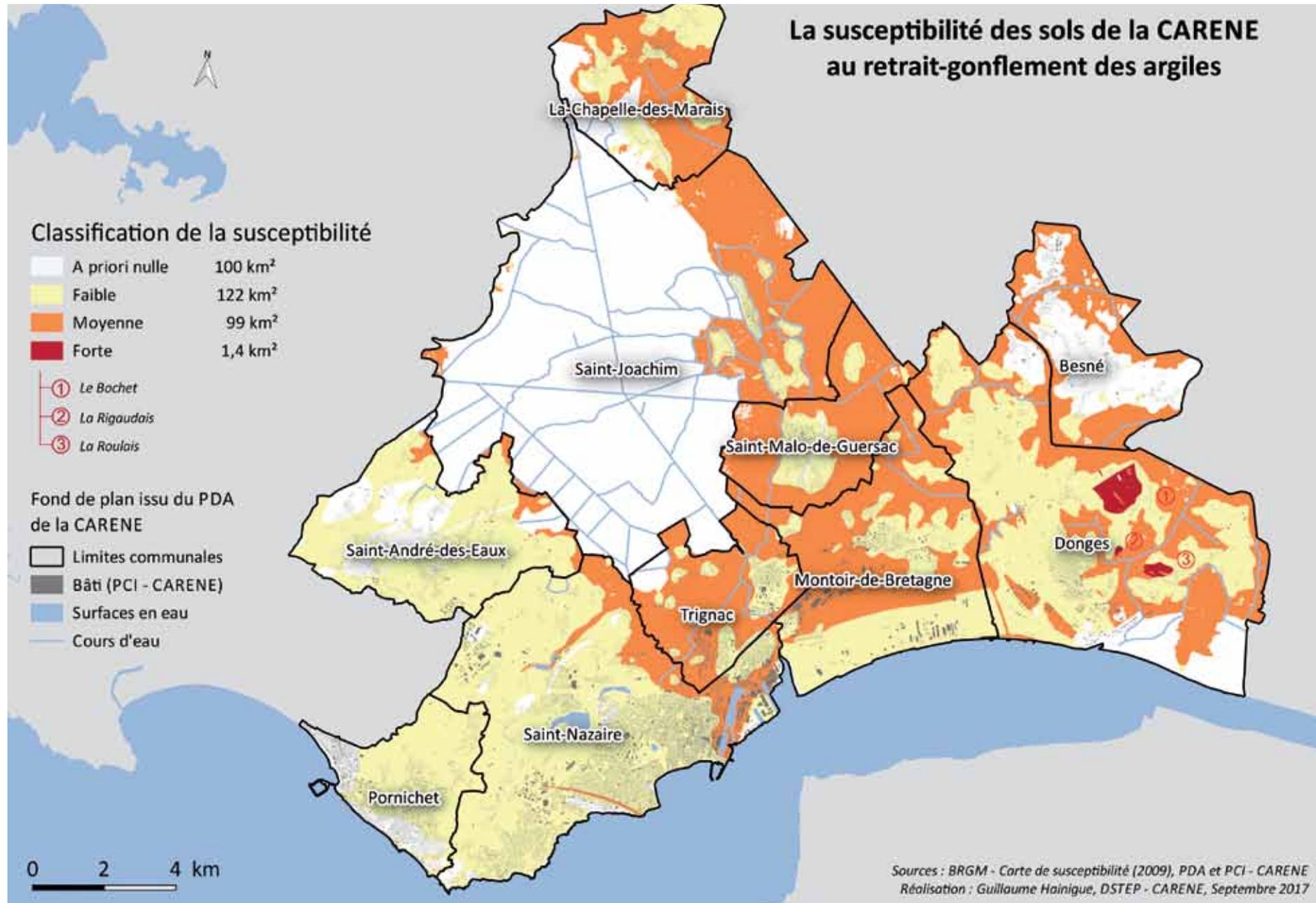


Figure 108 : La susceptibilité actuelle des sols au retrait-gonflement des argiles.

Les maisons individuelles sont les principales victimes de ce phénomène et ceci pour au moins deux raisons. D'une part, la structure de ces bâtiments, légers et peu rigides, mais surtout fondés de manière relativement superficielle par rapport à des immeubles collectifs, les rend très vulnérables à des mouvements du sol d'assise. D'autre part, la plupart de ces constructions sont réalisées sans études géotechniques préalables qui permettraient notamment d'identifier la présence éventuelle d'argile gonflante et de concevoir le bâtiment en prenant en compte le risque associé.

Depuis la vague de sécheresse des années 1989 – 91, le phénomène de retrait-gonflement a été intégré au régime des catastrophes naturelles mis en place par la loi du 13 juillet 1982. En l'espace de 20 ans, ce risque naturel est devenu en France la deuxième cause d'indemnisation derrière les inondations. Sur la période de 1995 à 2013, le coût des dommages

liés au phénomène de retrait gonflement des argiles a été évalué à 365 M€ par an en moyenne, contre 540 M€ pour les inondations (georisques.gouv.fr). Un quart des communes françaises a fait ainsi fait l'objet au moins une fois d'une constatation d'état de catastrophe naturelle au titre « des dommages causés par les mouvements différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols », certaines jusqu'à 14 fois.

Les cartes traitant de la susceptibilité au retrait-gonflement des sols argileux caractérisent la susceptibilité des sols argileux à engendrer cet aléa sur le territoire de l'agglomération.

Les données relatives à cet aléa sont produites d'après la carte géologique, dont l'échelle de validité est établie au 1/50 000, c'est pourquoi l'appréciation des cartographies produites pour le PCAET à l'échelle communale est à relativiser. Ces dernières

ont pour objectif de sensibiliser les acteurs de l'aménagement sur la vulnérabilité du territoire et non de faire office de support d'expertise pour des enjeux localisés.

L'agglomération compte d'importantes surfaces argileuses susceptibles au retrait-gonflement, qui représentent environ les deux tiers de la superficie du territoire. Les communes les plus concernées sont Donges, La-Chapelle-des-Marais, Montoir-de-Bretagne et Trignac.

Les secteurs urbanisés de Besné et Pornichet semblent non-concernés par ce phénomène. Toutefois, la présence de formations argileuses de superficies restreintes est possible, et non prise en compte par l'étude du BRGM, reposant sur l'exploitation des cartes géologiques au 1/50 000.

Tableau 20 : Répartition des surfaces bâties selon la susceptibilité des sols.

CARENE		Besné		La-Chapelle-des-Marais		Donges		Montoir-de-Bretagne		Pornichet	
		Surface en m <sup>2</sup>	Surface en %	Surface en m <sup>2</sup>	Surface en %	Surface en m <sup>2</sup>	Surface en %	Surface en m <sup>2</sup>	Surface en %	Surface en m <sup>2</sup>	Surface en %
Niveau d'aléa	Nul	225564	91	5876	2	79433	9	100	0	464937	44
	Faible	9493	4	183501	65	644306	75	630780	56	582002	56
	Moyen	13039	5	95208	34	118384	14	489155	44	908	0,1
	Fort	0	0	0	0	19332	2	0	0	0	0
Total par Commune		248096	100	282586	100	861695	100	1120095	100	1047847	100

CARENE		Saint-André-des-Eaux		Saint-Joachim		Saint-Malo-de-Guersac		Saint-Nazaire		Trignac	
		Surface en m <sup>2</sup>	Surface en %	Surface en m <sup>2</sup>	Surface en %	Surface en m <sup>2</sup>	Surface en %	Surface en m <sup>2</sup>	Surface en %	Surface en m <sup>2</sup>	Surface en %
Niveau d'aléa	Nul	97871	19	6821	2	11456	5	158337	4	0	0
	Faible	405721	80	230134	83	184097	81	3547360	79	373308	57
	Moyen	1364	0	40314	15	31613	14	774674	17	278947	43
	Fort	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total par Commune		504956	100	277269	100	227166	100	4480371	100	652255	100

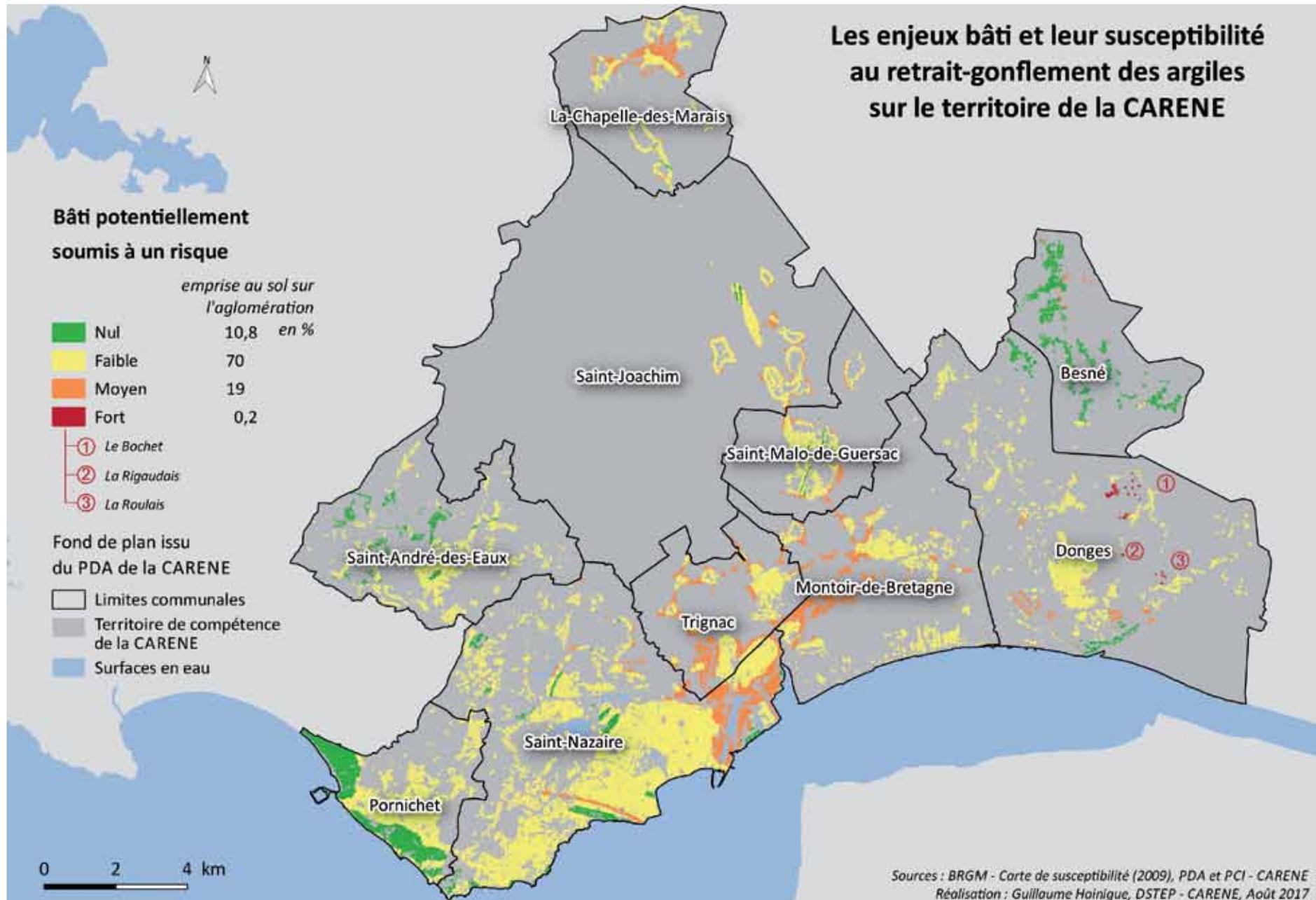


Figure 109 : La susceptibilité des surfaces bâties au retrait-gonflement des argiles.

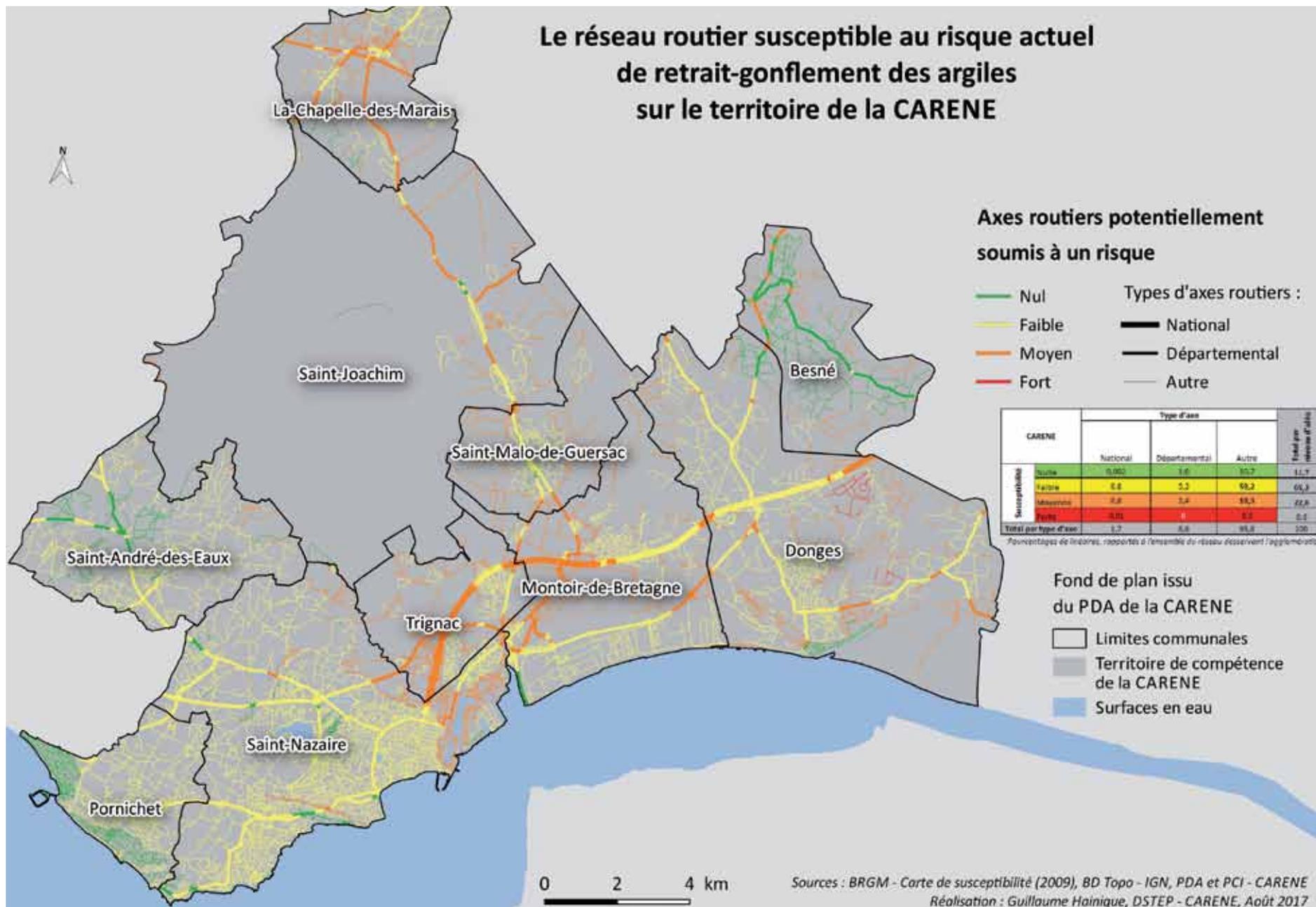


Figure 110 : Le réseau routier et la susceptibilité des sols au retrait-gonflement des argiles.

Dans les zones de faible susceptibilité (en jaune), seuls les bâtiments présentant des défauts de conception et de construction, ou situés à proximité d'arbres sont vulnérables.

Dans les zones de moyenne et forte susceptibilité (en orange et en rouge), la probabilité de survenance d'un sinistre est importante.

La-Chapelle-des-Marais, Montoir-de-Bretagne et Trignac comptent, elles, plus de 30 % de leurs surfaces urbanisées situées en zones de susceptibilité moyenne.

Donges est la seule commune du territoire comprenant des surfaces identifiées comme fortement susceptibles à l'aléa.

Certains axes routiers peuvent également voir leur chaussée bitumée se déformer et fissurer sous les effets de forçages des argiles. Les routes les plus fréquentées, notamment par les poids lourds, sont ainsi susceptibles de générer davantage de coûts d'entretien pour maintenir le confort de conduite et la sécurité des usagers.

La Figure 110 met par exemple en évidence la situation de la RN 171 reliant Saint-Nazaire à Savenay, chevauchant pour partie des sols argileux susceptibles au retrait-gonflement des argiles.

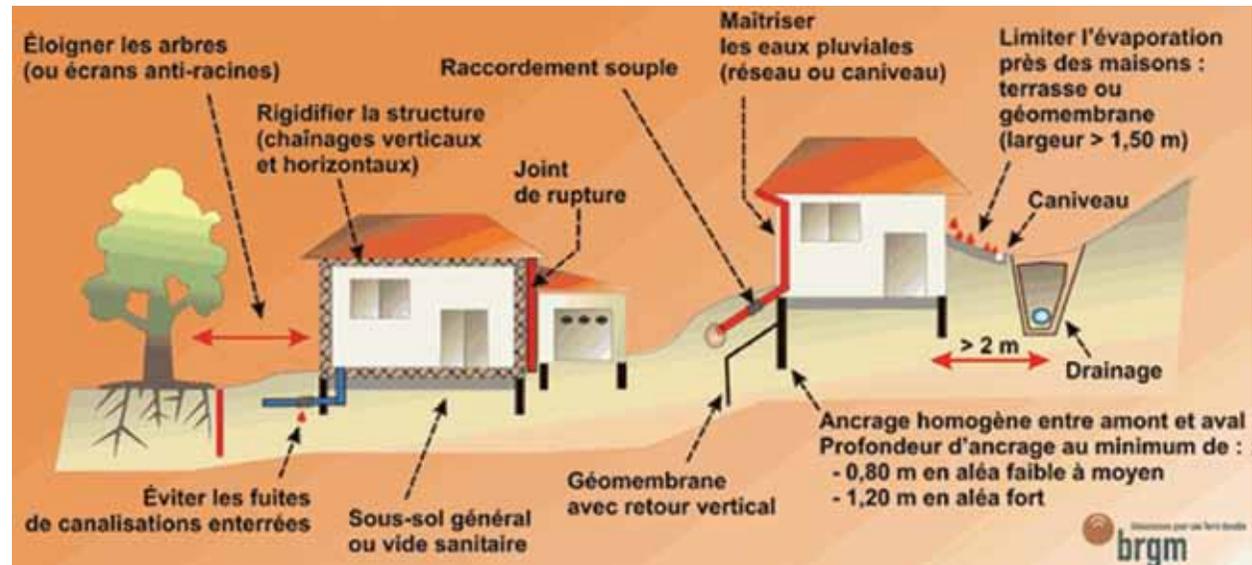


Figure 111 : Des mesures de prévention du risque de retrait-gonflement des argiles pour les habitations.

### Comment s'adapter au risque retrait-gonflement des argiles ?

Pour réduire le risque sur ces secteurs, des actions de sensibilisation, ainsi que des études géologiques pourraient être prescrites pour chaque nouvelle construction. Un dépliant de conseils et recommandations a ainsi été produit en 2014 par la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Loire Atlantique, conjointement avec le BRGM pour « Construire sans fissures ! ».



## Les différentes sensibilités et vulnérabilités aux changements climatiques

Le territoire de la CARENE est particulièrement soumis à 4 risques majeurs qui, croisés avec les spécificités locales, le rend vulnérable et lui fait encourir des risques sanitaires, sociaux économiques et environnementaux.

### 3.1. Vulnérabilité de la population humaine : des risques sanitaires sociaux et économiques

#### 3.1.1. Le risque sanitaire

Les effets induits par les changements climatiques et ses paramètres pourraient renforcer et même créer des risques sanitaires, parfois létaux :

- > Les épisodes caniculaires et les fortes tempêtes sont susceptibles de causer des décès prématurés.
- > L'élévation des concentrations en allergènes et en polluants atmosphériques (photochimiques notamment) est également un facteur non-négligeable de décès prématurés et de maladies chroniques.
- > L'extension des aires de répartition de certaines maladies transmises par les moustiques. À l'automne 2018, le moustique tigre (*Aedes albopictus*) a été détecté pour la toute première fois en Loire-Atlantique, sur la commune du Pellerin, continuant ainsi sa progression toujours plus au nord de l'hexa-

gone. Toutefois, à ce jour, seul un cas autochtone de dengue a été observé en France Métropolitaine, pour aucun cas de chikungunya ou du virus Zika. Si le risque sanitaire est aujourd'hui limité, l'accroissement de l'aire de répartition de cette espèce, accroît potentiellement le risque épidémiologique.

- > Une certaine hausse de l'exposition aux ultra-violets serait de nature cancérogène.

Les changements climatiques affectent également notre santé mentale. Angoisses et dépressions se manifestent pendant et après des événements majeurs (CESER).

#### 3.1.2. Le risque social

Les changements climatiques peuvent aussi aller de pair avec une accentuation des inégalités sociales. Les populations modestes, fragiles risquent davantage de se retrouver à vivre dans les zones les plus exposées aux risques : prix des logements moins élevés dans les zones les plus exposées, logements les plus vétustes, etc. Par ailleurs les inégalités territoriales pourraient se voir renforcées : difficulté d'accès en milieu rural, isolement social en ville notamment pour les personnes âgées (CESER).

De nouvelles **vulnérabilités** sont à prévoir: Nos modes de vie, de consommation, d'alimentation, de

construction et d'habitation pourront se retrouver inadaptés. Certaines évolutions alors non-entreprises pour atténuer les changements climatiques nous seront peut-être imposées par ces changements, nous forçant la main pour notre adaptation.

Le travail pourrait être impacté. Certaines tâches en extérieur pourraient nécessiter l'adaptation des horaires de travail pour être réalisées sans risque, notamment sous l'effet des températures.

Le développement d'îlots de chaleur en milieu urbain pourrait avoir des conséquences sur le bien-être des populations (CESER).

Des migrations de population, nécessitant de renforcer les capacités d'accueil de réfugiés climatiques. Ces migrations pourraient également être internes à la France.

#### 3.1.3. Vulnérabilités économiques

Faute de mesures d'adaptation, les aléas climatiques peuvent engendrer des perturbations d'activités économiques liées aux dommages causés. Ces perturbations sont autant de coûts pour le retour à la normale des activités, et pourraient se traduire par des pertes financières parfois critiques, notamment pour le secteur agricole, quand d'autres activités sinistrées,

pourraient, elles, être sources d'impacts sanitaires pour les populations locales.

Une étude de la Fédération Française des Assurances, publiée en 2015, sur le changement climatique et l'assurance à l'horizon 2040, prévoit une hausse des coûts des dégâts liés aux aléas naturels de 90 % par rapport à la période équivalente passée (1990 – 2015). Toujours selon cette étude, les changements climatiques représenteraient un coût de 13 milliards d'euros en France d'ici 2040, principalement imputable au retrait-gonflement des argiles, suite aux épisodes de sécheresse ainsi qu'aux submersions marines.

Des impacts sur les activités récréatives et touristiques sont à envisager au travers d'une possible diminution de la qualité et de la quantité de la ressource en eau, néfaste pour la fonctionnalité des milieux aquatiques, leur richesse biologique et par voie de conséquence sur leur attrait.

Outre ses menaces, les changements climatiques peuvent induire certaines opportunités, c'est le cas pour la consommation de certains produits, notam-



Paysage agricole du marais d'Ust, en lisière de la Brière - © Mairie de Saint-Nazaire, 2010.

ment la viticulture à court et moyen terme, mais également le secteur du tourisme, qui pourrait se voir gagner en attractivité sur la façade atlantique plus tempérée que celle méditerranéenne (CESER).

### 3.1.4. Vulnérabilité de l'activité agricole

Sur l'agglomération nazairienne, l'agriculture représente 11 650 hectares de terrains exploités soit près de 50 % du territoire. C'est ici 0,3 % de la population active qui met en valeur et fait vivre ces espaces. Les trois quarts des exploitations en présence sont dédiées à l'élevage bovin, que ce soit pour la production de viande ou laitière (plus de 9 millions de litres de lait produits par an).

Cette activité connaît des situations plurielles, liées notamment à la topographie du territoire. Plus de la moitié des surfaces exploitées sont des terres basses: prairies humides, marais de Brière, (sauf indivis, peu accessible) et marais de Donges, quasi intégralement exploités. Les parcelles sont pâturées par les animaux pendant la période où les sols le permettent, ou fauchées une fois par an afin de constituer des réserves de foin pour la période hivernale. L'activité a ici façonné le paysage, elle l'entretient, le valorise et constitue un élément essentiel du maintien de la biodiversité qui s'y observe.

Les terres hautes, non-inondables (buttes, îles et gageries) des communes briéronnes sont précieuses pour l'activité, et nécessaires à l'implantation des

*Gagerie : Espace central des îles de Brière, dépourvus d'arbres ou de haies, et servant selon les saisons à l'élevage et aux cultures.*

bâtiments agricoles, le stockage de fourrage, l'hivernage des animaux. Les terres hautes, moins rares, des autres communes, permettent quant à elle la présence d'élevages laitiers par la production de céréales et maïs nécessaires à l'alimentation du cheptel.

Déjà fragilisée structurellement par l'érosion du foncier agricole (pressions de l'urbanisation, de l'industrie et des activités de loisirs sur les terres hautes), la diminution du nombre d'exploitation et le vieillissement de ses actifs, l'activité est particulièrement dépendante du climat et de ses variations, tant saisonnières qu'inscrites dans la durée.

Ainsi, l'augmentation continue de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère a un impact direct sur les conditions climatiques, le sol et l'eau, mais aussi sur la physiologie des plantes (Seguin, 2010). Il faut s'attendre à l'accélération de la croissance de certains végétaux, la précocité de la floraison, l'avancée du calendrier rural des pratiques culturales, l'extension géographique de pathogènes, le déplacement vers le nord de certaines espèces, la baisse de la qualité de certaines productions, mais aussi à la diminution de rendement dans certaines parties des Pays de la Loire : blé et maïs (CESER).

Les prairies sont très sensibles aux changements climatiques en général et aux aléas climatiques en particulier. La croissance de la prairie débute lorsque les températures moyennes sont positives et supérieures à 5 – 6 °C, c'est-à-dire au printemps et se termine lorsque ces conditions de température et les conditions de teneur en eau minimale du sol ne sont plus satisfaites.

La période de croissance et donc d'exploitation des prairies devrait être allongée avec le réchauffement

climatique. En effet, la période d'exploitation pourrait débuter plus tôt dans l'année et se terminer plus tardivement en fin d'année. Toutefois, l'augmentation des températures ainsi que la baisse de la pluviométrie engendrerait un stress hydrique, avec des effets négatifs sur la croissance de la végétation au cours de la période estivale. Ceci se traduirait par une baisse, voire une absence de croissance de la végétation à cette période de l'année et entraînerait donc un déficit de production en herbe pour les troupeaux. Le changement climatique pourrait alors entraîner une augmentation de la productivité des prairies au printemps et un déficit de croissance en été (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Changement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes). Les élevages laitiers, par leurs besoins en fourrage sont, plus que d'autres, sensibles aux caractéristiques des sols et aux évolutions climatiques.

Si les effets du changement climatique et l'évolution des influences marines dans le marais de Brière sont aujourd'hui peu connus, le programme de recherche ICEPEL sur les Impacts Socio-Economiques des Changements Environnementaux des Complexes Prairiaux de l'Estuaire de la Loire, menée par l'Université de Bretagne Occidentale, nous permet d'appréhender les évolutions attendues et leurs répercussions sur l'activité agricole des marais de Donges.

Si les moindres submersibilités après les grandes marées de printemps permettent une stabilité des prairies et la mise en pâture des bovins jusqu'aux grandes marées d'automne, l'augmentation des submersions marines (en périodes, fréquences et hauteurs) pourrait limiter les périodes d'accès aux prairies pour l'agriculture (faûche, pâture). La salinisation des canaux limitant les possibilités d'abreuvement des bêtes, quand les terres basses aux abords

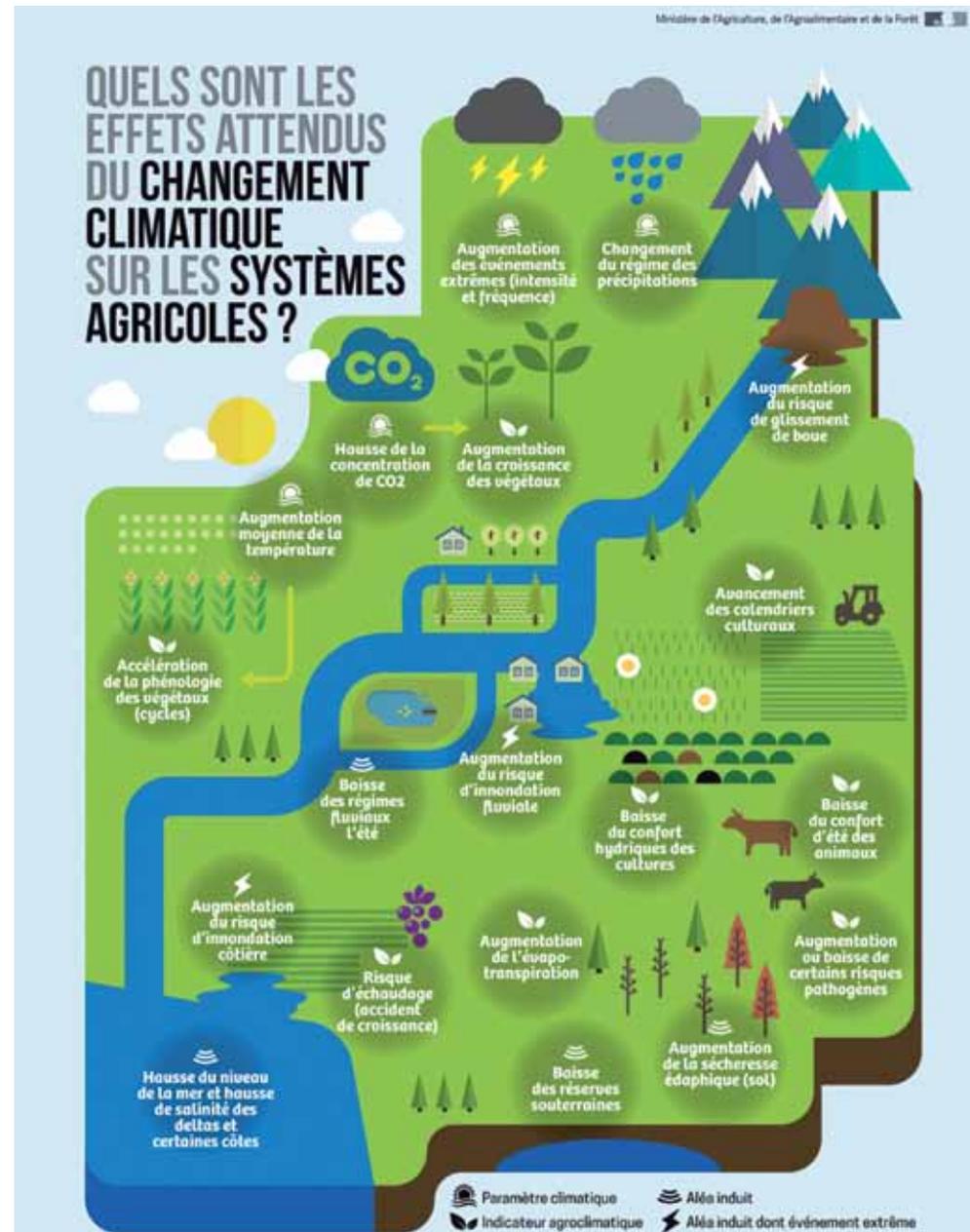


Figure 112 : Illustration des effets du changement climatique sur les systèmes agricoles (source : Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques - recueil d'expériences territoriales - RAC-France).

de l'estuaire se trouveraient régulièrement grillées par le sel. Ce double phénomène entrainerait de nouvelles dynamiques d'abandon des terres trop contraignantes à entretenir, favorisant alors le développement des roselières, des boisements de saules, jusqu'à la fermeture des milieux.

Le changement climatique peut avoir également des **répercussions sur l'organisation du travail dans les exploitations agricoles**. Il peut avoir un double impact. D'une part, il peut modifier la phénologie des espèces végétales cultivées et en conséquence les périodes d'intervention. D'autre part, il peut modifier les jours agronomiquement disponibles : pour exemple, le décalage des précipitations en période automnale peut diminuer le nombre de jours où le sol est suffisamment ressuyé pour réaliser un semis (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Changement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes).

La modélisation de l'aléa érosion hydrique des sols, montre une aggravation sur le XXI<sup>e</sup> siècle de la sensibilité des sols à l'érosion hydrique et un décalage temporel de cette sensibilité de l'automne vers l'hiver. Pour les mois de novembre, la projection souligne un renforcement des niveaux moyen et fort de l'aléa érosion ; au contraire d'octobre qui voit une diminution de cette sensibilité. Cette fluctuation peut s'expliquer par la forte diminution des précipitations estivales, retardant le remplissage en eau des réserves utiles. La tendance à la hausse de l'érosion serait encore plus marquée en décembre. L'augmentation de la pression érosive sur les sols cultivés pour une année moyenne à l'horizon 2100 correspondrait à celle d'une année actuelle dont la fréquence de retour est de 4 ans.

Ces constats posent la question de la résilience des systèmes agricoles, notamment la capacité des systèmes de cultures à s'adapter aux décalages saisonniers de l'érosion hydrique. Il serait également nécessaire de tester des scénarios relatifs à l'évolution des occupations de sol et des itinéraires culturels.

Les modélisations effectuées montrent que les évolutions prévues du climat à l'horizon 2100 devraient se traduire par une diminution de l'ordre de 10 à 15 % des stocks de matière organique des sols, avec des tendances similaires pour les sols de sous cultures ou sous prairie (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Changement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes).

**Les changements climatiques attendus nécessitent d'identifier les opportunités pour l'activité agricole et de préparer son évolution/adaptation. Les leviers de cette dernière reposent pour l'essentiel sur la gestion de la ressource en eau, de l'usage et du travail des sols. Les éleveurs pourront modifier la gestion des troupeaux, en décalant les périodes de pâturage et les cycles de reproduction. La gestion des stocks fourragers tout comme la composition de la ration alimentaire pourraient aussi être adaptées en conséquence.**

### 3.1.5. Vulnérabilité des équipements et infrastructures

Comme évoqué précédemment, les infrastructures de transport (routes, voies ferrées, aéroports), mais aussi les réseaux de télécommunication et d'énergie peuvent être exposés aux aléas climatiques. Leur défaillance en cas de sinistre peut engendrer une vulnérabilité accrue des personnes et des activités,

leur isolement en situation de crise mais aussi une **diminution des capacités de résilience du territoire pour le retour à la normale**. Cette problématique est prise très au sérieux par les gestionnaires de réseau, notamment d'énergie, comme GRDF, GRT-Gaz et ENEDIS, ayant recours à des études de danger et à des plans d'investissements conséquents pour prévenir leurs installations de dommages liés aux aléas climatiques et assurer leur bon fonctionnement.

## 3.2. Vulnérabilité des milieux et des espèces

Les espèces ne peuvent être considérées isolément dans les écosystèmes : lorsqu'un facteur modifie quelque chose dans la vie d'une espèce, toutes les espèces liées à celle-ci subiront aussi ce changement.

### 3.2.1. Écosystèmes aquatiques : des milieux particulièrement vulnérables

Dans le cas des écosystèmes aquatiques, l'impact des changements climatiques concerne plus particulièrement les modifications des habitats et des conditions thermiques, en tant que caractéristiques du milieu d'accueil des communautés.

Parmi les milieux les plus vulnérables ou les plus susceptibles d'évoluer en raison des impacts du changement climatique, se distinguent les milieux humides et les cours d'eau, les milieux littoraux et les milieux marins. On notera toutefois la grande difficulté à distinguer ces impacts climatiques de ceux des activités humaines et de l'aménagement du territoire.

L'agglomération de Saint-Nazaire concentre les milieux les plus fragiles :

- > les milieux littoraux, fortement marqués depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle par l'urbanisation et les activités touristiques et balnéaires
- > les zones humides, dont la surface s'est réduite depuis un demi-siècle et qui connaissent un certain nombre de problèmes sur le plan qualitatif (déficit d'alimentation en eau du fait de prélèvements importants dans la ressource, pollutions, Jussie, etc.).

Au regard des données disponibles, cette vulnérabilité actuelle peut toutefois être qualifiée d'élevée pour les marais littoraux et de moyenne pour les zones humides de la vallée de la Loire (DATAR).

La conjonction des modifications du niveau de la mer, des caractéristiques physico chimiques des masses d'eau, de la circulation hydrodynamique (courants) et l'occurrence d'événements extrêmes vont avoir des conséquences importantes sur les écosystèmes marins côtiers et estuariens à différentes échelles, avec des conséquences sur le fonctionnement des populations et des peuplements, sur la productivité des écosystèmes et les services écosystémiques associés (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Changement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes).

Ces modifications dans la composition des écosystèmes (productivité, abondance et répartition biogéographique des espèces) ont des conséquences sur la biodiversité, comme la limitation des ressources nutritives, des contraintes écologiques (ex : moindre disponibilité d'habitat) qui affectent le développement à différents stades du cycle de vie (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Chan-

gement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes). Les modifications des habitats d'espèces mettent en péril leur capacité d'adaptation et/ou de déplacement.

Nous assistons d'ores et déjà à des modifications d'ordres phénologiques, comme le décalage des périodes de reproduction (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Changement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes), **non sans conséquences sur les peuplements halieutiques, leur croissance, abondance locale et répartition biogéographique.**

Concernant les effets des changements climatiques sur la composition et le fonctionnement **des écosystèmes côtiers**, on retiendra ici en particulier des modifications d'aires de distribution des espèces. Celles-ci s'accompagnent d'un changement des communautés au profit d'espèces plus méridionales ou d'espèces dont le cycle de vie saisonnier (ponte, vie larvaire, sédentarisation) sera plus précoce et/ou plus court. Enfin, des modifications du potentiel de colonisation, de renouvellement et d'adaptation des populations aux changements environnementaux sont à prévoir.



Vu aérienne du marais de La Brière

Pour les **écosystèmes d'eau douce**, il faut considérer que le changement climatique aura sans doute moins d'impacts directs, que d'impacts indirects ou retardés, liés notamment aux modifications de l'occupation des sols et des pratiques agricoles sur les bassins versants. Néanmoins, l'impact du changement climatique sur les cours d'eau ne doit pas se résumer au seul effet du réchauffement, mais doit aussi prendre en compte une probable diminution des débits liée à une modification du régime et de l'abondance des précipitations. Cette diminution, associée à une augmentation de la température de l'eau, risque d'impacter fortement les milieux aquatiques courants (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Changement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes).

### 3.2.2. Écosystèmes terrestres

Dans les écosystèmes terrestres, différents impacts du changement climatique ont pu être mis en évidence sur les espèces. Bien qu'il soit très difficile de prédire les effets exacts, quelques principes généraux ressortent : tout d'abord, chaque élément d'une chaîne trophique (plante, phytophage, ennemi naturel par exemple) aura sa propre réaction face aux changements climatiques. De plus, pour chaque niveau trophique, les espèces spécialistes concernant les ressources qu'elles utilisent souffriront plus des changements climatiques que les espèces généralistes, celles-ci pouvant exploiter une variété plus grande de ressources (plantes ou phytophages selon le niveau trophique). Enfin, les modèles qui ont tenté de prédire les effets des changements climatiques sur les écosystèmes agricoles, souvent plus simples que les écosystèmes naturels, concluent majoritairement à un effet plus négatif sur les plus hauts niveaux tro-

phiques et donc à des pullulations plus fréquentes de ravageurs (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – Changement climatique dans l'Ouest, Presses universitaires de Rennes).

Les végétaux voient une altération de leurs cycles : floraisons, mises à feuille et maturations des fruits plus précoces, chute des feuilles automnales plus tardive. Les dates de semis, de moissons et de récolte connaissent également des variations qui devraient s'amplifier au cours du siècle. C'est déjà le cas pour les périodes de vendanges, qui sur le Val de Loire, ont connu sur ces 50 dernières années une avancée de 12 à 17 jours selon les vignobles (Bonnefoy et al, 2012).

Les espèces animales se voient également impactées concernant leurs périodes de migration, de reproduction, de pontes et d'hivernage, ou encore leurs aires de répartition.

Ainsi, le Triton ponctué et le Triton alpestre présentés Figure 113 (espèces protégées) sont en net déclin



Figure 113 : Triton ponctué en haut (*Lissotriton vulgaris*) et un triton alpestre en bas (*Ichthyosaura alpestris*).

dans la région, de par la raréfaction et la dégradation de leur habitat (CESER).

A l'inverse, le Héron garde-bœufs (Figure 114), espèce originaire des régions tropicales et subtropicales, connaît depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle une des plus rapides et importantes extensions d'aire de répartition parmi les espèces d'oiseaux. Certains individus nidifient depuis les années 1980 en Pays de la Loire.



Figure 114 : Héron garde-bœuf (*Bubulcus ibis*).



La vulnérabilité des espèces dépendra de leur capacité à se déplacer en fonction de l'évolution du climat et donc de l'existence ou non de continuités écologiques dans les territoires. La vulnérabilité des espèces et écosystèmes marins et des activités qui en dépendent reste encore très incertaine à ce jour. (DATAR).

### 3.2.3. Les espèces invasives

Le territoire du Grand Ouest est déjà confronté à un certain nombre de plantes invasives, comme la jussie (Figure I 15), qui envahit les zones humides, ou encore l'ambroisie, plante particulièrement allergène. Toutefois, le nombre d'espèces invasives s'étant développées dans le Grand Ouest (en raison de l'évolution des paramètres climatiques) reste relativement faible. Le lien entre l'évolution du climat et le développement de ces espèces reste par ailleurs difficile à démontrer actuellement. La vulnérabilité actuelle du Grand Ouest à ce type d'impact est donc relativement incertaine. D'autant que si certaines sont identifiées comme des menaces pour les écosystèmes d'autres pourraient s'avérer comme des opportunités, car pouvant contribuer à l'organisation de nouveaux écosystèmes mieux adaptés à l'évolution du climat (DATAR).



Figure I 15 : Jussie (*Ludwigia peploides*), développée en herbier et envahissant un canal de Brière - SBVB.

### 3.2.4. Déplacement vers le nord de l'aire de répartition de nombreuses espèces

Il est très probable que les événements climatiques exceptionnels révèlent l'inadaptation de l'espèce au climat. Les pics de mortalité observés après la sécheresse de 2003 donnent un aperçu de ce type de scénario (Goudet, 2013). Ainsi, les tempêtes provoquent des dégâts massifs et visibles immédiatement, tandis que les sécheresses, exceptionnelles par leur intensité, leur précocité ou leur récurrence, ont toutes provoqué des perturbations plus insidieuses, durables et suivies de dépérissements complexes. La vulnérabilité accrue des arbres alors affaiblis amplifie les dommages des maladies et des ravageurs (Bréda *et al*, 2006), affectant leur répartition.

Ainsi, la France deviendrait inhospitalière au chêne sessile (aussi appelé chêne rouvre), dont l'aire actuelle de répartition diminuerait de 30 à 40 % d'ici à la moitié de ce siècle (Piedallu *et al*, 2009 ; Cheaib *et al*, 2012). Ce pronostic pessimiste est partagé également pour le chêne pédonculé, potentiellement plus vulnérable au déficit hydrique et dont 9 % sont en dépérissement en Pays de la Loire (CRPF, 2008). Ces deux espèces de feuillus représentent à elles seules 40 % des surfaces forestières actuelles des Pays de la Loire, selon l'inventaire 2009 – 2013 de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), présenté sur la Figure I 17.

A l'inverse, le chêne vert, surtout présent actuellement dans les régions méditerranéennes connaît une extension de ces zones climatiques favorables, vers le nord.

Inclus dans la catégorie des « autres feuillus », et relativement peu représenté dans la région, le hêtre



Figure I 16 : Comparaison entre feuilles de chêne pédonculé (*Quercus robur*), sessile ou rouvre (*Quercus petraea*) et vert (*Quercus ilex*).

pourrait lui, disparaître de notre région, reculant vers le nord-est et les hautes altitudes.

Concernant les résineux, nous assisterions à une expansion stimulée du pin maritime vers la moitié nord de la France, tandis que le pin sylvestre connaîtrait lui une rétraction importante de son aire de répartition à l'échelle métropolitaine (« L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change », ONERC, 2015).

Au-delà, c'est un tiers des espèces végétales, des mammifères et des oiseaux qui pourraient voir leur aire de répartition diminuer d'au moins 20 %. De même, près de 62 % des reptiles ou amphibiens perdraient au minimum 20 % de leur aire actuelle de répartition (P. Merot, V. Dubreuil, D. Delahaye et P. Desnos – *Changement climatique dans l'Ouest*, Presses universitaires de Rennes).

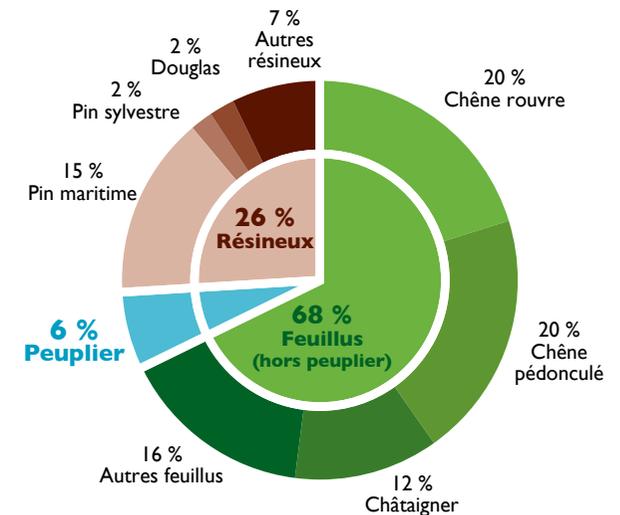


Figure I 17 : Inventaire des surfaces forestières par essences en Pays de la Loire – IGN, 2015. Inventaire de 2009 à 2013.

## Synthèse du diagnostic de vulnérabilité du territoire de la CARENE au changement climatique

**A** l'échelle de l'agglomération de Saint-Nazaire comme à celle du monde, le changement climatique ne fait plus débat. Augmentation des températures moyennes, multiplication des phénomènes de sécheresses et des tempêtes, hausse du niveau de la mer ont été observées sur le siècle dernier. Par ailleurs, l'origine anthropique de ses évolutions est extrêmement probable et compte tenu de l'inertie des Gaz à Effet de Serre contenus dans l'atmosphère, tout porte à croire que la situation va se dégrader plus rapidement au cours du siècle à venir.

Les conséquences sur les milieux, et par voie de conséquences sur les espèces qui y vivent et s'y développent, sont le plus souvent indiscutables. Le territoire va devoir faire face à d'importants risques sanitaires, sociaux, économiques et environnementaux.

S'adapter au changement climatique est devenu tout aussi indispensable que de le limiter par des actions d'atténuation des émissions de GES. Il en va de la résilience du territoire comme de celle de ses habitants et activités.

Appréhender le risque est la condition *sine qua non* de sa maîtrise. Pour tenir compte des aléas majeurs auxquels sera soumis le territoire et préserver les hommes, la biodiversité et les milieux pour garantir un développement sur le long terme, les politiques publiques doivent pouvoir s'appuyer sur une connaissance fine des risques encourus.

La connaissance des risques climatiques et de leurs impacts avérés et potentiels doit permettre à la fois d'adapter les politiques d'aménagement et de développement équilibré du territoire et d'informer et sensibiliser la population et les entreprises afin d'améliorer leur capacité d'adaptation. En effet, la résilience des individus comme des organisations passe par l'anticipation, ce qui nécessite de savoir à quoi se préparer.

La puissance publique a une mission de protection des personnes et des biens matériels (équipements, logements, infrastructures, ...). Elle joue parfaitement son rôle pour faire face aux risques actuels lorsqu'elle met en œuvre le Plan de Prévision des Risques Littoraux (PPRL) ou le Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI). En effet, ceux-ci prévoient notamment des règles de constructibilité et des mesures d'accompagnement des propriétaires pour la mise en sécurité de leur logement dans les secteurs à risques. Toutes ses actions sont des mesures d'adaptation au changement climatique.

La résilience du territoire nécessite désormais la prise en compte des risques climatiques dès la planification urbaine. Ainsi le Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi) prendra des mesures de prévention, inscrira des règles de constructibilité et définira des principes d'aménagement qui permettront de limiter l'exposition des Hommes et de leurs activités aux risques de submersion marine, d'inondation, de recul

du trait de côte et de retrait-gonflement des argiles. Il constitue aussi le meilleur outil pour adapter la ville aux épisodes de canicule en intégrant la végétalisation des espaces publics et des toitures, en favorisant la présence de l'eau en ville pour créer des îlots de fraîcheur.

Au-delà des actions douces d'adaptation – observation, sensibilisation, précaution, planification – il pourrait dans certains cas être utile d'opter pour des mesures plus lourde, à l'instar de la digue de Méan, ouvrage de protection face au risque de submersion marine. Parfois, la relocalisation pourra être envisagée.

L'adaptation du territoire au changement climatique est un chantier d'une grande complexité. D'abord, celle-ci tient au fait que nous devons raisonner sur la base de projections qui laisse planer une certaine incertitude malgré les conclusions sans appel des experts internationaux, tous unanimes. Ensuite, elle impose d'anticiper les effets irréversibles à très long terme de décisions déterminantes pour l'avenir du territoire et de ses occupants.

Enfin, nous n'avons aujourd'hui aucun recul sur l'efficacité des mesures prises jusqu'à présent. La CARENE, comme les autres territoires fortement soumis aux risques climatiques, va devoir expérimenter et inventer des solutions. C'est peut-être là une opportunité à saisir.

## Synthèse des effets attendus du changement climatique sur les trois grandes unités du territoire

Tableau 21 : Synthèse des effets attendus du changement climatique sur le territoire au niveau du littoral.

Enjeux du PCAET

Modérés Forts Prioritaires

### Le Littoral, dense, urbain et fortement fréquenté en période estivale

Effets du changement climatique	Répercussions sur l'unité
<b>Disponibilité de la ressource en eau</b>	Contraintes estivales avec une population accrue en période d'étiage des cours d'eau et de faibles précipitations, croisée avec des besoins pour l'agriculture également plus importants en cette saison
<b>Hausse du niveau des mers</b>	Accentuation de l'érosion côtière et du risque de submersions marines
<b>Réchauffement des eaux</b>	Prolifération d'algues, diminution de la teneur en oxygène de l'eau, mortalité accrue des espèces aquatiques par hypoxie, perte de biodiversité et dégradation de la qualité des masses d'eau
<b>Canicule et îlot de chaleur urbain</b>	Vagues de chaleur liées à la hausse des températures en période estivale, entraînant inconfort et surmortalité et développement de l'aire de répartition du moustique tigre (vecteur de maladies)
<b>Ecosystèmes aquatiques et terrestres</b>	Dégradation des milieux, altération du fonctionnement et des cycles faunistiques et floristiques, diminution des ressources nutritives, baisse de productivité, concurrence trophique, changement de communautés
<b>Acidification des mers</b>	Perte de biodiversité et dégradation de la qualité des masses d'eau côtières à long terme
<b>Diminution des débits des cours d'eau*</b>	Diminution des apports sédimentaires, accentuation de l'érosion côtière
<b>Feu de forêt</b>	Aujourd'hui risque faible, peut concerner essentiellement la lande de Cavaro à Pornichet. Dans le futur, les peuplements d'arbres en présence sur cette unité seront probablement plus susceptibles aux départs d'incendies

Risques naturels majeurs	Principaux enjeux	Secteurs concernés
<b>Submersion marine</b>	Usagers et installations de bord de mer via chocs mécaniques des vagues et montée temporaire du niveau marin : habitations et commerces de plain-pied situés en zone basse	Plages sableuses et anciennes zones humides, situées en zones basses, et dont les réseaux d'évacuation des eaux pluviales vers la mer peuvent faire l'objet de remontées des eaux marines : parc paysager, anse de Sautron et place Neptune à Saint-Nazaire, hippodrome à Pornichet
<b>Érosion côtière</b>	Modérée vis-à-vis des littoraux voisins, mais concerne tout de même des enjeux notables : habitations et propriétés privées, sentier côtier	Ensemble des côtes sableuses et à falaises de Pornichet et Saint-Nazaire à des degrés variables : recul maximum d'environ 40 mètres d'ici à la fin de ce siècle aux plages des Jaunais, de Saint-Marc et de la Courance
<b>Retrait-gonflement des argiles</b>	Fissurations de maisons individuelles notamment avec arbres à proximité (- de 5 mètres), axes routiers très fréquentés, notamment par des poids-lourds	Concerne peu le littoral, hormis sur une bande argileuse traversant Saint-Nazaire de Kerlédé à l'IUT d'Heinlex, et sur une petite formation argileuse entre l'avenue de Bonne Source et l'allée des Ajoncs à Pornichet
<b>Inondation par remontée de nappes</b>	Inondations de sous-sols, parkings souterrains et rez-de-chaussée, installations électriques en sous-sol, fissurations d'immeubles	Abords des plans d'eau et anciennes zones humides : parc paysager et quartier Trébale à Saint-Nazaire, hippodrome de Pornichet, et les quartiers adjacents Ermur, Villès Mahaud et Villès Babin

\* Liée à la diminution en volume des précipitations estivales

Tableau 22 : Synthèse des effets attendus du changement climatique sur le territoire au niveau de l'estuaire de la Loire.

**L'estuaire de la Loire, marqué par l'activité industrialo-portuaire**

Enjeux du PCAET

Modérés

Forts

Prioritaires

Effets du changement climatique	Répercussions sur l'unité
<b>Hausse du niveau des mers</b>	Accentuation de l'érosion côtière et des submersions marines, renforcement des influences marines au détriment de celles du fleuve dans l'estuaire (remontée du front de salinité et de l'onde de marée vers l'amont, développement du bouchon vaseux vers l'amont)
<b>Diminution des débits des cours d'eau</b>	Diminution des apports sédimentaires, accentuation de l'érosion côtière, baisse du niveau d'eau, difficultés pour la navigation, renforcement des influences marines au détriment de celle du fleuve dans l'estuaire (remontée du front de salinité et de l'onde de marée vers l'amont, développement du bouchon vaseux vers l'amont)
<b>Réchauffement des eaux</b>	Prolifération d'algues, diminution de la teneur en oxygène de l'eau, mortalité accrue des espèces aquatiques par hypoxie, perte de biodiversité et dégradation de la qualité des masses d'eau
<b>Écosystèmes aquatiques et terrestres</b>	Dégradation des milieux, altération du fonctionnement et des cycles faunistiques et floristiques, diminution des ressources nutritives, baisse de productivité, concurrence trophique, changement de communautés
<b>Disponibilité de la ressource en eau</b>	Contraintes estivales en période d'étiage des cours d'eau et de faibles précipitations, avec des besoins pour l'agriculture et l'industrie plus importants en cette saison

Risques naturels majeurs	Principaux enjeux	Secteurs concernés
<b>Submersion marine</b>		Abords des bassins portuaires de Saint-Nazaire, zones basses situées en retrait des remblais de la ZIP de Montoir-de-Bretagne, certains terminaux portuaires de Montoir-de-Bretagne et Donges, zones basses à proximité des canaux de Bernaceau et Martigné à Donges, et du Brivet à Trignac
<b>Inondation par crue de cours d'eau</b>	L'inondation peut porter préjudice aussi bien à des habitations que des activités (agricoles, industrielles, tertiaires) situées en zones basses	Abords des estuaires de la Loire et du Brivet, situés en zones basses
<b>Érosion côtière</b>	La pérennité des vasières de Loire, liée à la hausse du niveau des mers, potentiellement plus rapide que le processus de sédimentation à l'œuvre	Vasières du Grand Tourteau à Saint-Nazaire et de Donges-Est à hautes fonctionnalités écologiques
<b>Inondation par remontée de nappes</b>	Inondations de sous-sols, parkings souterrains et rez-de-chaussée, installations électriques en sous-sol, fissurations d'immeubles	Abords des marais, prairies humides et anciennes zones humides remblayées : marais en retrait de la ZIP, quartiers Montoir-Bellevue, Gris et la Taillée de Montoir-de-Bretagne, quartiers Les Grands Moulins, Saint-Paul et Trélagot à Donges
<b>Retrait-gonflement des argiles</b>	Fissurations de maisons individuelles notamment avec arbres à proximité (- de 5 mètres), axes routiers très fréquentés, notamment par des poids-lourds	Saint-Nazaire : Ville-Port, Ville-Gare, Penhoët / Trignac : Savine / Montoir-de-Bretagne : Bellevue, rues V.Hugo et L.Pasteur / Donges : La Grée et Dorieux

Tableau 23 : Synthèse des effets attendus du changement climatique sur le territoire au niveau de l'arrière-pays briéron.

Enjeux du PCAET

Modérés Forts Prioritaires

**La Brière, péri-urbain et rural, riche de biodiversité, notamment par ses milieux aquatiques et humides**

Effets du changement climatique	Répercussions sur l'unité
<b>Réchauffement des eaux</b>	Prolifération d'algues, diminution de la teneur en oxygène de l'eau, mortalité accrue des espèces aquatiques par hypoxie, perte de biodiversité et dégradation de la qualité des masses d'eau
<b>Écosystèmes aquatiques et terrestres</b>	Dégradation des milieux, altération du fonctionnement et des cycles faunistiques et floristiques, diminution des ressources nutritives, baisse de productivité, concurrence trophique, changement de communautés
<b>Diminution des débits des cours d'eau</b>	Atterrissements et colmatage/fermeture des marais ; diminution de la quantité d'eau disponible pour l'agriculture. Accentuation du risque d'inondation en intensité lors de crues
<b>Disponibilité de la ressource en eau</b>	Contraintes estivales en période d'étiage des cours d'eau et de faibles précipitations, avec des besoins pour l'agriculture plus importants en cette saison
<b>Hausse du niveau des mers</b>	Intrusion saline dans les marais, perte de biodiversité et dégradation de la qualité des masses d'eau
<b>Feu de forêt</b>	Aujourd'hui risque très limité. Dans le futur, certains peuplements d'arbres présents sur cette unité seront probablement plus susceptibles aux départs d'incendies, du fait de la remontée vers le nord de certaines espèces végétales

Risques naturels majeurs	Principaux enjeux	Secteurs concernés
<b>Inondation par crue de cours d'eau</b>	L'inondation peut porter préjudice aussi bien à des habitations que des activités (agricoles, industrielles, tertiaires) situées en zones basses	L'ensemble des zones basses des marais de Brière et des abords de l'estuaire du Brivet
<b>Inondation par remontée de nappes</b>	Inondations de sous-sols, parkings souterrains et rez-de-chaussée, installations électriques en sous-sol, fissurations d'immeubles	L'ensemble de l'unité hormis les îles principales et centre-bourgs historiques de Brière
<b>Retrait-gonflement des argiles</b>	Fissurations de maisons individuelles notamment avec arbres à proximité (- de 5 mètres), axes routiers très fréquentés, notamment par des poids-lourds	La-Chapelle-des-Marais : proximités des rues du Gué et de Penlys, ainsi que les Routes Départementales (RD) 33 et 50 / St-Joachim : Ile Brécun, RD16 et RD50 / Saint-Malo-de-Guersac : Proximités des rues du Pin et de la Ganache

# Bibliographie

## Le Climat, son évolution et ses effets

- > ADEME, Planification et adaptation au changement climatique, 2014
- > Agence de l'eau Loire-Bretagne-CD44-SAFEGE Environnement, Schéma Départemental de Sécurisation de l'Alimentation Eau Potable de la Loire-Atlantique, 2005
- > CARENE, Plan Climat Énergie Territorial, 2013
- > CEREMA, Éléments de connaissance pour le diagnostic de vulnérabilité du territoire de la CARENE au changement climatique, 2016
- > CESER, Impacts des changements climatiques et mesures d'adaptation en Pays de la Loire, 2016
- > Comité de Bassin Loire Bretagne, (Projet de) Plan d'adaptation au changement climatique du bassin Loire-Bretagne, 2017
- > DATAR, Stratégie d'adaptation au changement climatique dans le Grand Ouest, 2012
- > GIEC, Rapport de synthèse sur l'évolution du climat, 2014
- > C.Lamy, Impact du changement climatique sur la fréquence et l'intensité des sécheresses en Bretagne, 2014
- > ONERC, Vers un 2e plan d'adaptation au changement climatique pour la France – Enjeux et recommandations, 2017
- > ONERC, L'arbre et la forêt à l'épreuve d'un climat qui change, 2015
- > P. Merot, V. Dubreuil, D. Delaye, P. Desnos, Changement climatique dans l'ouest – Évaluation, impacts, perceptions, Presse universitaire de Rennes, 2012
- > METEO FRANCE, Indice Feu Météorologique, 2018
- > METEO FRANCE, Plateforme en ligne « DRIAS, les futurs du climat », 2017

- > Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Agriculture, Forêt, Climat, vers des stratégies d'adaptation, 2013
- > Ministère de l'Agriculture et de la Pêche – INRA, Sécheresse et agriculture : Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau, expertise scientifique collective, 2006
- > Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Le climat de la France au XXIe siècle, Volume 4, Scénarios régionalisés, 2014
- > Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Le climat de la France au XXIe siècle, Volume 5, Changement climatique et niveau de la mer, 2014
- > Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Synthèses du projet Explore 2070, Eau et changement climatique, 2012
- > Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, Chiffres clés du climat : France, Europe, Monde, 2018
- > Ministère de la Transition Écologique et Solidaire - Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, Préservation de l'élevage extensif, gestionnaire des milieux humides, 2017

## Consommations énergétiques

- > ADEME, les chiffres clés, 2012
- > AXENNE, Axcéléo, 2016
- > CARENE, données de suivi énergétique, 2017

## Démographie

- > INSEE, Données statistiques démographie et logement, 2014 et 2017

## Énergies renouvelables

- > CARENE - AXENNE, Stratégie de développement des Énergies Renouvelables, 2016

## Gaz à effet de serre

- > ADEME, Base carbone, 2017

## Gestion des déchets

- > CARENE, Rapport d'activité, 2016

## Hydrologie

- > GIP Loire Estuaire, Bulletin SYVEL (SYstème de Veille dans l'Estuaire de la Loire), synthèse 2007-2016, 2017
- > GIP Loire Estuaire, Extractions des débits moyens mensuels à la station de Montjean-sur-Loire depuis 1900, 2017
- > GIP Loire Estuaire, Pour une nouvelle dynamique de la Loire estuarienne : Plan stratégique 2017-2021, 2017
- > UBO, Impacts socio-économiques des Changements Environnementaux des complexes Prairiaux de l'Estuaire de la Loire (ICEPEL) : approche prospective, 2016
- > Ministère de la Transition Écologique et Solidaire – IFREMER, UBO, GIP Loire Estuaire, Conséquences du Changement Climatique sur l'Écogéomorphologie des Estuaires – Rapport final du Projet C3E2, 2014

## Qualité de l'air

- > Air Pays de la Loire, BASEMIS, 2014
- > Préfecture des Pays de la Loire, Plan de Protection de l'Atmosphère Nantes Saint-Nazaire, 2015

## Risques naturels

- > Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, Base nationale de Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques (GASPAR), 2018
- > Préfecture de Loire-Atlantique, Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM), 2008

## Inondations (nappe, crue de cours d'eau)

- > BRGM, Étude nationale de sensibilité aux remontées de nappes, 2011
- > CARENE, Programme d'Actions de Prévention des Inondations littoral de la CARENE, 2015
- > DDTM 44 – ANTEA, Etude Aléas-Enjeux du risque inondation en Brière, 2004

## Risques littoraux : érosion côtière et submersion marine

- > CESER, Submersion marine et érosion côtière – Connaître, prévenir et gérer les risques naturels littoraux sur la façade atlantique, 2015
- > E. Chauveau, C. Chadenas, B.Comentale, P. Pottier, A. Blanloeil, T. Feuillet, D. Mercier, L. Pourinet, N. Rollo, I. Tillier et B. Trouillet, Xynthia : leçons d'une catastrophe, Cybergeo : European Journal of Geography, 2011
- > DDTM 44, Plan de Prévention des Risques Littoraux de la Presqu'île Guérandaise et Saint-Nazaire, 2016
- > DDTM 44 - ARTELIA, Atlas des submersions marines de l'estuaire de la Loire – Analyse hydrogéomorphologique, 2013
- > DDTM 44 - Cap Atlantique - CARENE, Plan d'action de la Stratégie Locale de Gestion du Risque Inondation de Saint-Nazaire – Presqu'île de Guérande, 2017
- > DREAL PDL – SOGREAH, Étude relative à la gestion durable du trait de côte de la région des Pays de la Loire, 2012
- > DREAL PDL, DDTM 44 et 85, La tempête Xynthia du 28 février 2010 – Retour d'expérience en Loire Atlantique et Vendée, 2012
- > GPMNSN, Évaluation environnementale du projet stratégique du port, Mémoire en réponse aux recommandations de l'autorité environnementale, 2015
- > A.Hénaff(Ed.), M.Philippe, Gestion des risques d'érosion et de submersion marines – Guide méthodologique – Projet Cocorisco, 2014
- > Observatoire National de la Mer et du Littoral, Densité de population des communes littorales en 2010 et évolution depuis 1961-1962, 2013

## Retrait-gonflement des argiles

- > BRGM, Cartographie de l'aléa de retrait-gonflement des sols argileux dans le Département de Loire-Atlantique – Rapport final, 2009
- > GRT GAZ, Etude de dangers d'un ouvrage de transport de gaz naturel (chapitres consacrés à l'environnement des installations), 2015
- > Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables, Le retrait-gonflement des argiles – Comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel ?

## Urbanisme et Aménagement

- > CARENE – ADDRN, Synthèse du diagnostic du Plan Local d'Urbanisme intercommunal, 2017
- > CARENE – ECOVIA, Etat Initial de l'Environnement du Plan Local d'Urbanisme intercommunal, 2018
- > Grand Lyon Communauté Urbaine, Lutte contre les îlots de chaleur urbains, référentiel conception et gestion des espaces publics, 2010
- > La Revue Urbanisme, Dossier : Réinventer les territoires littoraux, n°401, 2016



# Liste des figures et tableaux

## Liste des figures

Figure 1 : Hausse prévisible des températures en fonction des trajectoires d'émissions.....	11
Figure 2 : Extrait d'une d'Iconographie issue du rapport Baissons la chaleur commandé par la Banque Mondiale.....	13
Figure 4 : Synthèse des objectifs de la loi de transition énergétique pour la croissance verte.....	16
Figure 5 : Schéma de la feuille de route régionale.....	17
Figure 6 : Calendrier du PCAET.....	19
Figure 7 : Carte des périmètres institutionnels – Addrn, Diagnostic PLUi, 2017.....	23
Figure 8 : Carte du Parc naturel régional de Brière – PnrB.....	25
Figure 9 : Évolution de la consommation foncière (ha/an) de 1999 à 2012 – Addrn (ODEF), 2017.....	30
Figure 10 : Origine des surfaces artificialisées entre 2009 et 2012 – Addrn, BDMOS44, 2017.....	30
Figure 11 : Destination des surfaces artificialisées entre 2009 et 2012 – Addrn, BDMOS44, 2017.....	30
Figure 12 : Les grandes infrastructures de transport – Addrn, PLUi, 2017.....	31
Figure 13 : L'offre de transport public – Addrn, PLUi, 2017.....	32
Figure 14 : Les différentes trames écologiques de l'agglomération nazairienne – source : ECOVIA.....	35
Figure 15 : Consommations d'énergie par habitant en 2014 & Répartition des consommations d'énergie par commune (Source BASEMIS, Air Pays de la Loire).....	41
Figure 16 : Répartition des consommations d'énergie de la CARENE par secteur en 2012 (en GWh/an) – source AXCELEO (2012), étude Axenne 2016.....	42
Figure 17 : Évolutions des consommations d'énergie sur la CARENE par secteurs en 2014 (en MWh) – source BASEMIS Air Pays de la Loire.....	42
Figure 19 : Consommation (MWh/an) et répartition par sources d'énergie consommées dans les résidences principales - source AXCELEO (2012), étude Axenne 2016.....	43
Figure 18 : Typologie des résidences principales (type de logement par année de construction) – source INSEE 2011.....	43
Figure 20 : Consommation (MWh/an) et répartition par usages dans les résidences principales – source AXCELEO (2012), étude Axenne 2016.....	44
Figure 21 : Répartition des modes de chauffage dans les résidences principales – source AXCELEO (2012), étude Axenne 2016.....	44
Figure 22 : La précarité énergétique en France.....	46
Figure 23 : Exposition des ménages à la précarité énergétique – IRISCORE 2013.....	47
Figure 24 : Ratios de consommation d'énergie (MWh/m <sup>2</sup> ) par branche d'activité du secteur tertiaire (source : BASEMIS, Air Pays de la Loire, 2014).....	48

Figure 26 : Répartition des consommations d'énergie (GWh/an) du secteur tertiaire par type d'énergie – source AXCELEO, étude Axenne 2016 .....	48
Figure 25 : Répartition des consommations d'énergie (GWh/an) du secteur tertiaire par branche – source AXCELEO, étude Axenne 2016.....	48
Figure 27 : Patrimoine public-Répartition des consommations (kWh) par secteur d'activité (2015).....	49
Figure 28 : Répartition des consommations (kWh) par commune. ....	49
Figure 29 : Évolution des consommations d'énergie du patrimoine public par types d'énergie (MWh) en 2015 (Source CARENE – DSTEP, 2017).....	50
Figure 30 : Évolution des coûts énergétiques (en centsTTC/KWh) sur Donges de 2010 à 2016 (source CARENE – DSTEP, 2017).....	50
Figure 31 : Exemple de l'évolution des consommations (MWh) et des dépenses (€TTC) en éclairage public de Saint Joachim – source : D STEP 2017.....	51
Figure 32 : Exemple d'évolution de la facture d'électricité éclairage public pour la ville de Saint-Nazaire (€TTC) – source : service éclairage public Saint Nazaire. ....	51
Figure 34 : Évolution des consommations énergétiques (MWh) des 5 piscines : par piscine à gauche et par type d'énergie à droite. ....	52
Figure 33 : Évolution des consommations énergétiques (MWh) et dépenses (k€TTC) des piscines – source D STEP 2017.....	52
Figure 35 : Principales étapes du projet d'écologie industriel.....	53
Figure 36 : Évolution des consommations du cycle de l'eau en MWh/an entre 2012 et 2015 (source CARENE – DSTEP, 2017). ....	54
Figure 37 : Répartition des consommations d'énergie du secteur des transports sur la CARENE en 2014 – BASEMIS. ....	56
Figure 38 : Consommation par type de véhicules en 2012 (MWh/an) – Source AXENNE – Axcéléo.....	56
Figure 39 : Répartition des consommations Litres Go 2016 par type de transports (source D STEP – CARENE, 2017).....	57
Figure 40 : Évolution des consommations Litres Go (source DSTEP - CARENE, 2017).....	57
Figure 42 : Répartition des consommations (kWh) par type de carburant sur tous les véhicules (VP, VUL, fourgons). ....	58
Figure 41 : Nombre de véhicules (VP, VUL, fourgons) par collectivité et par type de carburant. ....	58
Figure 43 : Répartition des véhicules en fonction du type de carburant utilisé. ....	58
Figure 44 : Scénario tendanciel – Évolution de la consommation par secteur sur le territoire – Source AXCELEO, étude Axenne 2016.....	61
Figure 45 : Représentation de la facture énergétique du territoire (2012) – source : étude Axenne 2016.....	63
Figure 46 : Facture énergétique territoriale par énergie (M€) – étude Axenne 2016. ....	64
Figure 47 : Facture énergétique territoriale par secteurs (M€) – étude Axenne 2016.....	64
Figure 48 : Répartition de la production d'énergie renouvelable à fin 2012 – étude Axenne 2016.....	65
Figure 49 : Gisements maximum théoriques d'énergies renouvelables à horizon 2030 et production effective 2012 – étude Axenne 2016.....	67

Figure 50 : Analyse multicritères des filières d'EnR – étude Axenne 2016. ....	68
Figure 51 : Réseaux de chaleur recensés sur le territoire de la CARENE (source : Étude AXENNE 2016). ....	71
Figure 52 : Carte des travaux prévus dans le cadre du S3REnR. ....	73
Figure 53 : Carte du réseau électrique et des postes sources du territoire. ....	74
Figure 55 : Répartition des émissions de GES par secteur du Pôle métropolitain et de la Région Pays de la Loire – BASEMIS 2014.....	76
Figure 54 : Répartition des émissions de GES par secteur avec et sans branche énergie– BASEMIS 2014.....	76
Figure 56 : Répartition sectorielle et communale des émissions de GES avec et sans secteur de la production d'énergie – BASEMIS 2014.....	77
Figure 57 : Évolution des émissions de GES de la CARENE par secteur (kteq CO <sub>2</sub> hors branche énergie) entre 2008 et 2014 – BASEMIS 2014.....	78
Figure 58 : L'artificialisation des sols de l'agglomération entre 1999 et 2012. ....	81
Figure 59 : Réseau de surveillance à Saint-Nazaire – Rapport annuel Air Pays de la Loire 2016.....	83
Figure 60 : Part des émissions de PM10 provenant de l'agglomération nazairienne en 2014 par rapport à la Région Pays de la Loire – Rapport annuel Air Pays de la Loire 2016. ....	84
Figure 61 : Émissions de PM10 (en kg/habitant, en 2014) pour l'agglomération nazairienne et la Loire-Atlantique – Rapport annuel Air Pays de la Loire 2016. ....	84
Figure 62 : Répartition sectorielle des émissions de polluants atmosphériques à l'échelle de la CARENE, du Pôle Métropolitain et de la Région Pays de la Loire pour l'année 2014 – BASEMIS 2014. ....	87
Figure 63 : Évolution des émissions de la CARENE entre 2008 et 2014 (Base 100 en 2008) – BASEMIS 2014.....	88
Figure 64 : Historique des niveaux moyens de PM10, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> et SO <sub>2</sub> dans l'agglomération nazairienne en environnement urbain non influencé – Air Pays de la Loire (comité technique PCAET – 28 mars 2017). ....	89
Figure 65 : Distribution mensuelle des indices de qualité de l'air au cours de l'année 2016 à Saint-Nazaire – Air Pays de la Loire (comité technique PCAET – 28 mars 2017).....	89
Figure 66 : Concentration moyenne annuelle de NO <sub>2</sub> – Atlas Air Pays de la Loire 2014.....	90
Figure 67 : Concentration moyenne annuelle de PM10 – Atlas Air Pays de la Loire 2014.....	90
Figure 68 : Concentration moyenne annuelle de SO <sub>2</sub> – Atlas Air Pays de la Loire 2014.....	90
Figure 69 : Carte Stratégique Air (données année 2015) – Air Pays de la Loire. ....	91
Figure 70 : Sélection non exhaustive d'épisodes de pollution aux particules fines (PM10) d'ampleur nationale de 2013 à 2016, source Prev'Air (programme CARA). ....	93
Figure 71 : Dépassements des seuils d'alerte et d'information pour les PM10 et l'Ozone sur la CARENE entre 2009 et 2016 (Source Air Pays de la Loire).....	93
Figure 72 : Répartition des niveaux de perception des odeurs sur un échantillon de 410 personnes – Bilan de la veille olfactive Air Pays de la Loire, 2017. ....	94
Figure 73 : Panneau d'information qualité de l'air intérieur – Airs Pays de la Loire CARENE 2016.....	95

Figure 74 : Les composantes du risque.....	103
Figure 75 : Évolution des températures annuelles moyennes, en France, entre 1900 et 2013.....	105
Figure 76 : Évolution des températures annuelles moyennes, dans les Pays de la Loire, entre 1959 et 2009. ....	105
Figure 77 : Les scénarii d'évolution des émissions de gaz à effet de serre, formulés par le GIEC. ....	107
Figure 78 : Projection des températures moyennes annuelles futures, selon les scénarii du GIEC. ....	107
Figure 79 : Simulation de l'évolution des températures estivales journalières, via la plateforme DRIAS. ....	108
Figure 80 : Simulation de l'évolution des cumuls de précipitations estivales, via la plateforme DRIAS. ....	108
Figure 81 : 300 années d'évolution du niveau marin enregistrées par le marégraphe de Brest, SHOM.....	109
Figure 83 : Projection de la hausse moyenne du niveau des mers par rapport à la période 1986 – 2005 (GIEC, 1 <sup>er</sup> groupe de travail, 2013). ....	109
Figure 82 : 50 années d'évolution du niveau marin enregistrées par le marégraphe de Saint-Nazaire.....	109
Figure 84 : Évolution du pH de la surface des océans entre 1986 – 2005 et 2081 – 2010.....	110
Figure 85 : Rétrospectives des débits moyens des mois de janvier et juillet, de 1900 à 2017.....	111
Figure 86 : Les influences fluviales et marines de l'estuaire de la Loire et les prélèvements d'eau pour la consommation. ....	112
Figure 87 : Principes de l'îlot de chaleur urbain. ....	116
Figure 89 : Le pourcentage de personnes âgées de plus de 65 ans parmi la population de Pornichet et de Saint-Nazaire. ....	117
Figure 88 : La densité de population des communes de Pornichet et Saint-Nazaire. ....	117
Figure 90 : Évolution modélisée, de la moyenne annuelle du nombre de jours favorables aux incendies de forêts (IFM > 20). ....	118
Figure 91 : Chronologie des arrêtés de catastrophe naturelle sur la CARENE (1980 à 2016). Source : Base GASPAR, Ministère de la Transition écologique et solidaire.....	119
Figure 93 : Notation de l'exposition observée du territoire selon l'outil Impact Climat de l'ADEME.....	120
Figure 92 : Les types d'arrêtés de catastrophe naturelle recensés sur l'agglomération nazairienne, de 1980 à 2016. ....	120
Figure 94 : Répartition des arrêtés de catastrophes naturelles sur la CARENE (1980 – 2016). ....	121
Figure 95 : Les zones basses de l'agglomération. ....	123
Figure 96 : L'enveloppe des zones inondables de la CARENE. ....	125
Figure 97 : Les surfaces urbanisées exposées à l'aléa d'inondation.....	126
Figure 98 : Le réseau routier face au risque d'inondation sur le territoire de la CARENE. ....	127

Figure 99 : Schéma simplifié d'une nappe phréatique. ....	129
Figure 100 : Carte de sensibilité de l'agglomération nazairienne aux remontées de nappes. ....	130
Figure 101 : Les niveaux d'eau actuels et projetés à 2100 sur Saint-Nazaire. ....	132
Figure 102 : L'aléa de submersion marine à l'horizon 2100 sur le littoral pornichétin et nazairien. ....	134
Figure 103 : Le recul du trait de côte attendu sur les communes de Pornichet et Saint-Nazaire à l'horizon 2100. ....	136
Figure 104 : Le sentier côtier de Pornichet et le risque d'érosion. ....	138
Figure 105 : Le sentier côtier de Saint-Nazaire et le risque d'érosion. ....	139
Figure 106 : Les surfaces urbanisées de Pornichet et le risque d'érosion. ....	140
Figure 107 : Les surfaces urbanisées de Saint-Nazaire et le risque d'érosion. ....	141
Figure 108 : La susceptibilité actuelle des sols au retrait-gonflement des argiles. ....	143
Figure 109 : La susceptibilité des surfaces bâties au retrait-gonflement des argiles. ....	145
Figure 110 : Le réseau routier et la susceptibilité des sols au retrait-gonflement des argiles. ....	146
Figure 111 : Des mesures de prévention du risque de retrait-gonflement des argiles pour les habitations. ....	147
Figure 112 : Illustration des effets du changement climatique sur les systèmes agricoles (source : Adaptation de l'agriculture aux changements climatiques - recueil d'expériences territoriales - RAC-France). ....	151
Figure 113 : Triton ponctué en haut ( <i>Lissotriton vulgaris</i> ) et un triton alpestre en bas ( <i>Ichthyosaura alpestris</i> ). ....	154
Figure 114 : Héron garde-bœuf ( <i>Bubulcus ibis</i> ). ....	154
Figure 115 : Jussie ( <i>Ludwigia peploides</i> ), développée en herbier et envahissant un canal de Brière - SBVB. ....	155
Figure 116 : Comparaison entre feuilles de chêne pédonculé ( <i>Quercus robur</i> ), sessile ou rouvre ( <i>Quercus petraea</i> ) et vert ( <i>Quercus ilex</i> ). ....	156
Figure 117 : Inventaire des surfaces forestières par essences en Pays de la Loire – IGN, 2015. Inventaire de 2009 à 2013. ....	156

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Consommation d'énergie par habitant pour la CARENE, le Pôle métropolitain, la Loire Atlantique (source : BASEMIS, Air Pays de la Loire, année 2014).	41
Tableau 2 : Consommation (GWh/an) des résidences principales en logements collectifs par sources d'énergie et par usages-Axenne (données INSEE – 2012).	45
Tableau 3 : Consommation (MWh/an) des résidences principales en logements individuels par sources d'énergie et par usages-Axenne (données INSEE – 2012).	45
Tableau 4 : Évolution tendancielle de la consommation par secteur sur le territoire / secteur résidentiel hors secondaire –Source AXCELEO, étude Axenne 2016.	60
Tableau 5 : Production d'énergie renouvelable en 2012 et objectifs nationaux 2030 – étude Axenne 2016.	64
Tableau 6 : Production des filières de la chaleur renouvelable en 2012 – étude Axenne 2016.	66
Tableau 7 : Production d'énergie électrique renouvelable en 2012 – étude Axenne 2016.	66
Tableau 8 : Caractéristiques du réseau de chaleur de la cité sanitaire (source : Direction Patrimoine et des Travaux Cité Sanitaire de Saint-Nazaire).	71
Tableau 9 : Caractéristiques du réseau de chaleur et de froid de la base sous-marine (source : COFELY).	72
Tableau 10 : Caractéristiques du réseau de chaleur de la Bouletterie (source : SILENE).	72
Tableau 11 : Caractéristiques du réseau de chaleur de Kerlédé (source : SILENE).	72
Tableau 12 : Capacités du réseau pour le raccordement des projets EnR (> 5 MW). Source : RTE capareseau.fr, mise à jour du 21/08/2017.	74
Tableau 13 : Émissions de GES par habitant pour la CARENE, le Pôle métropolitain, la Loire Atlantique et la Région Pays de la Loire – BASEMIS année 2014.	75
Tableau 14 : L'artificialisation des sols de l'agglomération entre 1999 et 2012.	80
Tableau 15 : Émissions de polluants (en kg/hab) par territoire – BASEMIS 2014.	88
Tableau 16 : Croisement secteurs à enjeux et carte stratégique air – Air Pays de la Loire (comité technique PCAET – 28 mars 2017)	92
Tableau 17 : Objectifs du Plan de Protection de l'Atmosphère de Nantes/Saint-Nazaire – (PPA) révisé en 2015.	97
Tableau 19 : Effets des changements climatiques et impacts potentiels sur les activités humaines dans les prairies de l'estuaire de la Loire.	114
Tableau 18 : Tendances d'évolution et incidences des dynamiques de l'estuaire.	114
Tableau 20 : Répartition des surfaces bâties selon la susceptibilité des sols.	144
Tableau 21 : Synthèse des effets attendus du changement climatique sur le territoire au niveau du littoral.	158
Tableau 22 : Synthèse des effets attendus du changement climatique sur le territoire au niveau de l'estuaire de la Loire.	159
Tableau 23 : Synthèse des effets attendus du changement climatique sur le territoire au niveau de l'arrière-pays briéron.	160



# Annexes

**Annexe 1 : Production des filières de la chaleur renouvelable et de récupération en 2030 (scénario tendanciel)**

	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2012	Réalisation entre 2013 et 2030	Réalisation par an entre 2013 et 2030	Production totale 2030	Production totale en 2030	t CO <sub>2</sub> évité/an en 2030	Nombre d'emplois liés à la fabrication et l'installation	Nombre d'emplois liés à l'exploitation	
	Sur l'existant ou réalisé une seule fois			Sur le neuf (réalisation chaque année)											
	%	nb d'Inst.	MWh/an	%	nb d'Inst.	MWh/an	MWh/an	MWh/an	nb/an	MWh/an	tep/an	t CO <sub>2</sub>	nb d'emplois	nb d'emplois	
Production de chaleur et de froid	<b>Solaire thermique</b>														
	CESI (Chauffe-Eau Solaire Individuel)	3	370	759	1	5	11		949	26				26	
	SSC (Système Solaire Combiné)	1	13	58					58	1				2	
	CESC sur les logements privés	10	8	30	29	20	88		1 614	20				39	
	CESC sur les logements HLM	2	8	30					30	0				1	
	CESC hors habitat	2	11	235	16	4	10		422	5				10	
	Agricole (ECS et séchage)	0	0	0	0	0	0		0	0				0	
	Climatisation solaire (tertiaire)	0	0	0	0	0	0		0	0				0	
	Haute T° (industrie)	0	0	0	0	0	0		0	0				0	
	Chauffage de l'eau des piscines	50	2	367					367	0				6	
	Réseau de chaleur solaire thermique	0	0	0					0	0				0	
	<b>Sous-total thermique</b>		<b>413</b>	<b>1 479</b>	<b>29</b>	<b>109</b>		<b>813</b>	<b>3 440</b>	<b>52</b>	<b>4 253</b>	<b>366</b>	<b>721</b>	<b>84</b>	<b>2</b>
	<b>Bois énergie – Chaudière automatique</b>														
Maison - chaudière automatique	0	0	0					0	0				0		
Chaudière collective (immeuble logements)	0	0	17					17	0				0		
Chaudière collective (tertiaire)	4	3	80	0	0	0		80	0				0		
Chaudière dans l'industrie	5	1	4 716					4 716	0				1		
Chaudière secteur agricole	0	0	0	0	0	0		0	0				0		
Réseau de chaleur	39	4	7 000					7 000	0				7		
Micro-cogénérationbois (tertiaire)	0	0	0	8	2	72		1 299	2				32		
Micro-cogénérationbois (individuel)	0	0	0	2	10	36		655	10				91		
<b>Sous-total bois énergie-chaudière automatique</b>		<b>7</b>	<b>11 813</b>	<b>12</b>	<b>109</b>		<b>16 279</b>	<b>13 766</b>	<b>12</b>	<b>30 045</b>	<b>2 584</b>	<b>8 931</b>	<b>132</b>	<b>19</b>	
<b>Inserts et Poêles performants</b>															
Poêles et inserts renouvellement	87	4 148	36 415					36 415	230						
Poêles et inserts nouveaux équipements	10	788	6 915	50	296	1 076		26 282	339						
Poêles bouilleurs (ECS + chauffage)	0	0	0					0	0						
<b>Sous-total bois énergie - inserts et poêles</b>		<b>4 935</b>	<b>43 330</b>	<b>296</b>	<b>1 076</b>		<b>7 283</b>	<b>62 697</b>	<b>570</b>	<b>69 981</b>	<b>6 018</b>	<b>20 504</b>	<b>201</b>	<b>23</b>	

Suite page suivante

**Suite Annexe 1 : Production des filières de la chaleur renouvelable et de récupération en 2030 (scénario tendanciel)**

	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2012	Réalisation entre 2013 et 2030	Réalisation par an entre 2013 et 2030	Production totale	t CO <sub>2</sub> évité/an en 2030	Nombre d'emplois liés à la fabrication et l'installation	Nombre d'emplois liés à l'exploitation	
	Sur l'existant ou réalisé une seule fois			Sur le neuf (réalisation chaque année)										
	%	nb d'Inst.	MWh/an	%	nb d'Inst.	MWh/an								MWh/an
<b>Géothermie - PAC (Pompe À Chaleur)</b>														
Maison géothermie verticale	0,2	2	36					36	0				0	
Immeubles collectifs (nappe ou sondes)	4	17	1 109	18	12	126		3 372	13				18	
Immeubles tertiaires (nappe ou sondes)	4	17	1 199	20	10	278		6 210	11				38	
Immeubles industriels	0	0	0					0	0				0	
Réseau de chaleur géothermique	0	0	0					0	0	0	0		0	
Thalassothermie	0	0	0	0	0	0		0	0				0	
<b>Sous-total géothermie PAC</b>		<b>37</b>	<b>2 344</b>			<b>22</b>	<b>5940</b>	<b>9 617</b>	<b>24</b>	<b>15 557</b>	<b>1 338</b>	<b>4 640</b>	<b>56</b>	<b>2</b>
<b>Aérothermie - PAC</b>														
Maison aérothermie (air/air, air/eau)	10	1 091	14 149	10	59	129		16 473	120				45	
Immeuble aérothermie (air/air)	26	236	12 081	8	6	46		12 912	19				22	
<b>Sous-total aérothermie PAC</b>		<b>1 326</b>	<b>26 230</b>		<b>65</b>	<b>175</b>	<b>21 040</b>	<b>29 358</b>	<b>138</b>	<b>50 425</b>	<b>4 337</b>	<b>14 852</b>	<b>67</b>	<b>5</b>
<b>Récupération de chaleur fatale</b>														
Maisons (chauffe-eau thermodynamique)	60	14 014	21 021	99	527	1 129		41 350	1 306	41 350			207	
Maisons (ESC - eaux usées)	0	0	0	0	0	0		1	0	1			0	
Immeubles collectifs (ESC - eaux usées)	0	0	0	0	0	0		0	0	0			0	
Immeubles tertiaires (ESC - eaux usées)	0	0	0	0	0	0		0	0	0			0	
Stations dépurat	59	1	5 291					5 291	0	5 291	1 582		0	
Chaleur fatale industrie	0	0	0					0	0	0	0		0	
<b>Sous-total récupération de chaleur fatale</b>		<b>14 015</b>	<b>26 312</b>		<b>527</b>	<b>1 129</b>		<b>46 643</b>	<b>1 306</b>	<b>46 643</b>	<b>4 011</b>	<b>7 371</b>	<b>207</b>	<b>5</b>
<b>Biogaz - Production de chaleur</b>														
Projet à la ferme ou territoriaux	0		0											
Injection de biogaz dans le réseau	100		23 000											
<b>Sous-total biogaz chaleur</b>			<b>23 000</b>				<b>227</b>	<b>0,06</b>	<b>23 227</b>	<b>1 998</b>	<b>6 945</b>	<b>21</b>	<b>7</b>	
<b>Valorisation déchets/biomasse</b>														
Unité de valorisation des déchets	73		5 202							5 202			11	
Projet Cargill	0		0							0			11	
<b>Sous-total valorisation des déchets</b>			<b>5 202</b>				<b>3 470</b>			<b>8 672</b>	<b>746</b>	<b>2 551</b>	<b>11</b>	<b>1</b>
Rappel de la production renouvelable en 2012 : 102 392 MWh/an														
En 2030 le production est multipliée par 3,8														
<b>Total thermique</b>														
Production thermique (MWh/an)										<b>248 803</b>	<b>21 397</b>	<b>68 377</b>	<b>834</b>	<b>63</b>
Équivalent tep/an										<b>21 397</b>				
rejet de CO <sub>2</sub> évité (tCO <sub>2</sub> /an)										<b>68 377</b>				

**Annexe 2 : Production des filières d'électricité renouvelable et de récupération en 2030 (scénario tendanciel)**

	Proposition d'un objectif en % du gisement identifié						Réalisation à fin 2012	Réalisation entre 2013 et 2030	Réalisation par an entre 2013 et 2030	Production totale 2030	Production totale	t CO <sub>2</sub> évité/an en 2030	Nombre d'emplois liés à la fabrication et l'installation	Nombre d'emplois liés à l'exploitation							
	Sur l'existant ou réalisé une seule fois			Sur le neuf (réalisation chaque année)																	
	%	nb	MWh/an	%	nb	MWh/an															
<b>Photovoltaïque</b>																					
Maisons individuelles	30	2 685	7 975	54	319	946		25 003	468				638								
Bâtiments	50	500	17 682	20	9	155		20 478	36				522								
Équipements sportifs, cultures et loisirs	53	50	4 392	50	1	48		5 260	3				134								
Grandes toitures (indus-)	21	100	34 560	20	1	344		40 760	7				1 040								
Bâtiments agricoles	50	88	6 632	100	1	245		11 036	6				281								
Ombrières de parking	50	10	8 789					8 789	1				228								
Centrales photovoltaïques	44	2	12 750					12 750	0		0		331								
<b>Sous-total solaire photovoltaïque</b>		<b>3 435</b>	<b>92 780</b>		<b>329</b>	<b>1 739</b>	<b>5 109</b>	<b>124 075</b>	<b>620</b>	<b>129 185</b>	<b>11 110</b>	<b>38 755</b>	<b>3 176</b>	<b>92</b>							
<b>Hydroélectricité</b>																					
Nouveaux sites	0	0	0					0	0												
Optimisation, suréquipement	0	0	0					0	0												
Turbinage eau potable	0	0	0					0	0												
Turbinage eaux usées	0	0	0					0	0												
Hydroliennes	0	0	0					0	0												
<b>Sous-total hydroélectricité</b>		<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>							
<b>Éolien</b>																					
Parc éolien (nb de machines)	0	0	0					0	0		0		0								
Petites éoliennes	50	5	275					275	0		83		1								
<b>Sous-total éolien</b>		<b>5</b>	<b>275</b>				<b>0</b>	<b>275</b>	<b>0</b>	<b>275</b>	<b>24</b>	<b>83</b>	<b>1</b>	<b>0</b>							
<b>Biogaz - Production d'électricité</b>																					
Projets à la ferme ou territoriaux	0		0					0			0										
<b>Sous-total biogaz électricité</b>			<b>0</b>				<b>177</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>177</b>	<b>15</b>	<b>53</b>	<b>0</b>	<b>0</b>							
<b>Valorisation des déchets/biomasse</b>																					
Unités de valorisation des déchets	73		681					681					1								
Micro-cogénération bois tertiaire	0	0	0	8	2	12		216	2	216		65	0,3								
Micro-cogénération bois individuelle	0	0	0	2	10	13		230	10	230		69	0,3								
<b>Sous-total incinération</b>		<b>0</b>	<b>681</b>		<b>12</b>	<b>25</b>	<b>436</b>	<b>1 127</b>	<b>12</b>	<b>1 563</b>	<b>134</b>	<b>265</b>	<b>2</b>	<b>0</b>							
Rappel de la production renouvelable électrique en 2012 : 5 722 MWh/an							<b>Total électrique</b>														
En 2030 le production est multipliée par 37,2							<b>Production électricité (MWh/an)</b>		<b>131 200</b>		<b>11 283</b>	<b>39 156</b>	<b>3 178</b>	<b>92</b>							
							<b>Équivalent tep/an</b>		<b>11 283</b>												
							<b>rejet de CO<sub>2</sub> évité (tCO<sub>2</sub>/an)</b>		<b>39 156</b>												
<b>Total toutes énergies renouvelables (MWh/an) :</b>														<b>108 114</b>	<b>319 228</b>	<b>2 635</b>	<b>380 003</b>	<b>32 680</b>	<b>105 671</b>	<b>3 956</b>	<b>156</b>

## Annexe 3 : Annexe Méthodologique – Sources des données pour établir le diagnostic et la stratégie du PCAET

### Pour le diagnostic et la stratégie

Pour les parties traitant des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), des polluants atmosphériques et de la qualité de l'air, le diagnostic est basé sur les données issues de BASEMIS (Air Pays de la Loire), année 2014.



Pour les parties du diagnostic liées à la dynamique énergétique du territoire et le développement des énergies renouvelables, deux outils ont été utilisés.

En effet, La CARENE a validé en 2016 la mise en place d'une stratégie de développement des énergies renouvelables sur le territoire de l'agglomération. Cette stratégie a été bâtie à partir des données issues d'une étude réalisée par le cabinet AXENNE. Ce dernier a créé son propre outil d'analyse et de croisement de données : AXCELEO. Les informations de cet outil sont très nombreuses et très précises permettant de mener des investigations relativement fines et prospectives :

- > un bilan détaillé des consommations énergétiques.
- > des objectifs fixés par secteur en matière d'utilisation rationnelle de l'énergie (actions sur le bâti, les équipements...).
- > des objectifs de production EnR fixés par secteur et par filière.

> la simulation de la facture énergétique par branche sectorielle.

Le choix a été fait de réaliser le travail de diagnostic et l'établissement des scénarios prospectifs de réduction des consommations d'énergie et de production d'EnR (tendancier et volontariste) à partir des données d'AXCELEO, jugées plus complètes.

Par contre, les comparaisons de la CARENE avec les autres territoires ainsi que les évolutions des consommations d'énergie par secteur entre 2008 et 2014 sont basées sur les informations transmises par Air Pays de la Loire, BASEMIS couvrant l'ensemble des Pays de la Loire et permettant de ce fait les comparaisons entre territoires ligériens.

### Pour le suivi et l'évaluation du PCAET

Des écarts de répartition entre secteurs ont été relevés entre les résultats des deux outils. Cependant, les consommations globales, de l'ordre de 3.1 GWh, sont équivalentes.

Il n'est pas prévu de mise à jour régulière de l'outil ACELEO. C'est pourquoi le suivi et l'évaluation des programmes d'actions du PCAET seront assurés via l'outil BASEMIS (et son évolution dans le cadre de la création de l'Observatoire Ligérien de la Transition Énergétique et Ecologique).

A noter que la précision et la fiabilité des données énergétiques territoriales pour la planification et l'action climat-énergie vont s'améliorer du fait de l'évolution réglementaire récente. Après les premières

avancées permises par la loi Grenelle 2 en 2010, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) d'août 2015, par son article 179, facilite l'accès aux données provenant des systèmes de comptage des gestionnaires de réseaux de distribution et de transport d'énergies et des opérateurs mettant des produits pétroliers à la consommation (compagnies pétrolières, grandes et moyennes surfaces, etc.). Ces données concernent la production, le transport, la distribution et la consommation d'énergies (électricité, gaz naturel et biométhane, produits pétroliers, froid et chaleur).

Les évolutions et les bénéfices pour les collectivités – et donc les observatoires régionaux de l'énergie missionnés par ces collectivités :

- > davantage de données énergétiques mises à disposition.
- > des données disponibles à une échelle géographique plus fine, parfois jusqu'au niveau infracommunal.
- > des formats de données homogènes.
- > des données accessibles gratuitement.
- > un accès facilité à certaines données sans nécessité de conventions avec les gestionnaires de réseaux.

L'ensemble de ces évolutions, prévue entre 2016 et 2021, permettra d'améliorer la planification stratégique climat-air-énergie, et notamment le suivi-évaluation du PCAET.

## Annexe 4 : Cartographies du risque d'inondation par crue de cours d'eau et remontées de nappe

### Sources des données et méthodologie

INONDATION PAR CRUE DE COURS D'EAU ET REMONTÉES DE NAPPES					
LES DONNÉES					
Données mobilisées	Description	Source	Année de création	Echelle de validité	Limites pour l'exercice
Litto3D	Modèle Numérique altimétrique de référence couvrant l'interface terre-mer de la France, via un semi de points	IGN – SHOM	2016	-	Exploité avec un pas de 20 mètres entre chaque point Précision X et Y de 60 cm et Z de 20 cm
AZI Brière : Crue centennale	Document cartographique de connaissance sur les zones inondables par débordement de cours d'eau en Brière.	DDTM 44	2004	1/25 000	Relativement imprécis Ne prend pas en compte les effets du changement climatique
AZI Estuaire de la Loire : Lit majeur et majeur exceptionnel	Document cartographique de connaissance sur les différents lits (mineur, moyen, majeur et majeur exceptionnel) et remblais de l'estuaire de la Loire	DDTM 44	2014	1/25 000	Ne s'appuie pas sur des côtes altimétriques mais sur les obstacles topographiques (talus, ruptures de pente, remblais, routes, etc.) Ne prend pas en compte les effets du changement climatique
TRI Saint-Nazaire et Presqu'île Guérandaise	Document cartographique identifiant les Territoires à Risques Important d'inondation (NB : par submersion marine) sur Saint-Nazaire et la Presqu'île Guérandaise	DREAL PDL	2015	1/25 000	Ne concerne que Pornichet et Saint-Nazaire sur la CARENE, dans son périmètre d'étude Identifie les zones inondables par submersion marine selon 4 événements : fréquent, moyen, moyen avec changement climatique, exceptionnel)
PPRL Presqu'île Guérandaise Saint-Nazaire	Plan de Prévention des risques littoraux (submersion marine et érosion) visant à réduire la vulnérabilité des enjeux humains et matériels via des prescriptions d'aménagement suivant le degré d'exposition aux risques	DDTM 44	2016	1/5 000	Ne concerne que Pornichet et Saint-Nazaire sur la CARENE, dans son périmètre d'étude Prend en compte la hausse du niveau marin pour estimer une submersion marine équivalente à Xynthia +20cm et Xynthia + 60 cm
Atlas des remontées de nappes	Document cartographique identifiant la sensibilité des nappes (aquifères fracturés) contenues dans les roches dures du socle selon l'épaisseur de la zone insaturée en eau et selon l'amplitude de battement annuel de la nappe	BRGM	2006	1/100 000	Données difficilement appréciables à l'échelle du territoire de l'agglomération
Données territoriales sur les enjeux en présence		Bâti et axes routiers de la BD Topo – IGN Plan cadastral informatisé (parcelles, constructions en dur et légères)			

### MÉTHODOLOGIE

L'ensemble des données traitant des aléas d'inondation par crue de cours d'eau et submersion marine ont été agrégées afin d'obtenir une enveloppe maximale théorique des secteurs inondables sur le territoire. L'enveloppe constituée a ensuite été croisée avec les données altimétriques du Litto3D afin de qualifier le degré d'exposition des enjeux présents au sein de cette enveloppe (surfaces bâties, axes routiers) selon trois classes d'altitude proposées par le CEREMA : < à 3,5m IGN69 (risque fort) ; > à 3,5 et < à 4,5m IGN 69 (risque modéré) ; > à 4,5m IGN69 (risque faible)

Les cartes traitant de la susceptibilité aux remontées de nappes, n'ont fait l'objet d'aucun traitement altérant leurs données brutes, uniquement des superpositions avec les enjeux en présence.

## Annexe 5 : Cartographies du risque de submersion marine – Sources des données et méthodologique

SUBMERSION MARINE					
LES DONNÉES					
Données mobilisées	Description	Source	Année de création	Echelle de validité	Limites pour l'exercice
Litto3D	Modèle Numérique altimétrique de référence couvrant l'interface terre-mer de la France, via un semi de points	IGN – SHOM	2016	-	Exploité avec un pas de 20 mètres entre chaque point Précision X, Y de 60 cm et Z de 20 cm
Référentiel topographique de la Zone-Industrialo-Portuaire	Interprétation photogrammétrique d'une photographie aérienne couvrant la ZIP. Permettant pour chaque éléments numérisés (bâtiments, routes, quais, remblais, talus, friches, etc.) d'obtenir l'altimétrie de leur géométrie	GPMNSN	2012	-	Précision X-Y de 15 cm et Z de 25 cm
Secteurs submergés lors de Xynthia	Photo-interprétation d'images satellite et aérienne prises après le passage de la tempête Xynthia, croisée avec des constations terrain, identifiant les secteurs submergés sur le littoral des Pays de la Loire	DREAL PDL	2011	variable	Ne différencie pas les terrains inondés par submersion marine de ceux inondés au titre des importantes précipitations connues durant l'hiver 2009-2010
TRI Saint-Nazaire et Presqu'île Guérandaise	Document cartographique identifiant les Territoires à Risques Important d'inondation (NB : par submersion marine) sur Saint-Nazaire et la Presqu'île Guérandaise	DREAL PDL	2015	1/25 000	Ne concerne que Pornichet et Saint-Nazaire sur la CARENE, dans son périmètre d'étude. Identifie les zones inondables par submersion marine selon 4 événements : fréquent, moyen, moyen avec changement climatique, exceptionnel)
Emprise de submersions théoriques type Xynthia (+20 et +60cm) - PPRL Presqu'île Guérandaise Saint-Nazaire	Plan de Prévention des Risques Littoraux (submersion marine et érosion) visant à réduire la vulnérabilité des enjeux humains et matériels via des prescriptions d'aménagement (chapitres I à IV de son règlement) suivant le degré d'exposition à ces risques, renforcés par le changement climatique et la hausse du niveau marin	DDTM 44	2016	1/5 000	Ne concerne que Pornichet et Saint-Nazaire sur la CARENE, dans son périmètre d'étude Prend en compte la hausse du niveau marin pour estimer une submersion marine équivalente à Xynthia +20cm et Xynthia + 60 cm
Données territoriales sur les enjeux en présence		Plan cadastral informatisé (constructions en dur et légères) Etablissements Recevant du Public (ERP) - SDIS44 Axes routiers de la BD Topo – IGN Sites industriels classés ICPE et SEVESO			

### MÉTHODOLOGIE

Le PPRL de la Presqu'île Guérandaise et Saint-Nazaire identifie à l'horizon 2100 les secteurs des communes de Pornichet et Saint-Nazaire (sur la CARENE) pour lesquels le risque de submersion marine se verra renforcé selon deux scénarii d'élévation du niveau de la mer (+20 et +60cm). Le travail a ici consisté à compléter cette identification de secteurs potentiellement concernés, sur les communes estuariennes, pour lesquelles les conditions marines sont les principales influences des hauteurs d'eau ou pouvant connaître des épisodes de submersion par défaillance d'ouvrages hydrauliques : Donges, Montoir-de-Bretagne et Trignac.

Pour se faire, le Grand Port Maritime de Nantes – Saint-Nazaire a mis à disposition son référentiel topographique, décrivant pour chaque équipement et infrastructure de la Zone Industriale-Portuaire (des bassins de Saint-Nazaire à Donges-Est) leurs informations altimétriques, selon une interprétation photogrammétrique d'une photographie aérienne datée de 2012.

Une extraction du Litto 3D a servi à compléter l'information sur la commune de Trignac, aux abords du Brivet.

Les informations sur les secteurs submergés lors du passage de Xynthia en 2010, collectées par la DREAL des Pays de la Loire, ont, elles, complété l'information pour les secteurs de marais de l'estuaire de la Loire, sur l'est de Donges.

Ces données ont permis d'identifier les secteurs dont l'altimétrie est inférieure aux côtes de submersion marine identifiées par le PPRL. A savoir, pour le scénario Xynthia +20 cm : 4,36 m IGN69 ; et pour le scénario Xynthia +60 cm : 4,76m IGN 69 ; la tempête Xynthia ayant concouru à une élévation du plan d'eau portée à Saint-Nazaire à 4,16 m IGN69 en 2010 (plus haut niveau enregistré par le marégraphe de Saint-Nazaire).

### LIMITES DE L'EXERCICE

Cette méthode n'inclue pas d'éléments dynamiques de propagation et d'écoulement des eaux sur les secteurs submergés, quand le PPRL a pu, lui, définir des vitesses théoriques de submersion. Les zones identifiées le sont avant tout en fonction de leur altitude, et de leur caractère contigu avec un espace en eau permanente : la Loire, le Brivet et le canal du Priory. Si une distance supérieure à 20 mètres sépare les zones basses d'un secteur submersible, elles en sont exclues. Cette méthode, s'appuyant fortement sur les données du GPMNSN, permet de prendre en compte les obstacles topographiques à l'écoulement (remblais, buttes, routes, etc.) Néanmoins, certains espaces identifiées comme inondables peuvent jouir d'un éloignement suffisant vis-à-vis d'une entrée d'eau, pour que l'onde de propagation ne puisse les atteindre.

Les secteurs potentiellement submersibles ne sont pas différenciés selon des hauteurs d'eau d'inondation. Celles-ci peuvent varier de quelques centimètres à plus d'un mètre. Il apparaît ambitieux, au regard du nombre d'entrées d'eau possibles, d'établir avec certitudes les hauteurs d'eau potentielles sur les secteurs submersibles.

Pour finir, La cartographie de l'aléa de submersion par l'approche des zones basses simplifie fortement le phénomène. Elle ne tient pas compte des effets des aménagements côtiers ou barrages sur la houle, qui peuvent provoquer des franchissements par paquets de mer ou des ruptures d'ouvrage entraînant des hauteurs d'eau bien supérieures aux côtes de référence.

## Annexe 6 : Cartographies du risque d'érosion littorale – Sources des données et méthodologique

ÉROSION LITTORALE					
LES DONNÉES					
Données mobilisées	Description	Source	Année de création/révision	Echelle de validité	Limites pour l'exercice
Zonage ERC du PPRL	Bande de terrain exposées à un risque fort d'érosion et susceptible de disparaître à l'horizon d'un siècle, identifiée par le Plan de Prévention des Risques Littoraux	DDTM 44	2016	1/5 000	Ne propose qu'un unique scénario d'évolution du trait de côte. Ne représente que les espaces concernés par un risque identifié comme « fort ». Ne concerne que Pornichet et Saint-Nazaire, sur la CARENE, dans son périmètre d'étude.
Sentier littoral français	Levée à grande échelle par photo-interprétation des tronçons linéaires du sentier littoral (depuis Ortho-littorale V2 et BD ORTHO)	Ministère de la Transition écologique et solidaire	2017	1/5 000	Quelques largesses de numérisation sur l'espace littoral de la CARENE
Nature du trait de côte	Géomorphologie du trait de côte selon la nomenclature EUROVISION	Ministère de la Transition écologique et solidaire	2015	1/100 000	Précision limitée, mais représentée à titre seulement indicatif sur les cartographies.
Données territoriales sur les enjeux en présence		Plan cadastral informatisé (parcelles, constructions en dur et légères) Etablissements Recevant du Public (ERP) - SDIS44 Axes routiers de la BD Topo - IGN			

## MÉTHODOLOGIE

Le zonage ERC du PPRL a fait l'objet d'une superposition et d'intersections avec les enjeux que représentent le sentier littoral, les constructions et les ERP situés à proximité du trait de côte. Ces intersections ont permis de quantifier le linéaire du sentier ainsi que le nombre de constructions concernés par ce risque.

### Annexe 7 : Cartographies du risque de retrait-gonflement des argiles – Sources des données et méthodologique

RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES					
LES DONNÉES					
Données mobilisées	Description	Source	Année de création/révision	Echelle de validité	Limites pour l'exercice
Etude sur la susceptibilité au RGA	Données intermédiaires à la réalisation par le BRGM des cartes d'aléa sur le retrait-gonflement des argiles. Ces données ne caractérisent la susceptibilité à ce phénomène que par les caractéristiques lithologiques des formations argileuses présentes dans les sols, de la composition minéralogique de leur phase argileuse et de leurs comportements géotechniques. Les éléments liés à l'urbanisation quantifiée en 2008 par le BRGM ont volontairement été retiré, car datés et ne pouvant faire l'objet d'une mise à jour sans un travail supplémentaire conséquent.	BRGM	2008	1/50 000	Précision limitée : données produites d'après la carte lithologiques des sols, valide au 1/50 000
Données territoriales sur les enjeux en présence	Plan cadastral informatisé (parcelles, constructions en dur et légères) Axes routiers et ferroviaires de la BD Topo – IGN Conduites des réseaux d'adduction en eau potable, de collecte des eaux usées et pluviales – CARENE Conduites du réseau de distribution de gaz - GRDF				
MÉTHODOLOGIE					
Les données caractérisant la susceptibilité des sols à engendrer le phénomène de RGA ont fait l'objet d'une superposition et d'intersection avec les données sur les enjeux en présence sur le territoire : constructions, réseaux de transports, d'énergie et d'eau, afin de localiser et quantifier l'exposition potentielle de ces enjeux à l'aléa.					

**Annexe 8 : Dépliant informatif sur le phénomène de retrait-gonflement des argiles, DDTM44 – BRGM**



**Quelques chiffres :**

En France métropolitaine, les phénomènes de retrait gonflement des argiles, mis en évidence à l'occasion de la sécheresse exceptionnelle de l'été 1976, ont pris une réelle ampleur lors des périodes sèches des années 1989-91 et 1996-97, puis récemment au cours des étés 2003 et 2005.

La Loire-Atlantique fait partie des départements français touchés par ce phénomène, puisque 344 sinistres imputés à la sécheresse y ont été recensés dans le cadre de la présente étude. À la date du 30 octobre 2008, 36 communes sur les 221 que compte le département ont été reconnues au moins une fois en état de catastrophe naturelle pour ce phénomène, pour des périodes comprises entre mai 1989 et septembre 2005, soit un taux de sinistralité de 16 %. D'après les données de la Caisse Centrale de Réassurance actualisées en septembre 2008, la Loire-Atlantique est située en 59<sup>ème</sup> position des départements français en terme de coût d'indemnisation pour ce phénomène avec un montant cumulé évalué à 2,5 millions d'euros en coûts actualisés.

**Site internet dédié :**  
**www.argiles.fr**



**www.argiles.fr**

**La carte des aléas :**  
Carte jusqu'à 1/50 000<sup>ème</sup>



**Pour en savoir plus :**

Il est recommandé de :

- demander conseil à son architecte ou maître d'oeuvre,
- se renseigner auprès de la DDTM, de la Préfecture ou du BRGM.

**Autres liens utiles :**

- [www.prim.net](http://www.prim.net)
- [www.loire-atlantique.pref.gouv.fr](http://www.loire-atlantique.pref.gouv.fr)
- [www.loire-atlantique.equipement-agriculture.gouv.fr](http://www.loire-atlantique.equipement-agriculture.gouv.fr)
- [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction Départementale  
des Territoires et de la Mer  
de la Loire-Atlantique**

Service Eau, Environnement, Risque / Prévention des risques  
10 boulevard Gaston Serpette - BP 53606  
44036 Nantes Cedex 1  
Email : [ddeas-44@equipement-agriculture.gouv.fr](mailto:ddeas-44@equipement-agriculture.gouv.fr)



**Retrait-Gonflement  
des Argiles**

**Sols argileux**

**Pour  
Construire  
sans  
fissures !**



## Comprendre le phénomène

Le phénomène de retrait-gonflement concerne exclusivement les sols à dominante argileuse. Certaines argiles dites "gonflantes" changent de volume selon la teneur en eau du sol : retrait lors d'une sécheresse, gonflement en période humide.

Sous une construction, le sol est protégé de l'évaporation et sa teneur en eau varie peu à la différence du terrain qui l'entoure. Ces variations, importantes à l'aplomb des façades, vont donc provoquer des mouvements différentiels du sol notamment à proximité des murs porteurs et aux angles du bâtiment.

### Les facteurs déclenchants

Les deux facteurs déclenchants sont le climat et l'homme :

- le climat, parce que le retrait-gonflement est directement lié à la variation de la teneur en eau, donc aux précipitations ou aux sécheresses,
- l'homme, s'il a effectué des travaux d'aménagement qui modifient les écoulements d'eau superficiels et souterrains.



### Les désordres aux constructions

Les désordres touchent principalement les constructions légères de plain-pied et celles aux fondations peu profondes ou non homogènes. Ils se manifestent généralement de la façon suivante :

- fissuration des structures,
- désencastrement des éléments de charpente,
- distorsion des portes et fenêtres,
- décolllement des bâtiments annexes,
- dislocation des dallages et des cloisons,
- rupture des canalisations.

Retrait-Gonflement des Argiles

## Construire sur sol sensible

### Identifier la nature du sol

Dans les zones identifiées sur la carte d'aléa comme sensibles au phénomène de retrait-gonflement, il est vivement conseillé de faire procéder, par un bureau d'étude spécialisé, à une reconnaissance de sol avant construction. Ceci afin de vérifier si, au droit de la parcelle, le sol contient effectivement des matériaux sujets au retrait-gonflement et de déterminer quelles sont les mesures particulières à observer pour réaliser le projet en toute sécurité.

### Adapter les fondations, rigidifier la structure et désolidariser les bâtiments accolés

- Respecter la profondeur minimale de fondation : 1,20 m en aléa fort, 0,80 m en aléa moyen à faible.
- Prévoir des fondations continues, armées et bétonnées à pleine fouille.
- Éviter toute dissymétrie dans l'ancrage des fondations (ancrage homogène même pour les terrains en pente, éviter les sous-sols partiels).
- Préférer les sous-sols complets ou planchers sur vide sanitaire aux dallages sur terre-plein.
- Prévoir des chaînages horizontaux (hauts et bas) et verticaux (poteaux d'angle) pour les murs porteurs.
- Prévoir des joints de rupture sur toute la hauteur entre bâtiments accolés (garages, annexes...).
- Prévoir une isolation thermique en cas de chaudière au sous-sol.

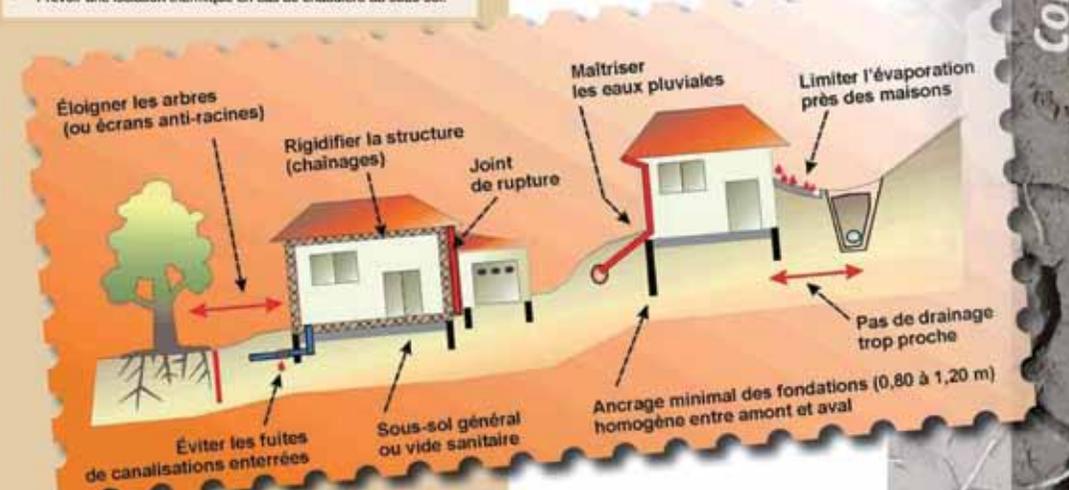
## Aménager ou rénover sur sol sensible

### Éloigner les plantations d'arbres

Ne pas planter d'arbre à une distance de la construction inférieure à la hauteur de l'arbre adulte, ou mettre en place des écrans anti-racines de 2,00 m de profondeur au minimum.

### Éviter les variations localisées d'humidité

- Éviter les drains à moins de 2,00 m de la construction, ainsi que les pompages à usage domestique à moins de 10,00 m.
- Éloigner les eaux de ruissellement des bâtiments (caniveau) et privilégier le rejet des eaux pluviales et usées dans le réseau lorsque c'est possible.
- Assurer l'étanchéité des canalisations enterrées (joints souples au niveau des raccords).
- Réaliser un trottoir anti-évaporation d'une largeur minimale de 1,50 m sur le pourtour de la construction (terrasse ou géomembrane).
- Prendre toutes les précautions nécessaires en cas d'action sur le bâtiment, telle que changement de destination, extension, ajout d'annexe, restauration lourde susceptible d'entraîner une intervention sur les structures porteuses.



Conseils et Recommandations