



---

Mastère Spécialisé Santé Environnement : enjeux  
pour le territoire et l'entreprise

Promotion : **2012-2013**

Date du Jury : **novembre 2013**

---

## **Changement climatique : des impacts aux mesures d'adaptation**

**Quel état des connaissances scientifiques et quels effets sur  
l'environnement et la santé à l'échelle du Nord-Pas-de-Calais ?**

---

Audrey LAVIGNE

Lieu du stage: Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais

Référents professionnels : Claire BUGNER et Marion VEYRIERES

Référent pédagogique : Irène ARDITI

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Jashaa Oosterbaan, qui m'a transmis l'offre de stage du Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais.

Je remercie également Irène Arditi, pour ses conseils et son accompagnement, durant cette mission professionnelle, ainsi que Marion Veyrières et Claire Bugner, pour leur accueil, leur sympathie et leur implication dans le projet.

Bertrand et Christian, mes chefs de service, qui m'ont accueillie et accompagnée durant cette mission;

Florent et Hugo, mes voisins de bureau ; je remercie Florent également pour sa visite pédagogique de Lille avec son regard d'écologue ;

Brigitte et Marion, mes voisines de bureau dans un second temps ;

Christine, Murielle et Cécile, pour leur accueil et leurs conseils ;

Je remercie également toutes les personnes que j'ai rencontrées durant ce stage, pour nos discussions, nos repas... : Jenny, Catherine, François, Laurent, Muriel, Jean-Paul, Caroline, Evelyne, Clothilde...

# SOMMAIRE

Remerciements.....	
Sommaire .....	
Liste des sigles utilisés .....	
Introduction.....	1
1 Contexte.....	3
1.1 Changements climatiques et adaptation: de la définition mondiale aux actions locales .....	3
1.1.1 Changements climatiques globaux.....	3
1.1.2 L'adaptation : contextes historique et règlementaire.....	3
1.2 Le territoire Nord-Pas-de-Calais .....	5
1.2.1 Quelques données sur la région.....	5
1.2.2 Nord-Pas de Calais : un territoire vulnérable ? .....	6
1.3 Les actions régionales.....	8
1.3.1 Politiques environnementales et politiques de recherche .....	8
1.3.2 La démarche CERCLE.....	9
1.3.3 Mission professionnelle .....	11
2 Les impacts du changement climatique en région .....	13
2.1 Cadre méthodologique .....	13
2.1.1 Recherches bibliographiques .....	13
2.1.2 Identification de thématiques de travail .....	14
2.1.3 Travail de réseau .....	15
2.2 Evolution du climat : de l'échelle globale à l'échelle locale .....	16
2.2.1 Echelle globale.....	17
2.2.2 Changement climatique aux échelles nationale et régionale .....	21
2.2.3 Interactions qualité de l'air et climat .....	24
2.3 Impacts et pistes d'adaptation .....	27
2.3.1 Thématique « Biodiversité » .....	27

2.3.2	Thématique « Eaux continentales » .....	30
2.3.3	Thématique « Mer/Littoral » .....	34
2.3.4	Thématique « Impacts sociaux et politiques » : gestion risques côtiers... 39	
2.3.5	Thématiques à approfondir .....	41
3	Perspectives pour la démarche CERCLE .....	45
3.1	Avenir de la démarche CERCLE.....	45
3.1.1	Conférence CERCLE.....	45
3.1.2	Financement de la recherche .....	48
3.1.3	Pérennisation de la démarche .....	50
3.2	Thématique à approfondir : exemple des impacts sur la santé.....	51
3.2.1	Echelle globale .....	51
3.2.2	Echelle nationale et régionale.....	52
3.2.3	Conclusions sur les impacts du changement climatique sur la santé.....	57
	Conclusion .....	59
	Bibliographie .....	61
	Liste des annexes .....	I
	Annexe I. Glossaire .....	I
	Annexe II. Les grandes lignes du Plan National d'Adaptation au Changement Climatique .....	IV
	Annexe III. Les mesures d'adaptation prévues dans le SRCAE Nord-Pas-de-Calais .....	VI
	Annexe IV. Le GIEC, comment ça marche ?.....	VII

## LISTE DES SIGLES UTILISES

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

CCNUCC : Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques  
(*UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change*)

CERCLE : Collectif d'Expertise Régional sur le Climat et son Evolution ; démarche du Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais

CO2 : Dioxyde de carbone

FEDER : Fonds européen de développement régional

GES : Gaz à effet de serre

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (*IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change*)

IPSL : Institut Pierre Simon Laplace

OMM : Organisation météorologique mondiale (*WMO : World Meteorological Organization*)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé (*WHO : World Health Organization*)

ONERC : Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique

PCET : Plan Climat Energie Territoire

PLU : Plan Local d'Urbanisme

PNACC : Plan National d'Adaptation au Changement Climatique

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement (*UNEP : United Nations Environment Programme*)

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SRADDT : Schéma Régional d'Aménagement et de Développement Durable du Territoire

SRCAE : Schéma Régional Climat Air Energie

## INTRODUCTION

Le rapport du GIEC de 2007 a reçu le Prix Nobel de la Paix en compagnie de l'ancien vice-président américain Al Gore. Le GIEC, avec son Cinquième Rapport d'Evaluation qui sera publié en quatre temps jusqu'en octobre 2014 (les premiers éléments ont été publiés le 27 septembre 2013), va livrer l'état des lieux le plus complet et le plus actualisé sur l'ampleur et les impacts attendus du dérèglement climatique.

Les impacts du changement climatique se traduisent dans de nombreux domaines: climat, écosystèmes, énergie, alimentation, santé.... La réduction des risques liés au changement climatique passe par deux champs d'action complémentaires : d'une part son atténuation (ce qui implique des efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre GES) et d'autre part l'adaptation au changement climatique.

La Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), adoptée par le Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992 reconnaît l'existence du changement climatique d'origine humaine. Devant l'ampleur du phénomène, le Protocole de Kyoto conclu en 1997 et entré en vigueur en 2005 constitue une étape essentielle de la mise en œuvre de la Convention. Les objectifs fixés sont de contenir la hausse des températures à moins de 2°C par rapport à l'ère préindustrielle. Pour atteindre cet objectif, les émissions mondiales doivent être réduites de moitié d'ici 2050, par rapport à celles de 1990. L'Union européenne a joué un rôle prépondérant dans la négociation et la mise en œuvre de la CCNUCC et son protocole de Kyoto, qu'elle a ratifié le 31 mai 2002. La lutte contre le changement climatique est une de priorités de la France : elle s'est dotée de l'objectif d'une division par quatre de ses émissions de GES à l'horizon 2050.

Malgré les mesures d'atténuation, le changement climatique a et aura des conséquences sur l'ensemble des territoires de la planète. Quels en sont les effets ? Tous les impacts sont-ils uniformes à l'échelle du globe ? Quelle est la meilleure échelle pour identifier les impacts et réfléchir à des mesures d'adaptation ?

La région Nord-Pas-de-Calais s'est lancée dans une démarche de régionalisation des impacts du changement climatique. Quel est l'état des connaissances scientifiques et quels sont les effets sur l'environnement et la santé à l'échelle de ce territoire ? Ce rapport tentera de répondre à cette question.

La première partie présentera le contexte et les objectifs de la présente étude. Nous verrons comment le concept d'adaptation s'articule à différentes échelles, les particularités du territoire Nord-Pas-de-Calais ainsi que les actions politiques régionales, dont la démarche de régionalisation des impacts du changement climatique.

La deuxième partie sera spécifiquement consacrée à la déclinaison régionale des impacts du dérèglement climatique. Elle abordera le cadre méthodologique de l'étude, ainsi que les premiers résultats sur les évolutions du climat, ses impacts et les pistes d'adaptation, d'une échelle globale à une échelle régionale.

La troisième partie apportera un éclairage sur les perspectives à donner au projet de régionalisation des impacts. Elle donnera des ouvertures sur la valorisation et pérennisation de la démarche, ainsi que sur les impacts du changement climatique sur la santé, une thématique à approfondir dans le cadre de cette démarche.

# 1 CONTEXTE

Afin de bien comprendre l'objet de cette étude et la démarche de régionalisation des impacts du changement climatique, il est nécessaire de connaître le contexte dans lequel elle se situe. Dans un premier temps, la notion d'adaptation au changement climatique sera présentée, puis le territoire Nord-Pas-de-Calais et ses vulnérabilités. Enfin, les actions régionales visant à réduire les pressions s'exerçant sur ce territoire, et la démarche de régionalisation des impacts du changement climatique seront abordées.

## 1.1 CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ADAPTATION: DE LA DEFINITION MONDIALE AUX ACTIONS LOCALES

### 1.1.1 CHANGEMENTS CLIMATIQUES GLOBAUX

Le changement climatique est une modification durable du climat, qui peut être dû à des paramètres intrinsèques de la Terre et à des influences extérieures telles que les activités humaines. Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), créé en 1988, a alerté sur l'ampleur du phénomène du changement climatique, confirmé son origine anthropique, et évalué les conséquences de ces changements. Les experts sont formels : « le réchauffement du système climatique est sans équivoque » (GIEC, 2007 et 2013). La Terre se réchauffe globalement, au-delà des variabilités interannuelles du climat.

L'origine de ces changements, sont l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES), d'origine anthropique.

La traduction politique de la lutte contre le changement climatique est l'atténuation, qui vise à prendre des mesures pour réduire les émissions de GES, et qui nécessite une coopération internationale. Une autre mesure politique, relativement émergente, est le concept de l'adaptation.

### 1.1.2 L'ADAPTATION : CONTEXTES HISTORIQUE ET REGLEMENTAIRE

A l'échelle globale, les experts du GIEC ont donné une définition de l'adaptation, dans leur troisième rapport d'évaluation, en 2001 : « L'adaptation est l'ajustement de systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques réels ou attendus ou de leurs effets, qui en diminue les dommages ou tire parti de leurs aspects positifs ». Un autre terme y est fortement associé : la vulnérabilité, dont le GIEC donne également la définition : « la vulnérabilité est le degré de capacité d'un système de faire face ou non

aux effets néfastes du changement climatique (y compris la variabilité climatique et les extrêmes). La vulnérabilité dépend 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 ».

A l'échelle européenne, les réflexions sur l'adaptation ont débuté dès 2005, et la Commission européenne a publié un Livre Vert sur l'adaptation au changement climatique en 2007 (CCE, 2007). Cette publication a permis de lancer une consultation sur l'orientation future de la politique européenne sur le sujet, qui a abouti à la publication, en 2009, du Livre Blanc « Adaptation au changement climatique : vers un cadre d'action européen » (CCE, 2009), qui vise à réduire la vulnérabilité de l'Union Européenne. En juin 2013, la Commission européenne publie sa stratégie d'adaptation (CE, 2013), en suivant les orientations du Livre Blanc.

En France, l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC) a été créé en 2001: il a pour rôle de collecter et diffuser les informations sur les impacts du changement climatique, et de formuler des recommandations pour des mesures d'adaptation. En 2006, l'ONERC a publié une Stratégie nationale d'adaptation face au changement climatique. Il a piloté en 2010 la concertation nationale sur l'adaptation au changement climatique et coordonné la préparation du premier Plan National d'Adaptation (PNACC) de la France (ONERC, 2011), rendu public le 20 juillet 2011 (conformément à la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle Environnement, article 42, dite « Loi Grenelle I »). Les grandes lignes du PNACC sont disponibles Annexe II.

Aux échelles régionales, la loi Grenelle II (loi n° 2010-788, article 68), rend obligatoire l'élaboration d'un Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) dans chaque région, schéma qui doit contenir un volet adaptation et qui devra être renouvelé tous les 5 ans. Les orientations liées à l'adaptation du SRCAE Nord-Pas-de-Calais sont présentés Annexe III.

Aux échelles des territoires (régions, collectivités, départements, communautés urbaines et d'agglomérations, communautés de communes ou communes de plus de 50 000 habitants) doivent adopter un Plan Climat Energie Territoire (PCET), qui remplace désormais les Plan Climat (uniquement sur l'atténuation) mis en place en 2005, et ces PCET devront comporter un volet adaptation (loi n° 2010-788, article 75). Les PCET doivent être compatibles avec le SRCAE. De même, les Schéma de Cohérence

Territoriale (SCoT) et Plan Local d'Urbanisme (PLU) doivent s'inscrire dans les objectifs du PCET.

Le concept historique et réglementaire de l'adaptation est présenté ci dessous (Figure 1).

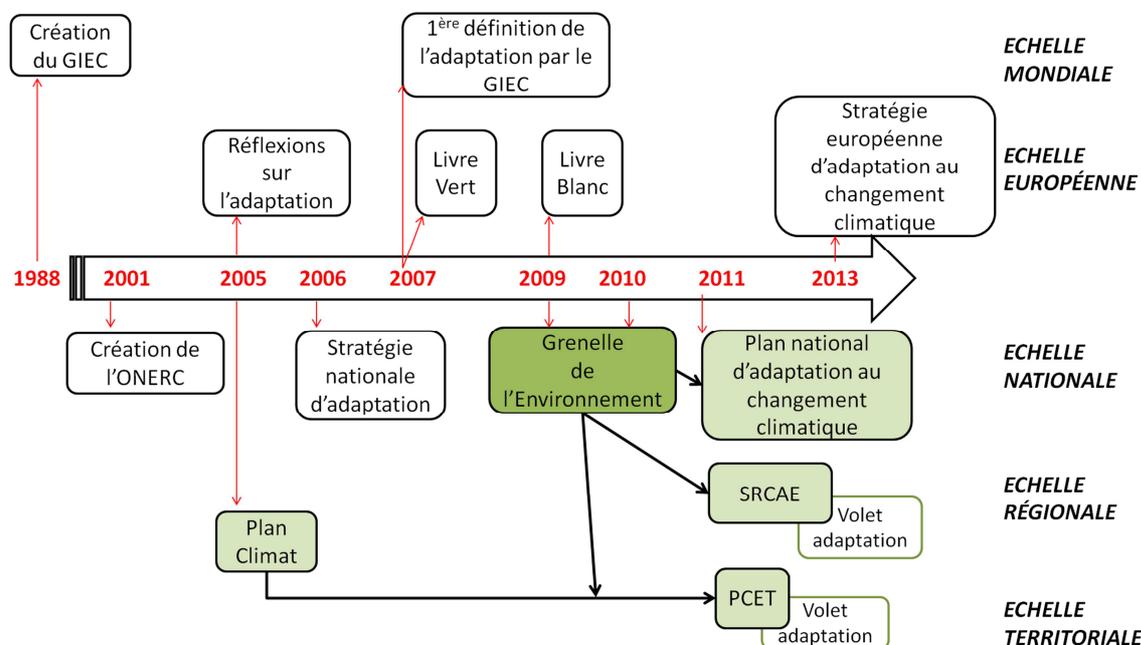


Figure 1: schéma représentant le concept de l'adaptation sur une échelle temporelle et spatiale

Désormais, l'adaptation est inscrite dans les outils de planification d'une échelle européenne, à une échelle territoriale.

## 1.2 LE TERRITOIRE NORD-PAS-DE-CALAIS

### 1.2.1 QUELQUES DONNEES SUR LA REGION

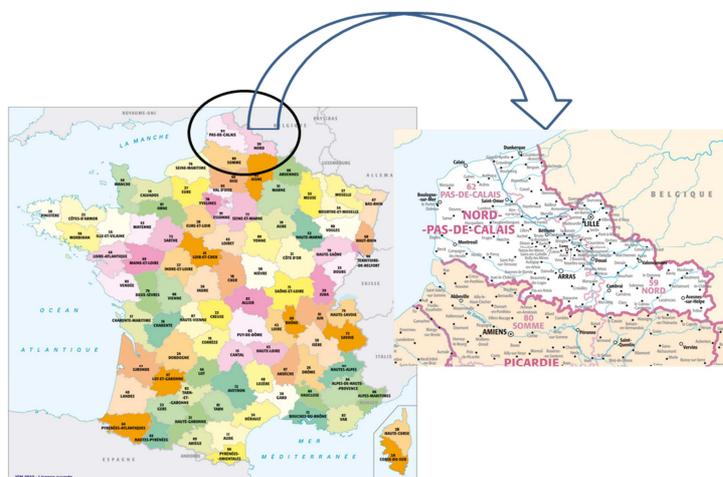


Figure 2: Localisation du Nord-Pas-de-Calais (source :<http://education.ign.fr/ressources/fonds-de-cartes>)

Le Nord-Pas-de-Calais, situé dans le nord de la France (Figure 2), est une région, constituée de deux départements (le Nord et le Pas-de-Calais), transfrontalière avec la Belgique (sur 350 km), et bordée par la Manche et la Mer du Nord (littoral de 140 km). Sa superficie représente 2.35% du

territoire français (soit 12 414 km<sup>2</sup>), et la région abrite près de 4 millions d'habitants, soit 6.4% de la population française. La population vit majoritairement en milieu urbain, avec une densité moyenne de 325 habitants/km<sup>2</sup>, ce qui en fait la 2<sup>ème</sup> région de France la plus densément peuplée, après l'Île-de-France, et représente trois fois la densité moyenne de la France (INSEE, 2011).

Le Nord-Pas-de-Calais a été historiquement une région minière et industrielle : mines de houille et de charbon, industries textiles et sidérurgique... Malgré les fermetures des mines et de certaines industries, la reconversion industrielle (notamment le secteur automobile, fabrication de matériel ferroviaire, fabrication de nouveaux textiles) et l'essor des activités de vente (biens et services) ont permis à la région de rester dynamique. La proximité de l'Europe, et les nombreuses voies de communications (autoroutes, voies ferroviaires, voies de navigation fluviale, ports...) ont fait de la région une plateforme d'échanges avec l'Europe. Les trois ports de Boulogne, Calais, Dunkerque constituent la première plateforme portuaire de France. Pour assurer cette réussite, la région a depuis longtemps misé sur l'innovation : scientifique et technologique, économique et industrielle, culturelle, sociale, environnementale. L'ancien bassin minier a ainsi été classé patrimoine mondial de l'UNESCO (Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture) en 2012.

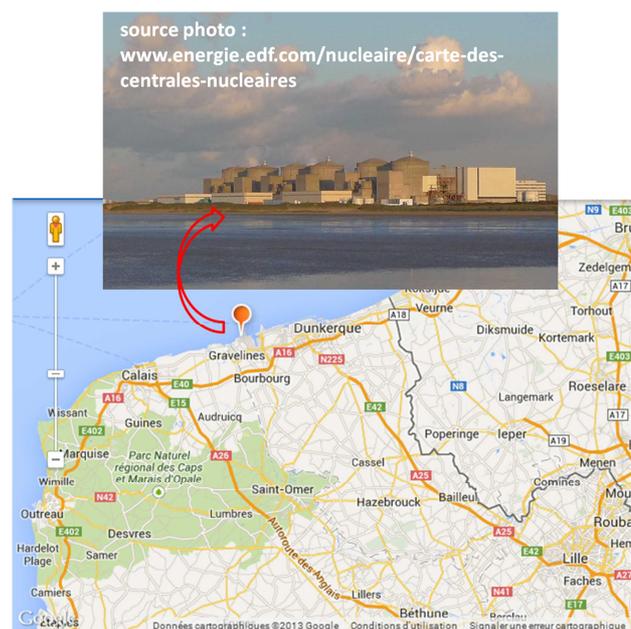
Une forte activité agricole est également présente sur le territoire Nord-Pas-de-Calais et occupe les deux tiers du territoire.

### 1.2.2 NORD-PAS DE CALAIS : UN TERRITOIRE VULNERABLE ?

❖ *VULNERABILITE SOCIO-ECONOMIQUE*

De nombreuses usines sont installées sur le littoral, dont 15 classées SEVESO à proximité du port de Dunkerque. La centrale nucléaire de Gravelines est elle-même sur le littoral (Figure 3).

En Nord-Pas-de-Calais, l'espérance de vie de la population est la plus faible de France, ce qui est dû à multiples facteurs, dont les données environnementales comme la pollution de l'air qui ne figure



pas parmi les meilleures. La région connaît également un fort taux de chômage, supérieur à la moyenne nationale, et les revenus disponibles par habitant figurent parmi les plus faibles de France métropolitaine (INSEE, 2011).

#### ❖ LE TERRITOIRE DES WATERINGUES

Une autre spécificité du Nord-Pas-de-Calais est le territoire des Wateringues (Figure 4), qui s'étend sur la côte de Dunkerque à Calais, et dans les terres jusqu'à Saint-Omer.

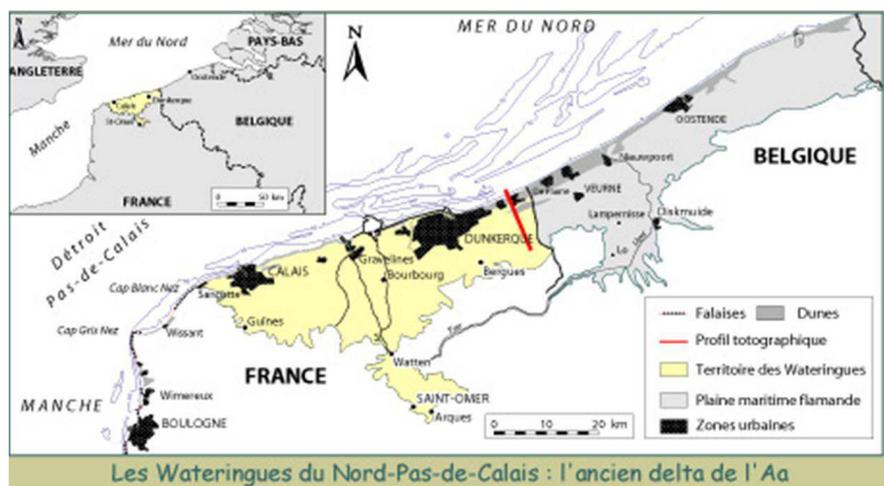


Figure 4: Le territoire des Wateringues

Historiquement, ce territoire se situe dans le delta de l'Aa, qui formait un vaste marécage. Il a été asséché au XII<sup>ème</sup> siècle. L'ensemble de ce territoire est situé en dessous du niveau de la mer, et les zones les plus basses sont dans la région de Saint-Omer. Cette zone peut également être désignée par le terme de « polder ». Suite à de nombreuses inondations, des canaux ont été construits afin d'évacuer l'eau des précipitations à la mer. Le fonctionnement est complexe (avec plus de 1000 km de canaux), et fait appel à l'utilisation de pompes dont la capacité d'évacuation est de 100m<sup>3</sup>/seconde. L'évacuation dépend de l'amplitude des marées. Les Wateringues possèdent une superficie de 85 000 hectares de terres à une altitude inférieure aux plus hautes mers et sont peuplées de près de 450 000 habitants. Ce territoire abrite des zones humides riches en faune et flore, des terrains agricoles, ainsi que des zones urbaines denses et industrialisées.

#### ❖ VULNERABILITE ENVIRONNEMENTALE

Le Nord-Pas-de-Calais présente une situation difficile héritée de son histoire et de ses spécificités géographiques. Certains territoires sont fortement pollués, comme par exemple ceux aux environs de l'ancien site de Metaleurop. Les cours d'eau sont généralement de mauvaise qualité et artificialisés ; les milieux naturels liés à l'eau sont

très perturbés. Les menaces pesant sur les milieux naturels et la biodiversité sont nombreuses et résultent pour beaucoup des activités humaines : fragmentation du territoire, urbanisme et transport, industrie, agriculture intensive, sylviculture, chasse et loisirs, artificialisation et banalisation des milieux sur les continuités écologiques. Par exemple, les nombreuses voies de communications ainsi que la forte urbanisation du territoire ont conduit à son morcellement en 85 000 morceaux (SRADDT, 2012).

La région Nord-Pas-de-Calais est la région la moins boisée de France, avec seulement 9% de sa surface. De plus, les zones boisées sont très morcelées et quasi absentes des zones urbaines et périurbaines.

Hérité de son histoire, le territoire Nord-Pas-de-Calais accumule ainsi les pressions sur les milieux naturels et des vulnérabilités environnementales et socio-économiques. L'adaptation au changement climatique en devient alors un enjeu encore plus fort, mais également plus difficile à mettre en œuvre. Pour ces raisons les politiques régionales environnementales et politiques de recherche sont très actives en Nord-Pas-de-Calais.

## 1.3 LES ACTIONS REGIONALES

### 1.3.1 POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES ET POLITIQUES DE RECHERCHE

La politique environnementale de la région Nord-Pas-de-Calais est très ancienne et très volontariste. Elle porte aujourd'hui deux priorités :

- ✓ la biodiversité : restauration des milieux, dont les milieux aquatiques, augmentation des surfaces boisées (plan forêt), politiques de trame verte et bleue (schéma de cohérence écologique, plan forêt)... Le Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais a une politique ambitieuse de soutien à la recherche et développement sur la biodiversité ;
- ✓ le climat : il y a aujourd'hui dix ans d'actions climat, visant à réduire les émissions de GES. Les actions portent sur la rénovation thermique des bâtiments, la mobilité, la transition énergétique...Le plan 100 000 logements, dont les objectifs sont d'engager la réhabilitation énergétique et environnementale de 100 000 logements d'ici 2015, en est un exemple.

La région s'est également engagée dans la Troisième Révolution Industrielle (mission Rifkin), qui lui permettra de s'engager dans une transition énergétique, industrielle et environnementale.

En Nord-Pas-de-Calais, le Conseil Régional soutient le développement de la recherche. Fin 2012, un Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (SRESR) a été élaboré. Il réaffirme que l'enseignement supérieur et la recherche sont des facteurs déterminants pour la transformation économique, sociale, culturelle et environnementale du Nord-Pas-de-Calais. La finalité de la recherche et de l'enseignement supérieur est de faire progresser la connaissance et l'approfondissement des savoirs, au bénéfice des citoyens et de la société toute entière. Combinés à une réflexion approfondie sur l'impact des découvertes et sur leurs conséquences (sociales, économiques, environnementales...), ce sont de formidables moteurs de compréhension du monde et de progrès.

La région Nord-Pas-de-Calais s'est donc engagée dans des actions de préservation de l'environnement et de développement de la recherche afin de réduire les pressions environnementales et d'engager son territoire dans l'innovation et le progrès. Associées, les politiques recherche et environnement sont mobilisées sur une démarche de régionalisation des impacts du changement climatique.

---

### 1.3.2 LA DEMARCHE CERCLE

Les politiques publiques sont en générales très actives dans le domaine de l'atténuation du changement climatique, mais peu d'entre elles ont pour sujet l'adaptation. Il est admis que les bouleversements liés aux changements climatiques ont et auront des conséquences à l'échelle régionale (au sens du territoire Nord-Pas-de-Calais), voire locale mais ces déclinaisons sont encore mal connues et ne font pas l'objet de consensus. Le contexte réglementaire (cf 1.1.2) demande aux régions et territoires de réfléchir à l'adaptation au changement climatique. Envisager des pistes d'adaptation est un travail difficile lorsqu'il n'existe pas un accès aux connaissances. Dans le SRCAE, la mesure d'adaptation n°1 est d'ailleurs: « améliorer la connaissance des impacts du changement climatique ».

C'est pourquoi, deux élus du Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais ont initié une nouvelle démarche : le CERCLE : Collectif d'Expertise Régionale pour le Climat et son Evolution, qui a pour objectif de :

- ✓ faire un état des connaissances scientifiques (actuelles ou en cours d'acquisition) sur les impacts du changement climatique en région et les nécessaires adaptations ;

- ✓ asseoir sur des bases scientifiques solides, crédibles et partagées le discours et l'action politique régionale ;
- ✓ soutenir l'acquisition de connaissances et des travaux de recherche sur ces questions.

La démarche CERCLE est pilotée par la Direction de l'Environnement, ainsi que la Direction Recherche Enseignement Supérieur Santé et Technologies de l'Information et de la Communication.

Après une première réunion avec quelques chercheurs en comité réduit, en mars 2013, il est apparu judicieux d'envisager des solutions à l'échelle de l'eurorégion<sup>1</sup> : régions Picardie et Nord-Pas-de-Calais pour la France, la Wallonie et la Flandre pour la Belgique, les Pays-Bas, le Sud de l'Angleterre, l'Allemagne, selon les types d'impacts. En effet, certains risques liés au littoral ou à la qualité de l'air ne se limitent pas au périmètre de la maille administrative du Nord-Pas-de-Calais. Cette coopération avec des chercheurs de l'eurorégion peut aussi être l'occasion de comparer des systèmes sociaux et économiques soumis aux mêmes bouleversements climatiques.

Une expérience analogue au CERCLE a été menée en région Aquitaine, où une équipe de 15 chercheurs aquitains, sous la coordination d'Hervé Le Treut, climatologue et membre du GIEC, ont travaillé de manière transdisciplinaire pour déterminer les impacts du changement climatique en Aquitaine, et l'adaptation du milieu et des hommes à l'horizon 2030-2050. Pendant deux ans, ces chercheurs ont mené un état des lieux des connaissances, et ont ainsi pu synthétiser les contributions de plus de 160 chercheurs dans un ouvrage qui a été publié en septembre 2013, « Les impacts du changement climatique en Aquitaine » (Le Treut et al., 2013) Par exemple, il a été mis en évidence que<sup>2</sup> :

- ✓ les températures vont augmenter, et que le climat aquitain sera comparable à celui des villes espagnoles ;
- ✓ les vendanges pourraient être avancées de 40 jours d'ici la fin du siècle ; des conséquences juridiques liées aux terroirs et aux appellations devront être anticipées ;

---

<sup>1</sup> Il s'agit ici d'une eurorégion définie pour le CERCLE, un grand territoire géographique, qui n'a pas de portée administrative ou coopérative

<sup>2</sup> Rencontre avec Hervé Le Treut, le 06/09/2013

- ✓ les activités touristiques seront touchées : il y aura moins de neige en montagne, certains domaines skiables sont ainsi menacés ;
- ✓ de nouvelles espèces marines feront leur apparition, notamment des espèces tropicales (daurade coryphène ou la carangue coubali), tandis que d'autres migreraient vers le nord (maquereau) ;
- ✓ sur le littoral ou les estuaires, 400 bâtiments ou ouvrages sont potentiellement menacés par l'érosion.

---

### 1.3.3 MISSION PROFESSIONNELLE

L'année 2013 est considérée comme une première étape dans la démarche CERCLE.

La mission professionnelle, qui y contribue grandement en permettant de débiter la démarche, comporte 3 objectifs :

- ✓ Recherches bibliographiques et documentaires sur les impacts du changement climatique et des mesures d'adaptation :
  - A l'échelle globale, avec les travaux du GIEC ;
  - Déclinaison régionale ;
- ✓ Identification des ressources (universités, laboratoires, chercheurs) régionales et transfrontalières liées aux travaux sur le changement climatique et l'adaptation :
  - Organisation d'une restitution des connaissances sous forme d'une conférence ;
  - Rencontres avec les chercheurs pour identifier leurs contributions ;
- ✓ Ancrer le projet dans une perspective de moyen terme :
  - Etude des possibilités de financement de la recherche ;
  - Pérennisation de la démarche.

## 2 LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN REGION

Dans un premier temps, le cadre méthodologique suivi pour identifier les ressources régionales et les impacts régionaux du changement climatique sera détaillé. Les résultats des recherches bibliographiques et des entretiens avec des chercheurs régionaux seront ensuite présentés. Ils permettront une déclinaison d'une échelle globale à une échelle régionale des évolutions du climat, de ses impacts et des pistes d'adaptation.

### 2.1 CADRE METHODOLOGIQUE

Peu d'études régionales ont été réalisées sur le sujet des impacts et de l'adaptation au changement climatique, et donc il n'existe pas de méthodologie clairement définie. Le cadre méthodologique, qui a été construit au cours de la mission professionnelle, est présenté ci-dessous.

#### 2.1.1 RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES

Sur le sujet du changement climatique et de ses impacts, la littérature est très riche. Il existe de nombreux rapports et de nombreuses études sur le sujet : GIEC, rapports de l'ONERC, synthèses scientifiques, études nationales...

Les difficultés rencontrées sont nombreuses, pour identifier des études sur les impacts régionaux du changement climatique. En effet, il existe différents types de terminologie, faisant référence aux effets du changement climatique :

- ✓ la terminologie liée aux impacts du changement climatique : impact, aléa, vulnérabilité, sensibilité, risque...les définitions ne sont pas toutes consensuelles, et il existe une terminologie différente entre les changements climatiques et les risque naturels ;
- ✓ la terminologie liée au climat : température, humidité, inondation, chaleur, tempête, sécheresse, précipitations, niveau de la mer...

L'ensemble de ces mots peuvent être des mots-clés pour rechercher des études en lien avec les impacts et les adaptations au changement climatique. Ainsi, bien que les mots clés « adaptation » ou « impacts du changement climatique » permettent d'accéder à de nombreuses publications, ils ne sont pas suffisants pour réaliser une synthèse documentaire. Par exemple, le mot « changement climatique » peut ne pas apparaître dans une étude, qui porte sur les conséquences des vagues de chaleur en milieu en milieu urbain, ou bien sur les interactions entre les particules et les nuages.

D'autre part, les travaux portent différentes échelles géographiques :

- ✓ les travaux du GIEC, par exemple, sont à une échelle mondiale. Une présentation de l'organisation du GIEC et de ses travaux est disponible Annexe IV ;
- ✓ les travaux de l'ONERC, des rapports destinés aux ministères, et d'autres études sont réalisés sur une échelle nationale, et n'abordent donc pas forcément les particularités du Nord-Pas-de-Calais ;
- ✓ les travaux régionaux comportent rarement le mot clé « Nord-Pas-de-Calais ». Ils sont donc difficiles à identifier.

Suite à ces difficultés, il a été décidé de s'informer sur les travaux du GIEC, à l'échelle globale, afin d'en comprendre les enjeux, et les thématiques abordées. Il semble très important, pour la légitimité de la démarche CERCLE, que les travaux régionaux identifiés représentent bien une déclinaison régionale des travaux du GIEC, même si elles ne sont pas traitées à l'échelle globale.

### 2.1.2 IDENTIFICATION DE THEMATIQUES DE TRAVAIL

Les impacts du changement climatique portent sur de nombreux domaines : agriculture, pêche, montagne, biodiversité, industrie, loisirs, risques naturels, patrimoine, santé, eau, littoral, tourisme... Afin de débiter la démarche CERCLE, des premières thématiques de travail ont également été définies, sur la base des travaux de l'ONERC pour la préparation des SRCAE, et en fonction de leur importance régionale. Ces thématiques ont été présentées et validées lors de la réunion en comité réduit, du mois de mars 2013, avant mon arrivée. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).

THEMATIQUES IDENTIFIEES	EXEMPLES D'IMPACTS
<b>Les évolutions climatiques/Qualité de l'air</b>	Evolutions climatiques passées
	Projections climatiques
	Interactions qualité de l'air / climat
<b>Les eaux continentales</b>	Dynamique hydrologique locale
	Inondation continentale (débordement de cours d'eau suite à des événements extrêmes, ruissellement et coulées de boue)
	Evacuation des eaux à la mer (Wateringues)
	Etat écologique des eaux

<b>La mer et le littoral</b>	Submersion marine, niveau de la mer, pénétration des eaux salées
	Erosion côtière, évolution du trait de côte
	Modification du « comportement » de la mer
<b>La biodiversité et les écosystèmes</b>	Ecosystèmes marins et littoraux, Ecosystèmes terrestres
	Changement d'aires de distribution, réorganisation des communautés, adaptation
	Evolution des paysages
	Evolution des politiques de conservation
<b>Impacts économiques</b>	Evaluation économique des dégâts prévisibles et des mesures d'adaptation
	Impacts sur les activités économiques : pêche et aquaculture, économie de la santé, agriculture et forêt...
	Impacts sur les services écosystémiques
<b>Impacts sociaux et politiques</b>	Perception des changements climatiques, perception des risques liés au changement climatique, des mesures de gestion et d'adaptation
	Gestion des risques et répercussions sur les acteurs (processus cognitifs)
	Répercussions en matière de politique publique
<b>La santé humaine</b>	Impacts de la qualité de l'air, allergies
	Maladies émergentes
	Impact de la température
<b>Les activités agricoles et forestières</b>	Adaptation des espèces et espaces cultivés
	Impacts sur les structures agricoles et forestières
<b>Le milieu urbain et les infrastructures</b>	Ilots de chaleur urbains
	Retrait-gonflement des argiles
	Effets sur les infrastructures (bâtiment, transport...)

**Tableau 1: Identification de thématiques et exemples d'impacts**

Ces thématiques sont très liées les unes aux autres, et seront amenées à évoluer dans l'avancement de la démarche.

### 2.1.3 TRAVAIL DE RESEAU

Puisque la recherche bibliographique ne permet pas d'identifier rapidement les travaux régionaux sur le changement climatique, ses impacts et les pistes d'adaptation, et qu'une conférence est prévue afin de restituer une synthèse de travaux régionaux, il a été décidé de contacter les chercheurs de la région, en fonction des thématiques identifiées. Un courrier officiel a été envoyé aux directeurs de laboratoires, ainsi qu'aux Vice-présidents des universités de la région, afin de les avertir de la démarche, et les

inviter à prendre contact avec les services du Conseil Régional si les impacts du changement climatique font parti de leurs travaux.

En utilisant directement le réseau du Conseil Régional, et sur les conclusions de la réunion du mois de mars 2013, en comité réduit, des chercheurs dont les thématiques de travail correspondent à celles définies pour le CERCLE ont été contactés. Ces premiers contacts et premières discussions ont permis d'organiser des réunions avec des chercheurs, soit en réunions de groupe par thématique soit en réunions individuelles, en fonction des disponibilités de chacun.

Après une brève présentation de la démarche CERCLE, pour chaque prise de contact et réunions, réalisés de manière informelle, la trame des entretiens était la suivante :

- ✓ présentation de la ou les personnes présentes (structure, mission) ;
- ✓ présentation des travaux de recherche : il s'agit de confirmer que les travaux relèvent bien des impacts et/ou de l'adaptation au changement climatique, et que l'échelle d'étude est bien l'échelle eurorégion ;
- ✓ information sur les outils suivants utilisés : séries temporelles, création de modèles climatique, alimentation de modèles, utilisation de modèles ... ;
- ✓ intérêt pour la démarche CERCLE ;
- ✓ besoins de recherche ;
- ✓ conseils sur d'autres acteurs à rencontrer.

Lorsque les personnes rencontrées sont intéressées par la démarche CERCLE, et travaillent effectivement sur des sujets en lien avec cette démarche, il leur a été également demandé s'ils pouvaient présenter une synthèse des travaux existants ou en cours d'acquisition pour une prochaine conférence.

## 2.2 EVOLUTION DU CLIMAT : DE L'ECHELLE GLOBALE A L'ECHELLE LOCALE

Dans cette partie, sont présentés les premiers résultats de la synthèse documentaire et des rencontres avec les chercheurs régionaux. Pour étudier les impacts du changement climatique, il semble primordial de se renseigner en amont sur les évolutions du climat, passées et futures, tant à l'échelle globale que régionale. La synthèse des travaux du GIEC permet de créer une trame, de suivre leur démarche, et de la transposer à l'échelle régionale.

## 2.2.1 ECHELLE GLOBALE

### ❖ CLIMAT DU PASSE: INDICATEURS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les derniers résultats publiés par le GIEC (IPCC, 2013) montrent que la planète se réchauffe globalement, au travers de 3 principaux indicateurs :

#### ✓ la température

- la période 1983-2012 est probablement la période de 30 ans la plus chaude depuis les 1400 dernières années (Figure 5) ;
- la température globale (atmosphère et océans) a augmenté de 0,85°C entre 1880 et 2012 ;
- La température des océans (jusqu'à 700 mètres de profondeur) a augmenté de 0.44°C entre 1971 et 2010 ;

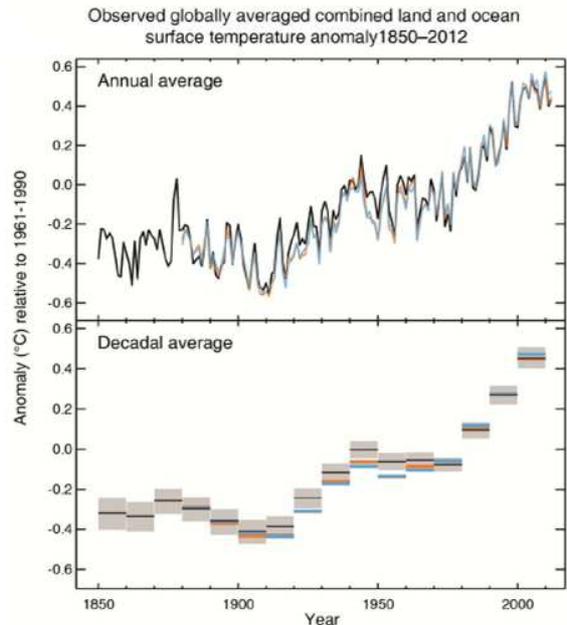


Figure 5: Températures observées entre 1850 et 2012 (source: GIEC, résumé pour décideurs, WG1, 2013)

#### ✓ le niveau moyen de la mer

- le niveau moyen de la mer a augmenté de 1.7 mm/an entre 1901 et 2010, soit d'environ 19 cm (Figure 6) ;
- le phénomène s'accélère, puisque cette augmentation est de 3.2 mm/an entre 1993 et 2010 ;

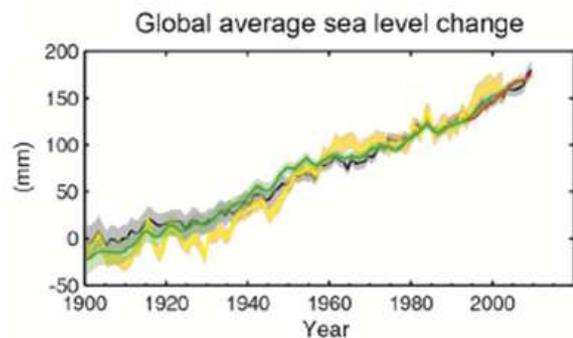


Figure 6: Niveau moyen de la mer entre 1905 et 2010 (source: GIEC, résumé pour décideurs, WG1, 2013)

- ✓ la cryosphère (qui représente toute surface de la Terre où l'eau est présente à l'état solide : banquises, glaciers, surfaces enneigées, lacs et rivières gelés, sols gelés...) :

- depuis 20 ans, une diminution de volume de la cryosphère est constatée ;
- la surface de banquise Arctique a diminué d'environ 11% par décennie en été, entre 1979 et 2012 (Figure 7) ;
- le Groenland a perdu 34 GT (giga tonne)/an en masse entre 1992 et 2001, et 215GT/an entre 2002 et 2011 ;

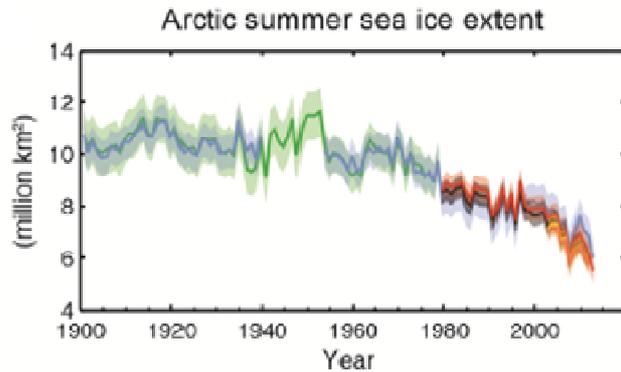


Figure 7: étendue moyenne de la banquise arctique entre 1900 et 2010 (source: GIEC, résumé pour décideurs, WG1, 2013)

#### ❖ MODELES ET SCENARIOS

Afin de prévoir les impacts de ces changements climatiques, le GIEC utilise deux types d'outils :

- ✓ les modèles climatiques, qui intègrent des données sur les températures, les précipitations, les aérosols, la chimie de l'atmosphère, les vents... ;
- ✓ les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (GES) prenant en compte d'autres facteurs comme le développement économique, l'évolution démographique, le degré de mondialisation ou encore les évolutions technologiques.

#### Remarque sur les scénarios d'émissions :

Depuis sa création jusqu'au quatrième rapport d'évaluation, étaient utilisés 6 scénarios nommés du plus optimiste au plus pessimiste : B1, A1T, B2, A1B, A2 et A1FI.

Pour le 5<sup>ème</sup> rapport, ces scénarios ont été revus :

- ✓ il existe désormais 4 scénarios climatiques dénommés « Radiative concentration pathways » (RCP) : RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6 et RCP 8.5. Les RCP sont des scénarios de référence de l'évolution du forçage radiatif sur la période 2006-2300. Par exemple, le scénario RCP 2.6 est le scénario qui prévoit que le forçage radiatif sera d'environ 2.6 W/m<sup>2</sup> en 2100.
- ✓ Il existe également 5 scénarios socio-économiques, les « Shared Socioeconomic Pathways » (SSP), développés par les sociologues et les économistes

Dans le 5<sup>ème</sup> rapport du GIEC, il y a des nouveautés quant aux prévisions du climat du futur. Désormais, les échéances sont à court terme (période 2016-2035), moyen terme (période 2046-2065). Les prévisions globales pour la planète sont présentées ci-dessous :

✓ Température (Figure 8)

- une augmentation de 0.5°C pour la période 2016-2035 par rapport à 1986-2005, soit environ +1.2°C par rapport à 1850 ;
- une augmentation globale de la température comprise entre +0.4°C à +2.6°C (selon les scénarios) pour la période 2046-2065, en comparaison à 1986-2005, soit une augmentation comprise entre +1°C à +3.1°C par rapport à l'ère pré industrielle ;
- une augmentation globale de la température comprise entre +0.3°C à +4.8°C (selon les scénarios) à l'horizon 2100, en comparaison à 1986-2005, soit une augmentation comprise entre +1°C à +5.4°C par rapport à l'ère pré industrielle ;
- à l'horizon 2100, le scénario optimiste prévoit une augmentation comprise entre +1°C et 2.4°C ; le scénario pessimiste prévoit une augmentation de température jusqu'à 5°C ;

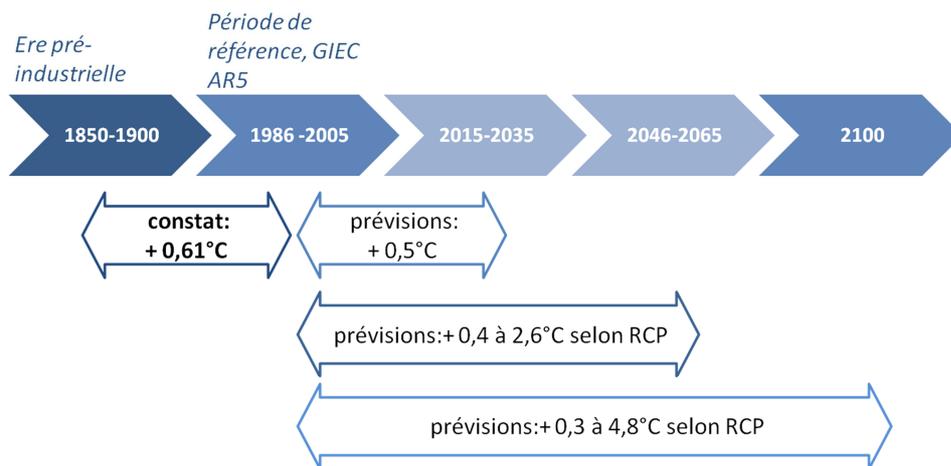


Figure 8: évolution des températures

- augmentation des vagues de chaleur, en fréquence et température ;
- augmentation des températures des océans à l'horizon 2100 : de 0.6 à 2.0°C (en fonction des scénarios) sur les 100 premiers mètres de profondeurs, et de 0.3 à 0.6°C à environ 1000 m de profondeur.

✓ Océans

- le niveau de la mer va continuer à augmenter compte-tenu du réchauffement des océans et de la fonte des calottes glaciaires ;

- l'augmentation prévue pour l'horizon 2100 est comprise entre 0.26 et 0.82 m, en fonction des scénarios ;
- le pH des océans va continuer de baisser (phénomène d'acidification).

#### ✓ Cryosphère

- il est très probable qu'au cours du 21<sup>ème</sup> siècle, l'étendue de la couverture de banquise arctique, et son épaisseur, continueront à diminuer, de même que l'étendue du manteau neigeux de l'hémisphère Nord au printemps, en lien avec le réchauffement des températures. Le volume des glaciers continuera à diminuer ;
- dans le scénario le plus optimiste, la banquise en Arctique pourrait fondre de 43%, d'ici 2100, pour le mois de septembre. Dans le scénario le plus pessimiste, la banquise fondra de 93%.

#### ❖ *DISPARITES REGIONALES*

Les prévisions climatiques ne sont pas homogènes sur l'ensemble de la planète :

- ✓ l'augmentation des températures est plus importante sur les continents que les océans ;
- ✓ la moyenne annuelle des précipitations diminuera probablement dans de nombreuses régions des moyennes latitudes et dans les régions subtropicales arides, tandis que la moyenne annuelle des précipitations augmentera probablement dans de nombreuses régions humides des moyennes latitudes (horizon 2100, cas du scénario RCP 8.5).

A l'échelle de l'Europe, les prévisions climatiques ne sont pas non plus homogènes, et révèlent donc des disparités régionales (IPCC, 2007, Contribution du groupe de travail II, chapitre Europe) :

- ✓ les évènements extrêmes vont intervenir avec des changements régionaux de fréquence et d'amplitude (par exemple : vagues de chaleur, fortes précipitations) ;
- ✓ le réchauffement se fera davantage ressentir dans l'est et le nord de l'Europe en hiver, et dans l'ouest et le sud de l'Europe, et en Europe centrale en été ;
- ✓ il est prévu une augmentation annuelle des précipitations dans le nord de l'Europe, et une diminution dans le sud (notamment sur le pourtour méditerranéen) ;
- ✓ une augmentation de l'intensité des épisodes pluvieux se fera peut-être sentir ;

- ✓ la combinaison de l'augmentation des températures et d'une diminution des précipitations estivales pourrait conduire à des vagues de chaleur et des épisodes de sécheresse.

Remarque sur le vocabulaire et l'utilisation du terme « régional »:

*Lorsque le GIEC utilise le terme de variabilité régionale et donc d'échelle régionale, il s'agit d'une échelle continentale. Par exemple, les études à l'échelle des territoires géographiques de l'Europe, ou du pourtour méditerranéen sont considérées comme des études à une échelle régionale. Le terme « régional » utilisé par le GIEC, n'a aucun point commun avec un territoire administratif. Le terme d'échelle « locale » du GIEC correspond davantage à une échelle nationale.*

Les prévisions climatiques aux échelles planétaire et du territoire européen révèlent donc des disparités. Quelles peuvent être alors les prévisions, et les impacts attendus à une échelle beaucoup plus petite, comme l'échelle nationale (France), voire régionale (territoire Nord-Pas-de-Calais) ou locale ?

## 2.2.2 CHANGEMENT CLIMATIQUE AUX ECHELLES NATIONALE ET REGIONALE

### ❖ *MODELES CLIMATIQUES*

Afin de connaître les travaux régionaux sur les évolutions du climat, 7 représentants de 3 laboratoires ont été rencontrés : le laboratoire d'optique atmosphérique (LOA) le 21/05/13, le laboratoire de PhysicoChimie de l'atmosphère (LPCA) le 20/06/13, et le laboratoire de PhysicoChimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère (PC2A) le 28/06/13. Les compétences de ces laboratoires sont réunies dans :

- ✓ le Labex CaPPA (Physique et chimie de l'environnement atmosphérique), qui est focalisé d'une part sur le système « aérosols » et ses précurseurs pour mieux appréhender leur rôle sur le forçage climatique et le cycle hydrologique, et d'autre part sur l'évolution de la qualité de l'air aux échelles globale, régionale et locale ;
- ✓ le GIS IRENI (Institut de recherche en environnement industriel), dont les travaux sont focalisés sur la qualité de l'air sur la zone industrialo-portuaire de Dunkerque.

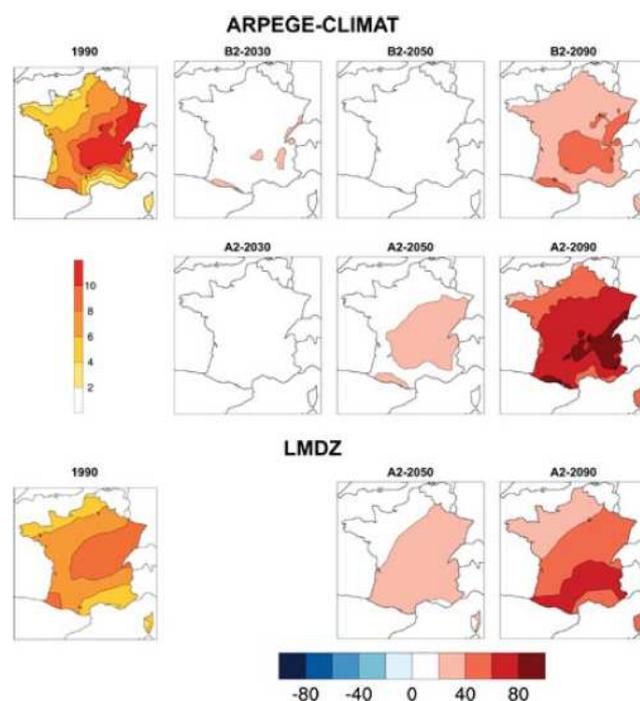
Les paragraphes ci-dessous sont issus des discussions avec ces personnes rencontrées.

Pour travailler sur l'évolution du climat, il est nécessaire de disposer d'observations sur au moins 30 ans, afin d'alimenter les modèles. Un modèle n'est valable qu'à l'instant T, et n'a pas de pérennité scientifique. En effet, ils sont amenés à évoluer, se perfectionner, et auront toujours besoin de nouvelles données d'observation. Sans données, un modèle ne sert à rien. A l'heure actuelle, les travaux de recherche sur le

climat visent davantage à la compréhension des phénomènes, que sur les impacts eux-mêmes.

Les modèles mondiaux ne peuvent être utilisés pour modéliser le climat à une échelle régionale car les mailles d'analyse sont très larges. Il existe deux modèles climatiques qui permettent une analyse à l'échelle du territoire français : un premier développé par Météo France, Arpège Climat, un second par l'Institut Simon Laplace (IPSL), le modèle LMDZ. Les projections climatiques issues de ces modèles et des scénarios d'émissions de GES du GIEC, permettent de « visualiser » le climat futur. Les résolutions de ces modèles sont respectivement de 60 km et 160 km, et ne permettent donc pas une analyse détaillée sur le territoire Nord-Pas-de-Calais.

Des travaux nationaux ont porté sur la régionalisation des scénarios climatiques (Jouzel et al., 2011). En voici un exemple (Figure 9), sur la température moyenne quotidienne. Ces cartes mettent en évidence les disparités régionales du territoire français : les tendances climatiques ne sont pas les mêmes entre le sud et le nord de la France.



**Figure 9: Nombre annuel de jours de vagues de chaleur, pour la période de référence et les écarts entre les scénarios et la référence. Unité : jour.**

L'idée de travailler avec un zoom d'un modèle climatique à l'échelle régionale ne serait pas pertinent: les résultats seraient issus d'un seul modèle climatique, qui ne sera

pas forcément représentatif de la réalité (c'est pour ces raisons que le GIEC travaille avec plusieurs modèles, afin d'avoir une fourchette d'évolution du climat). De plus, faire tourner un modèle climatique demande des compétences particulières qui ne sont pas disponibles en région.

Aujourd'hui, les modèles climatiques concernant l'évolution des températures sont fiables. Cependant, les modèles ne sont pas encore aboutis pour la prévision du régime des précipitations, et présentent donc encore des incertitudes. Les données sur la pluie ont montré qu'il existe une évaporation de cette pluie entre les nuages et son arrivée au sol...De plus la pluie provenant d'un nuage situé à 1km d'altitude n'est pas la même que celle d'un nuage à 7km d'altitude (forme des gouttes, vitesse...) : ces données peuvent donc permettre d'étudier les possibilités d'inondation. A ce jour, il n'existe pas de recul sur les vents : l'IRENI souhaite développer des mesures sur les régimes de vents, afin de réer un « livre blanc » qui ferait un état des lieux régional. Cette démarche permettrait ainsi de comprendre la variabilité annuelle et de mesurer ou non une éventuelle évolution de ces régimes de vents. En ce qui concerne les nuages, les nuages bas devraient être modifiés sous l'influence du changement climatique, mais de quelle manière ? La représentation des nuages dans les différents modèles climatiques est l'objet de divergences.

#### ❖ *METEO PASSEE*

Même s'il devient très difficile de prédire le climat futur en région, il existe des données sur le climat passé en Nord-Pas-de-Calais (CERDD, 2012) : il s'agit de données Météo France, reprises par l'Observatoire du Climat, qui attestent que le climat a changé, et mettent en évidence des disparités régionales (Figure 10) :

- ✓ les températures moyennes ont augmenté, ainsi que le nombre de jours dont la température est supérieure à 30°C. Cette dernière augmentation est plus prononcée à Lille qu'à Boulogne-sur-Mer, ce qui peut s'expliquer par le climat plus océanique à Boulogne ;
- ✓ les précipitations moyennes ont augmenté de manière significative à Lille et le nombre de jours de fortes pluies a augmenté de près de 10 jours ces trente dernières années.

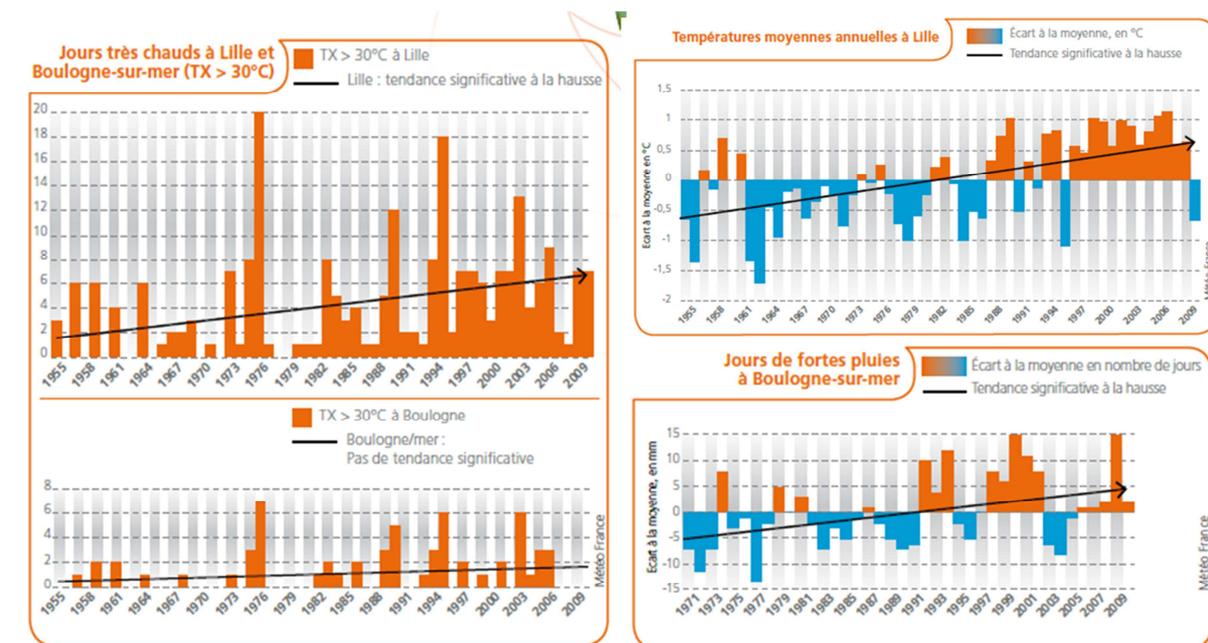


Figure 10: données MétéoFrance sur les températures et les précipitations, reprises par l'Observatoire du Climat

### 2.2.3 INTERACTIONS QUALITE DE L' AIR ET CLIMAT

#### ❖ TRAVAUX DU GIEC

Dans le quatrième rapport du GIEC, un sous chapitre est consacré aux aérosols. Il y est dit que malgré une avancée majeure de la connaissance sur le rôle des aérosols sur le climat depuis le Troisième Rapport, la compréhension scientifique des phénomènes reste d'un niveau « moyen à bas », et donc de grandes incertitudes persistent.

Les aérosols peuvent être de nature diverse, et donc leurs propriétés varient considérablement, ce qui affecte la manière dont ils absorbent et disperse la radiation. Ils peuvent donc participer soit au réchauffement soit au refroidissement. Dans l'hémisphère nord de la planète, les aérosols industriels (d'un mélange de sulfates, de carbone noir, de nitrates et de poussière industrielle...) sont clairement perceptibles dans certaines régions via des mesures par satellite. Le forçage radiatif total direct des aérosols a pu ainsi être quantifié. Les modèles climatiques incluent un plus grand nombre d'aérosols ainsi que les interactions entre les nuages et les aérosols (impact sur la durée de vie des nuages notamment). Les aérosols ont ainsi un rôle sur le climat.

Mais le climat a aussi un rôle sur les aérosols : les émissions d'aérosols et de leurs précurseurs seront probablement affectées par les changements climatiques. Les émissions de composants organiques volatils (source importante d'aérosols organiques

secondaires) sont très réactives à la température, et augmentent avec elle. Les impacts de la formation de ces aérosols sur le climat (précipitations...) sont encore incertains. Les aérosols ont une durée de vie limitée dans l'atmosphère (quelques jours) ce qui fait que le forçage radiatif du aux aérosols pourraient changer rapidement en réponse aux changements survenus dans l'émission d'aérosols ou de leurs précurseurs. Les changements climatiques modifieraient un certain nombre de processus physiques et chimiques qui contrôlent la qualité de l'air, et les effets nets varient probablement d'une région à une autre.

Dans le prochain rapport du GIEC, particulièrement dans la contribution du groupe de travail I, un chapitre entier sera consacré aux nuages et aux aérosols, sujets sur lesquels les connaissances scientifiques restent à affirmer.

#### ❖ TRAVAUX REGIONAUX

Afin de connaître les travaux régionaux sur les interactions qualité de l'air/climat, les personnes rencontrées sont présentées dans le paragraphe 2.2.2. Les paragraphes ci-dessous sont issus des discussions avec ces personnes rencontrées.

Les aérosols sont responsables de deux types d'impacts sur le climat :

- ✓ impacts directs : les aérosols ont un impact direct sur le rayonnement solaire. Les aérosols ont un effet « parasol », sorte d'effet de compensation aux gaz à effets de serre à l'échelle régionale, mais variable dans le temps et l'espace. Les aérosols sont encore mal connus (cycle de vie, nature, mélange...);
- ✓ impacts rétroactifs : les phénomènes qui vont se produire une fois que le climat aura changé.

Les aérosols, qui sont en général encore mal connus (cycle de vie, nature, mélange...) ont également un impact sur la qualité de l'air. Selon la nature des aérosols, les impacts seront différents, mais il est difficile de les quantifier.

La durée de vie d'un aérosol est d'environ 15 jours, et donc ses effets sur le climat et la qualité de l'air ne sont pas comparables à ceux des GES.

Du monitoring est également nécessaire pour la compréhension des processus photochimiques liés aux aérosols : rôle de l'ozone, formation de particules secondaires (par photo-oxydation), rôle du dioxyde de soufre dans l'albédo terrestre...

En ce qui concerne les aérosols industriels (étudiés par l'IRENI), ils se dispersent de manière homogène sur l'ensemble du territoire Nord-Pas de Calais (et ailleurs...). Les données sur les profils de vents sont très importantes : s'il y a plus de vents du nord, cela peut se traduire par davantage de brise de mer, ou bien par des températures plus fraîches, ce qui n'a pas les mêmes conséquences en termes de pollution et donc de particules. C'est donc pour ces raisons qu'il serait judicieux d'étudier ces phénomènes à une échelle plus large, transfrontalière, ce qui permettrait d'y intégrer les émissions de Rotterdam, ou bien du transport maritime en Manche Mer du Nord.

Dans la littérature, il existe des études rapportant le lien qualité de l'air/climat, et le lien qualité de l'air/santé (effets des particules sur la santé, effet de la pollution atmosphérique sur la santé), mais il y a *a priori* très peu d'études faisant le lien entre ces trois domaines. Seul le lien température/ozone/santé est bien établi (Filleul L et al., 2006).

Il existe cependant deux limites à l'analyse qualité de l'air/climat : les émissions industrielles ont été réduites, dans le cadre de différents plans pour améliorer la qualité de l'air, et la mise à disposition des données de surveillance de la qualité de l'air et des émissions industrielles pour les chercheurs n'est pas organisée. L'accès aux données serait à envisager par mise en place d'un conventionnement.

La thématique qualité de l'air/climat devient de plus en plus importante dans les travaux du GIEC, et nécessite davantage de recherche pour la compréhension des phénomènes. En région Nord-Pas-de-Calais, ces thématiques sont étudiées, et les compétences nécessaires existent tant pour des analyses globales que locales. Des coopérations transfrontalières ont été engagées dans le passé via des projets INTERREG, elles sont à réactiver.

Les évolutions passées du climat, tant à l'échelle globale que régionale sont incontestables et révèlent des disparités géographiques. Les prévisions climatiques, réalisées à partir de scénarios d'émissions de GES et de modèles climatiques, indiquent des tendances à l'échelle globale. Ces prévisions montrent qu'il existe également des disparités géographiques, à toutes les échelles d'études. A une échelle régionale, les modèles climatiques ne sont pas encore suffisamment performants. Les modèles climatiques se perfectionnent constamment et ont besoin d'être alimentés en données d'observation.

L'étude des mécanismes climatiques a pu mettre en évidence qu'il existe des interactions entre la qualité de l'air (pollution, aérosols, particules) et le climat. Les aérosols ont un rôle régional : ils refroidissent l'atmosphère. Le rôle de ces interactions et des processus physico-chimiques liés aux aérosols, bien qu'encore peu compris par la communauté scientifique, prend une place de plus en plus importante dans les travaux du GIEC. En Nord-Pas-de-Calais, les compétences nécessaires pour étudier ces phénomènes sont présentes, et permettent d'améliorer les connaissances aux échelles globales et régionales. Afin de perfectionner ces études, il serait intéressant de réactiver des coopérations transfrontalières, et de développer des études sur les interactions qualité de l'air/climat/santé.

## 2.3 IMPACTS ET PISTES D'ADAPTATION

Dans cette partie, sont présentés les principaux impacts et pistes d'adaptation identifiés, par thématique dont les enjeux sont prioritaires pour la région. Pour chacune d'entre elles, les résultats des tendances et des mécanismes d'impact à l'échelle globale seront d'abord présentés, avant d'aborder les travaux régionaux.

### 2.3.1 THEMATIQUE « BIODIVERSITE »

#### ❖ *IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA BIODIVERSITE*

L'augmentation des températures, l'acidification des océans, les inondations, les sécheresses...sont autant de facteurs qui modifient les écosystèmes. Ces facteurs impactent :

- ✓ la phénologie (changements dans les cycles biologiques des espèces) : floraison des bourgeons plus tôt dans l'année, avancement des périodes de reproduction...Ces changement de phénologie peuvent désynchroniser les rythmes entre différentes espèces et rendre, par exemple, des sources d'alimentation indisponibles;
- ✓ les aires de répartition : la montée des températures se traduit par une modification des aires de répartition des espèces : elles migrent généralement vers le nord, ou en altitude;
- ✓ l'aptitude de certaines espèces à survivre : l'acidification des océans est susceptible d'empêcher la formation de coquilles à base d'aragonite;

- ✓ l'apparition d'espèces invasives : avec la migration des espèces vers le nord, il y a une apparition d'espèces dites exotiques dans des régions tempérées ; elles peuvent bouleverser l'équilibre des écosystèmes déjà présents.

Habituellement, les écosystèmes ont une capacité d'adaptation aux changements (résilience). Le GIEC alerte sur cette résilience, qui pourrait être dépassée d'ici 2100 à cause de la combinaison des changements climatiques et des autres facteurs anthropiques (pollution, changement d'affectation de sols, surexploitation des ressources...). Le plus grand risque pour l'humanité est la mise à mal des fonctions régulatrices des écosystèmes (production d'oxygène, production d'eau potable, captation du CO<sub>2</sub>, régulation de la température...).

En Europe, le GIEC prévoit des grandes perturbations pour les reptiles et amphibiens, ainsi que dans les modifications d'habitat et de trajectoires des oiseaux migrateurs.

Les pistes d'adaptation concernant la biodiversité sont de réduire les autres facteurs de pressions sur la biodiversité (réduire la fragmentation des espaces, reconstruire des corridors écologiques, réduire l'usage de produits phytosanitaires, réduire les diverses pollutions des eaux et des sols), développer la gestion de parcs naturels et de réserves protégées (dont les superficies devront sûrement s'étendre dans le but de protéger la biodiversité).

#### ❖ TRAVAUX EN NORD-PAS-DE-CALAIS

En région Nord-Pas de Calais, les premiers changements concernant la biodiversité sont déjà observés. Ainsi, des espèces végétales plutôt d'affinité méridionale ont fait leurs apparitions dans la région : la limodore à feuilles avortées (*Limodorum arbotivum*), une espèce d'orchidée et l'andryale à feuilles entières (*Andryala integrifolia*). Un autre impact observé dans la région est la baisse de certains oiseaux migrateurs, dont la Macreuse noire (CERDD, 2012).

Afin de connaître les travaux régionaux sur la biodiversité, des représentants (dont un chercheur membre du GIEC) du Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Biodiversité en Nord-Pas de Calais ont été rencontrés le 03/05/13. Etaient présent ce jour là des représentants du laboratoire de Génétique et Evolution de Espèces végétale (GEPV), du laboratoire d'Océanologie et Géosciences (LOG), du laboratoire Territoire Ville Environnement et Société (TVES), du laboratoire Ecologie et Biodiversité (Institut Catholique de Lille), du laboratoire Géosystèmes, de l'Institut Supérieur d'Agriculture (ISA) et du Conservatoire botanique national de Bailleul.

En Nord-Pas-de-Calais, il existe de multiples pressions anthropiques sur la biodiversité : fragmentation du territoire, pollution des eaux et des sols, étalement urbains, intensification agricole, introduction d'espèces exotiques envahissantes, changement climatique...Le projet RétroSCEN, a pour objectif l'analyse des effets des changements globaux sur la distribution régionale et transfrontalière de la biodiversité, sur des approches d'observations et de modélisations. Le territoire d'étude est le nord de la France, la Picardie et la Belgique, qui malgré l'amplitude des impacts anthropiques, abritent encore des habitats de grande valeur patrimoniale. La fragmentation des milieux naturels reste le facteur majeur d'atteinte à la biodiversité. Des actions de conservation ont permis de renforcer certaines populations d'espèces. L'intensification agricole, qui perturbe fortement les paysages et le changement climatique sont deux facteurs qui perdurent, et dont il est difficile d'en distinguer les effets respectifs. De plus, la résilience des écosystèmes rend plus difficile l'analyse de leur réponse aux facteurs de pression.

Des chercheurs du LOG se sont intéressés à une algue brune, *Laminaria digitata*, et à sa distribution géographique en Atlantique, Manche et Mer du Nord. Cette algue brune a deux particularités :

- ✓ elle a un rôle écologique très important : cette algue laminaire forme d'immenses forêts sous-marines qui abritent un grand nombre d'espèces animales et végétales. Cette espèce joue un rôle majeur dans la structuration de la biodiversité marine à l'échelle régionale;
- ✓ elle représente une forte valeur économique : riche en iode et alginate, cette espèce est exploitée par l'homme, afin d'extraire ces ingrédients qui sont utilisés dans les industries alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques. En France, les algues sont principalement transformées et commercialisées en Bretagne, et représentent une valeur de plus de 420 millions d'euros.

Le déclin de l'algue en question est déjà observé au large des côtes bretonnes, normandes et dans la Manche, ce qui est sûrement dû à son exploitation. Son optimum de température est de 10-15°C, et elle meure au-delà des 22°C. Des travaux de modélisation, en utilisant les RCP (scénarios climatiques) montrent que d'ici 2100, l'aire de répartition de *Laminaria digitata* se déplacerait vers le nord. Ainsi, cette espèce pourrait disparaître des côtes françaises jusqu'à celles du Danemark (Raybaud et al., 2013).

Des impacts régionaux du changement climatique peuvent ainsi avoir des répercussions à plus large échelle, tant sur les écosystèmes régionaux que sur les services écosystémiques et les retombées économiques.

#### ❖ *PERSPECTIVES*

Afin d'étudier les impacts du changement climatique sur la biodiversité, il y a tout d'abord un besoin de connaissances globales, notamment sur les mécanismes, également pour le suivi d'espèces migratrices. Des coopérations transfrontalières sont nécessaires pour assurer le suivi de certaines espèces, dont les aires de répartitions se déplaceront au-delà des frontières, et dont les retombées peuvent être plus globales.

Un suivi national est également nécessaire pour identifier les espèces envahissantes par exemple qui remontent vers le nord (cas de certains ravageurs, comme la chenille processionnaire du pin ou de plantes allergènes comme l'ambroisie). Ainsi les régions encore non concernées par l'arrivée de ce type d'espèces peuvent s'y préparer.

Enfin, de la recherche locale est nécessaire pour identifier les espèces menacées sur un territoire donné, et éventuellement y attribuer d'autres pressions que les pressions climatiques.

En termes de mesures d'adaptation, peu sont documentées. La mise en place de la trame verte et bleue vise davantage à réduire la pression due à la fragmentation du territoire, que de réduire les effets du changement climatique.

---

### 2.3.2 THEMATIQUE « EAUX CONTINENTALES »

#### ❖ *IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA RESSOURCE EN EAU*

En ce qui concerne la ressource en eau douce et sa gestion, le GIEC alerte sur les impacts, qui concernent principalement la quantité et la qualité des eaux et qui ont des répercussions sanitaires et environnementales :

- ✓ l'augmentation du niveau de la mer peut conduire à la salinisation des eaux souterraines et des estuaires, ce qui réduira la quantité d'eau douce disponible (pour les humains et les écosystèmes);
- ✓ la variabilité des précipitations conduira à des inondations ou des sécheresses, selon les « régions »;
- ✓ la combinaison de l'augmentation des températures des eaux avec la variabilité des précipitations et des étiages, pourra conduire à une augmentation de la pollution de

l'eau (algues, cyanobactéries, augmentation des concentrations de nitrates et de composés chimiques...). Cette pollution impactera directement les écosystèmes, le réseau d'eau potable, et engendrera indirectement d'importants coûts économiques...

De plus, le GIEC alerte également sur les vulnérabilités :

- ✓ la population est souvent nombreuse dans les zones à risques (bassins inondables, deltas...), et les prévisions démographiques prévoient une augmentation des habitants dans ces zones à l'échelle mondiale;
- ✓ la demande en eau est croissante (besoin pour les industries, la production d'énergie, l'irrigation...), ce qui peut conduire à des conflits d'usage si la ressource en eau se raréfie.

Les pistes d'adaptation identifiées par le GIEC concernent la gestion des inondations, et les politiques de gestion de l'eau, notamment pour gérer la demande en eau. Le GIEC rappelle que des mesures telles que la réutilisation des eaux usées et la désalinisation pose des problèmes sanitaires et économiques.

Une étude concernant des poissons vivant dans des estuaires des côtes américaines montre que ces poissons accumulent davantage de méthylmercure lorsque la température s'élève : 30 nanogrammes/gramme (ng/g) de chair à 22°C, contre 5 ng/g à 18°C. Les mécanismes aboutissant à ce résultat ne sont pas encore bien maîtrisés, mais cela permet de s'interroger (Dijkstra et al., 2013). En plus des facteurs tels que la bioaccumulation, ou le commerce international de la pêche, le changement climatique, par l'intermédiaire du réchauffement des océans peut-il exacerber la biodisponibilité du méthylmercure ? A l'échelle de l'eurorégion, les sédiments sont fortement pollués : ces résultats sont-ils transposables ? Quels impacts peut-on attendre ?

#### ❖ *IMPACTS A L'ECHELLE DE L'EUROREGION*

En région, une étude réalisée pour l'Agence de l'Eau Artois-Picardie a été réalisée en 2008 (Agence de l'eau Artois Picardie, 2008). Elle a été pendant un temps une référence sur les impacts du changement climatique sur les eaux. Cependant, cette étude est considéré comme obsolète par l'Agence de l'eau, du fait des progrès de la connaissance. Il existe notamment une étude nationale sur les impacts du changement climatique sur les eaux : Explore 2070, qui est transdisciplinaire : eaux de surface, eaux souterraines, littoral, écosystèmes aquatiques..., le tout en prenant compte des différentes pressions sur l'eau : différents scénarios de consommation (énergie, industrie, agriculture). Les résultats sont à prendre avec des précautions, à cause des incertitudes de la

modélisation. Concernant l'impact de la température sur les eaux de surface du bassin Artois-Picardie, le rapport cite « Nous n'avons pas identifié d'étude spécifique à cette zone hydrographique » (Explore 2070, 2012). Il semble que dans le futur, la région soit touchée par les baisses de débit des cours d'eau en été, comme c'est le cas pour la Somme, en Picardie.

De plus, il existe des interactions entre les différentes masses d'eau (eaux superficielles, eaux souterraines...), mais les mécanismes hydrologiques encore mal connus. Il est donc difficile d'étudier l'impact du changement climatique sur ces systèmes<sup>3</sup>.

A l'échelle régionale, se pose une question essentielle : comment sera affectée, en qualité et quantité, la nappe de la Craie (principal bassin d'alimentation en eau potable de la région Nord-Pas-de-Calais)?

Des chercheurs du laboratoire Géosystèmes ont alerté sur un impact, étudié en région, mais n'ayant pas particulièrement de spécificité régionale. Les procédés actuels de potabilisation de l'eau pourraient être perturbés par des événements tels que les submersions marines. En effet, l'ozonation de l'eau entraîne des réactions chimiques avec le brome naturellement présent dans l'eau, et cette réaction conduit à la production de bromate qui est cancérigène. En temps normal, ces réactions chimiques ne posent pas de problèmes, puisque le brome est présent en très faibles quantités, mais en cas de submersion marine, les eaux subissant le traitement seront plus riches en brome et donc conduiront à la production de ces éléments toxiques. Il semble donc important, dans un but sanitaire, de continuer à étudier les conséquences de la salinisation des eaux sur les procédés de potabilisation<sup>4</sup>.

Concernant les pistes d'adaptation au changement climatique, il existe en région des travaux sur la modélisation de très court terme des niveaux d'eau dans les voies navigables, ce qui permet d'optimiser la gestion de la ressource en eau. Il s'agit du projet GEPET-eau, coordonné par l'Unité de Recherche en Informatique et Automatique (URIA) de l'Ecole des Mines de Douai. En effet, il est prévu d'augmenter le trafic fluvial en Nord-Pas de Calais, et les niveaux d'eaux dans les canaux doivent être surveillés: quelques centimètres de trop et les péniches ne passent plus sous les ponts, quelques centimètre

---

<sup>3</sup> Réunion avec un représentant du laboratoire ECOBE, le 8/07/13

<sup>4</sup> Réunion thématique « Eaux continentales », le 02/07/13

manquants, et les péniches racleront le fond des canaux. De plus, les voies navigables peuvent être utilisées pour stocker la ressource en eau, lors de périodes sèches de façon à l'économiser, et en périodes humides afin de limiter l'impact des inondations. C'est pourquoi, ces travaux pourront permettre d'ajuster les niveaux d'eau par des automates, et gérer rapidement les événements climatiques. Des retombées économiques et socio-économiques pour les collectivités territoriales, seront attendues à l'issue de ce projet<sup>5</sup>.

En Belgique, le laboratoire ECOBE a pour sujets d'études la gestion intégrée de l'eau et des écosystèmes. La recherche se concentre sur la conceptualisation du fonctionnement des écosystèmes en relation avec les services écosystémiques, y compris leurs interactions du paysage et des forçages externes (par exemple le changement climatique). Un programme de recherche en cours, nommé ECOPLAN s'appuie sur le raisonnement suivant: comme de nombreuses régions d'Europe occidentale, la matrice rurale en Flandres est sous haute pression en raison du morcellement des terres et de la dégradation environnementale. Améliorer la qualité environnementale et écologique de la Région flamande afin de se conformer aux normes environnementales de l'Union Européenne relève d'un grand défi. Les mesures et actions actuelles ne sont pas assez suffisantes pour atteindre ces normes et déjà les coûts de gestion de l'environnement sont très élevés. L'approche des services écosystémiques peut être un concept unificateur qui regroupe différents aspects environnementaux, sociaux et économiques. Ce programme de gestion intégrée permet d'étudier les impacts ainsi que les mesures d'adaptation, et pourra servir comme support d'aide à la décision pour les politiques<sup>6</sup>.

#### ❖ *PERSPECTIVES*

En ce qui concerne les eaux continentales, l'échelle d'analyse la plus pertinente semble être celle du bassin versant pour les eaux de surface. Il est difficile de généraliser, au-delà de la baisse en qualité et quantité, des impacts du changement climatique sur les eaux, lorsque les mécanismes hydrogéologiques, la nature des sols et ses différents degrés de perméabilité, l'usage des eaux, ou encore les activités à proximité sont de nature différente. Cette échelle de bassin versant permet d'appréhender la problématique dans son ensemble : localisation des zones à risque d'inondation ou de baisse de débit, localisation d'éventuelle source de pollution...

---

<sup>5</sup> Réunion thématique « Eaux continentales », le 02/07/13

<sup>6</sup> Réunion avec représentant du laboratoire, ECOBE, Anvers, le 8/07/13

En termes de mesures d'adaptation, il semble nécessaire d'augmenter les objectifs des politiques publiques relatives à la ressource en eau : il faudra diminuer les pollutions, et anticiper les conflits d'usages.

### 2.3.3 THEMATIQUE « MER/LITTORAL »

#### ❖ IMPACTS EN GENERAL

La montée du niveau de la mer à l'échelle globale dépend de deux principaux facteurs:

- ✓ la variation de volume des océans : l'augmentation des températures de l'océan et le changement de salinité provoquent sa dilatation thermique;
- ✓ la variation en masse des océans, due aux échanges d'eau (fonte des glaciers et des calottes polaires).

Cependant, l'augmentation du niveau de la mer n'est pas uniforme à l'échelle de la planète (Figure 11). Certaines zones du Pacifique ont subi une élévation du niveau marin deux à trois fois plus rapide que la hausse moyenne globale.

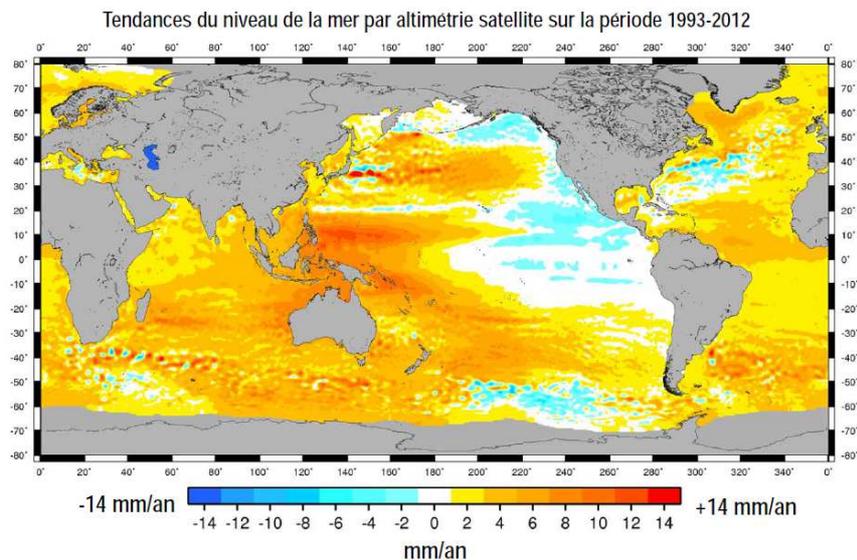


Figure 11: tendances mondiales du niveau de la mer (source: présentation de B.MEYSSIGNAC au colloque "Hausse du niveau de la mer et risques côtiers, 5 et 6 septembre, ONERC-BRGM)

A une échelle locale, deux autres phénomènes interviennent dans l'élévation du niveau de la mer :

- ✓ la variabilité régionale, composée de :
  - la variabilité naturelle de l'océan ;
  - la déformation grande échelle des bassins : la redistribution (passée et actuelle) des masses d'eau liée à la fonte des glaces déforme les bassins océaniques, comme par exemple, les rebonds post-glaciaires ;
- ✓ les mouvements verticaux de la croûte terrestre (subsidence, tectonique, compaction sédimentaire...) : les variations du niveau marin perçues au niveau de la côte

dépendent également d'éventuels mouvements du sol. En effet lorsque le sol s'enfonce (subsidence), le niveau marin s'élève plus rapidement. Dans de nombreux cas les subsidences mesurées amplifient la hausse climatique du niveau de la mer (colloque ONERC BRGM).

Les autres impacts liés à la thématique « Mer/Littoral » sont l'évolution du trait de côte (phénomène d'érosion, de recul ou avancée des plages...), et les submersions marines. Pour ces impacts, ce n'est pas le niveau de la mer en lui-même qui est le plus destructeur, mais plutôt les événements extrêmes de type tempêtes, surcote, ou encore de déplacements de sédiments...

Toutes les régions du globe ne sont pas atteintes de la même manière : ceci est lié d'une part à la hausse du niveau marin, et d'autre part à la géographie. En effet, les petites îles, et les zones « de basses-terres », comme les polders sont davantage menacées. L'impact des changements climatiques sur les côtes est exacerbé par le fait que ces zones sont soumises à de nombreuses pressions anthropiques (les territoires côtiers - franges littorales de 100km - abritent près de 80% de la population mondiale, ainsi que des activités économiques).

Les pistes d'adaptations consistent à :

- ✓ réaliser des ouvrages de défense contre l'érosion et la submersion :
  - ouvrages « béton » : digues, brise-lame...;
  - ouvrages intermédiaires : rechargement en sable des plages...;
  - ouvrages « souples » : aménagement des dunes avec restructuration et végétalisation...;
- ✓ réaliser des aménagements côtiers : remblais, promenade, jetée...;
- ✓ rendre des terres à la mer, c'est-à-dire retirer les activités de la côte, et laisser des terres en zone inondables, qui pourront avoir le rôle de zone tampon.

Les changements côtiers observés dépendent donc de plusieurs facteurs qui interagissent entre eux (Figure 12) :

- ✓ le changement climatique (niveau de la mer, vents...);
- ✓ les processus de géodynamique interne (niveau marin régional, mouvements verticaux...);

✓ les processus de géodynamique externe (l'évolution du trait de côte, les processus naturels affectant le transport sédimentaire, les précipitations...);

✓ des facteurs biologiques (rôles des barrières de corail et des mangroves dans la protection contre les tempêtes, rôle des fossiles dans les processus sédimentaires);

✓ des facteurs anthropiques : ouvrages de défenses, aménagement côtier, mais également toute activité humaine modifiant les apports sédimentaires (déforestation, extraction de sable dans les rivières, aménagements hydrauliques tels que des barrages...).

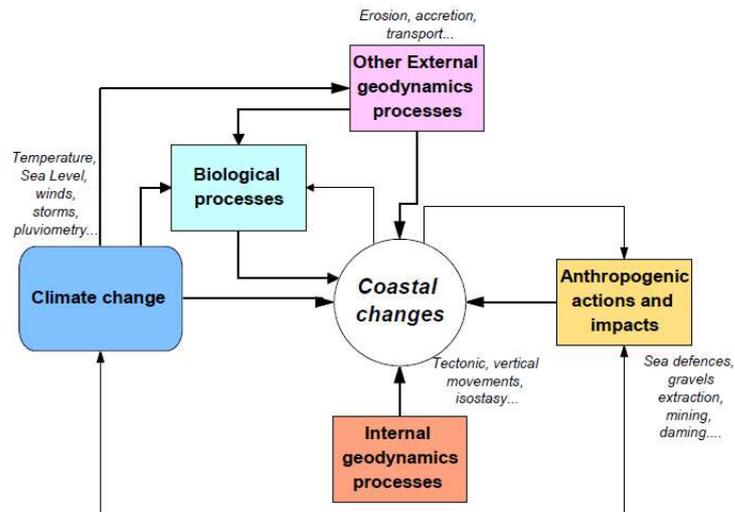


Figure 12: différents facteurs intervenant sur les changements côtiers (source : présentation de M.GARCIN, au colloque "Hausse du niveau de la mer et risques côtiers, 5 et 6 septembre, ONERC-BRGM)

#### ❖ IMPACTS A L'ECHELLE DE L'EUROREGION

Afin de connaître les travaux régionaux sur la thématique « Mer/Littoral », 4 représentants (dont un membre du GIEC) de 3 structures ont été rencontrés le 20/06/13: le Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (LOG), Flanders Hydrolic Research et l'Institution Interdépartementale des Wateringues.

Les données marégraphiques attestent que le niveau de la mer a augmenté, à Dunkerque (France) et Ostende (Belgique) de respectivement 1.8 mm/an et 1.9 mm/an entre 1955 et 2005. Sur une période plus courte, entre 1990 et 2005, le niveau de la mer a augmenté de 5.1mm/an à Ostende, ce qui semble confirmer une accélération du phénomène. Le trait de côte a également évolué sur les rivages du Nord-Pas de Calais, mais de manière irrégulière sur le territoire : certains endroits sont concernés par un recul, d'autres par un avancée (Figure 13). Il n'existe cependant pas de tendance définitive : les lignes de rivage peuvent reculer puis avancer. Celles qui reculent, ne le font pas toutes au même rythme. Les mécanismes conduisant à ces évolutions ne sont pas bien connus

mais dépendent du régime des houles, de l'intensité des courants de marées, et surtout à la dynamique morpho-sédimentaire (Hequette, 2010).

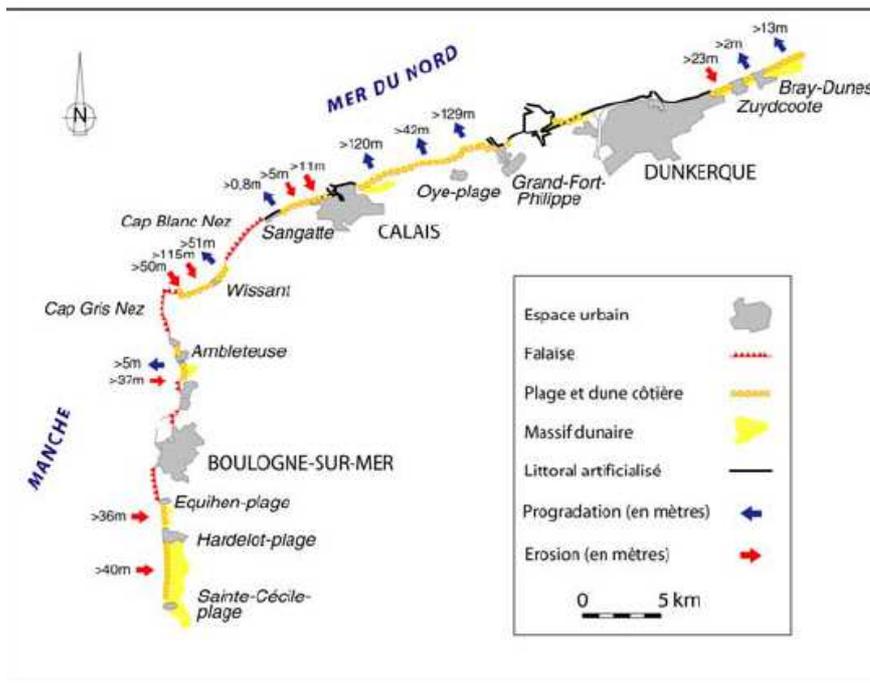


Figure 13: Evolution du trait de côte du Nord-Pas-de-Calais entre 1963 et 2000 source : Hequette, 2010 (tiré de Chaverot, 2006)

Les cordons dunaires des côtes du Nord Pas de Calais sont résilients face aux évènements extrêmes tels que les tempêtes. Il leur faut environ deux années pour se restructurer. Ces résultats sont importants car les dunes, bien que considérées comme fragiles, peuvent être un rempart naturel contre les tempêtes, et donc peuvent être une alternative à l'installation de digues.

En Belgique, un Master Plan Coastal Safety pour l'horizon 2050 est déjà élaboré, et les digues ont été renforcées. Aujourd'hui, les chercheurs travaillent sur un horizon 2100. En Belgique et aux Pays-Bas, où de nombreux territoires sont des polders, situés sous le niveau de la mer, le littoral est considéré comme le seul rempart à la montée du niveau marin. En France, le littoral est considéré comme un espace fragile, à protéger. Ces visions différentes conduisent ainsi à des stratégies de gestion des risques différentes. Même si les besoins de recherches sont encore nécessaires, des plans d'action politique sont déjà prévus en Belgique et aux Pays-Bas. La recherche y est très intégrée, et étudie l'impact du changement climatique sur le tourisme : bien que le niveau de la mer augmente, la priorité est de garder les côtes attractives. A Ostende (Belgique), lors d'inondations, des terrains agricoles ou autres terrains considérés comme peu

vulnérables (absence de population) sont dédiés à absorber les inondations, contre indemnisation.

Sur le territoire des Wateringues, les crues potentielles résultent de trois facteurs : les précipitations, la disponibilité des pompes, et les conditions d'évacuation des eaux à la mer. Or le changement climatique affecte deux de ces facteurs : il réduit les possibilités d'évacuations des eaux en raison d'une hausse du niveau marin, et il augmente les épisodes de fortes pluies. De plus l'urbanisation très forte de ce territoire a conduit à son imperméabilisation : les pompes, à l'origine installées pour faire face à des pluies intenses, sont aujourd'hui en continu fonctionnement.

Ce contexte pose actuellement deux problèmes de gestion:

- ✓ le coût économique : en effet, le coût de fonctionnement énergétique des pompes n'est pas négligeable. Lors des inondations de novembre 2000, ce sont 107 millions de m<sup>3</sup> d'eau qui ont été évacuées par pompage, pour un montant de 183 000 € de facture énergétique. Avec l'augmentation constante des prix de l'énergie, l'utilisation de plus en plus fréquente des pompes, les frais énergétiques continuent d'augmenter, et il faut y rajouter l'ensemble des frais de maintenance et de gestion du parc hydraulique du territoire de Wateringues ;
- ✓ la perception du risque : les habitants de ce territoire n'ont pas conscience d'habiter sur une zone inondable. Ils ne connaissent pas le fonctionnement des pompes, et encore moins les vulnérabilités de leur territoire face au changement climatique.

Une solution serait d'arrêter d'accroître la vulnérabilité de ce territoire en prenant en compte le risque d'inondation dans son urbanisation, et en créant des zones d'expansion des crues, comme sur le modèle belge. La difficulté restera l'acceptation de telles mesures par les habitants, et les propriétaires des terrains concernés. De futures inondations et leurs conséquences, d'éventuelles expropriations afin d'évacuer les zones les plus vulnérables ou afin de les dédier à l'absorption des crues, sont autant d'éléments qui impacteront directement la santé de la population. Dans les six mois après le passage de la tempête Xynthia, en Vendée et Charentes-Maritimes, les consommations locales de psychotrope ont significativement augmenté (InVS, 2011).

#### ❖ *PERSPECTIVES*

Pour la thématique « Mer/Littoral », la recherche globale est indispensable pour mieux comprendre les mécanismes de montée du niveau de la mer, et mieux appréhender les interactions entre les différents facteurs aboutissant aux changements

côtiers. Etudier les stratégies de gestion des risques des pays voisins semble également important, même si certains points ne sont pas transposables. Leurs retours d'expérience peuvent également être très instructifs.

Les connaissances locales, à l'échelle du territoire sont indispensables : les évolutions du trait de côte, l'érosion des falaises, ou les comportements des cordons dunaires sont liés au contexte local. L'analyse de données historiques, comme celles concernant les submersions marines ou les inondations sur un territoire peuvent être riches en informations.

En termes de mesures d'adaptation, il conviendra de les ajuster à la problématique locale, à la géographie d'un site et de son usage. Il semble nécessaire d'engager des concertations, avec les chercheurs, qui ont l'expertise, et la population, habitant sur ces territoires.

#### 2.3.4 THÉMATIQUE « IMPACTS SOCIAUX ET POLITIQUES » : GESTION RISQUES CÔTIERS

La thématique « impacts sociaux et politiques » n'est pas étudiée sous cette dénomination dans les travaux du GIEC, mais plutôt sous l'angle des difficultés à mettre en place des politiques d'adaptation dans certaines régions du globe, ou bien de la vulnérabilité de certaines sociétés.

Afin de connaître les travaux régionaux sur les impacts sociaux et politiques du changement climatique, des représentants du laboratoire TVES, du GIS Campus de la Mer et de l'environnement littoral, de la Faculté de Droit de l'ICL ont été rencontrés les 07/06/13 et 09/07/13.

Les travaux de recherche identifiés sont liés à la gestion des risques côtiers :

- ✓ un Cluster vient de se former (début du programme en novembre 2013) sur la gestion des risques côtiers : Cluster Prime-C : « Partnering for Risk Management and Engagement on the Coast » qui :
  - exploitera le savoir et les expériences de neuf projets INTERREG ;
  - consolidera les connaissances acquises dans le domaine de l'environnement et du développement durable des espaces côtiers en France, Belgique, Pays-Bas et au Royaume-Uni ;

- consolidera l'expérience partenariale sur la durabilité économique, sociale et environnementale des côtes ;
- valorisera les connaissances acquises au cours de ces projets pour développer des pratiques de gestion des risques ;
- identifiera les lacunes pour le développement des politiques futures efficaces.

Un des objectifs du Cluster est que les résultats issus des travaux à venir se trouvent dans le prochain Livre Blanc de l'Union Européenne (pour être intégrés dans les prises de décisions européennes).

✓ un projet gouvernance du Campus de la Mer est en cours : « Quels littoraux pour demain ? ». La recherche vise à fournir aux autorités publiques (européennes, nationales et locales) un instrument d'information sur le sujet des risques littoraux. Elle vise à :

- faire émerger une méthodologie de gouvernance en matière de risques naturels littoraux, sur le périmètre d'expérimentation du Nord Pas de Calais ;
- déterminer les modalités de prise en considération des changements climatiques sur les risques côtiers et marins avec une approche transversale en faisant appel à des spécialistes de la géomorphologie, de l'océanographie physique et de l'écologie marine et des zones côtières, de l'économie (pêche et industries alimentaires associées), des sciences humaines et sociales (géographie, sociologie, droit...) ;
- répondre aux questions : quelle politique publique, à quel terme, pour quels outils ?

D'autres types d'impacts sociaux et politiques restent à approfondir, comme par exemple la perception des risques liés au changement climatique (risques d'inondation, de sécheresse...) et leurs répercussions sur la mise en œuvre de politiques de gestion (expropriations, limitation de la consommation en eau...). Les rôles de la communication et de la concertation sont essentiels pour l'acceptation de certaines mesures par les populations<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Table ronde, retour d'expérience, colloque « Risques côtiers » des 5 et 6 septembre 2013

### 2.3.5 THEMATIQUES A APPROFONDIR

Certaines thématiques n'ont pas été approfondies lors de la mission professionnelle. En voici les enjeux.

#### ❖ « AGRICULTURE ET FORET » :

Le territoire Nord-Pas-de-Calais est un territoire à forte activité agricole ; les enjeux sont donc importants. Il existe un projet national sur le changement climatique et ses potentiels impacts sur l'agriculture et la forêt, le projet CLIMATOR, mené par l'INRA (Brisson et al., 2011). Les impacts du changement climatique sont simulés, par espèce, et par « région » : le Nord-Pas-de-Calais se trouve dans la grande région Picardie, Ile de France, Centre, Champagne Ardennes, Haute Normandie, Nord-Pas-de-Calais.

Les personnes contactées sur l'aspect « forêt » ont préféré participer au groupe de travail « biodiversité ».

De plus, l'agriculture et ses rendements ne dépendent pas seulement du climat, mais également de la nature des sols, des pratiques agricoles, de la politique agricole commune et des initiatives locales.

Le projet CLIMATOR, ainsi que l'Institut technique de la betterave (Escriou et al., 2010) prévoient une augmentation des rendements à moyen terme. Cependant, le fait que les rendements augmentent permettront d'alimenter en matière première de nombreuses usines, mais ne garantiront pas la sécurité alimentaire des habitants. Les matières premières étant cotées en bourse, une sécheresse ou la destruction des cultures par des ravageurs ailleurs dans le monde provoqueront une augmentation globale des prix.

#### ❖ « ECONOMIE » :

Il existe différentes manières d'aborder le point de vue économique (Hallegate et al., 2010) :

- ✓ d'une manière globale : l'adaptation au changement climatique moins cher que de ne rien faire, ou de « réparer » les dégâts engendrés par ces changements ;
- ✓ sectorielle, par type d'activité (par exemple : impacts économiques du changement climatique sur la pêche et l'agriculture, impacts pour les coûts des assurances, impact sur le secteur énergétique...) ;
- ✓ par l'évaluation coût/bénéfice de stratégie ou mesures d'adaptation.

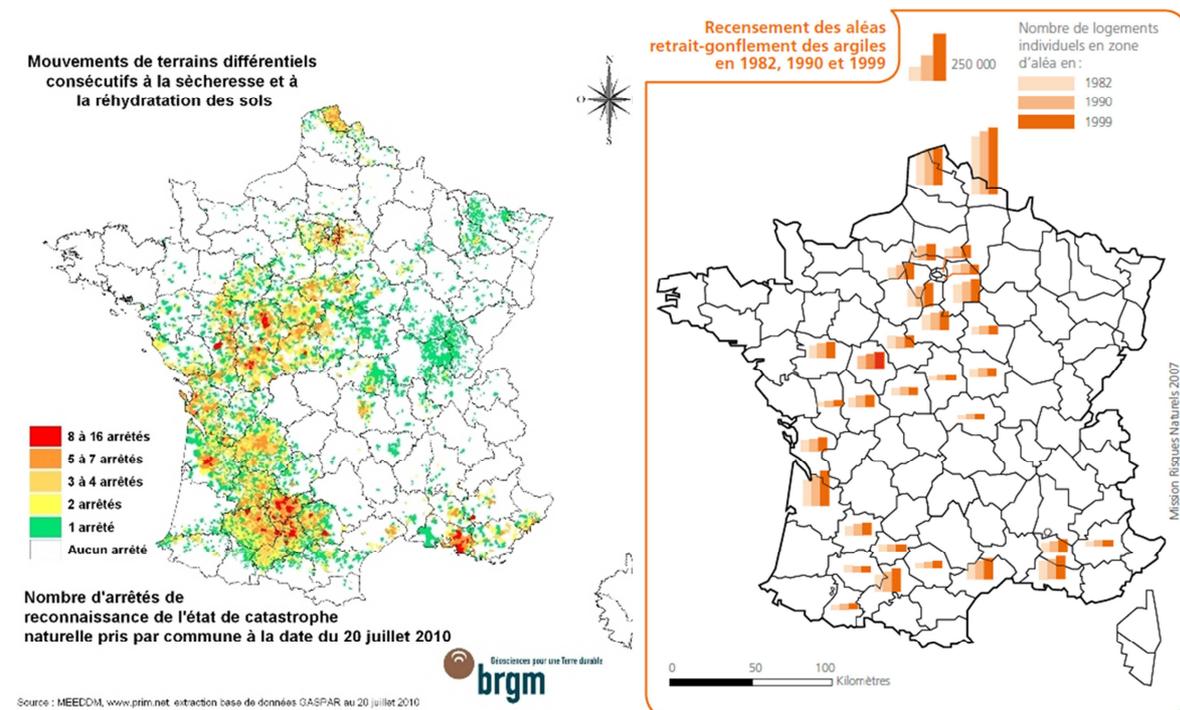
Il n'existe, *a priori*, pas d'étude régionalisée sur le territoire Nord-Pas-de-Calais, qui étudierait la vulnérabilité du territoire, ou sa sensibilité économique au changement du climat...

❖ **MILIEUX URBAINS :**

La littérature a permis d'identifier des enjeux liés au milieu urbain et à ses infrastructures : les risques des villes côtières, les îlots de chaleur urbains, le retrait-gonflement des argiles... (ONERC, 2010).

Les risques des villes côtières sont, dans le cadre du CERCLE, inclus dans la thématique « Mer/Littoral ».

A propos du phénomène de retrait-gonflement des argiles, le Nord-Pas de Calais y est particulièrement vulnérable (Figure 14). En effet, une partie non négligeable de la région est soumise à l'aléa « retrait-gonflement des argiles », qui se caractérise par des mouvements de terrains. De plus, de nombreuses habitations sont situées sur ces zones d'aléas.



**Figure 14: Retrait-gonflement des argiles. A Gauche : Carte des aléas, source BRGM. A Droite : Carte des vulnérabilités : évolution du nombre de logements individuels dans les zones d'aléa**

Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a étudié cette problématique, cartographié le territoire national, et réalisé des recommandations pour les futures constructions. La canicule (et sécheresse) de 2003 a eu de fort impacts : de

nombreuses maisons se sont fissurées, ce qui représente un coût non négligeable pour les assurances ([www.argiles.fr](http://www.argiles.fr)).

Les îlots de chaleurs urbains sont également bien documentés. Le phénomène est compris et étudié à l'échelle nationale, et l'une des manières d'atténuer les effets de ces îlots de chaleur, est d'intégrer davantage de nature en ville (mur et toitures végétalisés, parcs arborés...). Ce dernier thème fait également l'objet de nombreuses recherches à l'échelle européenne.

Les contacts pris en région n'ont pas permis d'identifier l'un de ces enjeux comme un sujet d'étude régional. Les recherches sont davantage orientées vers l'efficacité énergétique des bâtiments, ou sur les villes et réseaux intelligents, ce qui relève plutôt des problématiques d'atténuation du changement climatique.

Un autre sujet intéressant à étudier est la gestion des eaux urbaines dans le cadre du changement climatique, en s'inspirant des études déjà menées par la ville de Londres par exemple.

#### ❖ *SANTE*

Les impacts du changement climatique sur la santé sont détaillés dans le chapitre 3.2.

Pour chacune des thématiques étudiées, il y a le plus souvent besoin de connaissances globales, afin de mieux comprendre les mécanismes du climat et de ses impacts. Trois types d'impacts sont distingués :

- ✓ les impacts déjà observés : ce sont généralement des variables déjà suivies dont les modifications sont attribuées au changement climatique (par exemple, l'augmentation du niveau de la mer). Il est souvent difficile de savoir quelle part attribuer dans ces changements, à la modification du climat, car les phénomènes impliqués sont multifactoriels ;
- ✓ les impacts pressentis : ce sont des impacts perçus, grâce à l'expertise des chercheurs. Souvent, les impacts pressentis sont issus d'analogie avec des événements passés (canicule de 2003, inondation de Dunkerque en 1953...). Ces impacts pourraient se manifester d'une manière différente, et d'autres impacts inattendus pourraient apparaître ;

- ✓ les impacts modélisés : ce sont des impacts potentiels, issus de travaux de recherche, utilisant de la modélisation informatique (exemples : évolution des températures, niveau d'élévation de la mer, changement d'aire de répartition d'une algue, projet CLIMATOR...). Les modèles utilisés ne peuvent parfois pas prendre en compte l'ensemble des paramètres.

A l'échelle globale, le recul de la recherche permet d'accéder à des données d'observations acquises sur du long terme, et donc leur exploitation n'en est que plus fiable. Les travaux de recherche régionaux et locaux sont eux aussi essentiels pour identifier les impacts sur un territoire donné, et également pour réfléchir aux mesures d'adaptation. Le regard transfrontalier, dans le cas du Nord-Pas-de-Calais, est fondamental : les problématiques liées à l'exacerbation de la qualité de l'air ou des eaux ne peuvent être traitées individuellement ; les retours d'expérience des pays voisins sur la gestion des risques côtiers sont indispensables. Enfin, il est nécessaire de réaliser des coopérations transdisciplinaires, car chacune des thématiques de travail utilisées dans cette étude sont intimement liées les unes aux autres.

### 3 PERSPECTIVES POUR LA DEMARCHE CERCLE

Cette partie abordera en premier lieu les propositions pour la pérennisation de la démarche CERCLE, dont l'organisation d'une restitution des connaissances régionales avec l'organisation d'une conférence, et l'ancrage de la démarche dans une perspective de moyen terme. Enfin, les impacts du changement climatique sur la santé seront abordés afin de souligner l'importance de cet enjeu.

#### 3.1 AVENIR DE LA DEMARCHE CERCLE

##### 3.1.1 CONFERENCE CERCLE

Un des objectifs de la mission professionnelle est d'organiser la restitution des connaissances, sous forme d'une journée de conférence. La commande politique demande à ce que le public soit composé :

- ✓ d'élus régionaux à l'échelle de l'eurorégion, afin de les sensibiliser au sujet de l'adaptation au changement climatique, et de collaborer ensuite sur cette thématique ;
- ✓ d'agents de collectivités et des territoires, qui travaillent sur l'aménagement du territoire, les PCET...afin qu'ils puissent également être sensibilisés au sujet, et afin qu'ils aient les moyens d'intégrer les impacts du changement climatique dans les documents d'urbanisme par exemple, ou bien de réaliser le volet adaptation des PCET ;
- ✓ des chercheurs, à l'échelle de l'eurorégion, afin qu'ils connaissent la démarche CERCLE, et soient intégrés dans une dynamique régionale.

##### ❖ *SUJETS IDENTIFIES POUR LA CONFERENCE*

Les différentes rencontres avec les chercheurs, ont permis d'identifier des sujets de synthèse pouvant être présentés pour la conférence (Tableau 2). Lors de cette conférence, il est voulu que seuls les travaux portant sur des impacts et mesures d'adaptation à l'échelle de l'eurorégion soient présentés, ou des travaux hors région transposables.

Thématique	Sujets
<b>Evolution du Climat/Qualité de l'air</b>	Phénomènes météorologiques, processus physicochimiques et évolution climatique en Région Nord-Pas de Calais
	Changement climatique: quelles conséquences sur la diffusion de la pollution atmosphérique en région en 2100 ?

<b>Eaux continentales</b>	Effets du climat sur le comportement des contaminants situés dans les eaux de surface, les sédiments et l'eau potable
	Approche écologique intégrée : interactions entre les phénomènes hydrauliques et la morphologie des rivières.
	Programme de recherche ECOPLAN: développement d'outils et modèles pour optimiser la production des services écologiques
	Programme SIGMA : programme de protection des Flandres contre les inondations dans l'estuaire de l'Escaut
<b>Mer/littoral</b>	Projet GEPET-Eau: gestion Efficace Prédictive ET adaptative de la ressource en Eau des voies navigables dans un contexte de changement climatique
	Variabilité pluri-décennale du trait de côte du Nord-Pas-de-Calais : le rôle des variations dans les conditions météo-marines et du bilan sédimentaire côtier.
	Evolution passée et actuelle des dunes côtières du Nord-Pas-de-Calais : quelles perspectives pour l'avenir ?
	Wateringues, des territoires menacés face aux changements climatiques?
<b>Biodiversité</b>	La protection des côtes contre les effets du changement climatique en Belgique et aux Pays-Bas : de la recherche aux stratégies à court et à long terme
	Evolutions de la biodiversité en Nord-Pas de Calais dans le cadre des changements globaux
	Impacts du réchauffement climatique récent sur la flore forestière
	Modèle de niche climatique pour la construction des scénarios de changements d'aire de distribution de la biodiversité
<b>Impacts sociaux et politiques</b>	Mesures d'adaptation et de préservation de la biodiversité (Trame verte et bleue)
	Cluster Prime C
	Gouvernance des risques littoraux Nord Pas de Calais

**Tableau 2: Liste de sujets identifiés pour la conférence**

De plus, une introduction générale est nécessaire. Elle devra aborder les éléments suivants :

- ✓ une présentation du changement climatique et des travaux du GIEC ;
- ✓ les impacts du changement climatique à l'échelle globale ;
- ✓ les vulnérabilités du territoire de l'eurorégion ;
- ✓ l'intérêt de travailler à une échelle régionale.

❖ *PROPOSITIONS DE PROGRAMMES POUR LA CONFERENCE*

Dans un premier temps, il a été demandé de réfléchir à un programme, avec une plénière le matin, et des ateliers l'après-midi. Voici ci-dessous (Tableau 3) les deux propositions de programme.

	<i>PROPOSITION 1</i>		<i>PROPOSITION 2</i>	
Matin	Introduction par les Vice-présidents		Introduction par les Vice-présidents	
	Introduction générale		Introduction générale	
	Evolutions du climat et interaction avec la qualité de l'air		Evolutions du climat et interaction avec la qualité de l'air	
	Echanges avec le public		Echanges avec le public	
Après midi	Retour d'expérience sur la démarche de régionalisation des impacts du changement climatique en Aquitaine		Retour d'expérience sur la démarche de régionalisation des impacts du changement climatique en Aquitaine	
	<i>ATELIER 1</i>	<i>ATELIER 2</i>	<i>ATELIER 1</i>	<i>ATELIER 2</i>
	Biodiversité	Mer/Littoral	Sujets sur les impacts	Sujets sur les adaptations
	Eaux continentales	Gestion des risques côtiers		
	Echanges avec le public	Echanges avec le public	Echanges avec le public	Echanges avec le public
Conclusion générale		Conclusion générale		

**Tableau 3: propositions de programme avec ateliers**

Ces configurations présentent chacune des avantages et des inconvénients :

- ✓ avantages : la configuration avec une plénière le matin, et des ateliers l'après midi permet un temps de parole d'environ 20 minutes par orateur ;
- ✓ inconvénients :
  - dans la proposition 1, le public devra choisir d'assister à des ateliers où les thématiques sont très dépendantes les unes des autres. De plus, un agent des collectivités peut être concerné à la fois par les thématiques « Biodiversité » et « Mer/Littoral » ;
  - dans la proposition 2, le public devra choisir entre les impacts ou les adaptations. On peut s'attendre à ce que les chercheurs soient plus intéressés par les sujets des impacts, et que élus et agents des collectivités soient plus intéressés par les

sujets sur les mesures d'adaptation. Mais pour une meilleure compréhension, il est difficile de séparer les impacts des mesures d'adaptation.

Les inconvénients étant jugés considérables, un troisième scénario de programme est proposé : il s'agit alors d'une conférence en plénière, toute la journée (Tableau 4).

	<b>PROPOSITION 3</b>
Matin	Introduction par les Vice-présidents
	Introduction générale
	Evolutions du climat et interaction avec la qualité de l'air
	Biodiversité Echanges avec le public
Après midi	Eaux continentales Echanges avec le public
	Mer/Littoral Echanges avec le public
	Gestion des risques côtiers Echanges avec le public
	Retour d'expérience sur la démarche de régionalisation des impacts du changement climatique en Aquitaine
	Conclusion générale

**Tableau 4: Proposition de programme en plénière**

Cette configuration en plénière présente les avantages et inconvénients suivants :

- ✓ avantages : l'ensemble du public peut assister à l'ensemble des exposés, ce qui est préférable pour une première conférence sur le sujet des impacts du changement climatique ;
- ✓ inconvénients : le temps de parole par orateur est limité : de 10 à 15 minutes maximum.

### 3.1.2 FINANCEMENT DE LA RECHERCHE

Pour ancrer la démarche CERCLE dans une perspective de moyen terme, il est nécessaire de financer des programmes de recherche sur les sujets des impacts et de l'adaptation au changement climatique.

Un moyen usuel pour financer des programmes de recherche est l'appel à projet, sur trois ans. Or les besoins exprimés par les chercheurs portent sur l'accès à des données sur temps long, leur intégration et analyse pour permettre l'élaboration et le calage de modèles. De plus, il est difficile à court terme d'observer des phénomènes liés au changement climatique, du fait de la variabilité saisonnière ou annuelle. De ce fait, le dispositif d'appel à projet ne semble pas le moyen le mieux adapté.

Dans le cadre de la démarche CERCLE, serait-il possible d'envisager la construction d'un programme de financement de la recherche sur le moyen/long terme avec une coordination scientifique et opérationnelle, et des moyens correspondants?

Ci-dessous, sont présentées des options, qui pourraient permettre le financement de la recherche à moyen terme :

- ✓ Partenariat avec l'ADEME : l'ADEME a déjà engagé des travaux portant sur l'adaptation au changement climatique. Elle a pour cela développé un outil, « Impact'Climat : Pré diagnostic de l'impact du changement climatique sur un territoire ». Serait-il possible de créer un co-financement Conseil Régional Nord-Pas de Calais/ ADEME, et de mutualiser les efforts ? Dans cette hypothèse, les thématiques devront-elles forcément se trouver dans les champs de compétences de l'ADEME (bâtiment, ambiance urbaine, architecture, déchets, transports...) ?
- ✓ Des fonds européens :
  - fonds européen de développement régional (FEDER), qui vise à renforcer la cohésion économique et sociale au sein de l'Union européenne en corrigeant les déséquilibres régionaux. A l'échelle régionale, ils ont déjà été utilisés pour des thématiques comme « environnement et prévention des risques » ou « coopération territoriale européenne » ;
  - un programme INTERREG qui vise à promouvoir la coopération entre les régions européennes.

Actuellement, les programmes de financement FEDER et INTERREG de la période 2007 – 2013 se terminent ; pour la période 2014 – 2020, le programme de financement est en cours de négociations. Il semblerait que ces fonds européens soient très orientés sur des thèmes « recherche et innovation » et « compétitivité de l'économie décarbonée ». Le sujet de l'adaptation au changement climatique est présent parmi les sujets négociés, mais il se trouve sous la forme de « gestion des risques » pour les inondations et risques côtiers. Pour rappel, la démarche CERCLE vise également

l'acquisition de connaissances sur les impacts du changement climatique, et un partage transfrontalier de ces connaissances.

Il faudra donc étudier différentes pistes pour financer des programmes de recherche, et peut-être prioriser certains domaines en fonction de leur portée régionale.

---

### 3.1.3 PERENNISATION DE LA DEMARCHE

#### ❖ *COORDINATION DE LA DEMARCHE*

Au-delà du financement de programme de recherche, il est nécessaire de trouver un coordinateur général de la démarche, un scientifique reconnu de ses pairs, à l'image d'Hervé Le Treut en Aquitaine. En effet, un coordinateur permettra d'assurer le lien entre les politiques et les chercheurs, tout en ayant une légitimité scientifique auprès de ses collaborateurs, et d'arbitrer en cas de besoin. Un comité de pilotage composé du coordinateur et de représentants du Conseil Régional permettra de donner de l'envergure au projet et de faciliter sa gestion. D'après M. Le Treut<sup>8</sup>, il est préférable que ce coordinateur connaisse bien la région d'étude (ici : l'eurorégion). Le coordinateur général travaille avec une petite équipe de coordinateurs « pilote » de thématique. Les thématiques initiales seront amenées à évoluer, étant donné que certaines thématiques sont très liées, et que certaines sont moins avancées/adaptées à la problématique régionale que d'autres. Les coordinateurs « pilote » auront pour rôle de faire une revue de la recherche, une synthèse de l'ensemble des travaux existants, notamment des travaux des autres chercheurs, à l'échelle demandée.

Il est indispensable de valoriser le travail des chercheurs qui s'impliquent. Le Conseil Régional peut avoir différentes stratégies. Une petite « rémunération » pour les coordinateurs « pilote » serait également à envisager. De plus, en Aquitaine, un poste à temps plein, pour assurer la logistique, a été créé pour les deux ans de travaux qui ont conduit à la rédaction de l'ouvrage.

#### ❖ *VALORISATION DE LA DEMARCHE*

En Aquitaine, le choix de la rédaction d'un ouvrage a été fait. Mais d'autres possibilités peuvent être choisies : l'état des connaissances pourrait être valorisé par diffusion sur un site internet dédié, par exemple, ce qui permettrait à des agents des collectivités de trouver les informations nécessaires pour des plans d'urbanisme ou des

---

<sup>8</sup> Rencontre du 6/09/13

PCET. Idéalement, les données nécessaires pour étudier les impacts du changement climatique (par exemple : données sédimentaires, émissions de polluants dans l'atmosphère, séries temporelles...) devraient être partagées de tous. Pourquoi pas sur un modèle d'open-data ? A défaut de pouvoir partager les données, il serait intéressant de rendre disponible, une liste avec les coordonnées des chercheurs qui travaillent sur le sujet, ce qui permettrait des contacts plus facile, et un accès aux données facilité.

Après la première conférence, il pourrait être envisagé de créer une dynamique, en organisant une conférence tous les ans, par exemple, en abordant des thématiques différentes.

#### ❖ ACQUISITION DE CONNAISSANCES TRANSFRONTALIERES

Dans le cadre de la démarche CERCLE, nous avons vu que l'échelle transfrontalière est très importante, à la fois pour identifier des impacts, mais également pour réfléchir aux mesures d'adaptation. Au-delà des contacts de réseau, il pourrait être judicieux d'utiliser la base de données European Climate Adaptation Platform (Climate-ADAPT) mise à disposition sur internet (<http://climate-adapt.eea.europa.eu/>) par la Commission européenne et l'Agence européenne de l'environnement.

#### ❖ MESURES D'ADAPTATION

Bien que les mesures d'adaptation puissent être étudiées et proposée par des chercheurs, il serait intéressant d'intégrer dans le CERCLE, les services délocalisés de l'Etat, comme les directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) par exemple. En effet, ces services mettent en place différents outils de gestion des risques (plan de prévention des risques naturels, plan de prévention des risques technologiques, schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux...), qui n'intègrent peut être pas tous le facteur changement climatique, mais qui par leurs mesures (exemple : réduire les pollutions des eaux), contribuent à des mesures d'adaptation.

## 3.2 THEMATIQUE A APPROFONDIR : EXEMPLE DES IMPACTS SUR LA SANTE

### 3.2.1 ECHELLE GLOBALE

Dans les travaux du GIEC, deux types d'impacts du changement climatique sur la santé sont listés, à l'échelle globale :

- ✓ les impacts directs, dus aux évènements extrêmes, dont les prévisions les indiquent plus intenses et plus fréquents. On y retrouve, par exemple, les impacts directs des inondations, des submersions marines, des tempêtes, des vagues de chaleurs (la canicule de 2003 en Europe est un exemple développé dans les travaux du GIEC), des feux de forêts...;
- ✓ les impacts indirects, dus aux modifications dans l'eau (augmentation des maladies diarrhéiques...) et dans l'air (recrudescence de maladies cardio-respiratoires...), à la quantité et la qualité de nourriture (augmentation de la malnutrition et des troubles associés...), à la biodiversité (modification de la distribution géographique de certains vecteurs de maladies infectieuses...), ou encore l'économie...

A l'échelle globale, le GIEC indique que les populations à risques sont les personnes pauvres en milieu urbain, les personnes âgées, les enfants, et les populations des zones côtières. Les impacts les plus importants seraient les maladies hydriques et tropicales, ainsi que les conséquences des évènements extrêmes en zones côtières. Des déplacements de populations sont également prévoir.

Pour l'Europe, le GIEC pointe les impacts suivants : ceux liés à la température (vague de chaleur, vague de froid, sécurité sanitaire des aliments), ceux liés à la survenue d'évènements extrêmes (blessures et mortalité dans des évènements tels que des tempêtes, charge microbienne des eaux après un violent orage...), ceux liés au changement de répartition des maladies à vecteurs (cas de la leishmaniose, mais d'études concluantes pour la maladie de Lyme..), ceux dus aux changements de qualité et quantité de la ressource en eau, ceux dus à la qualité de l'air (pollution, pollens...) et les impacts dus à l'exposition aux rayons ultra-violets.

---

### 3.2.2 ECHELLE NATIONALE ET REGIONALE

La littérature scientifique sur les impacts du changement climatique sur la santé, à l'échelle nationale, s'accordent sur les points développés ci-dessous.

#### ❖ *EFFET DE LA TEMPERATURE :*

Les effets directs de la température sur l'homme sont :

- ✓ la canicule : l'exemple de 2003 est devenu une référence. Les canicules sont meurtrières (près de 15 000 personnes en sont décédées en France en 2003), et ont tué davantage de personnes que celles « destinées » fatalement à mourir pendant cette période (ONERC, 2007). Cette canicule a créé une crise sociale et politique ;

- ✓ le froid : le froid est également meurtrier, et a un impact direct sur des pathologies telles que les pneumonies, les infarctus du myocarde et les accidents vasculaires cérébraux (Delavières et al., 2008). Il est prévu que climat se réchauffe, et donc il est attendu que la mortalité due au froid diminue également. Cependant, les vagues de froid ont un impact d'autant plus important qu'elles touchent des zones connaissant habituellement des hivers doux. (ONERC, 2007);

Il existe pour la population un optimum de température qui dépend de nombreux facteurs comme le sexe, l'âge, ou bien la région habitée. Plus la région présente un climat chaud, plus l'optimum de température est élevé (Besancenot et al.). Ceci permet donc de se poser la question : dans quelle mesure les hausses de température vont affecter l'homme ? Quel est notre degré d'adaptation ? Dans 20-30 ans, les températures de l'été 2003 nous sembleront-elles plus difficiles à vivre ? Notre optimum de température aura-t-il évolué ?

D'autres effets moins directs sont signalés :

- ✓ la sécurité sanitaire des aliments : les infections liées à la bactérie *Salmonella* (première cause d'infection alimentaire avec 30 000 à 40 000 cas annuels estimés) sont plus fréquentes en été. Bien que la température ne soit pas le seul facteur d'augmentation des contaminations, des événements tels que les ruptures de la chaîne du froid pourraient en aggraver les conséquences. En Europe du Nord, lors de l'été 2006, caractérisé par des températures plus élevées que la moyenne, un nombre relativement élevé d'infections à *Vibrio* (bactérie aquatique responsable de gastro-entérites, de septicémies primaires et d'infections chez l'homme et l'animal) pendant cette période a été enregistré, alors que la présence de cette bactérie est rare à de telles latitudes. Il pourrait donc exister un risque accru de contamination des produits de la mer (Delavières et al., 2008) ;
- ✓ l'augmentation des températures des eaux douces participe au développement de cyanobactéries, qui produisent des cyanotoxines : les baignades dans ces eaux, et les potentiels aliments en provenant peuvent donc représenter un risque (Delavières et al., 2008);
- ✓ l'augmentation des feux de forêt, et donc des fumées et particules toxiques qui s'en dégagent ;
- ✓ l'utilisation accrue de chauffages d'appoint, ce qui conduit dans certains cas à des intoxications au monoxyde de carbone ;

- ✓ le phénomène de retrait-gonflement des argiles, dus à des épisodes de pluviométrie puis sécheresse ont été présentés dans le paragraphe 2.3.5. Au même titre que l'impact des inondations sur la santé mentale de la population, ce phénomène engendre-t-il des chocs post-traumatiques? Le rapport de groupe interministériel (Delavières et al., 2008) cite : « Aucune donnée sanitaire tant environnementale qu'épidémiologique ne permet de connaître l'impact sur la santé Concernant les impacts de la température sur la santé, à part les feux de forêt, l'ensemble de ces impacts sont transposables sur la région Nord-Pas-de-Calais. De plus, la forte urbanisation, et donc les ilots de chaleur urbains associés rendront sûrement les fortes températures plus difficiles à supporter. Concernant les intoxications au monoxyde de carbone, la région Nord-Pas-de-Calais est déjà l'une des régions de France les plus touchées par ce phénomène (Observatoire Régional de la Santé, 2011).

#### ❖ MALADIES VECTORIELLES

Une analyse de risque qualitative, réalisée par l'AFSAA (aujourd'hui ANSES) sur les conséquences prévisibles du réchauffement de la planète, analyse relative à l'apparition, l'émergence et le développement possible de maladies contagieuses animales, en particulier les zoonoses (maladies transmissibles de l'homme à l'animal et vice-versa), a identifié six maladies à surveiller. Ces maladies, dont l'incidence est susceptible d'augmenter ou apparaître en France sont : la leishmaniose, la leptospirose, la fièvre catarrhale du mouton, la fièvre du West Nile, et la fièvre de la Vallée du Rift. Parmi ces six maladies à surveiller, cinq sont des maladies à vecteurs. Concernant, les maladies telles que le paludisme, sa progression en Europe semble pouvoir être écartée, les résultats des études soient controversés (ONERC, 2007).

Une étude écoépidémiologique (Jones KE, 2008) sur les maladies infectieuses (virus, bactéries, tiques, parasites.....) a croisé des données écologiques et sanitaires (sur 335 maladies émergentes repérées entre 1940 et 2004), et montre que certaines régions sont à risques infectieux plus élevés que d'autres. Cette étude situe la région Kent/Nord-Pas-de-Calais/Belgique comme l'une des zones du monde à haut risque d'émergence de nouvelles maladies. Le changement climatique n'est pas mis en avant pour expliquer les périodes (notamment entre 1960 et 1980) où le nombre de cas de nouvelles apparitions de maladies est en forte augmentation. Les vecteurs de ces maladies sont souvent des pathogènes antibiorésistants, et ces maladies sont souvent des zoonoses. L'étude ne discute pas vraiment des causes de ces observations.

Si on fait l'hypothèse que ces maladies infectieuses se propagent principalement par les voies de communications et de transports, l'eurorégion étudiée dans le cadre du CERCLE a deux vulnérabilités :

- ✓ de nombreuses voies de transports (ports, aéroports, autoroutes...), qui favorisent la dispersion de maladies infectieuses ;
- ✓ une forte densité de population, qui favorise la contamination d'individu à individu lorsqu'un pathogène est présent.

Il est donc possible que de nouvelles maladies infectieuses (ré) émergentes tropicales, annoncées en augmentation par le GIEC à cause des changements climatiques, puissent concerner l'eurorégion. Quelle que soit la progression future de ce type de maladies, il semble nécessaire d'assurer une surveillance épidémiologique, d'augmenter la recherche afin de mieux comprendre les mécanismes de transmission des vecteurs, et de préparer les plans de gestion de crise.

Une question peut se poser : quels sont les effets des conditions climatiques sur la viabilité de certains vecteurs (virus, bactérie..) ? Seront-ils moins actifs, ou plus virulents ?

#### ❖ *EFFETS DE LA QUALITE DE L'AIR*

Les effets de la qualité de l'air sur la santé prennent en compte essentiellement deux paramètres (ONERC, 2007) :

- ✓ les pollens : le réchauffement global prévu va sûrement se traduire par des printemps plus précoces et des étés plus tardifs, ce qui va augmenter les périodes de pollinisation. Les pollens sont responsables de rhinite saisonnière (ou « rhume des foins »), de conjonctivites, de toux sèches et/ou de gênes respiratoires, voire de crises d'asthme. Un temps sec et ensoleillé favorise se révèle favorable à une forte concentration de pollens dans l'air. De plus, de nouvelles espèces végétales allergisantes voient leurs aires géographique remonter vers le nord : c'est notamment le cas de l'ambroisie ;
- ✓ la pollution atmosphérique : les impacts de la qualité de l'air (particules, polluants, ozone...) sur la santé sont aujourd'hui reconnus et documentés. La pollution atmosphérique vient d'être classée comme « probablement cancérogène » par l'OMS. Les températures froides rendent les polluants plus agressifs et dangereux. Les futures conditions climatiques favoriseront-elles les « smog », ces brouillards épais constitués de nombreux polluants? Quelles sont les interactions climat/qualité de l'air/santé (cf 2.2.3)?

De plus, il existe des interactions pollens/pollution atmosphérique : d'une part, la pollution atmosphérique fragilise les muqueuses respiratoires et oculaires (ce qui renforce donc également la sensibilité aux pollens) ; d'autre part, certains polluants agissent directement sur le grain de pollen, en favorisant l'émission dans l'air des protéines allergisantes.

En Nord-Pas-de-Calais, la qualité de l'air est déjà mauvaise, malgré les baisses des émissions industrielles. La population est également vulnérable, elle présente un terrain sensible aux pollutions et allergies: les maladies cardio-respiratoires font parti des pathologies les plus répandues dans la région. Les problématiques liées à la qualité de l'air sont donc un véritable enjeu de santé publique.

#### ❖ *EFFETS LIÉS A LA RESSOURCE EN EAU*

Les effets liés à la diminution de la qualité de l'eau sont directement liés à l'augmentation des températures, et ont déjà été présenté ci-dessus. En Nord-Pas-de-Calais, la qualité des eaux superficielles reste mauvaise malgré des améliorations, et l'intensification agricole augmente la pollution diffuse de produits phytosanitaires. En cas d'évaporation de l'eau, en lien avec le réchauffement des eaux, la concentration de la pollution dans les eaux sera augmentée. De même, il serait intéressant d'obtenir de données, sur l'impact du changement climatique sur la nappe phréatique de la Craie, qui alimente 95% de la population Nord-Pas-de-Calais en eau potable.

#### ❖ *AUTRES IMPACTS*

La littérature cite également d'autres impacts comme :

- ✓ le développement de moisissures et champignons, dû à l'humidité, que l'on peut retrouver :
  - dans les habitations, notamment s'il y a des infiltrations, ou suite à des dégâts tels que des inondations ;
  - dans les fourrages ou céréales exposés à l'humidité. Par exemple, *Stachybotrys chartarum*, qui produit des mycotoxines, peut y être présente. Si le risque de pourriture des végétaux est augmenté, en période de climat doux et pluvieux, les producteurs pourraient être tentés d'augmenter les traitements phytosanitaires afin de ne pas perdre les récoltes, ce qui irait à l'encontre des programmes actuels de réduction de l'usage de ces produits ;

- ✓ l'exposition aux rayons ultraviolets, provoquant cancer de la peau et problèmes oculaires (DMLA, cataracte) pourrait être augmenté par un ensoleillement plus important ;
- ✓ les chocs post-traumatiques liés aux évènements extrêmes comme les inondations. La santé mentale pourrait également être affectée par des mesures d'adaptation, si elles sont mal comprises, ou si elles conduisent à des pertes financières individuelles ou des expropriations<sup>9</sup>.

### 3.2.3 CONCLUSIONS SUR LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA SANTE

Les impacts du changement climatique sur la santé sont nombreux, et n'ont pas forcément une particularité régionale : la hausse des températures touchera l'ensemble du territoire français, par exemple. Cependant, les particularités du Nord-Pas-de-Calais (territoire densément peuplé, état écologique des eaux, qualité de l'air...) en font des enjeux d'autant plus importants pour la santé publique. Les futures mesures d'adaptation pour les autres thématiques, qui auront des répercussions sur l'aménagement du territoire, devront tenir compte de leurs potentiels impacts sur la santé (par exemple, des expropriations).

Les mesures d'adaptation liées aux impacts du changement climatique sur la santé devront inclure de la recherche pour améliorer les connaissances, des mesures de prévention et de communication (par exemple, pour adopter les bons comportements en cas de canicule), des mesures de veille sanitaire (par exemple, la mesure de l'incidence géographique de certaines maladies), et des mesures de gestion de crise (par exemple en cas d'inondation, d'épidémie, ou de canicule). Enfin, pour certains impacts, comme ceux liés à la qualité de l'air ou la qualité de l'eau, les mesures d'adaptation devront tenir compte de la répercussion des impacts sur l'environnement mais aussi la santé.

La démarche CERCLE a de nombreuses perspectives pour l'avenir. A court terme, l'organisation d'une conférence de restitution des premiers travaux régionaux est prévue, afin de sensibiliser les différents acteurs territoriaux. Lorsque la démarche CERCLE sera

---

<sup>9</sup> Définition de la santé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 1946 : « La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ».

officiellement inaugurée, il serait efficace de parfaire son pilotage avec l'intégration d'un coordinateur général, un scientifique reconnu de ses pairs et d'un comité de pilotage. A moyen terme, il sera nécessaire d'étudier les possibilités de financement de la recherche. La valorisation du CERCLE, par un ouvrage ou un site internet est également à envisager. Des coopérations seront à développer, pour donner l'envergure transfrontalière à la démarche, et pour intégrer les services déconcentrés de l'Etat, qui connaissent les outils de gestion des risques. Enfin, il est indispensable de travailler sur l'ensemble des thématiques, et d'approfondir celle de la santé, puisque de nombreux enjeux en dépendent.

## CONCLUSION

L'adaptation est un moyen de lutte contre le changement climatique. Ce concept, relativement émergent, est désormais inscrit dans des outils de planification, de l'échelle européenne à l'échelle régionale. La démarche CERCLE, qui vise en premier temps à régionaliser les impacts de ces changements, semble donc essentielle pour un territoire régional. Les recherches bibliographiques, et les rencontres avec les chercheurs régionaux ont permis d'éclairer les enjeux liés à l'adaptation.

D'une manière générale, appréhender les impacts du changement climatique à une échelle régionale nécessite d'abord une compréhension des mécanismes à l'échelle globale. Cette première analyse, principalement documentée à partir des travaux du GIEC permet ainsi de fixer une trame à la démarche CERCLE, afin d'en réaliser une déclinaison régionale. La compréhension des phénomènes des évolutions du climat est nécessaire, ainsi que de ses outils de modélisations et de prévisions. Les interactions climat/qualité de l'air, dont les mécanismes sont à l'étude à une échelle globale, ont des répercussions sur l'évolution du climat à une échelle régionale. Les impacts du changement climatique sur les écosystèmes aquatiques et terrestres, le littoral, la ressource en eau douce, l'agriculture...sont nombreux et requièrent une analyse régionale voire locale du fait de la complexité de ces systèmes et de leurs particularités régionales. Les impacts sur la santé peuvent être directs (effet des températures, par exemple) et dans ce cas ils sont peu ou pas liés aux particularités régionales. Ces impacts peuvent également être indirects (via les impacts du changement climatique sur la qualité de l'air ou des eaux, par exemple) et dans ce cas, ils sont imbriqués au sein de la problématique régionale.

La déclinaison régionale des impacts du changement climatique montre l'importance de l'étude à cette échelle puisque le territoire Nord-Pas-de-Calais présente des vulnérabilités locales. De nombreuses connaissances sont disponibles en région, mais la recherche doit continuer pour améliorer la compréhension de phénomènes liés au climat. Des coopérations transfrontalières doivent être réactivées ou développées afin d'améliorer la compréhension de ces phénomènes.

Il sera nécessaire de vulgariser l'information scientifique, afin de la rendre accessible aux décideurs politiques. Cependant, la recherche n'apportera pas toutes les réponses, et des décisions sur des stratégies, et surtout des mesures d'adaptation devront être prises malgré les incertitudes.

# BIBLIOGRAPHIE

## Articles, rapports et ouvrages

Agence de l'eau Artois-Picardie, 2008, *Prise en compte du changement climatique dans la gestion des ressources en eau du bassin Artois-Picardie : Quels impacts ? Quelles prises en compte dans les politiques publiques ? Quelles opportunités pour de nouvelles techniques ou approches durables ?*, SAFEGE Ingénieurs conseils, Nanterre

Arnaud Héquette, 2010, «Les risques naturels littoraux dans le Nord-Pas-de-Calais, France», *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Hors-série 8, 8p.

Besancenot et al., La mortalité selon le contexte thermique, Réalité présente et scénarios pour le XXIème siècle : le cas de la France, 54p. [visité le 23.10.2013] Disponible sur internet : <http://www.gip-ecofor.org/doc/drupal/gicc/9-00BesancenotRF.pdf>

Brisson N., Levraut F., 2010, *Changement climatique, agriculture et forêt en France: simulations d'impacts sur les principales espèces*, *Le Livre Vert du projet CLIMATOR (2007-2010)*, ADEME, Angers. 336 p.

CCE, 2007, *Adaptation au changement climatique en Europe: les possibilités d'action de l'Union européenne*, Commission des communautés européennes, Livre Vert présenté par la Commission au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions, Bruxelles, 29 juin 2007, COM (2007)354final, 32p.

CCE, 2009, *Adaptation au changement climatique: vers un cadre d'action européen*, Commission des communautés européennes, Livre Blanc, Bruxelles, 1<sup>er</sup> avril 2009, COM(2009)147final, 19p.

CE, 2013, *Stratégie de l'UE relative à l'adaptation au changement climatique*, Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions, Bruxelles, 16 avril 2013, COM(2013)216final, 13p.

CERDD, 2012, *Premières données de l'Observatoire du Climat*, 24p. [visité le 23.10.2013]. Disponible sur internet : [http://www.cerdd.org/IMG/pdf/1eres\\_donnees\\_observatoire\\_climat\\_bdef-1.pdf](http://www.cerdd.org/IMG/pdf/1eres_donnees_observatoire_climat_bdef-1.pdf)

Delavrière M., Guégan J-F., 2008, *Les effets qualitatifs du changement climatique sur la santé en France*, Rapport de groupe interministériel, Paris, 42p.

Dijkstra JA., Buckman KL., Ward D., et al. (2013) « Experimental and Natural Warming Elevates Mercury Concentrations in Estuarine Fish », *PLoS ONE*, volume 8, issue 3, 9p.

Escriou H., Maupas F., Richard-Molard M., 2010, « Evolution des rendements de la betterave sucrière : un effet favorable du changement climatique », *Evolution des rendements des plantes de grande culture*, Académie d'agriculture de France, 7p. [visité le 23.10.2013] Disponible sur internet : <http://www.academie-agriculture.fr/mediatheque/seances/2010/20100505resume4.pdf>

Explore 2070, 2012, *Hydrologie de surface*, B5 synthèse bibliographique, Paris, Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, 43p. [visité le 23.10.2013] Disponible sur internet : <http://www.developpement->

[durable.gouv.fr/IMG/pdf/Synthese bibliographique sur les etudes portant sur l hydrologie de surface.pdf](http://durable.gouv.fr/IMG/pdf/Synthese_bibliographique_sur_les_etudes_portant_sur_l_hydrologie_de_surface.pdf)

Filleul L., Cassadou S., Médina S. et al., 2006, « The Relation Between Temperature, Ozone, and Mortality in Nine French Cities During the Heat Wave of 2003 », *Environmental Health Perspectives*, volume 114, n°9, pp1344-1347.

Hallegatte S., Lecocq F., de Perthuis C., 2010, *Economie de l'adaptation au changement climatique, Rapport du Conseil Economique pour le Développement Durable*, Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, Paris, p89.

INSEE, 2011, Nord-Pas-de-Calais, *La région et ses départements*, [visité le 23.10.2013]. Disponible sur internet : [http://www.insee.fr/fr/insee\\_regions/nord-pas-de-calais/faitsetchiffres/reg-dep/regdep\\_2012\\_12\\_31.pdf](http://www.insee.fr/fr/insee_regions/nord-pas-de-calais/faitsetchiffres/reg-dep/regdep_2012_12_31.pdf)

InVS, 2011, Surveillance des conséquences psychologiques suite à la tempête Xynthia en Charente-Maritime en 2010. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, 29 p.

IPCC, 2007, « Technical Summary » in *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, pp23-78.

IPCC, 2007, « Europe » in *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, pp541-580.

IPCC, 2007, « Technical Summary » in *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, pp18-91.

IPCC, 2013. « Summary for Policymakers » in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*. [visité le 23.10.2013] Disponible sur internet : [http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM\\_Approved27Sep2013.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27Sep2013.pdf)

Jones KE., Patel NG., Levy MA., et al., 2008, « Global trends in emerging infectious diseases », *Nature*, Volume 451, pp 990-994.

Jouzel J., Peings Y., Jamous M., et al., janvier 2011, *Le climat de la France au XXIème siècle-Volume 1, Scénarios régionalisés*, ONERC, Paris, 140p.

Le Treut H. et al., 2013, *Les impacts du changement climatique en Aquitaine*, Presses Universitaires de Bordeaux, 368p.

Observatoire Régional de la Santé Nord-Pas-de-Calais, 2011, Climat, Météo et Santé, 19p. [visité le 23.10.2013] Disponible sur internet : <http://www.orsnpdc.org/observation/270080.html>

OMS/CIRC, 2013, *La pollution atmosphérique une des premières causes environnementales de décès par cancer, selon le CIRC*, Communiqué de presse n°221, Lyon/Genève. [visité le 23.10.2013]. Disponible sur internet : [http://www.iarc.fr/fr/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221\\_F.pdf](http://www.iarc.fr/fr/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_F.pdf)

ONERC, 2007, *Changements climatiques et risques sanitaires en France, Rapport au Premier Ministre et au Parlement*, La Documentation Française, Paris, 206p.

ONERC, 2010, *Villes et adaptation au changement climatique, Rapport au Premier Ministre et au Parlement*, La Documentation Française, Paris, 158p.

ONERC, 2011, *Plan national d'adaptation au changement climatique*, Paris, Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, 188p.

Raybaud V., Beaugrand G., Goberville E., et al., 2013, « Decline in Kelp in West Europe and Climate », *PLoS ONE*, volume 8, issue 6, 10p.

SRADDT Nord-Pas-de-Calais, 2012, *La stratégie régionale pour la biodiversité, rattachée à la Trame Verte et Bleue (SRB-TVb), constituant le « Volet Biodiversité – Trame Verte et Bleue » du Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire (SRADDT)*, pp26 [visité le 23.10.2013] Disponible sur internet : [http://www.nordpasdecals.fr/upload/docs/application/pdf/2013-01/volet\\_biodiversitetrame\\_verte\\_et\\_bleue\\_du\\_sraddt.pdf](http://www.nordpasdecals.fr/upload/docs/application/pdf/2013-01/volet_biodiversitetrame_verte_et_bleue_du_sraddt.pdf)

SRCAE Nord-Pas-de-Calais, 2012, pp 230-243. [visité le 23.10.2013] Disponible sur internet : <http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport-srcae-bd-nov2012.pdf>

### **Ressources web :**

Article de presse sur la démarque en Aquitaine [visité le 23.10.13] [http://lentreprise.lexpress.fr/gestion-entreprise/l-aquitaine-se-dote-d-un-scenario-rechauffement-pousse-a-l-horizon-2100\\_42803.html](http://lentreprise.lexpress.fr/gestion-entreprise/l-aquitaine-se-dote-d-un-scenario-rechauffement-pousse-a-l-horizon-2100_42803.html)

Institution interdépartementale des Wateringues [visité le 23.10.13] <http://institutionwateringuesnpc.pagesperso-orange.fr/>

ONERC [visité le 23.10.13] <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Impacts-et-adaptation-ONERC-.html>

Projet Explore 2070 [visité le 23.10.13] <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Evaluation-des-strategies-d.html>

Région Nord-Pas-de-Calais [visité le 23.10.13] [http://www.nordpasdecals.fr/jcms/c\\_5001/accueil](http://www.nordpasdecals.fr/jcms/c_5001/accueil)

Retrait-Gonflement des argiles, site développé par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières [visité le 23.10.13] <http://www.argiles.fr/index.asp>

### **Conférences**

Colloque ONERC/BRGM « Hausse du niveau de la mer et risques côtiers », 5 et 6 septembre 2013, Paris, Arche de la Défense. [visité le 23.10.2013] Disponible sur internet : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Colloque-Hausse-du-niveau-de-la,34072.html>

## **Textes législatifs**

LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, article 42 [en ligne]. Journal Officiel, n°179 du 5 août 2009. [visité le 23.10.2013] Disponible sur internet : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020949548#LEGIARTI000021666292>

LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, articles 68 et 75 [en ligne]. Journal Officiel, n°160 du 13 juillet 2010. [visité le 23.10.2013] Disponible sur internet : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000022470434#LEGIARTI000022472932>

# LISTE DES ANNEXES

## ANNEXE I. GLOSSAIRE

---

**Adaptation** : l'adaptation est l'ajustement de systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques réels ou attendus ou de leurs effets, qui en diminue les dommages ou tire parti de leurs aspects positifs ;

**Aérosols** : les aérosols sont un ensemble de particules solides ou liquides en suspension dans l'air, dont la taille varie généralement de 0,01 à 10  $\mu\text{m}$  et qui séjournent dans l'atmosphère plusieurs heures au moins. D'origine naturelle ou humaine (anthropique), les aérosols peuvent influencer sur le climat de deux façons : directement, par diffusion ou absorption du rayonnement, et indirectement, en constituant des noyaux de condensation pour la formation des nuages ou en modifiant les propriétés optiques et la durée de vie des nuages.

**Albédo** : l'albédo est une fraction du rayonnement solaire réfléchi par une surface ou par un objet, souvent exprimée en pourcentage. Les surfaces enneigées ont par exemple, un albédo élevé. L'albédo de la Terre varie principalement en fonction de la nébulosité, de l'enneigement, de l'englacement, de la surface foliaire et des variations du couvert terrestre.

**Aléa climatique** : 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. Les aléas peuvent être soit des évolutions tendancielle (par exemple, l'augmentation moyenne des températures de l'air), soit des extrêmes climatiques (par exemple, une sécheresse).

**Forçage radiatif** : le forçage radiatif est une variation de l'éclairement énergétique vertical net (différence entre l'énergie radiative reçue et l'énergie radiative émise par un système climatique donné) ; il est exprimé en watts par mètre carré ;  $\text{W m}^{-2}$ . Il se mesure à la tropopause (limite supérieure de la troposphère et la limite inférieure de la stratosphère), et est dû à un changement interne ou externe dans le forçage du système climatique (modification de la concentration de gaz à effet de serre ou du rayonnement solaire, par exemple). Un forçage radiatif positif tend à réchauffer le système (plus d'énergie reçue qu'émise), alors qu'un forçage radiatif négatif va dans le sens d'un refroidissement (plus d'énergie perdue que reçue). Le concept de forçage radiatif est utilisé par les scientifiques pour mesurer la propension d'un de ces facteurs à garder sur Terre l'énergie provenant du soleil ou à la renvoyer dans l'espace.

**Îlot de chaleur** : l'îlot de chaleur est une zone urbaine caractérisée par des températures ambiantes supérieures à celles des zones non urbaines environnantes en raison de l'absorption de l'énergie solaire par des matériaux tels que l'asphalte.

**INTERREG** : les programmes de coopération INTERREG visent à renforcer la coopération territoriale qu'elle soit transfrontalière, transnationale ou interrégionale. L'enjeu est de promouvoir une intégration plus forte du territoire de l'Union européenne dans ses dimensions économique, sociale et culturelle. Il doit également contribuer au développement durable et équilibré de l'Union européenne au niveau de ses macro-

régions et réduire les "effets de barrière" par la coopération et l'échange de meilleures pratiques.

**PCET** : le Plan Climat-Energie Territorial est un projet territorial de développement durable dont la finalité première est la lutte contre le changement climatique. Le PCET vise deux objectifs : l'atténuation et l'adaptation.

**PLU** : le plan local d'urbanisme est le principal document d'urbanisme au niveau communal, intercommunal, d'une communauté de communes ou d'une communauté d'agglomérations. Il établit un projet global d'urbanisme et d'aménagement et fixe en conséquence les règles générales d'utilisation du sol sur le territoire considéré. Un PLU doit être compatible avec le SCoT.

**Risque climatique** : un risque climatique est défini par l'interaction de trois composantes que sont l'aléa climatique ; l'exposition des populations, milieux et activités sur un territoire à cet aléa et leur vulnérabilité à cet aléa climatique.

**SAGE** : le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux est un document de planification élaboré de manière collective, pour un périmètre hydrographique cohérent. Il fixe des objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur, de protection quantitative et qualitative de la ressource en eau. Les SAGE doivent eux-mêmes être compatibles avec le SDAGE.

**SCoT** : le schéma de cohérence territoriale est l'outil de conception et de mise en œuvre d'une planification intercommunale en orientant l'évolution d'un territoire dans le cadre d'un projet d'aménagement et de développement durable. Le SCOT est destiné à servir de cadre de référence pour les différentes politiques sectorielles, notamment celles centrées sur les questions d'habitat, de déplacements, de développement commercial, d'environnement, d'organisation de l'espace....

**SDAGE** : le schéma directeurs d'aménagement et de gestion des eaux est un instrument de planification qui fixe pour chaque bassin hydrographique les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau dans l'intérêt général et dans le respect des principes de la directive cadre sur l'eau et de la loi sur l'eau, des objectifs environnementaux pour chaque masse d'eau (plans d'eau, tronçons de cours d'eau, estuaires, eaux côtières, eaux souterraines).

**Sensibilité** : la sensibilité est le degré auquel un système est influencé, positivement ou négativement, par la variabilité du climat ou les changements climatiques. Les effets peuvent être directs (par exemple la modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple les dommages causés par une augmentation de fréquence des inondations côtières en raison d'une élévation du niveau de la mer).

**Smog** : un smog est un mélange de polluants oxydants produits par des réactions photochimiques entre le rayonnement solaire et des polluants atmosphériques primaires tels que les hydrocarbures.

**SRADDT** : le schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire est un document stratégique cherchant à établir la vision d'un territoire à un horizon 2030. Il prend en compte des évolutions de contexte sociaux, économiques et environnementaux et des nouveaux enjeux et problématiques du territoire régional.

**SRCAE** : le Schéma régional climat air énergie est un document stratégique cherchant à établir une vision prospective partagée du territoire. L'objectif de ce schéma est de définir les orientations et les objectifs régionaux aux horizons 2020 et 2050 en matière de

réduction des émissions de gaz à effet de serre, de maîtrise de la demande énergétique, de développement des énergies renouvelables, de lutte contre la pollution atmosphérique et d'adaptation au changement climatique. L'élaboration du SRCAE est copiloté par le préfet de région et le Président du Conseil Régional, en concertation avec les acteurs concernés pour définir des objectifs quantitatifs et qualitatifs à l'échelle de chaque région.

**Vulnérabilité** : la vulnérabilité d'un système est la mesure dans laquelle de système est sensible – ou incapable de faire face – aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.

## ANNEXE II. LES GRANDES LIGNES DU PLAN NATIONAL D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

---

Le Plan national d'adaptation au changement climatique ne traite que des mesures qui relèvent du niveau national. La territorialisation spécifique de l'adaptation relève des Schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) et des Plans climat-énergie territoriaux (PCET). Ce plan comporte 84 actions déclinées en 230 mesures. Ces actions s'échelonnent sur l'ensemble de la durée du plan, de 2011 à 2015.

Ce plan repose sur deux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (les scénarios B2, plutôt optimiste, et A2, plutôt pessimiste), ainsi que sur deux modèles climatiques : ARPEGE-Climat et LMDZ respectivement développés par Météo-France et l'IPSL.

Le PNACC comporte 20 fiches-action, qui comportent chacune 5 à 6 mesures. Ces mesures peuvent être classées en quatre catégories :

- ✓ production et diffusion d'informations ;
- ✓ ajustement des normes et réglementations ;
- ✓ adaptation des institutions ;
- ✓ investissement direct.

Les 20 fiches-action sont :

1/ actions transversales	12/ Tourisme
2/ Santé	13/ Information
3/ Eau	14/ Formation
4/ Biodiversité	15/ Recherche
5/ Risques naturels	16/ Financement et assurance
6/ Agriculture	17/ Littoral
7/ Forêt	18/ Montagne
8/ Pêche et aquaculture	19/ Actions européennes et internationales
9/ Energie et industrie	20/ Gouvernance
10/ Infrastructures de transport	
11/ Urbanisme et cadre bâti	

Le PNACC a été préparé selon les principes suivants :

- ✓ améliorer la connaissance sur les effets du changement climatique, afin d'éclairer les décisions publiques en matière d'adaptation ;

- ✓ intégrer l'adaptation dans les politiques publiques existantes, afin de garantir la cohérence d'ensemble et de refléter la nature transversale de l'adaptation ;
- ✓ informer la société sur le changement climatique et l'adaptation afin que chacun puisse s'appropriier les enjeux et agir. Une politique d'adaptation ne saurait être efficace sans l'implication des acteurs concernés et leur appropriation des mesures préconisées. Il s'agit de faire partager les connaissances sur les risques dus aux impacts du changement climatique et de faire appréhender les mesures d'adaptation nécessaires. L'acceptation des décisions publiques constitue un facteur clé de réussite pour pouvoir agir dans le temps et en profondeur ;
- ✓ considérer les interactions entre activités ;
- ✓ flécher les responsabilités en termes de mise en oeuvre et de financement.

## ANNEXE III. LES MESURES D'ADAPTATION PREVUES DANS LE SRCAE NORD-PAS-DE-CALAIS

---

Le SRCAE Nord-Pas-de-Calais propose 8 orientations liées à l'adaptation du territoire au changement climatique.

ADAPT1 : Améliorer la connaissance sur les effets probables du changement climatique en région Nord-Pas-de-Calais, notamment sur les débits des cours d'eau, le risque d'inondation continentale, l'érosion côtière, les productions agricoles et forestières, et la santé humaine.

ADAPT2 : Intégrer dans l'exercice de révision du SDAGE et des SAGE l'impact des effets du changement climatique sur l'évolution de la gestion de l'eau et des milieux aquatiques.

ADAPT3 : Elaborer et mettre en œuvre des stratégies d'aménagement et de gestion foncière adaptées à l'importance du risque de submersion marine en s'appuyant sur des analyses coûts/avantages.

ADAPT4 : Anticiper les effets du changement climatique et faire évoluer en conséquence les modes de gestion des eaux continentales dans les Wateringues.

ADAPT5 : Prévenir les phénomènes d'îlots de chaleur urbains dans les projets d'aménagement, notamment en favorisant l'accès de la nature en ville et en s'appuyant sur la mise en œuvre du plan canicule.

ADAPT6 : renforcer l'information et la sensibilisation sur le phénomène de retrait-gonflement des argiles prenant en compte l'augmentation de l'aléa lié au changement climatique.

ADAPT7 : Intégrer les effets du changement climatique dans l'évolution des pratiques agricoles, dans les choix des variétés mises en culture ainsi que dans les dispositifs de préservation de la biodiversité, notamment des zones humides.

ADAPT8 : Mettre en œuvre les principes de gestion durable de la forêt et anticiper les impacts du changement climatique.

## ANNEXE IV. LE GIEC, COMMENT ÇA MARCHE ?

---

Créé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), le GIEC (Groupement d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) a pour mission d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui sont nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation.

Le GIEC ne produit pas de la recherche mais analyse les données disponibles.

Le GIEC fonctionne avec 3 groupes de travail :

- ✓ Groupe1 (GT1 ou WG1 - working group 1) : Eléments scientifiques (physique chimie du climat, forçages, interaction particules, montée du niveau la mer...)
- ✓ Groupe 2 (GT2 ou WG2): Conséquences, adaptations et vulnérabilités (impacts sectoriels, et géographiques)
- ✓ Groupe 3 (GT3 ou WG3): Atténuation du changement climatique

Aux cours de ses travaux, le GIEC a produit :

- ✓ des rapports d'évaluations :

Lors de chaque rapport d'évaluation, il y a un écrit pour chaque groupe de travail (soit 3 rapports) ainsi qu'une synthèse de ces 3 groupes de travail. Chaque rapport contient un résumé pour les décideurs (environ 20 pages), un résumé technique (environ 130 pages), et le contenu scientifique (environ 1500-2000pages). On trouve ainsi :

- le premier rapport d'évaluation en 1990, également nommé PRE- Premier Rapport d'Evaluation (ou FAR pour First Assessment Report)
- le deuxième rapport d'évaluation en 1995, également nommé DRE (SAR)
- le troisième rapport d'évaluation en 2001, également nommé TRE (TAR)
- le quatrième rapport d'évaluation en 2007, également nommé RE4 (AR4)
- le cinquième rapport d'évaluation, en 2013-2014, nommé RE5 (AR5). En septembre 2013, seul le résumé pour décideurs du Groupe de travail 1 est officiel. Le résumé technique et le rapport seront disponibles courant 2014. Les productions des autres groupes de travail seront également publiées courant 2014.

- ✓ des rapports spéciaux comme celui sur l'adaptation aux événements extrêmes (SREX) ou celui sur l'atténuation et les énergies renouvelables (SRREN).

LAVIGNE

Audrey

28 Novembre 2013

**Mastère Spécialisé Santé Environnement : enjeux pour le territoire  
et l'entreprise**  
Promotion 2012-2013

**Climate change : from impacts to adaptation.  
What current scientific knowledge and what effects on environment  
and health in Nord-Pas de Calais ?**

PARTENARIAT UNIVERSITAIRE : Mines ParisTech

***Abstract:***

Global climate change policies are mitigation and adaptation. The latest concept is emerging, although it is now part of the planning tools. The CERCLE approach (Collective of Regional Expertise for Climate and its Evolution), which is an initiative of the Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais, is a process of regionalization of climate change impacts across regional territory and bordering regions.

Bibliographic research on global and regional scales, and meetings with regional researchers, for the 5 months mission, regional impacts of climate change on the environment and health have been identified.

These first results show how this is important to sustain the CERCLE approach. It is necessary to acquire more knowledge on these issues, including cross-border cooperation, and cross-disciplinary research. This will provide scientific data that will support the regional political discourse and action to consider adaptation.

***Key words :***

Climate change, impacts, adaptation, Nord-Pas-de-Calais, territory, health, environment

*L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.*

LAVIGNE

Audrey

28 Novembre 2013

**Mastère Spécialisé Santé Environnement : enjeux pour le territoire  
et l'entreprise**  
Promotion 2012-2013

**Changement climatique : des impacts aux mesures d'adaptation.  
Quel état des connaissances scientifiques et quels effets sur  
l'environnement et la santé à l'échelle du Nord-Pas de Calais ?**

PARTENARIAT UNIVERSITAIRE : Mines ParisTech

**Résumé :**

Les politiques de lutte contre le changement climatique sont l'atténuation et l'adaptation. Ce dernier concept reste émergent, bien qu'il soit maintenant inscrit dans les outils de planification. La démarche CERCLE (Collectif d'Expertise Régionale sur le Climat et son Evolution), à l'initiative du Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais, est une démarche de régionalisation des impacts du changement climatique, à l'échelle du territoire régional et des régions limitrophes.

Pendant les 5 mois de la mission professionnelle, sur la base de recherches bibliographiques aux échelles globales et régionales, et de rencontres avec des chercheurs régionaux, des impacts régionaux relatifs à l'environnement et à la santé ont été identifiés.

Ces premiers résultats montrent l'importance de pérenniser la démarche CERCLE. Il est nécessaire d'acquérir davantage de connaissances sur ces enjeux, notamment par des coopérations transfrontalières, et transdisciplinaires, ce qui permettra de fournir des données scientifiques qui permettront d'appuyer le discours et l'action politique régionale en vue de réfléchir à des mesures d'adaptation.

**Mots clés :**

Changement climatique, impacts, adaptation, Nord-Pas-de-Calais, territoire, santé, environnement

*L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.*