



ETUDE SUR LES STRATEGIES TERRITORIALES D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

DIAGNOSTIC DE VULNERABILITES

RAPPORT DE PHASE 2

VENDREDI 06 JUILLET 2012

Artelia Eau et Environnement - Équipe Climat-Énergie

50 avenue Daumesnil – 75012 PARIS

Contact : Pricillia Privat

pricillia.privat@arteliagroup.com

Tél : 01 48 78 93 45

Fax : 01 48 78 93 41



Table des matières

INTRODUCTION.....	3
LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES PRODUCTIONS ET LES PRATIQUES AGRICOLES ET FORESTIERES.....	4
1 L'IMPACT ATTENDU DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES PRODUCTIONS AGRICOLES	5
1.1 UNE EVOLUTION CONTRASTÉE DES RENDEMENTS AGRICOLES.....	5
1.2 DE NOUVELLES DIFFICULTÉS LIÉES À L'AUGMENTATION DES BESOINS EN EAU POUR L'IRRIGATION	6
1.3 UNE EVOLUTION ATTENDUE DE LA QUALITÉ DES RENDEMENTS	8
2 L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'ÉLEVAGE	9
2.1 L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA PRODUCTIVITÉ DES PRAIRIES.....	9
2.2 DES IMPACTS SANITAIRES SUR LES ANIMAUX D'ÉLEVAGE POTENTIELLEMENT PLUS PREGNANTS.....	10
3 L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA PRODUCTIVITÉ ET LES PRATIQUES FORESTIERES	11
3.1 IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA CROISSANCE ET LES CARACTÉRISTIQUES PHÉNOLOGIQUES DES FORÊTS 11	
3.2 VERS UNE REDISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DES FORÊTS ?.....	13
3.3 IMPACT DES RAVAGEURS ET PARASITES	14
3.4 IMPACT SPÉCIFIQUES DES RISQUES NATURELS : LE CAS DES FEUX DE FORÊTS ET DES TEMPÊTES	16
4 TABLEAU DE SYNTHÈSE THÉMATIQUE	18
LES IMPACTS SANITAIRES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	20
1 L'IMPACT DE L'AUGMENTATION DES TEMPÉRATURES ET DES CANICULES SUR LA SANTÉ PUBLIQUE	21
1.1 L'IMPACT DE L'INCONFORT THERMIQUE	21
1.2 L'IMPACT SINGULIER DE L'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN	25
1.3 L'IMPACT DE LA RECRUESCENCE DE LA POLLUTION À L'OZONE TROPOSPHÉRIQUE	26
2 L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES MALADIES ALLERGIQUES, VECTORIELLES ET INFECTIEUSES.....	28
2.1.1 L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES MALADIES ALLERGIQUES	28
2.1.2 LE RISQUE DE DÉVELOPPEMENT DE MALADIES VECTORIELLES ET INFECTIEUSES	31
3 L'IMPACT QUANTITATIF ET QUALITATIF DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE CONFORT HYDRIQUE DES POPULATIONS.....	31
4 L'IMPACT DES ÉVÉNEMENTS EXTREMES.....	33
4.1 L'IMPACT SANITAIRE DES RISQUES NATURELS À OCCURRENCE ÉLEVÉE.....	33
4.1.1 LES RISQUES CÔTIERS : SUBMERSION MARINE ET TEMPÊTES	34
4.2 LES RISQUES NATURELS À OCCURRENCE FAIBLE	34
4.2.1 LES ALÉAS GRAVITAIRES.....	34
4.2.2 LES VAGUES DE FROID	36
4.2.3 LES FEUX DE FORÊTS	37
5 TABLEAU DE SYNTHÈSE THÉMATIQUE	37
LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RISQUES CÔTIERS : ÉROSION, SUBMERSION ET ÉVOLUTION DE LA SALINITÉ AUX ABORDS DES CÔTES DES PAYS DU NORD.....	39
1 LES IMPACTS PHYSIQUES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES PHÉNOMÈNES CÔTIERS	40
1.1 UNE EXACÉRATION ATTENDUE DU PHÉNOMÈNE D'ÉROSION SUR LES CÔTES.....	40
1.2 L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA SUBMERSION MARINE.....	43
1.3 L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE PHÉNOMÈNE DE SALINISATION : DES CONSÉQUENCES PEU RENSEIGNÉES 45	
2 LES IMPACTS SOCIOÉCONOMIQUES DE L'EXACÉRATION DES RISQUES CÔTIERS.....	47
2.1 IMPACT DIRECT DES RISQUES CÔTIERS SUR LA SÉCURITÉ DES POPULATIONS ET LEURS HABITATS	47
2.2 IMPACTS SUR LES ACTIVITÉS LITTORALES	50

2.2.1	L'AGRICULTURE	50
2.2.2	L'ACTIVITE PORTUAIRE	50
2.2.3	LE TOURISME	52
2.3	IMPACT SUR LA BIODIVERSITE	52
3	UNE REFLEXION INDISPENSABLE POUR UNE REDUCTION DE LA VULNERABILITE DE L'EXISTANT FACE A L'EXACERBATION DE CES EFFETS	52
4	TABLEAU DE SYNTHESE THEMATIQUE	54
	LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA BIODIVERSITE ET LES ZONES HUMIDES SPECIFIQUES AU TERRITOIRE.....	55
1	L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES MILIEUX NATURELS	56
1.1	UNE FRAGILISATION PROGRESSIVE DES ZONES HUMIDES	56
1.2	L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES ESPACES LITTORAUX ET LES MILIEUX AQUATIQUES	58
1.3	L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES ESPACES FORESTIERS	60
1.4	LE CAS DES ESPACES NATURELS PROTEGES.....	61
2	L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE FONCTIONNEMENT DES ESPECES	61
2.1	EVOLUTION PHENOLOGIQUE ET PHYSIOLOGIQUE DES ESPECES.....	61
2.2	UNE MODIFICATION DE LA REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES ESPECES	62
2.3	EMERGENCE ET DEVELOPPEMENT DE PARASITES ET D'ESPECES ENVAHISSANTES	64
3	L'IMPACT SPECIFIQUE DES EVENEMENTS CLIMATIQUES EXTREMES	66
4	TABLEAU DE SYNTHESE THEMATIQUE	66
	BIBLIOGRAPHIE	68
	SITOGRAFIE.....	72

Introduction

Quel que soit les scénarios considérés, les simulations climatiques réalisées à ce jour par Météo-France pour le territoire français font état de bouleversements pour l'ensemble des activités et des secteurs socioéconomiques. En effet même en agissant dès maintenant, la réduction de la concentration des gaz à effet de serre se fera avec un décalage dans le temps du fait de la durée de vie des gaz dans l'atmosphère (de 100 ans pour le CO₂ à des milliers d'années pour les gaz fluorés) et impliquera une hausse progressive des températures planétaires. A ce jour, l'enjeu essentiel est donc d'anticiper les effets possibles du changement climatique et de s'y adapter.

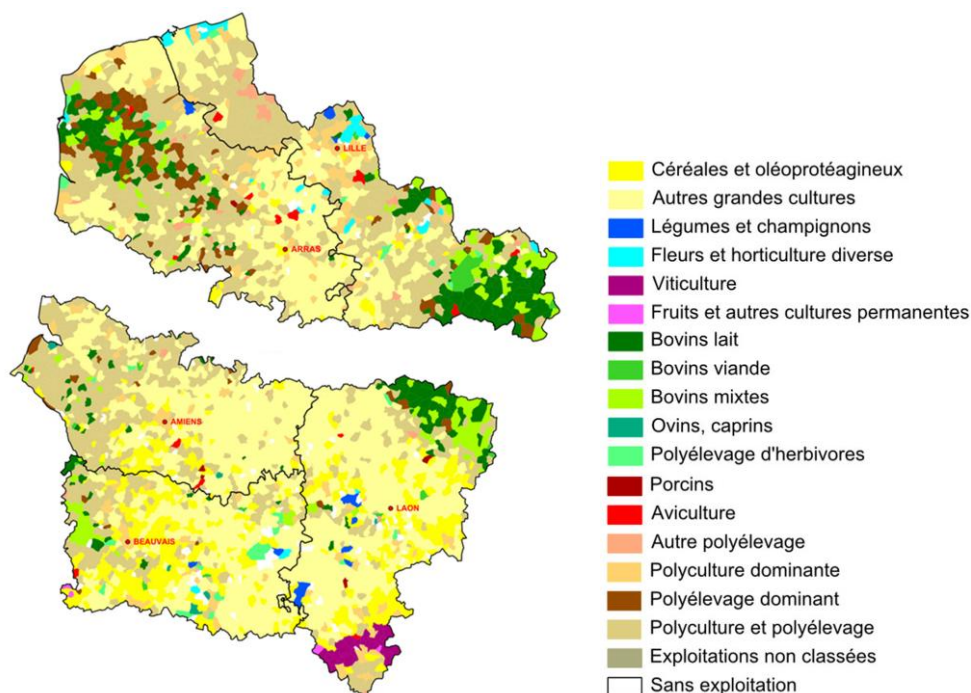
C'est dans ce contexte que l'étude MEDCIE Pays du Nord, comprenant les deux régions administratives du Nord-Pas-De-Calais et de la Picardie, a été lancée. En effet, délimitée au Nord par la frontière franco-belge, à l'Est par la région Champagne-Ardenne, au Sud par le bassin francilien et à l'Ouest et Nord-Ouest par la Manche et la mer du Nord, ce territoire bénéficie d'un riche patrimoine environnemental et de zones agricoles étendues. Or, ce territoire présente également de nombreux facteurs de vulnérabilité au changement climatique en raison de l'importance majeure de certaines activités socioéconomiques sensibles aux évolutions du climat, telles que l'agriculture, la sylviculture, le tourisme, etc. Par ailleurs, le territoire est également exposé à des risques naturels qui seront potentiellement directement influencés par le changement climatique.

Suite à la première phase de l'étude qui constituait une analyse des simulations climatiques de Météo-France pour les Pays du Nord ainsi que des entretiens des acteurs locaux, l'objectif du présent rapport de phase 2 est d'analyser plus précisément les principaux axes de vulnérabilité du territoire afin de mieux anticiper et limiter les vulnérabilités locales. Quatre enjeux considérés comme primordiaux seront précisément étudiés, à savoir :

- Les impacts du changement climatique sur les productions et les pratiques agricoles et forestières ;
- Les impacts sanitaires du changement climatique ;
- Les impacts du changement climatique sur la biodiversité et les zones humides spécifiques au territoire ;
- Les impacts du changement climatique sur les risques côtiers, et plus précisément sur les phénomènes d'érosion des côtes et l'évolution de la salinité aux abords des côtes des Pays du Nord.

Les impacts du changement climatique sur les productions et les pratiques agricoles et forestières

L'agriculture et la sylviculture sont deux activités prépondérantes en Picardie et en Nord-Pas-de-Calais. Constituée de grandes exploitations à forte productivité agricole, la Picardie affiche depuis longtemps un territoire à dominance rurale avec près de 70% de sa surface occupée par des parcelles agricoles et comme principales productions végétales les betteraves à sucre, les céréales (blé notamment), les légumes destinés à la transformation et les pommes de terre¹. Elle constitue la première région en termes de production de betterave à sucre avec plus du tiers de la production nationale, la deuxième pour les tubercules de consommation et en termes de superficies consacrées au blé, la troisième pour la production de lin textile, la deuxième pour le champagne² et la deuxième pour les pois protéagineux³. Le Nord-Pas-de-Calais constitue également une importante région agricole : grâce à des conditions climatiques actuellement favorables, la surface agricole utile (SAU) représente 66% de son territoire. Parmi ses principales productions, on compte le blé, la betterave à sucre, les légumes frais ou encore les pommes de terre qui demeurent ses points forts⁴. La forêt occupe également une place importante dans les deux régions puisqu'elle couvre 18% de la surface régionale picarde et 9% du Nord-Pas-de-Calais⁵.



CARTE 1 : LES GRANDES ORIENTATIONS AGRICOLES DES TERRITOIRES DE LA MEDCIE PAYS DU NORD EN 2010⁶

¹ Site internet de la Chambre d'Agriculture de Picardie <http://www.chambres-agriculture-picardie.fr/agriculture-et-economie/agriculture-picarde.html>

² Site internet de la Chambre d'Agriculture de Picardie <http://www.chambres-agriculture-picardie.fr/agriculture-et-economie/agriculture-picarde.html>

³ Site internet AGRESTE <http://agreste.agriculture.gouv.fr/en-region/picardie/>

⁴ Site internet AGRESTE <http://agreste.agriculture.gouv.fr/en-region/nord-pas-de-calais/>

⁵ Institut National de de l'Information Géographique et Forestière, La surface forestière en France métropolitaine <http://www.ifn.fr/spip/spip.php?rubrique11>

⁶ Site internet AGRESTE <http://agreste.agriculture.gouv.fr/en-region/nord-pas-de-calais/> & <http://agreste.agriculture.gouv.fr/en-region/picardie/>

Les productions agricoles et forestières étant profondément liée aux conditions climatiques, l'évolution attendue des paramètres climatiques (hausse des températures, modification du régime des précipitations) et l'éventuelle recrudescence d'événements climatiques extrêmes entraîneront des impacts divers sur les pratiques et les productions. La littérature met en avant des conséquences telles que une évolution contrastée des rendements agricoles, des modifications des calendriers agricoles, une baisse de la qualité des produits ou encore une incidence plus importante des ravageurs.

1 L'impact attendu du changement climatique sur les productions agricoles

1.1 Une évolution contrastée des rendements agricoles

Le changement climatique devrait entraîner des impacts différenciés sur les productions agricoles obligeant les agriculteurs à adapter leurs pratiques et usages des sols aux nouvelles conditions climatiques. En effet, bien que l'incertitude soit importante, ces modifications pourraient entraîner une évolution contrastée des rendements sous l'effet combiné de la hausse des températures, de la baisse de la ressource en eau et de l'augmentation de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère. Selon l'étude CLIMATOR menée par l'INRA en 2010⁷, on pourrait observer :

- **A court et moyen terme, une augmentation des rendements agricoles** dans les régions aujourd'hui relativement fraîches telles que le Nord de la France en raison d'une élévation modérée des températures et de la hausse de CO₂ dans l'atmosphère qui favoriseraient le processus de photosynthèse et diminueraient les besoins en eau de certaines cultures, notamment celles de type C3 telles que le blé, très répandu sur le territoire d'étude. Ces modifications climatiques pourraient également permettre le développement de certaines cultures jusque-là peu ou pas développées dans les Pays du Nord telles que le maïs ou le tournesol, cultures à forte demande thermique⁸. Toutefois, ces effets bénéfiques liés au changement climatique sont à nuancer car ils pourraient être limités en raison des phénomènes ponctuels et potentiellement plus intenses de sécheresses et de canicules, notamment en période estivale. Par ailleurs, l'impact potentiellement plus important des risques naturels sur le territoire devrait également peser davantage sur les rendements ;
- **A long terme, une fragilisation voire un amenuisement des productions agricoles** en raison d'une augmentation trop importante des températures et d'un stress hydrique plus intense. En effet, selon les simulations climatiques de Météo-France, on devrait observer une augmentation des températures annuelles moyennes comprise entre 1,8 et 3°C à l'horizon 2080 et une baisse des précipitations au cours du XXI^e siècle⁹. Or, le dépassement d'un certain optimum thermique et hydrique devrait entraîner des conséquences négatives pour les cultures, et notamment les plus sensibles au manque d'eau¹⁰.

Le rapport CLIMATOR présente des tendances concernant l'évolution de certaines productions agricoles à l'échelle du Centre-Nord de la France comprenant la Picardie et le Nord-Pas-de-Calais. Ainsi, le changement climatique devrait conduire à une augmentation significative des rendements de blé de 8% dans un futur proche (2020-2050 correspondant au climat de 2035) et de 10% dans un futur lointain (2070-2100 correspondant au climat de 2085) et de la production de maïs grain selon l'ensemble des hypothèses climatiques¹¹. Le maïs ainsi devrait également voir leur productivité augmenter dans un futur proche quelle que soit l'hypothèse climatique alors que le colza devrait stagner si aucune évolution technique ne s'opère, les impacts négatifs du changement climatique empêchant la culture de profiter du CO₂ atmosphérique et de la réduction du risque de gel¹².

⁷ BRISSON - LEVRAULT - ANR - INRA, 2007-2010, Livre vert du projet CLIMATOR

⁸ BRISSON - LEVRAULT - ANR - INRA, 2007-2010

⁹ Météo-France - DATAR, Février 2012, Fourniture d'indicateur pour caractériser le changement climatique

¹⁰ BRISSON - LEVRAULT - ANR - INRA, 2007-2010

¹¹ BRISSON - LEVRAULT - ANR - INRA, 2007-2010

¹² Météo-France - DATAR, Février 2012, Fourniture d'indicateur pour caractériser le changement climatique

Par ailleurs, selon l'Institut Technique de la Betterave, la betterave pourrait également bénéficier des modifications climatiques attendues¹³. Après une baisse de productivité, la betterave, essentiellement utilisée à des fins industrielles pour la production de bio carburant, connaît depuis quelques années une augmentation de ses rendements. Alors qu'il y a 10 ans l'exploitation d'un hectare produisait 5 000 litres de carburant, aujourd'hui il en produit 8 000. Bien que les progrès technologiques soient en partie responsables de cette progression, le facteur climatique jouera également un rôle important dans son évolution¹⁴. Par exemple, selon les observations de l'institut du Végétal Arvalis sur l'évolution des rendements agricoles de la Picardie, on observe depuis les années 1960 un plafonnement des rendements de blé, une hausse des rendements de la betterave en raison de cycles végétatifs plus longs et d'investissements plus importants pour cette culture et une progression des rendements de maïs¹⁵.

Hormis la hausse progressive des températures, l'augmentation de la fréquence des périodes de fortes chaleurs pourraient également constituer une menace importante pour l'agriculture. Lors de la canicule de 2003, le Nord-Pas-de-Calais et la Picardie n'ont pas été autant impactés que les régions méridionales françaises. Les rendements, toutes cultures confondues (endive exceptée) ont connu une progression par rapport à 2002 pour le Nord-Pas-de-Calais¹⁶. Les départements de la Somme et le nord de l'Aisne ont connu de bons rendements. Seul le département de l'Oise a été reconnu « sinistré au titre des calamités agricoles » en 2004 par la commission nationale des calamités agricoles, et de ce fait a reçu une indemnisation¹⁷. Toutefois, il n'est pas exclu que la recrudescence de tels événements au cours du XXI^e siècle conduise à la fragilisation de la filière agricole du territoire d'étude. Il s'agira alors pour les deux régions d'anticiper les impacts.

Le changement climatique devrait donc impacter de façon différenciée l'agriculture des Pays du Nord selon les différents horizons temporels pris en compte, avec de nouvelles potentialités agricoles mais également des cultures qui seraient plus fragiles, ainsi que des changements dans la répartition géographique des cultures¹⁸. Face à ces constats, les agriculteurs devront adapter leurs pratiques et choix culturaux en tenant compte de ces nouvelles conditions climatiques. Des mesures sont d'ailleurs déjà enclenchées : l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) travaille depuis quelques années sur l'adaptation de l'agriculture aux phénomènes plus fréquents de sécheresses et/ou de pluies intenses et mène des études prospectives et des recherches sur les systèmes de cultures durables en procédant à des sélections génétiques de plantes et des croisements entre deux qualités de variétés, en particulier celles dites rustiques c'est-à-dire plus robustes aux événements climatiques et moins sensibles à la sécheresse ou au gel en hiver par exemple¹⁹. Par ailleurs, des réflexions sont également engagées quant aux pratiques agricoles telles que le décalage de la période des semis, notamment pour éviter la surconsommation d'eau²⁰.

1.2 De nouvelles difficultés liées à l'augmentation des besoins en eau pour l'irrigation

Si les simulations climatiques réalisées par Météo-France offrent des données sur l'évolution des précipitations moyennes annuelles et estivales attendues au cours du XXI^e siècle, avec notamment des tendances à la baisse, il reste aujourd'hui difficile d'évaluer l'impact du changement climatique sur la ressource en eau, notamment à l'échelle d'un bassin versant. En ce qui concerne le bassin Artois-Picardie, bien que des baisses de débits estivaux

¹³ Institut technique de la betterave, 2010, Evolution des rendements depuis 1990 : un effet favorable du changement climatique ?

¹⁴ Entretien du 15 avril 2011 de Jean-Pascal HOPQUIN de la Chambre Régionale d'Agriculture de Picardie

¹⁵ Institut technique de la betterave, 2010

¹⁶ INSEE Nord-Pas-de-Calais, 2003, Bilan socio-économique 2003, Le Nord-Pas-de-Calais épargné par la sécheresse

¹⁷ INSEE Picardie, 2004, La Picardie affectée par la sécheresse

¹⁸ BRISSON - LEVRAULT - ANR - INRA, 2007-2010

¹⁹ Entretien du 20 février 2012 de Gilles GANDEMER de l'INRA

²⁰ Entretien du 20 février 2012 de Gilles GANDEMER de l'INRA

soient recensées sur certains cours d'eau depuis les 30 dernières années, il n'est pas possible d'affirmer que celles-ci soient directement imputables au changement climatique²¹.

Toutefois, certaines études mettent d'ores-et-déjà en évidence certains impacts que l'on pourrait potentiellement observer sur les débits des cours d'eau à l'horizon 2050. Ainsi, le changement climatique pourrait principalement entraîner²² :

- D'une part, une augmentation des consommations d'eau de l'agriculture pour l'irrigation en raison de l'élévation des températures, du développement de nouvelles cultures plus consommatrices combinés à la baisse de la pluviométrie efficace (augmentation de l'évapotranspiration sous l'effet de l'élévation des températures) ralentissant la recharge des nappes. A terme, cela pourrait entraîner une raréfaction de la ressource et une hausse des besoins en irrigation²³ ;
- D'autre part, une dégradation de la qualité de la ressource liée à la diminution des débits des cours d'eau et à une augmentation de la concentration de polluants. Par ailleurs, comme expliqué dans le chapitre Risques côtiers, la hausse attendue du niveau de la mer combinée à la potentielle intensification des phénomènes côtiers (submersion marine, érosion, houles, marées, vagues, etc.) pourraient conduire au déplacement de l'équilibre de salinité des sols et des nappes proches. En effet, l'équilibre existant entre eau douce et eau salée est particulièrement fragile sur les espaces littoraux de dunes notamment. Le changement climatique pourrait donc déstabiliser cet équilibre et conduire à la fermeture des captages situés dans un périmètre suffisamment proche de la côte²⁴.

Depuis les années 1990, on observe une baisse des surfaces irriguées des régions Nord-Pas-de-Calais et Picardie. De 1995 à 2007, ces surfaces ont respectivement diminué de près de 38% et de 17%²⁵. Aujourd'hui, elles représentent donc une part relativement peu importante de la surface agricole totale du territoire d'étude. Or, avec les modifications climatiques attendues, ces espaces « frais » pourraient faire face à une augmentation progressive des températures s'accompagnant de besoins plus importants en matière d'irrigation. D'autant plus que ces régions disposent chacune de parcelles irrigables qui pourraient être mobilisées en cas de hausse trop importante des températures. Au-delà de l'augmentation des températures, c'est l'évolution du régime pluviométrique qui apparaît comme le véritable enjeu lié au changement climatique²⁶.

TABLEAU 1 : SUPERFICIES IRRIGUEES ET IRRIGABLES POUR L'AGRICULTURE EN 2007 ET EVOLUTION DE 1995 A 2007 POUR LE NORD-PAS-DE-CALAIS ET LA PICARDIE (SOURCE : SOES, 2007, BASE DE DONNEES EIDER [HTTP://WWW.STATS.ENVIRONNEMENT.DEVELOPPEMENT-DURABLE.GOUV.FR/EIDER/TABLES.DO#](http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/Eider/tables.do#))

	SAU des exploitations (ha)			Dont superficie en cultures irriguées (ha)				Dont superficies irrigables (ha)			
	1995	2007	Evolution de 1995 à 2007 en %	1995	2007	Evolution de 1995 à 2007 en %	Part dans la SAU totale en 2007	1995	2007	Evolution 1995-2007	Part dans la SAU totale 2007
Nord-Pas-de-Calais	850111	826228	-2,8	15452	9679	-37,4	1,2	27874	41301	48,2	5
Picardie	1348196	1334404	-1	34079	28328	-16,9	2,1	97947	139616	42,5	10,5
France métropolitaine	28107030	27541223	-2	1629534	1488685	-8,6	5,4	2510366	2642790	5,3	9,6

²¹ Entretien du 22 avril 2011 de Florent GUIBERT de l'Agence de l'eau Artois Picardie

²² Entretien du 22 avril 2011 de Florent GUIBERT de l'Agence de l'eau Artois Picardie

²³ Entretien du 22 avril 2011 de Florent GUIBERT de l'Agence de l'eau Artois Picardie

²⁴ Agence de l'Eau Artois-Picardie, octobre 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 ?

²⁵ SOES, 2007, Base de données EIDER <http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/Eider/tables.do#>

²⁶ Entretien du 15 avril 2011 de Jean-Pascal HOPQUIN de la Chambre Régionale d'Agriculture de Picardie

Dans le cadre d'une étude prospective menée par l'Agence de l'Eau Artois-Picardie en 2008 sur l'impact du changement climatique sur la gestion des ressources en eau du bassin Artois-Picardie²⁷, des scénarios d'évolution des pressions sur la ressource du bassin ont été réalisés. S'ils ne prétendent pas refléter exactement la situation hydrologique future en raison des incertitudes inhérentes à leur construction, ils permettent de mettre en évidence les questions qui sont et deviendront primordiales en matière de gestion de l'eau pour l'ensemble des secteurs d'activités consommateurs tels que l'industrie, le tourisme ou encore l'agriculture. L'étude met donc en évidence :

- **Le scénario d'évolution du bassin au regard du changement climatique dit « bas »** qui prend en compte une hausse des températures moyennes de 1,5°C au cours du XXI^e siècle, des hivers plus doux, des vagues de froid et des jours de gel moins fréquents ainsi que des étés plus agréables. Dans ce contexte, l'étude fait état d'une augmentation progressive des rendements agricoles ainsi que de l'extension des surfaces de cultures qui n'étaient pas très développées auparavant et très consommatrice d'eau, telles que le maïs culture, qui serait désormais bien représentées dans la production globale. Parallèlement, ce scénario met également en évidence une hausse des prélèvements agricoles pour l'irrigation, ce qui contribue à la baisse plus importante des ressources et à une intensification de la pression lors des périodes de chaleur intense²⁸ ;
- **Le scénario d'évolution du bassin au regard du changement climatique dit « haut »** qui prend en compte une hausse des températures moyennes de 3 à 4°C au cours du XXI^e siècle, des températures moyennes dépassant 6°C en hiver et avoisinant les 22°C en période estivale, ainsi qu'une raréfaction des vagues de froid. Le scénario considère également des canicules plus importantes (des dizaines de jours par an), ainsi que des sécheresses plus fréquentes et s'étalant sur de longues périodes. Dans ce contexte, l'agriculture du bassin qui bénéficiait de la hausse relative des températures avec des rendements plus importants verrait les pressions s'intensifier. Ainsi, les agriculteurs qui auraient développé des productions plus exigeantes en eau seraient en difficulté. Par ailleurs, la ressource en eau, notamment pour les besoins en irrigation, serait de plus en plus limitée en raison des demandes trop importantes et des conflits d'usage entre les secteurs consommateurs. L'agriculture serait globalement confrontée à des épisodes chroniques de sécheresse, à une baisse des rendements et à un accès plus difficile à la ressource. Cela entraînerait à terme la disparition d'un grand nombre d'exploitations non préparées à ces modifications²⁹.

Si cette étude montre la vulnérabilité du bassin Artois-Picardie aux modifications climatiques attendues pour le XXI^e siècle, elle prouve également qu'une démarche d'adaptation et de préparation à ces changements est indispensable afin d'éviter des impacts négatifs trop importants.

1.3 Une évolution attendue de la qualité des rendements

Les modifications climatiques attendues devraient entraîner une évolution de la qualité des rendements agricoles, et notamment des productions d'appellations d'origine contrôlées et protégées (AOC et AOP) régies par des cahiers des charges stricts. En effet, la qualité et les caractéristiques de ces productions sont directement liées à leur provenance géographique et aux conditions locales de production. La labélisation AOC et AOP demande donc obligatoirement un lien étroit existant entre le produit et l'espace géographique délimité du terroir et ses caractéristiques naturelles et climatiques. La reconnaissance en AOC ou AOP d'un produit est ainsi la garantie de la notoriété d'une région ou d'une localité³⁰.

Si cette problématique touche relativement moins le territoire d'étude que le reste de la France en raison du nombre limité de productions AOC directement liées aux conditions climatiques, des répercussions pourraient être visibles avec :

²⁷ Agence de l'Eau Artois-Picardie, octobre 2008

²⁸ Agence de l'Eau Artois-Picardie, octobre 2008

²⁹ Agence de l'Eau Artois-Picardie, octobre 2008

³⁰ Institut National de l'Origine et de la Qualité (INAO), février 2011, Guide du demandeur d'une appellation d'origine (AOC/AOP)
http://www.inao.gouv.fr/public/home.php?pageFromIndex=textesPages/AOC_et_AOP232.php~mnu=232

- Paradoxalement, une incidence positive de la hausse des températures avec dans le Nord de la France, une hausse des rendements de produits viticoles dont certains labellisés. En effet, comme observé depuis quelques années en région Champagne-Ardenne, on pourrait constater une augmentation des rendements liée essentiellement à la progression du poids des grappes de raisin;
- Des impacts négatifs du changement climatique tels que l'avancée des stades phénologiques (modifications des calendriers des récoltes avec des vendanges survenant plus tôt) ou encore une agressivité plus importante de certains ravageurs et l'apparition de nouveaux qui rendront cette question de la qualité de la vigne plus prégnante. Selon l'étude CLIMATOR, l'ensemble des parcelles de vignobles actuelles devrait être concerné par l'augmentation des températures nocturnes et risquerait une dégradation de qualité des raisins en termes d'arômes et de polyphénols si aucune adaptation n'est mise en œuvre³¹. La Picardie pourrait par exemple voir ses productions AOC telles que le Pommeau de Normandie ou le Calvados (eau de vie de cidre)³² remises en question.

Sachant que ces productions bénéficient d'une valorisation économique réelle, leur dégradation serait particulièrement problématique pour les régions concernées.

2 L'impact du changement climatique sur l'élevage

2.1 L'impact du changement climatique sur la productivité des prairies

L'élevage sera particulièrement impacté par la hausse des températures et la survenue plus importante de phénomènes de sécheresses et de canicules. Bien que les modèles climatiques actuels ne permettent pas de prévoir de façon robuste l'incidence du changement climatique sur les prairies, une réduction de leur productivité apparaît être une hypothèse envisageable³³. On pourrait donc observer une baisse de productivité des prairies et de la disponibilité des ressources fourragères indispensables à l'alimentation du bétail³⁴. La production de fourrages est singulièrement sensible aux températures élevées et au manque d'eau. Selon les simulations réalisées par l'INRA sur l'état hydrique des prairies dans le cadre du projet CLIMATOR, on devrait constater une augmentation de la demande en eau de ces systèmes en raison de la concentration plus importante en CO₂ de l'atmosphère, de la hausse des températures et du rayonnement qui intensifient l'évapotranspiration. La diminution des précipitations devrait parallèlement amplifier le stress hydrique en période estivale. Ainsi, l'effet bénéfique préalable du CO₂ et de la diminution de l'évapotranspiration sur la productivité des prairies ne devrait pas suffire à compenser l'augmentation des sécheresses et des températures qui induisent une demande hydrique toujours plus pressante.

La Picardie et le Nord-Pas-de-Calais, qui font partie des régions de France affichant les taux de rendements et les surfaces de prairies les plus importants, pourraient donc être particulièrement concernées par ces impacts. Lors de la canicule de 2003, on a observé une production fourragère exceptionnellement faible sur l'ensemble du territoire national avec une baisse de 30% de la production nationale³⁵. A titre d'exemple, le fétuque qui est une plante pérenne actuellement cultivée pour la production fourragère en Picardie³⁶, pourrait voir sa productivité s'amenuiser au cours du XXI^e siècle³⁷. Dans ce contexte, l'adaptation des exploitations d'élevage, directement dépendantes des prairies et de la croissance de l'herbe, avec la mise en place notamment de stocks fourragers, de dispositifs de vente et/ou de partage des ressources fourragères entre les régions ou encore une plus grande

³¹ BRISSON - LEVRAULT - ANR - INRA, 2007-2010

³² Site internet officiel des Terroirs de Picardie <http://www.terroirsdepicardie.com/>

³³ BRISSON - LEVRAULT - ANR - INRA, 2007-2010

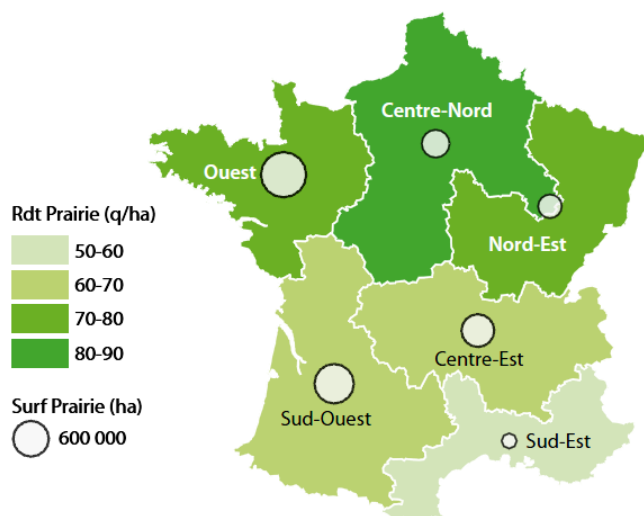
³⁴ INRA, octobre 2006, Sécheresse et agriculture : Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau

³⁵ Ciais et al. Nature 2005 in présentation Soussana

³⁶ RMT Biomasse, juin 2009, Culture pérenne - Le Fétuque http://www.chambres-agriculture-picardie.fr/fileadmin/documents/publications/energie_biomasse/RMT_biomasse/504-Fiche_culture_fetuque.pdf

³⁷ BRISSON - LEVRAULT - ANR - INRA, 2007-2010

diversification de la production fourragère (autres espèces herbacées, légumineuses, sorgho...), apparaît comme indispensable.



CARTE 2 : SURFACES ET MOYENNES DES RENDEMENTS DES PRAIRIES EN FRANCE DE 2000 A 2007 (SOURCE : BRISSON - LEVRAULT - ANR - INRA, 2007-2010)

2.2 Des impacts sanitaires sur les animaux d'élevage potentiellement plus prégnants

L'incidence directe du changement climatique sur le bétail concerne d'une part l'effet du stress hydrique et thermique sur les animaux d'élevage, et d'autre part l'émergence ou l'exacerbation de maladies affectant le bétail.

La hausse des températures et des périodes de fortes chaleurs pourrait entraîner une mortalité importante du bétail en raison d'une hausse de l'inconfort thermique et hydrique, entraînant des baisses de productivité (notamment concernant l'élevage laitier)³⁸. Or, l'élevage et les produits relatifs au bétail constituent une activité importante pour les régions Picardie et Nord-Pas-de-Calais qui disposent d'un cheptel important. Par ailleurs, le Nord-Pas-de-Calais constitue le 5^e bassin laitier de France. En 2007, la filière lait représentait près de 374 millions d'euros de chiffres d'affaires (soit 48% du chiffre d'affaires animal) et 15% de la production nationale de lait³⁹.

TABLEAU 2 : EVOLUTION DES EFFECTIFS DES ANIMAUX EN PICARDIE ET NORD-PAS-DE-CALAIS EN MILLIERS DE TETES DE 1990 A 2008 (SOURCE : DONNEES AGRESTE)

³⁸ Chase, 2005, Climate Change Impacts on Dairy Cattle. Climate Change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses

³⁹ Site internet du Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais

http://www.nordpasdecals.fr/communiqués_presse/comm-2010/014.asp

en millier de têtes	1990	2000	2005	2006	2007	2008
Nord - Pas-de-Calais						
Bovins	790	727	681	695	699	701
dont vaches laitières	263	215	199	192	190	189
dont vaches nourrices	56	70	72	80	81	81
Ovins	100	62	65	67	64	61
Caprins	3	2	2	2	2	2
Porcins	638	569	532	523	530	524
Picardie						
Bovins	669	575	533	552	556	556
dont vaches laitières	193	151	141	136	135	135
dont vaches nourrices	64	75	72	76	77	76
Ovins	135	99	103	106	101	92
Caprins	3	2	2	2	2	2
Porcins	174	170	178	177	179	181

Le changement climatique pourrait par ailleurs entraîner la prolifération de vecteurs de maladies et de parasites avec des impacts plus ou moins importants sur les populations animales. En effet, la hausse des températures prévue devrait engendrer l'apparition et/ ou la redistribution géographique de certaines maladies infectieuses à vecteur, notamment dans les territoires plus au Nord, avec par exemple le virus du Nil occidental ou encore la fièvre catarrhale ovine et bovine (FCO), maladie infectieuse virale vectorielle se transmettant presque exclusivement par piqûre du diptère hématophage *C. Imicola*⁴⁰.

La FCO est apparue en France en 2006 et a entraîné une crise sanitaire en 2008 puis une campagne de vaccination de l'Etat en 2009-2010. Elle est désormais présente sur la majeure partie du territoire français et a fortiori sur notre territoire d'étude.

Si l'arrivée d'un vecteur dans un secteur apparaît indépendante du changement climatique (elle résulte davantage des échanges et transports), les modifications climatiques attendues pourraient favoriser son extension et développement et conduire à des choix plus contrôlés en matière de sélection génétique et de développement de races de bétail⁴¹. Il est donc nécessaire à ce jour d'anticiper ces impacts en menant des recherches plus approfondies sur les mesures d'adaptation de l'activité d'élevage permettant de mieux prendre en considération ces risques.

3 L'impact du changement climatique sur la productivité et les pratiques forestières

3.1 Impact du changement climatique sur la croissance et les caractéristiques phénologiques des forêts

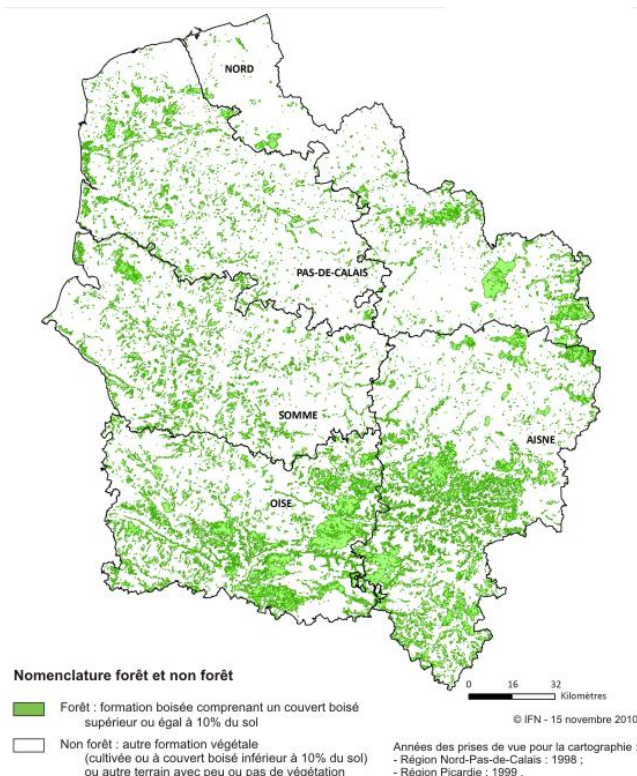
Les milieux forestiers représentent 9% du territoire nord-pas-de-calaisien et 18% du territoire picard, ce qui équivaut à un taux de boisement faible en comparaison à la moyenne nationale qui est de 29,4%⁴². Ces parcelles forestières constituent un atout, aussi bien en termes de biodiversité (les deux régions comptent des territoires bien associés à la ressource bois comme la Sambre-Avesnois, le sud de l'Aisne et de l'Oise et les quatre Parcs naturels régionaux Cap et Marais d'Opale, Scarpe-Escaut, PNR de l'Avesnois et Oise-Pays de France), que de ressource sylvicole pour les deux régions (en 2008, les deux régions comptaient près de 7 000 entreprises d'exploitation forestière employant plus de 43 000 salariés pour des productions variées telles que le sciage-travail du bois, l'ameublement et la menuiserie, la construction bois, le négoce, l'industrie papetière ou le

⁴⁰ AFSSA, 2005, Fièvre catarrhale ovine

⁴¹ Organisation des Nations Unies, Biodiversité des animaux d'élevage et changements climatiques <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0112f/i0112f16.pdf>

⁴² Institut National de de l'Information Géographique et Forestière, La surface forestière en France métropolitaine <http://www.ifn.fr/spip/spip.php?rubrique11>

transport et l'entreposage)⁴³. Les essences forestières majoritaires en Nord-Pas-de-Calais et Picardie sont la chêne pédonculé à hauteur de 24%, le frêne commun à 19%, le hêtre à 15% et le peuplier à 10%⁴⁴.



TABEAU 3 : CARTE FORESTIERE DES REGIONS PICARDIE ET NORD-PAS-DE-CALAIS (SOURCE : IFN, NOVEMBRE 2010, REGION DU NORD-PAS-DE-CALAIS ET DE LA PICARDIE - CARTE FORESTIERE [HTTP://WWW.INSEE.FR/FR/THEMES/DOCUMENT.ASP?REG_ID=19&REF_ID=17020&PAGE=PAGES_DE_PROFILS/P10_84/GRAPHIQUE_S.HTM#CART1](http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=19&ref_id=17020&page=pages_de_profils/p10_84/graphique_s.htm#cart1))

S'il est difficile d'établir précisément à ce jour l'impact du changement climatique sur les espaces forestiers et les filières sylvicoles associées, certaines conséquences attendues font déjà consensus auprès de la communauté scientifique. On pourrait donc constater :

- À court et moyen terme, un impact positif sur la productivité de forêts du fait de l'augmentation des températures et de la diminution du nombre de jours de gel. Toutefois, il semble que ces effets bénéfiques pourraient être contrecarrés par les phénomènes extrêmes de canicules et de sécheresses qui devraient être plus fréquents ou encore par la baisse des précipitations qui entraînerait un stress hydrique plus marqué⁴⁵ ;
- À long terme, l'évolution contrastée de la pluviométrie qui stimule la croissance des arbres (régime pluviométrique très intense en hiver et en déficit au printemps lors de la croissance des arbres), l'élévation trop importante des températures et la multiplication d'épisodes de sécheresses et de canicules devraient provoquer un dépérissement de la population sylvestre ainsi qu'une baisse du taux de boisement⁴⁶.

Ces évolutions pourraient donc fragiliser les filières économiques directement dépendantes de l'exploitation du bois dans les pays du Nord. D'autant plus que certaines essences forestières souffrent davantage lors de périodes de sécheresses et de manque de froid. C'est le cas par exemple du hêtre dont le cycle de vie est plus long que

⁴³ INSEE, http://www.nordpasdecalais.fr/environnement/plan_foret/telechargement/etude_INSEE.pdf

⁴⁴ CRPF Nord-Pas-de-Calais Picardie, mai 2008, Aléas et changement climatique : conséquences sur nos forêts

⁴⁵ ONERC, 2009, Changement climatique : coûts des impacts et pistes d'adaptation & Entretien du 20 Février 2012 de Julie PARGADE du CRPF Nord-Pas-de-Calais Picardie

⁴⁶ Entretien du 20 Février 2012 de Julie PARGADE du CRPF Nord-Pas-de-Calais Picardie

pour l'agriculture. Or, les bois et les forêts des deux régions sont significativement constitués de feuillus dont le chêne et le hêtre qui constituent notamment des essences importantes pour l'ameublement et la menuiserie⁴⁷.

Par ailleurs, le changement climatique pourrait conduire à des modifications des stades phénologiques des espèces forestières au cours du XXI^e siècle. On pourrait ainsi constater des variations interannuelles des rythmes forestiers saisonniers (feuillaison, jaunissement automnal et durée de la saison de végétation) en fonction des essences, du climat et de la région⁴⁸.

Dans ce contexte, l'anticipation des effets du changement climatique doit constituer une priorité dès à présent⁴⁹. Des recommandations sont d'ores-et-déjà émises par les gestionnaires forestiers (ONF et CRPF) telles que la plantation d'espèces plus adaptées aux conditions futures, l'arrêt des plantations monospécifiques, l'étagement des plantations forestières. Par exemple, lors du passage de la tempête de 1999, les forêts des Landes avaient été particulièrement touchées en raison de la similitude de l'ensemble des arbres en matière d'âge et d'espèce. La diversification des espèces et des types d'occupation des sols apparaissent comme des mesures d'adaptation pertinentes afin de favoriser un système forestier résistant⁵⁰.

3.2 Vers une redistribution géographique des forêts ?

Les modifications climatiques attendues devraient conduire à des changements dans la répartition des aires favorables aux différentes espèces forestières présentes sur les territoires⁵¹. Les résultats du projet CARBOFOR mené par l'INRA en 2005 font ainsi état d'une diminution des aires favorables à certaines espèces forestières de montagne notamment et d'une extension de l'aire de répartition d'espèces forestières des plaines de l'Ouest ou du Sud-ouest qui couvrirait l'ensemble du territoire d'étude⁵².



FIGURE 21 : EVOLUTION DE L'AIRES POTENTIELLE DU GROUPE D'ESPÈCES VÉGÉTALES D'APRÈS LE PROGRAMME CARBOFOR (SOURCE : CRPF NORD-PAS-DE-CALAIS PICARDIE, ALEAS ET CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR NOS FORÊTS)

Cette redistribution pourrait donc représenter des enjeux importants, notamment pour le territoire d'étude où la filière forestière est importante. Le hêtre par exemple qui est une essence importante dans les régions Picardie et Nord-Pas-de-Calais pourrait être particulièrement impacté par les modifications climatiques attendues et voir son aire de développement réduite à l'horizon 2100, selon les résultats du projet CARBOFOR.

⁴⁷ Source : http://www.nordpasdecalais.fr/environnement/plan_foret/telechargement/etude_INSEE.pdf

⁴⁸ Site internet de l'ONF, La phénologie et le climat

<http://www.onf.fr/renecofor/sommaire/resultats/climat/phenologie/20090122-155229-610136/@@index.html>

⁴⁹ Entretien du 15 avril 2011 de Jean-Pascal HOPQUIN de la Chambre Régionale d'Agriculture de Picardie

⁵⁰ Entretien du 1^{er} mars 2012 de Jean-Marc VALET du Conservatoire botanique national de Bailleul

⁵¹ BADEAU et al., 2005, Projet Carbofor

⁵² BADEAU et al., 2005

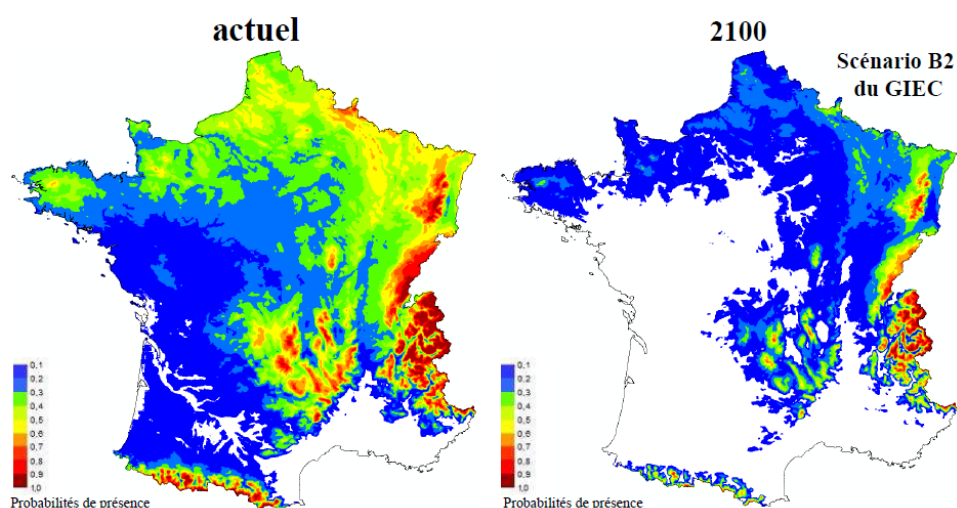
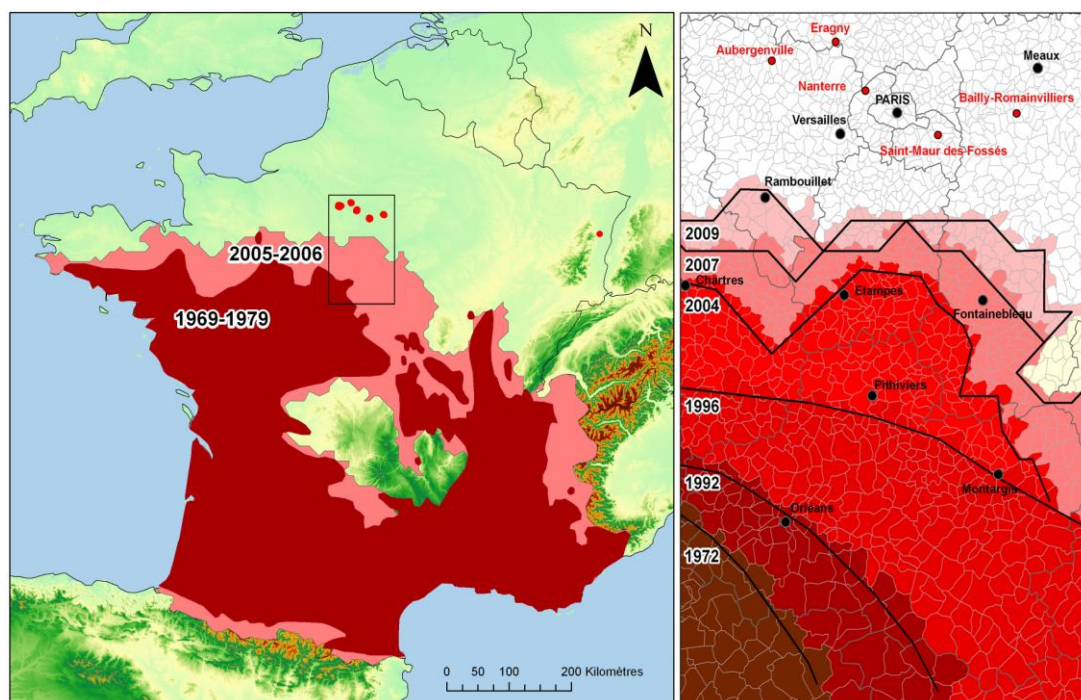


FIGURE 1 : EVOLUTION DE L'AIRES POTENTIELLE DE DEVELOPPEMENT DU HETRE EN FRANCE (SOURCE : BADEAU ET AL., 2005, PROJET CARBOFOR)

3.3 Impact des ravageurs et parasites

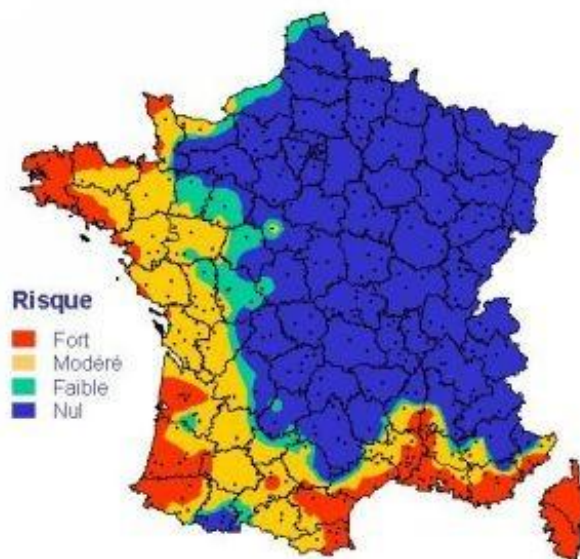
L'évolution des paramètres climatiques pourrait également entraîner des changements dans la répartition de certains bioagresseurs et parasites entraînant alors, selon les territoires, une augmentation de certaines espèces nuisibles pour les forêts. On pourrait alors constater :

- Une extension des aires de répartition géographique de certains ravageurs. La chenille processionnaire du pin est un des ravageurs les plus surveillés aujourd'hui en France et dont le lien avec le changement climatique a été définitivement établi. Le front d'expansion de la processionnaire est d'ailleurs considérée par l'ONERC comme un indicateur d'impact du changement climatique. Alors que cet insecte se trouvait essentiellement dans la zone méditerranéenne et le long du littoral atlantique, il progresse depuis quelques années vers le Nord de la France et en altitude avec à ce jour un premier nid de front qui se situe à 36km de Paris. Cette chenille cause de sévères dégâts aux résineux ainsi que des problèmes sanitaires (allergies) ;



CARTE 3 : EVOLUTION DE LA PROCESSIONNAIRE DU PIN EN FRANCE (SOURCE : INRA ORLEANS, JUILLET 2006, LA PROCESSIONNAIRE DU PIN [HTTP://WWW.ORLEANS.INRA.FR/LES_UNITES/UR_ZOOLOGIE_FORESTIERE/PROCESSIONNAIRE_DU_PIN](http://www.orleans.inra.fr/les_unites/ur_zoologie_forestiere/procectionnaire_du_pin))

- L'apparition de nouveaux ravageurs ou de nouvelles maladies du fait notamment du développement des transports favorisant l'échange de maladies ou de ravageurs d'autres zones géographiques. On peut citer les maladies de l'encre du chêne et de l'oïdium du chêne, respectivement provoquées par les champignons pathogènes *Phytophthora cinnamomi* et *Erysiphe alphitoides* introduits en France depuis une centaine d'années. Ces maladies sont particulièrement nocives pour les arbres puisque la première provoque la formation d'un chancre sur la partie basse du tronc qui détériore fortement le bois produit et la seconde un feutrage blanc sur les feuilles des chênes ce qui ralentit la croissance des arbres par réduction de la photosynthèse. Si à ce jour les régions Picardie et Nord-Pas-de-Calais sont considérées comme faiblement sensibles au développement de ces maladies (contrairement au pourtour méditerranéen, au sud-ouest et à l'ensemble Bretagne-Cotentin considérés comme zones à fort risque), la hausse des températures et du nombre d'hiver doux pourraient conduire à la remontée progressive de ces affections⁵³ ;



CARTE 4 : LE ZONES A RISQUE POUR LE DEVELOPPEMENT DE L'ENCRE DU CHENE EN FRANCE (INRA, JUIN 2004, LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE PEUT ACCROITRE LE RISQUE DE MALADIES DES ARBRES - EXEMPLES DE L'ENCRE ET DE L'OÏDIUM DU CHENE)

- Une augmentation du nombre et de la diversité de certaines populations de ravageurs⁵⁴. En effet, selon une étude réalisée par l'INRA sur 8 sites français, le nombre d'espèces de pucerons a augmenté très sensiblement au cours des 40 dernières années avec l'apparition d'une espèce par an et par site en moyenne, soit près de 8 espèces de plus par degré Celsius supplémentaire. L'augmentation des températures favoriserait donc l'introduction d'espèces nouvelles et stimulerait l'apparition d'espèces auparavant rares⁵⁵.

Or, bien que les régions Picardie et Nord-Pas-de-Calais ne sont pas encore soumises à ces impacts, elles devraient être touchées puisque la plupart des essences forestières développées sur leur territoire, telles que le hêtre, le chêne pédonculé, le merisier ou encore le frêne, sont particulièrement sensibles aux changements globaux, et particulièrement à l'action des ravageurs.

⁵³ INRA, juin 2004, Le réchauffement climatique peut accroître le risque de maladies des arbres. Exemples de l'encre et de l'oïdium du chêne http://www.inra.fr/presse/le_rechauffement_climatique_peut_accroitre_le_risque_de_maladies_des_arbres_exemples_de_l_encre_et_de_l_oidium_du_chene

⁵⁴ INRA, février 2007, Ravageurs et maladies dans un contexte de réchauffement climatique : résultats de recherche http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/changement_climatique/evaluer_predire_les_impacts/ravageurs_et_maladies_dans_un_contexte_de_rechauffement_climatique

⁵⁵ INRA, juin 2007, Le réchauffement climatique augmente la biodiversité des pucerons http://www.inra.fr/la_sciences_et_vous/dossiers_scientifiques/changement_climatique/evaluer_predire_les_impacts/ravageurs_et_maladies_dans_un_contexte_de_rechauffement_climatique/rechauffement_climatique_augmente_biodiversite_pucerons

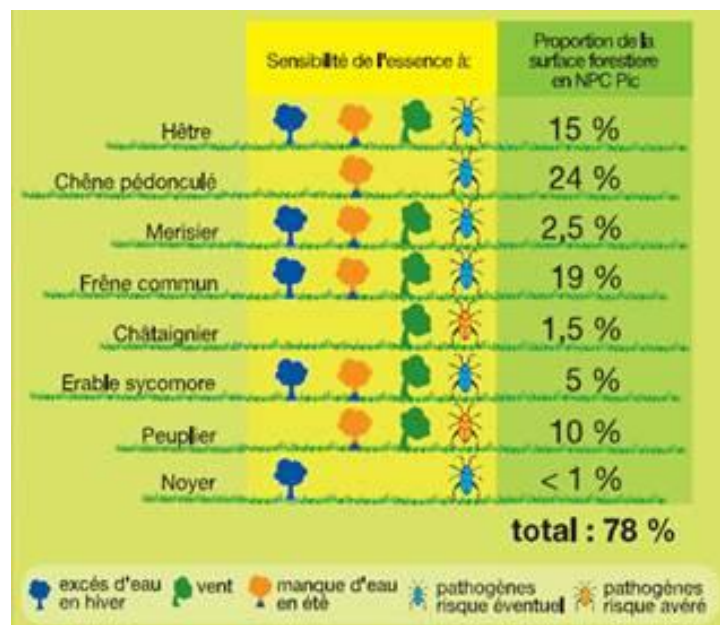
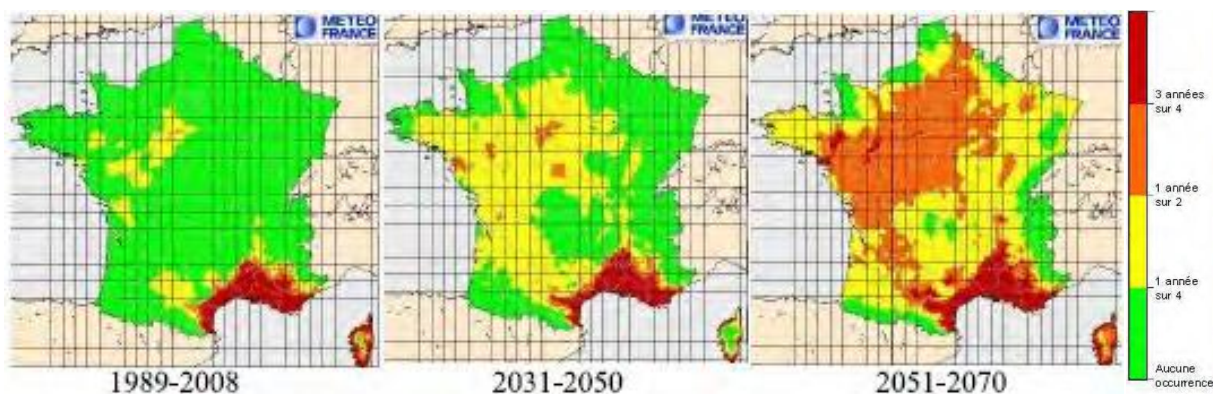


FIGURE 20 : SENSIBILITE DES ESSENCES IMPLANTEES EN NORD-PAS-DE-CALAIS ET PICARDIE AUX ALEAS CLIMATIQUES AU CHANGEMENT CLIMATIQUE (SOURCE : CRPF NORD-PAS-DE-CALAIS PICARDIE, MAI 2008, ALEAS ET CHANGEMENT CLIMATIQUE : CONSEQUENCES SUR NOS FORETS
[HTTP://WWW.CRPFNORPIC.FR/IMAGES/BROCHURE_TECHNIQUE/CHANGEMENTS_CLIMATIQUES/CHANGEMENTS_CLIMATIQUES.PDF](http://www.crpfnorpic.fr/images/brochure_technique/changements_climatiques/changements_climatiques.pdf))

3.4 Impact spécifiques des risques naturels : le cas des feux de forêts et des tempêtes

Les espaces forestiers sont particulièrement sensibles aux risques d'incendies et de tempêtes. Bien que l'incertitude soit significative s'agissant des effets du changement climatique sur les tempêtes, la survenue de ces aléas climatiques entraîne des pertes importantes pour les forêts qui sont directement impactées. Ainsi, selon les données disponibles à ce jour, il est établi :

- D'une part, malgré les incertitudes dans les données et les scénarios pris en compte, que le changement climatique entraînera une augmentation plausible de la propension à l'éclosion et à la propagation initiale des feux. C'est notamment l'Indice Forêt Météo (IFM) qui permet d'évaluer l'évolution du niveau de risque en fonction des paramètres météorologiques et des caractéristiques de la végétation. La carte ci-dessous présente la proportion de temps où l'on observerait un IFM supérieur à un seuil critique déterminé par les experts de Météo-France et de l'ONF. Il apparaît que le risque de feux de forêt devrait progressivement augmenter. Une remontée vers le nord du risque s'opérera avec notamment des territoires jusque-là épargnés (risque inexistant) qui seront touchés, tels que la Picardie et le Nord-Pas-de-Calais.



CARTE 5 : EVOLUTION DU RISQUE DE FEUX DE FORETS EN FRANCE (SOURCE : MEDDTL - CONSEIL GENERAL DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE, JUILLET 2010, CHANGEMENT CLIMATIQUE ET EXTENSION DES ZONES SENSIBLES AUX FEUX DE FORETS)

- D'autre part, bien que le lien entre le changement climatique et la survenue de tempêtes exceptionnelles ne soit pas clairement défini en raison de l'importante incertitude relative à ces phénomènes⁵⁶, qu'une potentielle augmentation du nombre de tempêtes en France, bien que modérée⁵⁷, pourrait avoir des conséquences importantes sur les populations forestières. En effet, les retours d'expérience du passage de tempêtes en France mettent en évidence la sensibilité exacerbée de ces espaces naturels à ces phénomènes. Par exemple, suite au passage de la tempête de 1999, 12% de la surface forestière française a été dévastée, dont 71 000ha de forêts publiques détruites et 25 000ha en forêt privée⁵⁸. Si les tempêtes ont jusqu'à maintenant peu affecté le secteur forestier de la Picardie et du Nord-Pas-de-Calais⁵⁹, ce constat pourrait potentiellement changer au cours du XXI^e siècle.

Si le changement climatique conduit à une hausse généralisée de ces phénomènes naturels dans le Nord de la France, les espaces forestiers pourraient être très affectés avec une régénération de ces espaces qui seraient très lentes : selon l'ONF, il faut près de 50 ans pour qu'une forêt se rétablisse et près de 100 ans pour qu'elle retrouve son état antérieur à un phénomène de tempête.

⁵⁶ Site internet de Météo France, janvier 2009, La tempête du 24 janvier 2009

http://france.meteofrance.com/jsp/site/Portal.jsp?&page_id=10320&document_id=20279&portlet_id=42233

⁵⁷ Programme de recherche IMFREX (2003)

⁵⁸ ONF, Faire renaître la forêt après la tempête

http://www.onf.fr/lorraine/@@display_advise.html?oid=IN00000009e3

⁵⁹ Entretien du 20 février 2012 de Julie PARGADE du Centre Régional de la Propriété Forestière

4 Tableau de synthèse thématique

<i>Impact</i>	<i>Exposition : paramètres climatiques à considérer</i>	<i>Axes de vulnérabilité</i>	<i>Points d'appui en matière d'adaptation</i>
Evolution des rendements agricoles (hausse à court terme puis baisse à moyen long terme)	Hausse des températures moyennes annuelles Baisse des précipitations annuelles moyennes Augmentation du nombre de jours de sécheresse et de canicule Augmentation de la concentration en CO2 dans l'atmosphère	<ul style="list-style-type: none"> • Evolution attendue des ressources en eau en termes de quantité et de qualité • Importance des cultures de type C3 dans les Pays du Nord (blé, ...) qui devraient voir à court et moyen terme, une augmentation de leurs rendements agricoles • Importance de la betterave industrielle pour la production de bio carburant avec depuis quelques années une augmentation de ses rendements • Augmentation des rendements de blé dans un futur proche (2020-2050) et dans un futur lointain (2070-2100) 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité de développement de nouvelles cultures peu ou pas développées dans les Pays du Nord, notamment celles à plus forte demande thermique (maïs ou le tournesol) mais aussi plus résistantes à la sécheresse • Etude de l'Agence de l'eau Artois Picardie sur l'évaluation de la disponibilité en eau avec le changement climatique à venir
Baisse de productivité agricole en raison du manque d'eau	Hausse des températures moyennes annuelles Baisse des précipitations annuelles moyennes Augmentation du nombre de jours de sécheresse et de canicule	<ul style="list-style-type: none"> • Baisse des débits estivaux du bassin Artois-Picardie depuis 30 ans • Selon l'Agence de l'Eau Artois-Picardie, hausse attendue des températures moyennes de 1,5 à 4°C au cours du XXIe siècle selon les différents scénarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Etudes nationales réalisées mettant en évidence les impacts probables du changement climatique sur les débits des cours d'eau à l'horizon 2050 • Etude prospective menée par l'Agence de l'Eau Artois-Picardie en 2008 sur l'impact du changement climatique sur la gestion des ressources en eau • Baisse des surfaces irriguées du Nord-Pas-de-Calais et de Picardie de 38% et de 17% depuis les années 1990 • Possibilité de développement des rendements agricoles et extension des surfaces de cultures peu développées sur le territoire (ex. : maïs)

Impact du changement climatique sur l'élevage	<p>Hausse des températures moyennes annuelles</p> <p>Augmentation du nombre de jours de sécheresse et de canicule</p> <p>Baisse des précipitations annuelles moyennes</p> <p>Augmentation de la concentration en CO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Importance de l'élevage et des produits dérivés dans les régions Picardie et Nord-Pas-de-Calais • Production fourragère très sensible aux températures élevées et au manque d'eau avec une hausse attendue de la demande d'eau de ces cultures au cours du XXI^e siècle • Picardie et Nord-Pas-de-Calais affichent les taux de rendements et les surfaces de prairies parmi les plus importants • Présence du fétuque sur le territoire d'étude qui verrait potentiellement sa productivité s'amenuiser au cours du XXI^e siècle • Remontée du virus du Nil occidental ou de la fièvre catarrhale ovine et bovine (FCO) plus au Nord de la France 	<ul style="list-style-type: none"> • Retour d'expérience des canicules de 2003 ou de 2011 avec notamment la mise en place de systèmes de stocks fourragers ou de dispositifs de vente et/ou de partage des ressources fourragères entre les régions
Hausse de la productivité des forêts à court terme et baisse à moyen long terme	<p>Hausse des températures moyennes annuelles</p> <p>Augmentation du nombre de jours de sécheresse et de canicule</p> <p>Baisse des précipitations annuelles moyennes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Parcelles forestières de la Picardie et du Nord-Pas-de-Calais constituant un atout en termes de biodiversité et de ressource sylvicole • Présence d'essences forestières sensibles aux périodes de sécheresses et de manque de froid : hêtre ou chêne 	<ul style="list-style-type: none"> • Taux de boisement faible en comparaison à la moyenne nationale qui est de 29,4% de la Picardie et du Nord-Pas-de-Calais • Recommandations émises par les gestionnaires forestiers (ONF et CRPF) sur la gestion des espaces forestiers (arrêt des plantations monospécifiques, étagement des plantations forestières, etc.)
Augmentation du nombre de parasites et espèces envahissantes	<p>Hausse des températures moyennes annuelles</p> <p>Baisse des précipitations annuelles moyennes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Progression vers le Nord de la France et en altitude de la chenille processionnaire du pin avec un premier nid située à 36km de Paris. • Développement des transports des Pays du Nord qui favorise l'échange de maladies ou de ravageurs d'autres zones géographiques • Progression des maladies de l'encre du chêne et de l'oïdium du chêne qui touchent aujourd'hui le sud-ouest et l'ensemble Bretagne-Cotentin • Apparition d'une espèce par an et par site en moyenne, soit près de 8 espèces de plus par degré Celsius supplémentaire. • Forte proportion d'espèces forestières sensibles aux changements globaux, et particulièrement à l'action des ravageurs dans les Pays du Nord (chêne, hêtre, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chenille processionnaire du pin est une des ravageurs les plus surveillés en France et dont le lien avec le changement climatique a été définitivement établi • Possibilité de diversifier les essences afin de minimiser l'impact des parasites et ravageurs

Les impacts sanitaires du changement climatique

Les interactions entre santé et conditions climatiques sont multiples, l'Organisation Mondiale de la Santé a lancé un plan d'action pour établir les conséquences sanitaires d'une modification du régime climatique afin de mieux prévenir leurs effets négatifs⁶⁰. Lors de la canicule de 2003 nous avons eu un exemple de l'intensité des dommages que le climat pouvait causer sur les conditions de santé des populations. Avec une estimation de 44 000 morts en Europe dont près de 15 000 en France⁶¹, la canicule de 2003 a été, en Europe, l'évènement climatique le plus extrême et mortifère de ces dernières décennies. Cet évènement a mis en lumière le besoin de préparation et de prise en charge des systèmes de santé afin de contrer la surmortalité causée par les risques sanitaires dus au climat.

Si pour le moment, le plus frappant des risques sanitaires induits par le changement climatique est l'augmentation des températures, d'autres impacts pourraient se produire tels que l'augmentation du risque allergène, la dégradation de la qualité de l'eau, ... Le changement climatique pourrait par ailleurs exacerber certains risques naturels, avec des conséquences sanitaires à anticiper.

La capacité d'adaptation d'un territoire à ces impacts dépendra en partie de la capacité du système de santé à prévoir et prendre en charge. L'accessibilité aux soins est ici déterminante.

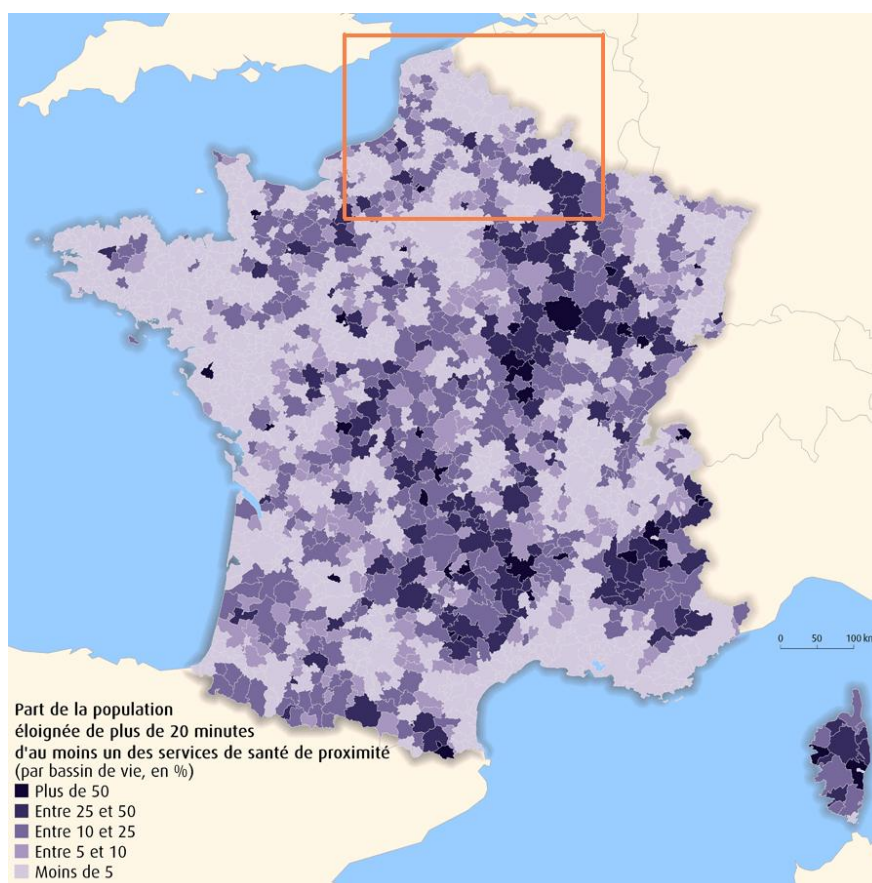


FIGURE 2 : PART DE LA POPULATION ELOIGNEE DE PLUS DE 20 MINUTES D'UN SERVICE DE SANTE DE PROXIMITE EN 2006 (SOURCE : INSEE, 2006, BASE PERMANENTE DES EQUIPEMENTS [HTTP://WWW.STATISTIQUES.DEVELOPPEMENT-DURABLE.GOUV.FR/INDICATEURS-INDICES/F/1832/1346/ACCESSIBILITE-SOINS-PROXIMITE.HTML](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/indicateurs-indices/F/1832/1346/ACCESSIBILITE-SOINS-PROXIMITE.HTML))

⁶⁰ Organisation Mondiale de la santé, 2009, Rapport du secrétariat de la 62ème assemblée mondiale de la santé, point 12.7 de l'ordre du jour.

⁶¹ Organisation Mondiale de la santé, 2008, Rapport du secrétariat de la 61ème assemblée mondiale de la santé, point 11.11 de l'ordre du jour.

1 L'impact de l'augmentation des températures et des canicules sur la santé publique

1.1 L'impact de l'inconfort thermique

Selon les simulations climatiques réalisées par Météo-France et fournies par la DATAR⁶², on devrait constater une augmentation généralisée des températures annuelles dans l'ensemble du territoire d'étude (Nord-Pas-de-Calais et Picardie) selon l'ensemble des scénarios socioéconomiques considérés. Ainsi, à l'horizon 2030, le scénario le plus optimiste annonce une augmentation des températures annuelles comprise entre 1 et 1,4°C. A cette augmentation générale des températures devraient s'ajouter des épisodes caniculaires plus fréquents et possiblement plus intenses. En effet, selon le scénario médian A1B, si à l'horizon 2030, le nombre cumulé de jours de canicule sur la période de 30 ans 2016-2045 serait de 5 jours pour la partie nord du territoire et jusqu'à 20 jours pour le sud au niveau de l'Oise, il atteindrait 60 jours sur la période 2036-2065, et entre 40 et 300 jours sur la période 2066-2095⁶³.

Or, une augmentation des périodes caniculaires pourrait conduire à une recrudescence des risques sanitaires liés au confort thermique des populations sur l'ensemble de la France, et notamment en Picardie et en Nord-Pas-de-Calais, comme cela avait été constaté lors de la canicule de 2003. Cet événement exceptionnel avait mis en avant les principaux points de vulnérabilité aux fortes chaleurs variant selon les individus en fonction :

- **De l'âge** qui constitue un facteur déterminant puisque les personnes âgées, principalement celles vivant seules ou connaissant des problèmes de santé, sont particulièrement vulnérables. Lors de la canicule de 2003, 82% des décès en France ont touché les personnes de plus de 75 ans⁶⁴. Une surmortalité significative de +120% chez les plus de 80 ans a été relevée⁶⁵ ;
- **Des conditions de santé** avec une sensibilité plus importante des personnes fragiles, malades et/ou handicapées ;
- **De la localisation** car les températures extrêmes ont un impact plus marqué dans les centres urbains, en raison de l'îlot de chaleur et/ou de l'exposition à l'ozone troposphérique qui sont des facteurs aggravant des canicules. Lors de la canicule de 2003, les grandes villes ont connu les taux de surmortalité les plus importants⁶⁶ ;
- **Du niveau socioéconomique** avec une fragilité importante des personnes habitant des logements précaires, mal ventilés et donc plus exposés aux températures extrêmes ;
- **De l'isolement social** et de la solitude extrême, notamment des personnes les plus fragiles. La canicule d'août 2003 a mis en évidence l'isolement d'un grand nombre de personnes âgées, auxquelles il n'a pas pu être porté secours, faute de les avoir identifiées⁶⁷.

Bien que les régions de la MEDCIE Pays du Nord aient été moins touchées par la canicule de 2003 que le reste du territoire en raison d'un nombre moindre de jours dont les températures dépassaient 35°C (entre 0 et 8 jours contre 10 à 12 jours pour le Centre et la Bourgogne, régions les plus touchées après l'Île-de-France)⁶⁸ et de l'habitat rural dispersé qui a favorisé une meilleure ventilation notamment en Picardie⁶⁹, cet événement exceptionnel a révélé la grande fragilité de ces régions à la chaleur. Suite à la canicule, 1 657 décès ont été

⁶² Météo-France - DATAR, Février 2012, Fourniture d'indicateur pour caractériser le changement climatique

⁶³ Météo-France - DATAR, Février 2012

⁶⁴ ONERC, 2010, Villes et adaptation au changement climatique

⁶⁵ INSERM, 2004, Surmortalité liée à la canicule d'août 2003. Hémon D., Jouglé E.

⁶⁶ INSERM, 2004

⁶⁷ AFSSET, 2004, Impacts sanitaires des installations de climatisation. Contribution au Plan Canicule.

⁶⁸ Météo France, 2004, Bilan météorologique de la canicule d'août 2003

⁶⁹ INSEE Picardie, 2004, Démographie : 2003 assombrie par les décès dus à la canicule, page 5

recensés sur l'ensemble du territoire picard avec une augmentation de la surmortalité de 31% par rapport à la même période en 2002, touchant essentiellement les personnes âgées de plus de 70 ans⁷⁰. Les décès des 70-89 ans se sont accrus de 36% et ceux des plus de 90 ans de 52% par rapport à 2002⁷¹. Dans le Nord-Pas-de-Calais, 2 175 décès ont été recensés.

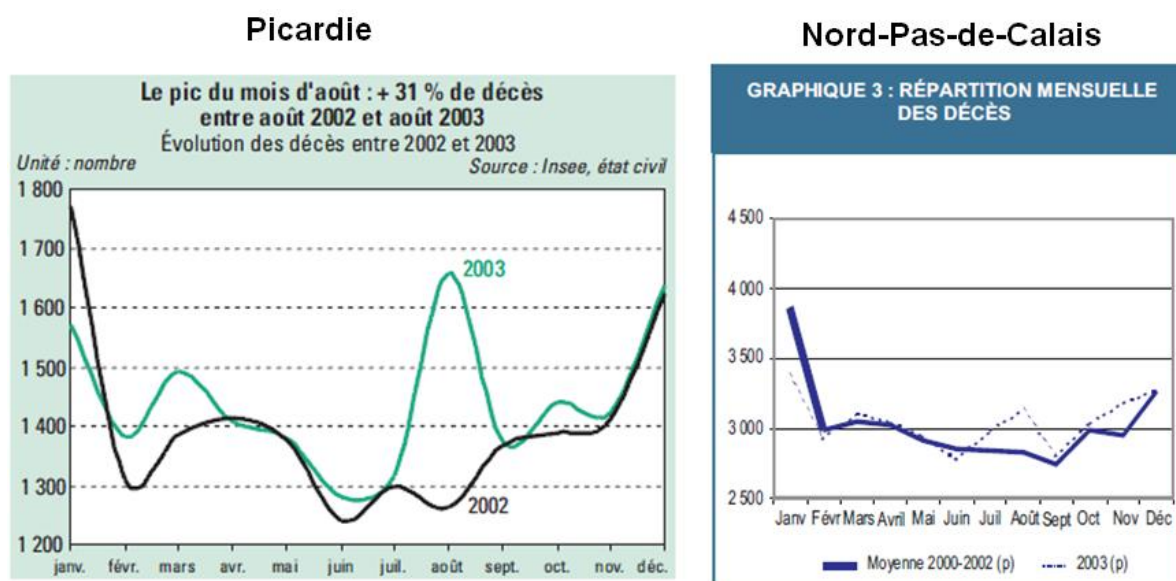


FIGURE 3 : MORTALITÉ SURVENUE AU MOIS D'AOUT 2003 EN PICARDIE ET EN NORD-PAS-DE-CALAIS (SOURCE : INSEE, 2004, DEMOGRAPHIE : 2003 ASSOMBRIE PAR LES DÉCÈS DUS À LA CANICULE & INSEE NORD-PAS-DE-CALAIS, JUIN 2004, 2003 : BILAN DEMOGRAPHIQUE)

En 2003, la part de la population âgée de la Picardie et du Nord-Pas-de-Calais était moins importante que dans le reste de la France⁷². Or aujourd'hui le vieillissement de la population, dû à l'allongement de l'espérance de vie et à l'arrivée des « papi-boomer », est plus prégnant⁷³. D'après les projections de l'INSEE⁷⁴, la population âgée de 70 ans à 2040 dépassera 10 000 personnes par tranche d'âge dans le Nord et la Picardie et on compterait un peu moins de 10 000 personnes par tranche d'âge âgées de plus de 70 ans dans le Pas-de-Calais (cela signifie que l'on devrait constater par exemple 10 000 personnes de plus de 70 ans, 10 000 personnes de plus de 71 ans, etc. dans le Nord et la Picardie). Les plus de 70 ans représenteront donc pour les deux régions plusieurs dizaines de milliers de personnes alors qu'en 2007 elles n'étaient qu'un peu plus de 5 000⁷⁵. La population de ces régions devrait donc être plus vulnérable en cours du XXI^e siècle alors même que les jours caniculaires devraient augmenter sur la même période.

⁷⁰ INSEE Picardie, 2004,

⁷¹ INSEE Picardie, 2004,

⁷² INSEE Picardie, 2004

⁷³ INSEE, décembre 2010, Horizon 2040 : stagnation de la population du Nord-Pas-de-Calais et forte augmentation des 80 ans ou plus & INSEE Picardie, décembre 2010, Plus de 2 millions de Picards en 2040

⁷⁴ INSEE, décembre 2010

⁷⁵ En 2007, les effectifs des plus de 60 ans étaient d'environ 5 000 personnes par tranche d'âge de un an. En 2040, les projections annonçaient une augmentation d'environ 10 000 personnes par tranche d'âge de un an de 60 jusqu'à 75 ans, âge après lequel la mortalité augmente.

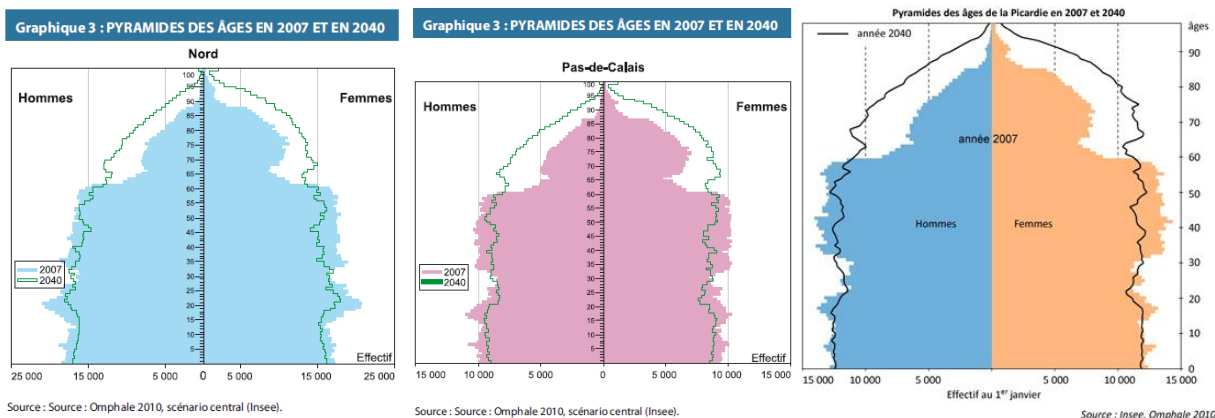


FIGURE 4 : PYRAMIDES DES ÂGES EN 2007 ET LES PROJECTIONS A 2040 POUR LES DEPARTEMENTS DU NORD, DU PAS-DE-CALAIS ET POUR LA PICARDIE (SOURCE : INSEE, DECEMBRE 2010, HORIZON 2040 : STAGNATION DE LA POPULATION DU NORD-PAS-DE-CALAIS ET FORTE AUGMENTATION DES 80 ANS OU PLUS & INSEE PICARDIE, DECEMBRE 2010, PLUS DE 2 MILLIONS DE PICARDS EN 2040)

Comme expliqué précédemment, le faible niveau socioéconomique constitue également un facteur de vulnérabilité en raison d'un accès plus difficile à l'information et aux soins, et à la précarité des habitations. En 2009, 8,5% des personnes âgées de 65 ans et plus en Picardie et 9,9 % dans le Nord-Pas-de-Calais se situaient, selon l'INSEE, sous le seuil de pauvreté⁷⁶.

Certains indicateurs sur le territoire, s'ils ne peuvent directement être mis en lien avec la vulnérabilité face aux canicules, fournissent une appréciation des conditions de santé et des inégalités territoriales en la matière. Ainsi, l'espérance de vie est plus faible dans les deux régions qu'à l'échelle nationale (84,2 ans pour les femmes et 80,8 ans pour les hommes). Dans le Nord-Pas-de-Calais, elle atteint 80,8 ans pour les femmes et 72,4 ans pour les hommes⁷⁷ alors qu'en Picardie elle est de 82,8 ans pour les femmes et de 75,8 ans pour les hommes⁷⁸. Les premières causes de mortalité sont les troubles cardiovasculaires, les maladies respiratoires et les tumeurs⁷⁹. Sur une population qui connaît déjà des conditions de santé parfois précaires, l'impact de fortes vagues de chaleur dans les années à venir pourrait donc s'aggraver.

La canicule de 2003 a également mis en évidence le manque de systèmes dédiés à la prise en charge des personnes sensibles lors de tels événements. En effet, l'accessibilité aux soins est l'un des paramètres qui augmente ou décroît la vulnérabilité de la population. Une absence ou une carence en équipement en période de canicule peut constituer un facteur important de vulnérabilité. Même si la structure démographique de deux régions ne basculera pas vers une majorité de personnes âgées, il est certain que la part de population vieillissante augmentera. Aujourd'hui, si la densité de médecins généralistes pour les personnes âgées des régions Nord-Pas-de-Calais et Picardie est supérieure à la moyenne française (entre 10 à 12 généralistes pour 1 000 seniors, hors agglomérations, sur le territoire d'étude contre une moyenne de 10,1 pour la France hexagonale)⁸⁰, des différences existent entre les différents territoires infra-régionaux. De plus, le taux d'équipement en nombre de lits en maison de retraite est inférieur à la moyenne française (49%) pour le Nord-Pas-de-Calais, avec un taux de 37,1% dans le Pas-de-Calais et 37,8% dans le Nord. Dans ce contexte, il est donc important de réfléchir à l'adéquation de la prise en charge de ce plus grand nombre de personnes sensibles au vu

⁷⁶ INSEE, 2011, taux de pauvreté en 2009

http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=99&ref_id=taux_pauvrete_2009

⁷⁷ INSEE, 2006, Femmes en Nord-Pas-de-Calais – Regards sur la Parité

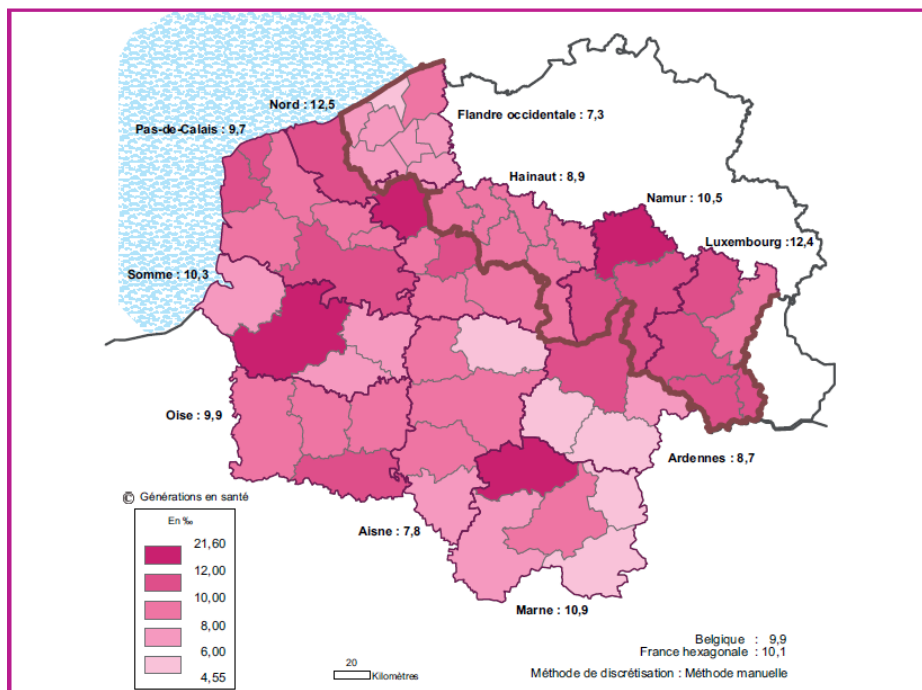
⁷⁸ INSEE, 2009, Thème Population, chiffre clé pour la Picardie.

http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=18&ref_id=poptc02402

⁷⁹ INSEE, 2002, Espérance de vie et mortalité dans le Nord-Pas-de-Calais

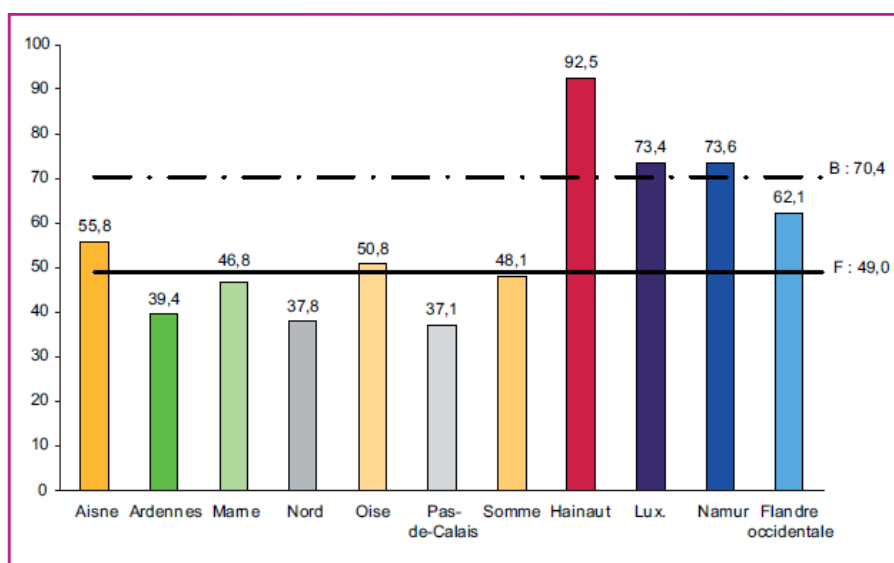
⁸⁰ INTERREG - ORS - OSH, 2008-2012, Tableau de bord transfrontalier de la santé
http://www.or2s.fr/portals/0/tbts/seniors_280911.pdf

des infrastructures et des systèmes d'alerte mis en place en cas de canicule. En Picardie en revanche, ce taux se rapproche de la moyenne, voire la dépasse pour l'Aisne et l'Oise. La région picarde est également bien équipée en offre de services de soins à domicile : 19,4% contre 17,4% en moyenne nationale.



F – Adeli 2008

B – INAMI 2007



F – Finess au 10/05/2010

B – INAMI 06/2009

* MR/MRS - Ehpad

FIGURE 5 : DENSITE DE MEDECINS GENERALISTES EN 2007-2008 POUR 1 000 SENIORS ET DENSITE DE LITS EN MAISON DE RETRAITES EN 2009-2010 POUR 1 000 SENIORS EN MEDCIE PAYS DU NORD (SOURCE : INTERREG - ORS - OSH, 2008-2012, TABLEAU DE BORD TRANSFRONTALIER DE LA SANTE [HTTP://WWW.OR2S.FR/PORTALS/0/TBTS/SENIORS_280911.PDF](http://www.or2s.fr/PORTALS/0/TBTS/SENIORS_280911.PDF) & [HTTP://WWW.OR2S.FR/PORTALS/0/TBTS/SENIORS_280911.PDF](http://www.or2s.fr/PORTALS/0/TBTS/SENIORS_280911.PDF))

Zoom sur l'augmentation des personnes âgées dépendantes en Picardie

La dépendance d'une personne peut être définie comme une incapacité à effectuer les gestes essentiels de la vie quotidienne en raison d'une maladie, d'un handicap ou d'un âge avancé. Ces personnes ont donc besoin d'un accompagnement régulier, voire quotidien. Elles constituent donc une population particulièrement fragile, notamment lors des événements extrêmes tels que les canicules, mais également lors d'autres événements climatiques intenses.

Or, selon les projections réalisées par l'INSEE, la population dépendante picarde de plus de 60 ans à l'horizon 2030 devrait s'élever à 33 500 personnes. La mise en place d'infrastructures adaptées sera donc indispensable pour assurer une prise en charge optimale de ces personnes, particulièrement en période de fortes chaleurs.

Source : INSEE Picardie, décembre 2009, *Les personnes âgées dépendantes d'ici 2020 : perspectives et besoins* http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?req_id=18&ref_id=15827 & Site de Vauban Humanis <http://www.pourlesaidants.fr/definition-dependance>

1.2 L'impact singulier de l'effet d'îlot de chaleur urbain

La localisation en milieu urbain joue un rôle prépondérant dans l'accentuation de l'impact caniculaire en raison de l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU). L'ICU est un phénomène physique climatique à échelle urbaine qui se définit par une différence de température entre un milieu urbain et son environnement périphérique. Dans les très grandes villes, le différentiel peut atteindre jusqu'à 16°C en fin de nuit⁸¹. La formation et la variation de l'intensité de ce phénomène engendré par la ville s'expliquent selon plusieurs paramètres⁸² :

- **Les matériaux utilisés dans la construction du bâti.** Chaque matériau est caractérisé par une inertie thermique et un albédo plus ou moins forts qui représentent sa capacité à stocker et à restituer de la chaleur reçue du soleil et sa température de surface. En milieu urbain, davantage de chaleur est stockée qu'en milieu végétalisé en raison des propriétés des matériaux composant les infrastructures urbaines (bâtiments, voies de transports, etc.) ce qui explique le microclimat qui peut se former sur les villes ;
- **Le modèle d'urbanisation et de développement des villes** selon la densité urbaine et anthropique et le type d'activités développées (industrielle, tertiaire). La ville est par nature un lieu de concentration d'activités humaines émettrices de chaleur telles que les transports, l'industrie, le chauffage ou la climatisation. Ces émissions anthropiques de chaleurs accentuent donc le phénomène de réchauffement.
- **Les conditions naturelles, climatiques et météorologiques.** Les points de végétation jouent un rôle de régulation naturelle grâce à l'évapotranspiration et à l'évaporation qui contribuent au rafraîchissement de l'atmosphère. La présence de points verts est donc indispensable pour prévenir les températures trop extrêmes. C'est pour cela que les espaces périphériques de campagne, plus végétalisés que la ville, sont moins concernés par ces pics de températures ;
- **Le plan d'urbanisme, l'orientation urbaine et le positionnement des rues** qui ont une incidence sur la température de la ville et sont responsables de la formation de microclimat dans les quartiers très denses dénués d'espaces verts ou de plan d'eau.

La canicule de 2003 a mis en évidence l'incidence de l'ICU dans les agglomérations et les liens existant entre le taux de surmortalité et la localisation en zone urbaine. En région picarde, par rapport à 2002, 25% de décès

⁸¹ Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France, novembre 2010, Les îlots de chaleurs urbains - Répertoire de fiches de connaissance

⁸² Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France, novembre 2010

supplémentaire en zone rurale ont été comptabilisés, contre 37% de décès supplémentaire en zone urbaine⁸³. Selon les projections de l'INSEE quant à la progression du nombre de personnes de 65 ans et plus à Lille à 2020, on devrait observer un accroissement de la population urbaine. L'agglomération de Lille-Roubaix-Tourcoing est directement concernée par l'ICU au vu de ses activités industrielles et de son habitat très dense. Lille métropole présente une densité de 1 693 habitants au km²⁸⁴. De plus le bâti lillois utilise essentiellement la brique comme matériau de construction. Ce matériau a un albédo compris entre 0,20 et 0,40, soit un pouvoir réfléchissant très faible qui engendre une inertie thermique forte et un lent refroidissement du matériau⁸⁵.

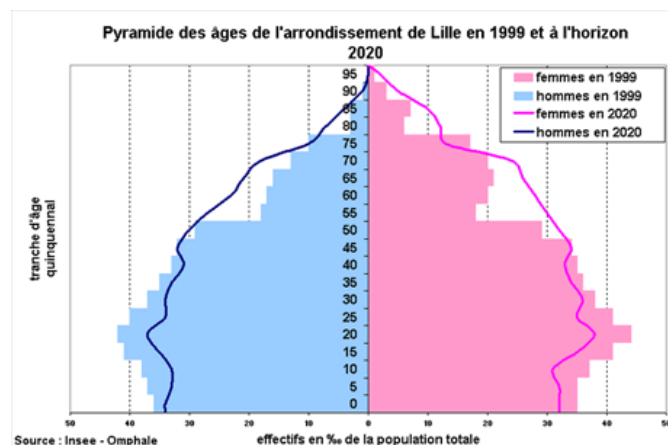


FIGURE 6 : PYRAMIDE DES AGES DE L'ARRONDISSEMENT DE LILLE EN 1999 ET PROJECTIONS A L'HORIZON 2020 (SOURCE : INSEE NORD-PAS-DE-CALAIS, FEVRIER 2009, PROJECTIONS DEMOGRAPHIQUES : AIRE METROPOLITAINE DE LILLE, BASSIN D'HABITAT DE LILLE METROPOLE, ARRONDISSEMENT DE LILLE ET LILLE METROPOLES COMMUNAUTE URBAINE [HTTP://WWW.INSEE.FR/FR/INSEE_REGIONS/NORD-PAS-DE-CALAIS/THEMES/PUB_ELECTRONIQUES/ADULM_PROJECTIONS_DEMOGRAPHIQUES/ADULM_PROJECTIONS_DEMOGRAPHIQUES.PDF](http://www.insee.fr/fr/insee_regions/nord-pas-de-calais/themes/pub_electroniques/adulm_projections_demographiques/adulm_projections_demographiques.pdf))

Certaines villes ont été plus particulièrement touchées par le phénomène d'ICU en 2003, comme Marseille ou Strasbourg où le taux de mortalité correspondait respectivement à un surplus de 25 et 51%⁸⁶. Les villes picardes et nord-pas-de-calaisiennes n'ont été que peu touchées : Lille n'a pas connu de surmortalité en raison du peu de nombre de jours de forte chaleur et de la faible part de personnes âgées résidentes (12,8% des habitants lillois – voir figure 6). Néanmoins, si la canicule de 2003 a peu touché les agglomérations des deux régions, la hausse attendue des jours caniculaires et des personnes fragiles pourrait conduire à la hausse de la vulnérabilité en zone urbaine. Dans cette optique, des mesures devront être prises afin d'anticiper et prévenir les impacts sanitaires de l'inconfort thermique en zone urbaine. Une des solutions souvent avancée en matière d'adaptation est le développement de l'habitat dispersé qui favorise la ventilation des habitats. Toutefois, cette solution comporte également des conséquences négatives, puisque l'habitat dispersé favorise l'isolement physique et social. Or, cet isolement constitue un des facteurs déterminant qui accroît la vulnérabilité des populations en cas de fortes chaleurs mais également de risques naturels extrêmes en raison de l'éloignement aux espaces de santé et aux populations. La dispersion de l'habitat peut également contribuer à l'émission de gaz à effet de serre liés aux transports notamment. Ainsi, il est crucial d'assurer une cohérence entre politiques d'atténuation qui favorisent un habitat dense et politiques d'adaptation qui recherchent une meilleure ventilation estivale.

1.3 L'impact de la recrudescence de la pollution à l'ozone troposphérique

⁸³ INSEE Picardie Dossiers, Démographie : 2003 assombrie par les décès dus à la canicule – numéro 35 - 2004

⁸⁴ Paris, 2002, Lille, de la métropole à la région urbaine <http://www.mgm.fr/PUB/Mappemonde/M202/Paris.pdf>

⁸⁵ Colombert, 2008, Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville

⁸⁶ InVS, 2004, Vague de chaleur de l'été 2003 : relations entre températures, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises.

La pollution photochimique à l'ozone se produit dans les conditions atmosphériques de fortes températures diurnes et nocturnes, d'ensoleillement élevé, de vents faibles et d'atmosphère stable telles que celles rencontrées lors de la canicule de 2003, joint à une forte pollution d'origine anthropique (industrie et transports majoritairement)⁸⁷. Cette pollution survient surtout en ville, mais s'observe également en zones rurales. De fortes incertitudes quant à l'impact des émissions biotiques qui favorisent la production d'ozone en milieu rural subsistent encore, plusieurs études se contredisant sur ce point, un suivi de l'avancée des recherches serait nécessaire⁸⁸. L'augmentation du nombre de jours de canicule pourrait favoriser le développement d'une intense pollution à l'ozone.

Or cette pollution à l'ozone a une incidence sur la santé à court et à long terme. Sur la période d'étude de 1996 à 2003, à court terme, la mortalité causée par l'ozone augmente légèrement entre 0,2 et 0,3% en France⁸⁹. L'hospitalisation concerne les personnes âgées pour des broncho-pneumopathies chroniques obstructives. Les affectations dépendent ensuite de la sensibilité de la personne : asthme, difficulté respiratoire, allergies ; et de son exercice physique au moment de la pollution⁹⁰. Les effets d'une exposition chronique à l'ozone sont encore mal documentés. Il semblerait que cette pollution photochimique augmente le risque de cancer pulmonaire, d'atrophie des poumons pour les sujets exposés à un jeune âge et en dernier lieu, qu'elle soit responsable de l'apparition d'asthme, toutes personnes confondues⁹¹. Les jeunes enfants, les personnes âgées et les personnes souffrant d'asthme et d'insuffisance respiratoire sont particulièrement exposés à ces affections. Lors de la canicule de 2003, aucune surmortalité directement liée à la pollution à l'ozone dans le Nord-Pas-de-Calais et de Picardie n'a été recensée, comme cela a été vu dans d'autres villes comme Paris, Marseille ou Lyon⁹². Toutefois, les modifications attendues pour le XXI^e siècle pourraient conduire à l'exacerbation de cet impact.

Par ailleurs, certains territoires apparaissent comme plus particulièrement sensibles comme le bassin minier du Nord-Pas-de-Calais qui rejette des polluants atmosphériques, tels que l'oxyde de carbone, l'oxyde d'azote et les composés organiques volatiles, précurseurs de l'ozone⁹³. Si les épisodes caniculaires augmentent, la pollution à l'ozone pourrait être plus particulièrement marquée en raison de la présence en forte quantité de ces gaz favorisant les réactions photochimiques⁹⁴.

Zoom sur l'impact du changement climatique sur l'augmentation de la pollution atmosphérique

Dans le cadre de l'analyse des impacts du changement climatique, les interactions entre augmentation de la concentration des particules et changement climatique sont entachées d'incertitude. Exception faite de l'augmentation de la teneur en ozone troposphérique de l'atmosphère, les liens avec les autres polluants sont encore empreints d'incertitude. A ce jour, les données disponibles permettent uniquement d'établir qu'en période estivale, les dépôts humides seront plus faibles, ce qui impacterait l'activité physicochimique de l'atmosphère. En effet, si les pluies estivales diminuent, l'atmosphère sera moins lessivée ce qui engendrera une accumulation plus intense et plus longue des polluants dans la couche limite atmosphérique. De plus, la couverture nuageuse serait donc plus faible, ce qui stimulerait l'activité photochimique car les rayons solaires seront moins filtrés. A cela s'ajoute un assèchement des sols qui favoriserait la suspension de poussières telluriques.

⁸⁷ InVS, 2004

⁸⁸ INERIS, 2009, Politiques combinées de gestion de la qualité de l'air et du changement climatique (partie 1): enjeux, synergies et antagonismes

⁸⁹ InVS, 2004

⁹⁰ InVS, 2004

⁹¹ InVS, 2004.

⁹² InVS, 2004.

⁹³ MEDDTL, 2011, Etat des données et des connaissances : Ozone. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-ozone.html>

⁹⁴ InVS, 2010, Impacts sanitaires du changement climatique en France – Quels enjeux pour l'InVS ?

Cette pollution viendrait se cumuler aux pollutions déjà présentes sur le territoire émanant de l'activité industrielle et agricole. Sachant que la population du Nord-Pas-de-Calais et de la Picardie est sensible aux maladies pulmonaires, l'enjeu sera d'anticiper l'exacerbation de ces facteurs de risque.

Source : INERIS, 2009, *Politiques combinées de gestion de la qualité de l'air et du changement climatique (partie 1): enjeux, synergies et antagonismes* http://www.ineris.fr/centredoc/Mesures_synergies-PA-CC_mai2009-2.pdf

2 L'impact du changement climatique sur les maladies allergènes, vectorielles et infectieuses

2.1.1 L'impact du changement climatique sur les maladies allergènes

Les modifications climatiques attendues devraient avoir un impact sur les conditions de développement des espèces allergènes, avec des répercussions sur la santé humaine. D'une manière générale, on devrait s'attendre à divers impacts tels que⁹⁵ :

- Un allongement progressif des saisons de pollinisation. Le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA) a d'ailleurs relevé entre 1987 et 2007 un allongement de quelques jours à plus d'une quinzaine de jours selon de ces saisons les régions ;
- Une augmentation de la concentration de pollens émis dans l'atmosphère. En plus des températures et des conditions météorologiques telles que le vent ou la pluie, la concentration de CO₂ devrait jouer un rôle décisif dans la teneur en pollens. Par exemple, un doublement de la concentration en CO₂ devrait augmenter le nombre de grains d'ambrosie émis par un pied. Toutefois, cette augmentation devrait dépendre largement du type d'espèces allergènes concernées. Par exemple, la hausse des sécheresses, des canicules et/ou des périodes très ensoleillées devrait davantage entraîner une baisse de la pollinisation des graminées alors que l'ambrosie est insensible à ces effets ;
- Une hausse du potentiel allergisant de certains pollens en raison de l'effet amplificateur de la pollution atmosphérique et une augmentation de la sensibilité des individus avec des pics d'allergie qui se produiraient plus longtemps exacerbant les maladies respiratoires comme l'asthme ;
- Une remontée ou une extension vers le nord de l'aire de répartition de certaines plantes allergisantes.

Or, les pollens constituent un problème majeur de santé publique puisqu'ils affectent plus de 20% de la population française⁹⁶. Les deux régions de la MEDCIE Pays du Nord sont considérées comme vulnérables avec une population asthmatique importante : on évalue à 13,2% la part de la population asthmatique en Pas-de-Calais et à 12% pour le Nord⁹⁷, alors qu'à l'échelle nationale seuls 6,7%⁹⁸ de la population est affectée par cette maladie respiratoire. Il est observé une importante surmortalité directement liée aux maladies respiratoires pour les deux régions. L'indice comparatif de mortalité par maladie respiratoire montre qu'il existe une surmortalité de 117 hommes et de 118 femmes en Picardie et de 180 hommes et de 121 femmes en Nord-Pas-de-Calais pour les années 1998-2000.

⁹⁵ Thibaudon, 2007, Pollens, allergies et changements climatiques

⁹⁶ ONERC, 2010, Villes et adaptation au changement climatique

⁹⁷ Mutuelle Radiancé, 2006, Cap vers l'asthme dans nos régions,

⁹⁸ IRDES, Janvier 2011, L'asthme en France en 2006 : prévalence, contrôle et déterminants. Afrite, Allonier, Com-Ruelle, Leguen.

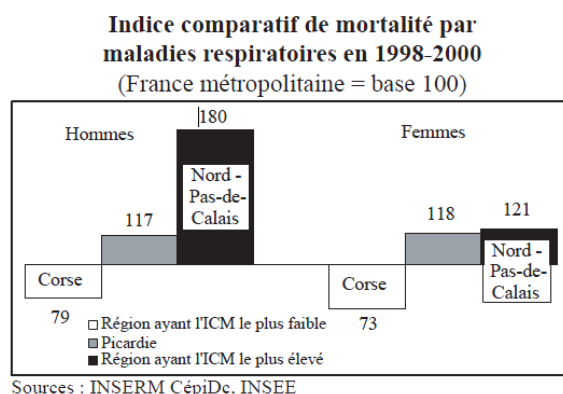


FIGURE 7 : INDICE COMPARATIF DE MORTALITE POUR CAUSES DE MALADIES RESPIRATOIRES (SOURCE : ORS PICARDIE, 2006, LES MALADIES RESPIRATOIRES EN PICARDIE)

Dans la MEDCIE Pays du Nord, les plantes les plus allergisantes présentes sont le bouleau et les graminées respectivement classés 3/5 et 5/5 du classement des allergisants du Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNA)⁹⁹. Le bouleau produit près d'un tiers des pollens d'arbres présents dans l'air tandis que les graminées très allergisantes ont une saison de végétation longue de quatre mois.

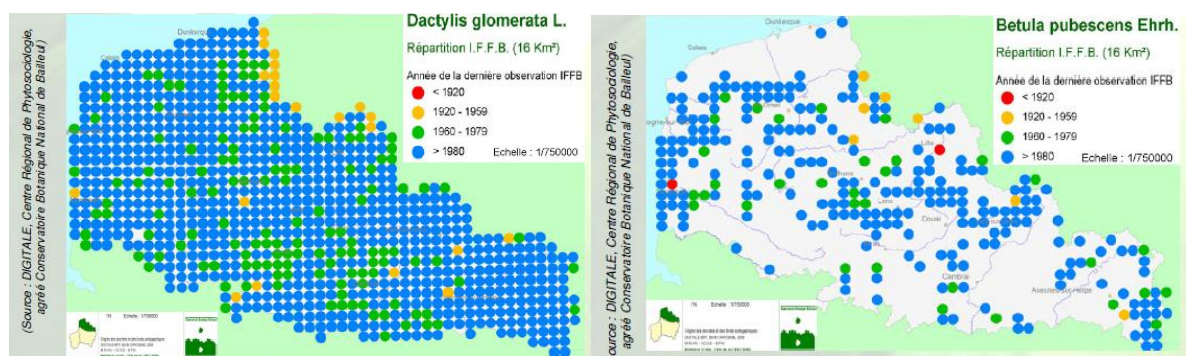


FIGURE 8 : REPARTITION DES GRAMINEES ET DU BOULEAU DANS LE NORD-PAS-DE-CALAIS (SOURCE : APPA, FICHE ALLERGENE)

Par ailleurs, à l'allongement de la pollinisation s'ajoute le risque d'apparition d'espèces allergènes, telles que l'ambrosie et la chenille processionnaire du pin qui migrent vers le nord au fur et à mesure que les conditions climatiques se modifient et leur deviennent plus favorables.

Concernant l'ambrosie, l'allongement de sa saison de végétation en raison de « l'élévation des températures printanières et plus accessoirement estivales (entre la germination et la floraison) » devrait conduire à une augmentation de « la production moyenne de pollen par pied d'ambrosie [...] de 32 à 55% d'ici aux années 2070-2100 »¹⁰⁰. Si aujourd'hui le foyer le plus important d'ambrosie est situé dans le sud-est de la France, les réseaux de surveillance tels que le Conservatoire Botanique de Bailleul signalent l'implantation progressive de pieds au Nord comme l'indique la carte ci-dessous. L'allergie à l'ambrosie est significative avec 6 à 12 % de la population française atteinte et dans 50% des cas, un risque d'apparition d'asthme ou d'exacerbation de ses symptômes. Cette plante fait l'objet d'une action dans le deuxième Programme National Santé Environnement : un observatoire de l'ambrosie pourrait être mis en place d'ici à 2013¹⁰¹.

⁹⁹ APPA, Fiches allergènes

¹⁰⁰ C.A. Rogers et al., Environ Health Perspect, 2006

¹⁰¹ Ministère de la santé, 2010, Rapport de suivi du 2^{ème} Plan National Santé Environnement.

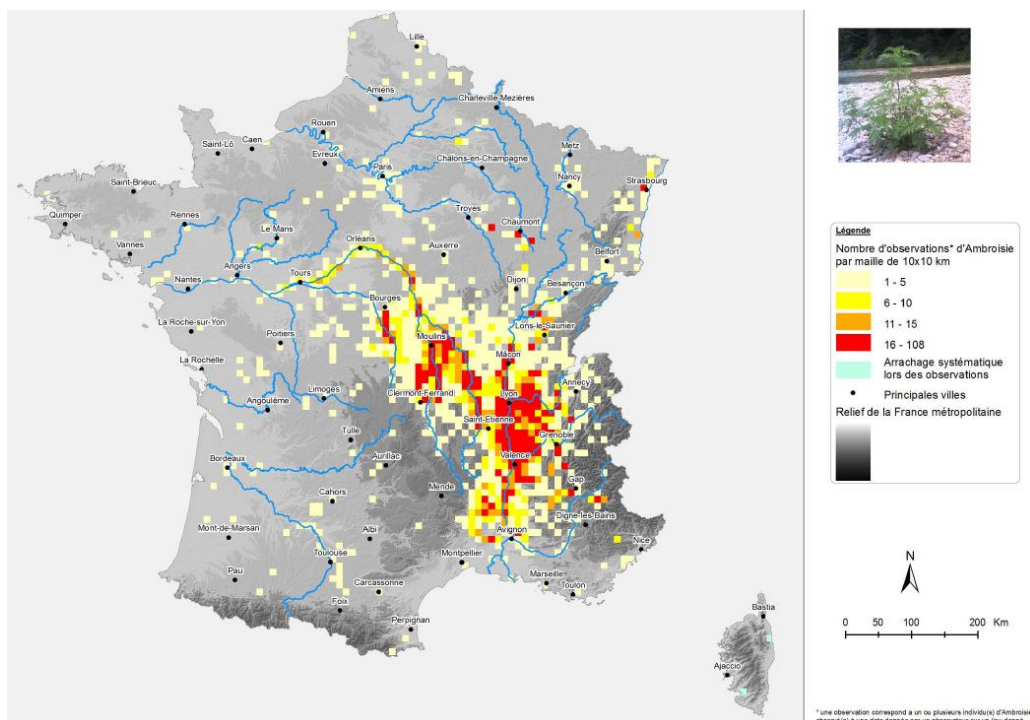
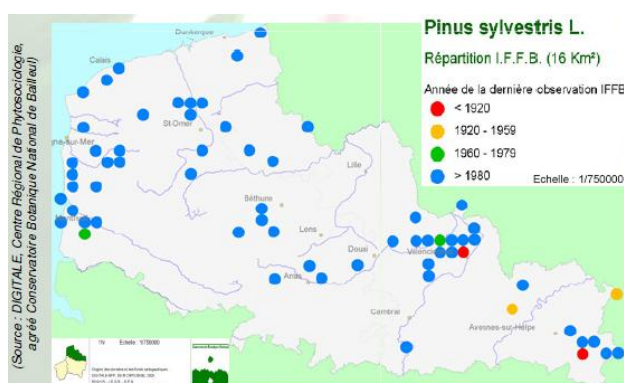


FIGURE 9 : REPARTITION DE L'AMBROISIE EN FRANCE METROPOLITAINE (SOURCE : MINISTRE DE LA SANTE, JANVIER 2011 [HTTP://WWW.SANTE.GOUV.FR/IMG/PDF/CARTE_AMBROISIE_NATIONALE_MAILLES.PDF](http://www.sante.gouv.fr/IMG/PDF/CARTE_AMBROISIE_NATIONALE_MAILLES.PDF))

En ce qui concerne la chenille processionnaire du pin, son front d'expansion remonte progressivement vers le Nord, si bien qu'elle est considérée par l'ONERC comme un marqueur du changement climatique. Cette chenille qui pond dans les pins est hautement urticante et allergisante et peut provoquer des symptômes graves (choc anaphylactique, œdème laryngé)¹⁰². La population de pins qui pourrait accueillir ce parasite est aujourd'hui minime toutefois, si le type d'essence forestière évolue, il est possible que la chenille poursuive sa remontée et trouve un environnement favorable à son développement. Néanmoins, il existe une forte incertitude quant à l'évolution de cette chenille dont le développement dépend de nombreuses variables (augmentation températures, effet d'actions d'adaptation, évolution de la typologie des essences des deux régions, etc.).

Progression du front d'expansion de la chenille processionnaire en France entre 1980 et 2005



¹⁰² InVS, 2010.

FIGURE 10 : PROGRESSION DE LA CHENILLE PROCESSIONNAIRE DU PIN EN FRANCE DE 1980 A 2005 ET REPARTITION DU PIN, PLANTE HOTE DE LA CHENILLE PROCESSIONNAIRE. (SOURCE : GAUCHE : ONERC, INDICATEURS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE & APPA, FICHE PIN SYLVESTRIS)

A ces possibles impacts s'ajoutent les capacités d'adaptation aujourd'hui relativement faibles des deux régions qui affichent un nombre limité de médecins allergologues.

2.1.2 Le risque de développement de maladies vectorielles et infectieuses

Les variations climatiques ont un impact sur le développement, l'intensité et la fréquence des maladies vectorielles puisque celles-ci sont tributaires des évolutions des températures et des précipitations. Ainsi, le changement climatique pourrait entraîner :

- Une extension vers le Nord et/ou vers des altitudes supérieures de l'aire de répartition géographique de certains vecteurs et leur densité ;
- Une longévité accrue des vecteurs et une hausse de leur capacité vectorielle du fait de l'augmentation de l'humidité. A l'inverse, des sécheresses plus importantes réduiraient le risque vectoriel ;
- Un renforcement de la durée des cycles d'incubation, augmentant le nombre des générations et le développement de la résistance aux insecticides¹⁰³.

Ces modifications entraîneraient une augmentation des risques pour les maladies à vecteurs déjà présentes en France et favoriseraient l'importation de nouvelles maladies. Concernant les territoires de la MEDCIE Pays du Nord, aucun risque vectoriel n'est à ce jour identifié¹⁰⁴. Cependant, il est nécessaire de rester vigilant puisqu'on observe en France la remontée progressive du virus du Nil Occidental présent en Provence-Alpes-Côte-d'Azur si bien que la CIRE Bourgogne-Franche-Comté a mis en place un réseau de surveillance de ces maladies à titre préventif¹⁰⁵. On ne peut donc pas exclure la possibilité d'apparition de maladies vectorielles, bien que l'horizon temporel ne soit pas identifiable. Certains territoires peuvent déjà être identifiés comme potentiellement plus vulnérables : Calais, Dunkerque, voire le futur canal Scarpe-Escaut en raison des nœuds de transports multimodaux qui pourraient faciliter le développement et l'échange de maladies à vecteurs¹⁰⁶.

3 L'impact quantitatif et qualitatif du changement climatique sur le confort hydrique des populations

Plusieurs facteurs pourraient impacter les ressources hydriques des deux régions, dégradant la qualité des eaux. En effet, l'augmentation des températures des cours d'eau, des jours de sécheresse et de canicule sont autant de paramètres influant sur le débit des cours d'eau et le niveau des nappes, contrebalançant l'impact positif de la hausse attendue des précipitations en période de recharge (octobre à mars).

La modification de paramètres climatiques pourrait entraîner une dégradation de la qualité de l'eau. Les principaux facteurs de cette dégradation physico-chimique seraient :

- La diminution des débits et du volume des nappes d'eau souterraine qui entraîne une plus forte concentration de polluants. Cette baisse pourrait être due à une diminution de la pluviométrie efficace du

¹⁰³ CIRDE, 2008, Evolution démographique et changements climatiques : impacts sur les maladies à transmission vectorielle en Afrique de l'Ouest.

¹⁰⁴ Entretien du 27 février 2012 de Pascal Chaud, CIRE Nord.

¹⁰⁵ Entretien du 10 juin 2011 de Claude TILLIER CIRE Bourgogne-Franche-Comté

¹⁰⁶ Encyclopédie Universalis, <http://www.universalis.fr/encyclopedia/maladies-a-vecteurs/6-maladies-a-vecteurs-et-changements-climatiques/>

- La pollution des points de captage mal protégés lors de catastrophes naturelles comme les inondations ;
- La hausse des températures qui favorise le développement rapide et important de bactéries et d'algues à cyanotoxines dangereuses pour l'homme en cas de consommation directe de l'eau ou de produits aquatiques associés ;
- Sur le littoral, l'érosion et la submersion marine pourraient engendrer des pollutions des cours d'eau voire des infiltrations de masses d'eau salée dans les nappes phréatiques.

En 2009, l'eau à usage domestique est à 65% prélevée dans la nappe souterraine de la Craie pour la Picardie et à 81% pour le Nord-Pas-de-Calais¹⁰⁸. La qualité de l'eau potable dépend donc très fortement de la nappe de la Craie, qui affiche déjà selon l'Agence de l'eau Artois Picardie un mauvais état physico-chimique. Par conséquent, il se pourrait que les modalités de traitement sanitaire de l'eau deviennent plus complexes et plus onéreuses afin de maintenir une bonne qualité physico-chimique pour la santé.

¹⁰⁷ Entretien du 22 avril 2011 de Florent Guibert, Agence Artois Picardie.

¹⁰⁹ DREAL, 2008, Profil environnemental du Nord-Pas-de-Calais, Tome 1 Enjeux environnementaux. <http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/profil-environnemental-npdc-tome-1.pdf>

ralentissement de la recharge des nappes phréatiques¹¹⁰. Par exemple, la région du Nord-Pas-de-Calais a connu un déficit en eau de mars 2011 à septembre 2011 qui avait réduit considérablement la disponibilité de la ressource¹¹¹. L'impact spécifique du changement climatique sur la qualité et la quantité de la ressource en eau sera à prendre en compte dans le Schéma Directeur d'Aménagement de Gestion d'Eau (SDAGE) Artois Picardie qui en application de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) de 2000 (directive européenne qui a été transposée par la suite en droit française en 2004) a une obligation d'atteinte du bon état quantitatif et chimique des eaux souterraines pour 2015.

4 L'impact des événements extrêmes

Le Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) dans un rapport de 2011¹¹², évoquait l'augmentation de l'intensité et de la fréquence d'événements climatiques extrêmes avec le changement climatique cependant, beaucoup d'incertitudes subsistent quant aux liens de causalité.

Notons que les canicules sont également considérées comme des événements extrêmes. Toutefois, étant étudiées plus haut (voir le chapitre 1 sur L'impact de l'augmentation des températures et des canicules sur la santé publique), nous ne reviendrons pas sur cet impact.

4.1 L'impact sanitaire des risques naturels à occurrence élevée

Le risque inondation est le premier risque naturel en Nord-Pas-de-Calais et Picardie¹¹³. Il en existe plusieurs types que le changement climatique pourrait potentiellement impacter, à savoir :

- Les inondations par ruissellement dues à l'artificialisation des sols qui limite l'infiltration des eaux pluviales dans les sols provoquant une saturation des réseaux d'écoulement urbains ;
- Les inondations par remontée de nappes lorsque la nappe est pleinement rechargée et le sol saturé d'eau ;
- Les inondations par débordement lors d'épisodes pluvieux intenses¹¹⁴.

Si aujourd'hui l'impact futur du changement climatique sur les inondations reste incertain, on peut s'attendre à une évolution du risque en fonction des variations du régime des précipitations qui sera, *a priori*, plus fort durant l'hiver conduisant à des crues possiblement plus intenses et plus fréquentes¹¹⁵. La recrudescence de ces catastrophes naturelles aurait des impacts matériels mais également humains. On pourrait alors constater, d'une part des impacts directs avec des risques sanitaires de court terme pour les populations, notamment en raison des problèmes de communication qui empêcheraient l'intervention rapide d'équipes de soins ou l'accès aux établissements hospitaliers, et d'autre part des impacts indirects avec un stress post-traumatique des populations touchées par ces aléas, une pollution des captages d'eau provoquant une dégradation de la qualité de l'eau du réseau, les bouleversements matériels qui peuvent affecter la santé mentale des individus (dépression) s'il y a perte financière ou perte du lieu de vie ou encore la déstabilisation sociale résultant de la désorganisation temporaire du tissu social. Ainsi, dans des situations extrêmes, des actes de violence sporadique pourraient potentiellement survenir¹¹⁶.

En croisant les cartographies des zones inondables et des zones habitées, on observe des lieux de fortes densités de population vulnérable au risque inondation, particulièrement le long de la Somme notamment à Abbeville,

¹¹⁰ Entretien du 22 avril 2011 de Florent Guibert, Agence Artois Picardie.

¹¹¹ Entretien du 13 Février 2012 de Julien Henique, DREAL Nord-Pas-de-Calais.

¹¹² GIEC, 2011, Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A special report of working group I and II of the intergovernmental Panel on Climate Change.

¹¹³ DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2011, Evaluation préliminaire des risques d'inondation, bassin Artois Picardie.

¹¹⁴ DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2011, Evaluation préliminaire des risques d'inondation du bassin Artois Picardie.

¹¹⁵ Entretien du 13 Février 2012 de Julien Henique, DREAL Nord-Pas-de-Calais.

¹¹⁶ InVS, 2010

dans l'agglomération lilloise avec un arc de cercle entre Béthune et Valenciennes, et le long du littoral entre Calais et Dunkerque. Le risque est donc bien présent sur le territoire et pourrait augmenter si l'accroissement démographique se poursuit dans les zones à risque.

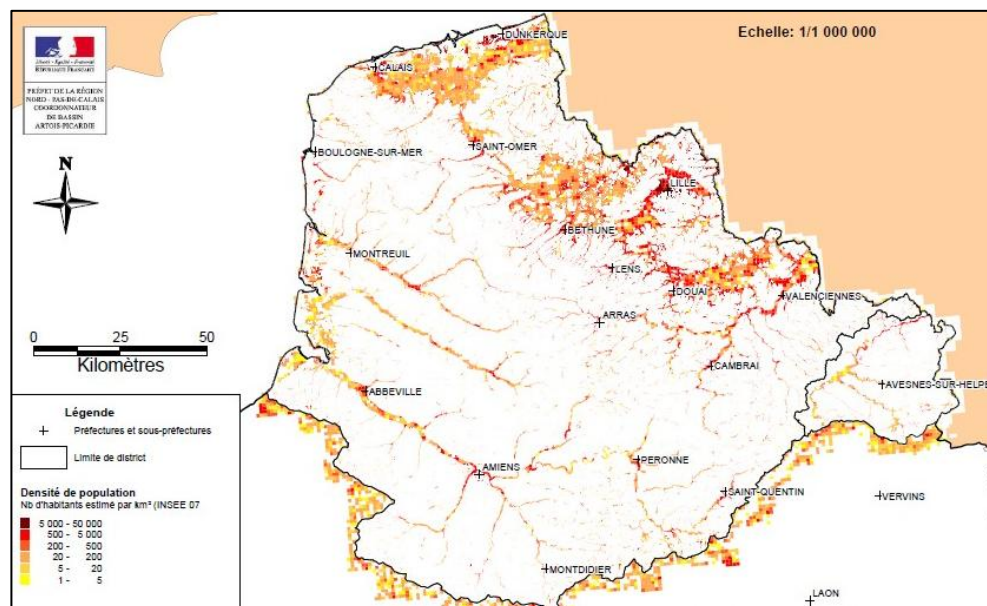


FIGURE 12 : CARTOGRAPHIE DE LA POPULATION VULNERABLE AU RISQUE D'INONDATION DANS LE BASSIN ARTOIS PICARDIE (SOURCE : DREAL NORD-PAS-DE-CALAIS, 2011, EVALUATION PRELIMINAIRE DES RISQUES D'INONDATION, BASSIN ARTOIS PICARDIE).

Zoom sur les inondations de la baie de Somme de 2001

En 2001, des précipitations exceptionnelles (cumul excédentaire des précipitations sept mois durant) ont provoqué une crue de la Somme qui a duré plus d'un mois (de fin mars à début mai). En tout, 108 communes ont été déclarées en état de catastrophe naturelle sur les 155 touchées par les inondations. Cette inondation de grande ampleur et qualifiée « d'extraordinaire » par le rapport du Sénat n'a causé aucun décès. Cependant, le stress induit par l'évènement a été extrêmement fort engendrant une dégradation de la santé mentale de certains sinistrés.

Source : DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2001, Evaluation préliminaire des risques d'inondation, bassin Artois Picardie & Rapport du Sénat, 2001, Les inondations de la Somme, établir les causes et les responsabilités de ces crues, évaluer les coûts et prévenir les risques d'inondations

4.1.1 Les risques côtiers : submersion marine et tempêtes

Voir chapitre 2.1 sur l'Impact direct des risques côtiers sur la sécurité des populations et leurs habitats.

4.2 Les risques naturels à occurrence faible

4.2.1 Les aléas gravitaires

Les impacts du changement climatique sur les aléas gravitaires sont complexes et encore mal documentés et une incertitude considérable prévaut. Cependant de fortes corrélations laissent à penser que :

- Les glissements de terrain superficiels connaîtraient une recrudescence du fait d'un accroissement du régime pluviométrique ;
- Si la pluviométrie hivernale augmente comme attendu, il faudrait s'attendre à des risques d'instabilités mécaniques des cavités souterraines du fait des battements de nappes. En effet, la variabilité des niveaux

piézométriques pourraient augmenter avec le changement climatique et accroître l'instabilité des cavités souterraines¹¹⁷ d'origine anthropique comme les carrières souterraines, les mines, les galeries et abris refuges des deux guerres, les marnières, La difficulté de ce risque réside dans son caractère « caché » puisqu'il est très difficile de connaître avec certitude la présence de ces cavités car quasiment aucun document ne les recense (exception faite des anciennes mines qui ont été documentées). La méconnaissance ou la minimisation de ce risque est donc problématique. Nous considérerons plus particulièrement ce dernier risque puisqu'il touche le plus les deux régions.

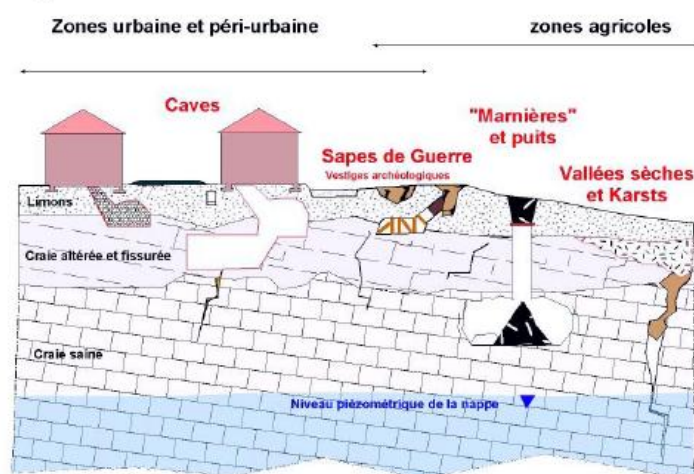


FIGURE 13 : REPRESENTATION DE L'ALEA GRAVITAIRE CAUSE PAR LE BATTEMENT DE NAPPE (SOURCE : DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT DE L'OISE, 2007, LE PPR MOUVEMENT DE TERRAIN TRICOT ET COURCELLES-EPAYELLES)

L'Instabilité des cavités résulte d'une dégradation du sous-sol crayeux par remontée des nappes phréatiques à cause d'un régime pluviométrique excédentaire par rapport à leurs charges¹¹⁸. La nappe de la Craie s'étend sur l'ensemble du territoire picard et nord-pas-de-calaisien, d'où une vulnérabilité importante comme on peut l'observer au vu de l'occurrence détaillée dans le tableau pour les seuls départements de la Somme et de l'Oise.

	Nombre d'événements survenus depuis début 2000						Total 2000 2002	Total recensé
	Effondrement	Affaissement	Chute de toit	Glissement	Chute de blocs	Tassement		
Oise	316	69	125	5	0	1	516	556
Somme	3 208	256	22	17	6	13	3 522	3 624
Total	3 524	325	147	22	6	14	4 038	4 180
%	87,27	8,05	3,64	0,54	0,15	0,35	100	

FIGURE 14 : OCCURRENCE DES MOUVEMENTS DE TERRAINS SURVENUS EN 2000-2001 DANS LA SOMME ET L'OISE (SOURCE : BRGM, 2003, RISQUES LIES AUX OUVRAGES SOUTERRAINS. DETERMINATION D'UNE ECHELLE DE DOMMAGES)

Ainsi, pour la communauté de commune du plateau picard, 1 800 habitants sont concernés par ce risque. En France, par an, l'aléa gravitaire fait environ une victime et affecte 100 bâtiments¹¹⁹. Si le risque venait à augmenter cette moyenne pourrait augmenter. De même, des effondrements généralisés ne sont pas à exclure, comme cela a pu se produire à Clamart (Hauts de Seine) en 1961 faisant 21 morts et 47 blessés¹²⁰.

¹¹⁷ Entretien du 22 avril 2011 avec Florent Guibert de l'Agence de l'eau Artois Picardie.

¹¹⁸ Direction départementale de l'équipement de l'Oise, 2007, Le PPR mouvement de terrain Tricot et Courcelles-Epayelles.

¹¹⁹ MEDDTL, 2011, Propositions d'un plan national pour la prévention des risques liés aux effondrements de cavités souterraines.

¹²⁰ Journal Officiel, 1961, Débats parlementaires de l'Assemblée Nationale.

Zoom sur L'effondrement de cavités souterraines sur le plateau Picard.

Après des épisodes pluvieux intenses en 2000-2001, une remontée de la nappe d'environ 20 mètres s'est produite. Or, le territoire du plateau picard est déjà fortement fragilisé par de nombreuses cavités souterraines pour la plupart provoquées par l'action anthropique (carrières souterraines, galeries et abris refuges des deux guerres, marnières...). A Tricot, 139 habitations ont été fragilisées par le mouvement de terrain sur les 630 que compte la commune, 6 habitations se sont effondrées.

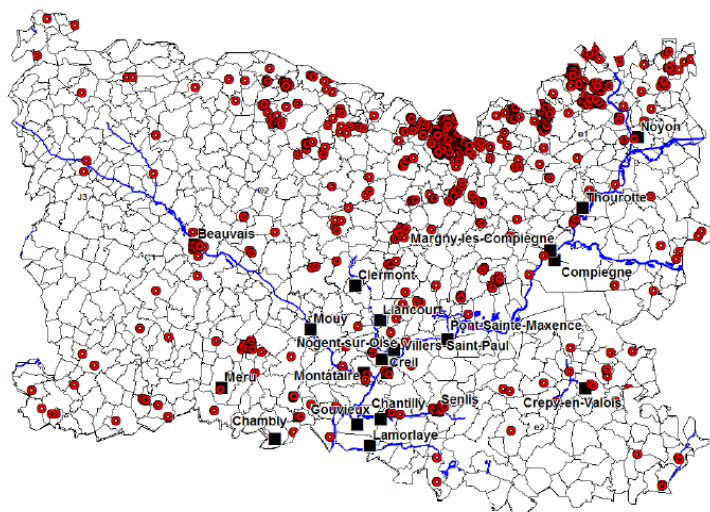


Illustration 16 : Localisation des cavités souterraines indéterminées inventoriées dans le département de l'Oise.

FIGURE 15 : CARTOGRAPHIE DES CAVITES SOUTERRAINES RECENSEES DANS L'OISE (SOURCE : BRGM, 2011, INVENTAIRE DEPARTEMENTAL DES CAVITES SOUTERRAINES HORS MINES DE L'OISE)

Durant l'hiver 1993-1994 de fortes pluviométries avait provoqué l'effondrement d'un fontis près d'Ablaincourt Pressoir sous une Ligne à Grande Vitesse de la SNCF alors que passait un TGV à 300 km/h.

NB : Depuis ces événements la direction de la Prévention des Risques du MEDDTL a proposé en 2011 d'élaborer un « Plan national pour la prévention des risques liés aux effondrements de cavités souterraines ».

Source : BRGM, 2003, Risques liés aux ouvrages souterrains, détermination d'une échelle de dommages.

4.2.2 Les vagues de froid

Bien qu'une augmentation générale des températures annuelles soit attendue pour le XXI^{ème} siècle, cela n'exclut pas la survenue de vagues de froid exceptionnelles. L'impact de ces vagues de froid pourrait être d'autant plus fort par contraste avec les températures moyennes. La population pourrait se montrer plus sensible qu'à présent à ce pic de froid à cause d'une moindre adaptation physiologique et comportementale au froid¹²¹. Il est à noter qu'en l'absence de modélisation, il est pour le moment très difficile de déterminer la fréquence et l'intensité de ces événements extrêmes.

On caractérise une vague de froid par :

- Son intensité qui se traduit par un écart remarquable par rapport aux températures moyennes régionales ;
- Sa persistance dans le temps ;
- Par rapport aux records de froid enregistrés par le passé.

¹²¹ InVS, 2010

Elle se produit généralement durant la période la plus froide de l'année en janvier ou février, même si l'on peut observer des épisodes de froids précoces et tardifs en dehors de ces mois.

Une vague de froid peut avoir des conséquences graves en termes sanitaires, elle peut causer :

- Une mortalité directe par hypothermie ;
- Une mortalité indirecte par accidents routiers, ou chute sur le verglas, par intoxication au monoxyde de carbone en raison d'une mauvaise ventilation et d'un chauffage inadéquat ;

Ainsi, les personnes les plus exposées à ces risques sont :

- Les personnes sans-abris ;
- Les personnes âgées et en particulier celles isolées ;
- Les nourrissons et jeunes enfants qui ne sont pas conscients du risque, cependant, attention et surveillance sont très souvent données par les parents ce qui rend ces cas potentiellement rares ;
- Les personnes en situation de précarité énergétique du fait d'une faible situation socio-économique ;
- Les personnes déjà fragiles souffrant de maladies chroniques : insuffisance cardiaque, respiratoire, diabète, angine de poitrine, troubles neurologiques¹²² ;

Rappelons qu'en 1985, une vague de froid sur le territoire métropolitain avait fait 9 000 morts¹²³. De même durant l'hiver 2007-2008 il a été observé en France une surmortalité de 6 000 personnes¹²⁴

4.2.3 Les feux de forêts

Cette thématique est plus largement abordée dans le chapitre Biodiversité. Cependant, il est certain que les feux de forêts ont un impact sanitaire significatif puisqu'ils peuvent mener au décès directement, ou indirectement par intoxication à cause des gaz dégagés lors de la combustion. Si des constructions sont situées dans des zones à risque, cela augmente la vulnérabilité du territoire.

¹²² Portail interministériel de prévention des Risques Majeurs. <http://www.risques.gouv.fr/risques/risques-naturels/grand-froid/article/se-protger-avant-17>

¹²³ Rapport de l'ONERC au Premier Ministre et au Parlement, Changements climatiques et risques sanitaires en France : surveillance et systèmes d'alertes.

¹²⁴ InVS, 2010

5 Tableau de synthèse thématique

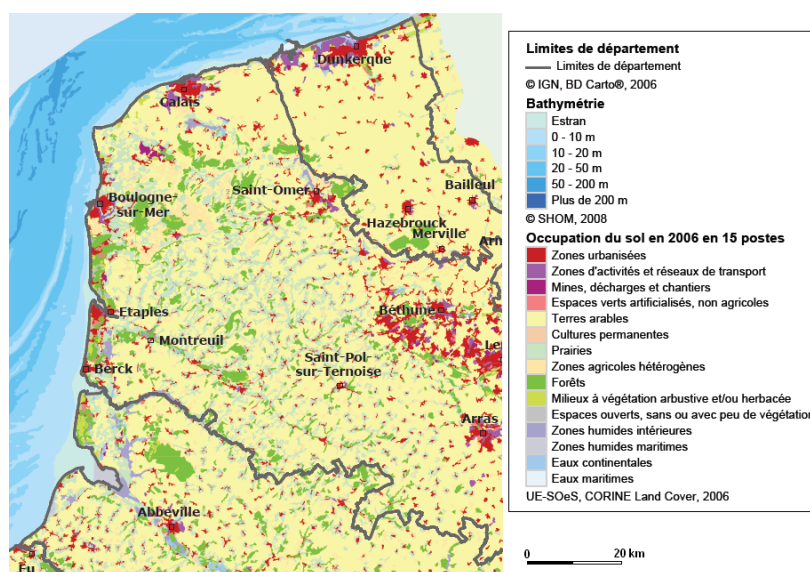
Impact	Exposition : paramètres climatiques à considérer	Axes de vulnérabilité	Points d'appui en matière d'adaptation
Augmentation de la mortalité liée aux canicules (ICU)	<p>Hausse des températures moyennes annuelles et estivales</p> <p>Baisse des précipitations moyennes annuelles</p> <p>Augmentation du nombre de jours de canicule</p>	<ul style="list-style-type: none"> Selon Météo-France, augmentation attendue des températures du Nord-Pas-de-Calais et de Picardie comprise entre 1 et 1,4°C au cours du XXI^e siècle avec de 5 300 jours caniculaires Suite à la canicule de 2003, 1 657 décès recensés en Picardie et 2 175 décès dans le Nord-Pas-de-Calais Augmentation attendue de la population âgée de plus de 70 ans à 2040 en Picardie et Nord-Pas-de-Calais selon l'INSEE Hausse attendue de la population dépendante picarde de plus de 60 ans à l'horizon 2030 selon l'INSEE Progression attendue du nombre de personnes de 65 ans et plus à Lille à 2020 favorisant alors l'ICU 	<ul style="list-style-type: none"> Retour d'expérience de la canicule de 2003 Régions Pays du Nord moins touchées par la canicule de 2003 que le reste du territoire en raison d'un nombre moindre de jours dont les températures dépassaient 35°C et de l'habitat rural dispersé Densité de médecins généralistes pour les personnes âgées des régions Nord-Pas-de-Calais et Picardie supérieure à la moyenne
Augmentation de la pollution à l'ozone	<p>Hausse des températures moyennes annuelles et estivales</p> <p>Baisse des précipitations moyennes annuelles</p> <p>Augmentation du nombre de jours de canicule</p>	<ul style="list-style-type: none"> Présence d'une forte activité industrielle émettrice de polluants précurseurs de l'ozone 	<ul style="list-style-type: none"> Régions des Pays du Nord quasiment pas concernées par la pollution à l'ozone
Apparition de maladies allergènes et vectorielles	<p>Hausse des températures moyennes annuelles</p> <p>Augmentation de la concentration en CO2 dans l'atmosphère</p>	<ul style="list-style-type: none"> Population asthmatique importante de la Picardie et du Nord-Pas-de-Calais avec 13,2% la part de la population asthmatique en Pas-de-Calais et 12% dans le Nord Présence de plantes allergisantes telles que le bouleau et les graminées Remontée progressivement vers le Nord de la chenille processionnaire du pin Sensibilité exacerbée de certains territoires de transports 	<ul style="list-style-type: none"> Existence de réseaux de surveillance des maladies allergènes et d'acteurs tels que le Conservatoire Botanique de Bailleul qui surveillent la progression de ces maladies Ambroisie qui fait l'objet d'une action dans le deuxième Programme National Santé Environnement Aucune exposition actuelle des Pays du Nord aux risques vectoriels

		multimodaux qui pourraient faciliter le développement et l'échange de maladies à vecteurs : Calais, Dunkerque, ...	
Baisse de la qualité et de la quantité de l'eau	Hausse des températures moyennes annuelles et estivales Augmentation du nombre de jours de sécheresse et de canicule Baisse de la pluviométrie annuelle moyenne	<ul style="list-style-type: none"> Impact important de la hausse des températures des cours d'eau, des jours de sécheresse et de canicule sur la qualité et la quantité de la ressource Eau à usage domestique prélevée à 65% dans la nappe souterraine de la Craie pour la Picardie et à 81% pour le Nord-Pas-de-Calais 	<ul style="list-style-type: none"> Prise en compte progressive des problématiques liées au changement climatique dans le SDAGE Artois Picardie
Augmentation de la mortalité liée à l'augmentation des risques naturels	Hausse des températures moyennes annuelles et estivales Augmentation du nombre de jours de sécheresse et de canicule Baisse de la pluviométrie annuelle moyenne Hausse du niveau de la mer Evolution contrastée des mouvements marins	<ul style="list-style-type: none"> Risque inondation, premier risque naturel en Nord-Pas-de-Calais et Picardie avec des lieux de fortes densités de population vulnérable au risque inondation (long de la Somme à Abbeville, dans l'agglomération lilloise, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> REX des inondations exceptionnelles de 2001 avec 108 communes sur 155 déclarées en état de catastrophe naturelle inondation

Les impacts du changement climatique sur les risques côtiers : érosion, submersion et évolution de la salinité aux abords des côtes des Pays du Nord

Du fait de sa position d'interface entre terre et mer, le littoral est caractérisé par des phénomènes physiques réguliers et extrêmes qui ont permis le développement d'environnements particuliers, des différents types de côtes (dunes, falaises, côtes sableuses, marécages, ...) aux nombreux écosystèmes qui le définissent. En effet, le littoral est un système dynamique dont la morphologie évolue en fonction de la disponibilité sédimentaire et à différentes échelles spatiales et temporelles. Les processus naturels qui influent sur cet apport sédimentaire et impliquent des échanges entre les côtes et la mer, tels que les tempêtes, les vagues, les courants marins (dérive littorale) ou encore le niveau de la mer, jouent donc un rôle prépondérant dans l'évolution de ces zones.

La conjonction de ces atouts naturels a conduit dès la seconde partie du XX^e siècle à la littoralisation¹²⁵ progressive de l'espace avec une installation diffuse de populations et d'activités socioéconomiques tournées vers la mer, comme le tourisme ou le transport maritime. Bien que ce phénomène n'ait pas été aussi intense sur le littoral picard et nord-Pas-de-Calaisien que sur le reste du littoral français (notamment méditerranéen), ces territoires connaissent une occupation importante qui se matérialise aujourd'hui par la présence de grandes villes maritimes telles que Dunkerque, Boulogne-sur-Mer, Calais ou Abbeville. Par ailleurs, afin de permettre l'installation des populations mais également des différentes infrastructures, une poldérisation diffuse s'est effectuée sur le littoral, opération consistant à créer une étendue artificielle de terre conquise sur la mer par assèchement¹²⁶. Le territoire des Wateringues qui a été drainé pour la première fois dès le X^e siècle et qui s'étend entre Dunkerque, Calais et Saint Omer¹²⁷, est l'exemple même de cette vaste poldérisation qui caractérise le littoral du Nord de la France.



CARTE 6 : L'OCCUPATION DU SOL LITTORAL DES REGIONS NORD-PAS-DE-CALAIS ET PICARDIE EN 2006 (SOURCE : OUTIL DE CARTOGRAPHIE GEOIDD LITTO DE L'OBSERVATOIRE NATIONAL DE LA MER ET DU LITTORAL)

¹²⁵ La littoralisation est un processus ancien mais qui a pris une dimension importante et mondiale depuis la seconde partie du XX^e siècle. Il a consisté en la migration des populations vers les littoraux et à la maritimisation de l'économie, notamment dans un contexte économique de mondialisation. <http://www.ecorem.fr/ecoledelamer/wakka.php?wiki=LittoralisationUrbanisation> & <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=2631>

¹²⁶ ADEME, mars 2011, Dépolderisation expérimentale de la ferme de la Caroline - Maintien des paysages maritimes - Reconstitution des paysages des bas-champs <http://observatoire.pcet-ademe.fr/action/fiche/70>

¹²⁷ PIN - NAU - GARCIN, mars 2007, Mise hors d'eau du polder des wateringues dans le Nord et le Pas-de-Calais <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics//074000723/0000.pdf>

Or, si les processus naturels en cause participent largement à la formation du littoral, leur exacerbation sous l'effet notamment du changement climatique pourrait provoquer à terme une forte instabilité de ce territoire soumis à de multiples usages. Dans le cadre du Grenelle de la mer, le groupe 1 rappelait d'ailleurs en juin 2009 que le littoral constitue une zone de dangers, de fragilités et de pressions en raison notamment de sa position de « rencontre entre terre et mer »¹²⁸. La concentration d'enjeux (populations, activités, etc.) sur un lieu aussi restreint que la bande littorale augmente donc considérablement les contraintes et les conflits d'usages de l'espace. De plus, les espaces de polders dont le niveau est inférieur à celui de la mer lors des marées de vives eaux¹²⁹ pourraient également voir leur sensibilité aux risques côtiers exacerbée, notamment au risque d'inondation par la mer. Le changement climatique devrait alors amplifier la remise en question de l'occupation de l'espace littoral qui s'opère déjà sur le territoire.

Dans ce contexte, l'enjeu aujourd'hui est de définir l'impact que les modifications climatiques auront sur les processus naturels côtiers. Si l'impact du changement climatique est difficile à établir précisément, il est possible qu'il affecte les risques naturels déjà présents sur le littoral du Nord de la France. Dans le cas du littoral picard et nord-pas-de-calaisien, il s'agira plus particulièrement d'étudier ***dans quelle mesure ces phénomènes impacteront les risques côtiers, et plus précisément les phénomènes d'érosion des côtes, de submersion et l'évolution de la salinité aux abords des côtes des Pays du nord.***

1 Les impacts physiques du changement climatique sur les phénomènes côtiers

Le changement climatique aura de nombreux effets sur les milieux littoraux. Dans le cadre de cette étude, deux phénomènes seront plus particulièrement étudiés, à savoir l'érosion et la salinisation des eaux pour les deux régions Nord-Pas-de-Calais et Picardie. Il sera question d'évaluer les impacts physiques visibles et attendus du changement climatique sur ces phénomènes naturels qui ponctuent le milieu littoral et les conséquences sur les activités et populations présents sur cette zone.

1.1 Une exacerbation attendue du phénomène d'érosion sur les côtes

L'érosion côtière constitue l'un des phénomènes physiques côtiers qui participent aux changements morphologiques du littoral¹³⁰. Bien que l'artificialisation du trait de côte et l'exacerbation de la fréquentation anthropique interviennent comme des facteurs aggravants¹³¹, cette érosion résulte de la conjonction de facteurs d'origines naturelles, à savoir :

- L'évolution du niveau de la mer qui peut provoquer un démaigrissement et un recul des plages plus ou moins importants ;
- Les tempêtes, phénomènes extrêmes qui, en raison de fortes vagues, attaquent les hauts de plages et peuvent emporter les cordons littoraux meubles ;
- Les courants marins, les houles et les vents qui ont une influence sur les processus sédimentaires. En Manche et en Mer du Nord, ils dépassent fréquemment 2 à 3 m/s¹³².

¹²⁸ BIGNON - BOISSIEU - AUTISSIER - VINCE - CLERMONT-BROUILLET - MEDDTL, juin 2009, Grenelle de la mer - Rapport du groupe 1 : La délicate rencontre entre la terre et la mer
<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics//094000252/0000.pdf>

¹²⁹ ADEME, mars 2011, Dépolderisation expérimentale de la ferme de la Caroline - Maintien des paysages maritimes - Reconstitution des paysages des bas-champs <http://observatoire.pcet-ademe.fr/action/fiche/70>

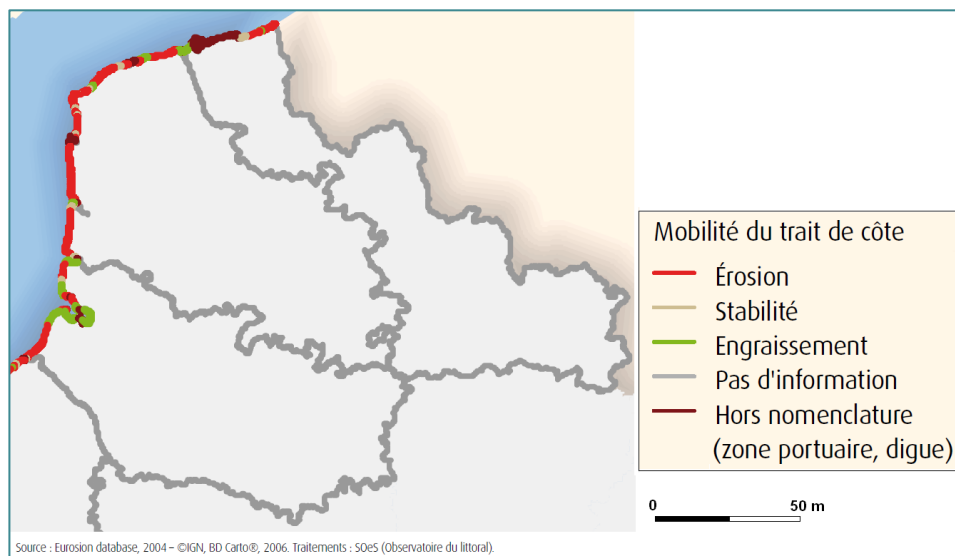
¹³⁰ Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2011, Impacts à long terme du changement climatique sur le littoral métropolitain

¹³¹ Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2011

¹³² IFREMER, selon PASKOFF R., 1994, Les littoraux ? Impact des aménagements sur leur évolution
http://envlit.ifremer.fr/region/basse_normandie/milieu/geomorphologie/erosion_cotiere

L'érosion a une incidence variable selon les types de littoraux. Ainsi, les côtes sableuses sont les plus touchées de par leur structure géomorphologique qui les rend particulièrement mobiles, aussi bien en termes d'érosion (recul du trait de côte) que d'accrétion (avancée du trait de côte). Les côtes rocheuses, plus dures, sont plus stables (90% des côtes rocheuses en France sont stables). À l'inverse, les côtes de roche tendre sont soumises à une plus forte érosion, en particulier lorsqu'il s'agit de falaises vives¹³³.

L'érosion touche à ce jour plus de 27% des côtes françaises. Toutefois, à l'échelle plus locale des côtes des territoires de la MEDCIE Nord, l'érosion représente un phénomène majeur. D'après le programme européen CORINE Erosion côtière, 74% des rivages nord-pas-de-calaisiens et 41% des terres picardes subissent une érosion confirmée. Les deux régions représentent respectivement les première et troisième régions françaises touchées par ce phénomène¹³⁴.



CARTE 7 : DETAIL DE L'ÉROSION CÔTIÈRE SUR LES CÔTES DU NORD-PAS-DE-CALAIS ET DE LA PICARDIE EN 2006 (SOURCE : SOeS, 2006)

Comme l'illustre la carte ci-dessus, le littoral du Nord-Pas-de-Calais et de la Picardie, constitué pour l'essentiel de côtes sableuses basses, est presque totalement soumis à l'érosion¹³⁵. Toutefois, les données disponibles sur l'évolution morphodynamique du littoral ont montré une importante variabilité spatiale dans l'évolution du trait de côte avec certains secteurs relativement stables, d'autres plus affectés par un recul important et quelques cas concernés par une avancée de la ligne de rivage. Par exemple, les données cartographiques concernant l'évolution de la ligne de rivage du Nord-Pas-de-Calais entre 1963 et 2000 réalisées à partir de photographies aériennes verticales ortho-rectifiées¹³⁶ font état de cette évolution contrastée. On constate que les secteurs les plus touchés par l'érosion sont au sud de Boulogne-sur-Mer, à l'est de Dunkerque, ou encore en Baie de Wissant avec un recul qui a atteint plus de 100m entre 1963 et 2000, alors que les secteurs caractérisés par de la sédimentation et une avancée du rivage vers la mer sont plus modestes même si on observe des cas particuliers comme à l'est de Calais où la progradation a dépassé la centaine de mètres en moins de 40 ans¹³⁷.

¹³³ Base de données Eurosion, 2004

¹³⁴ IFREMER, selon l'IFEN

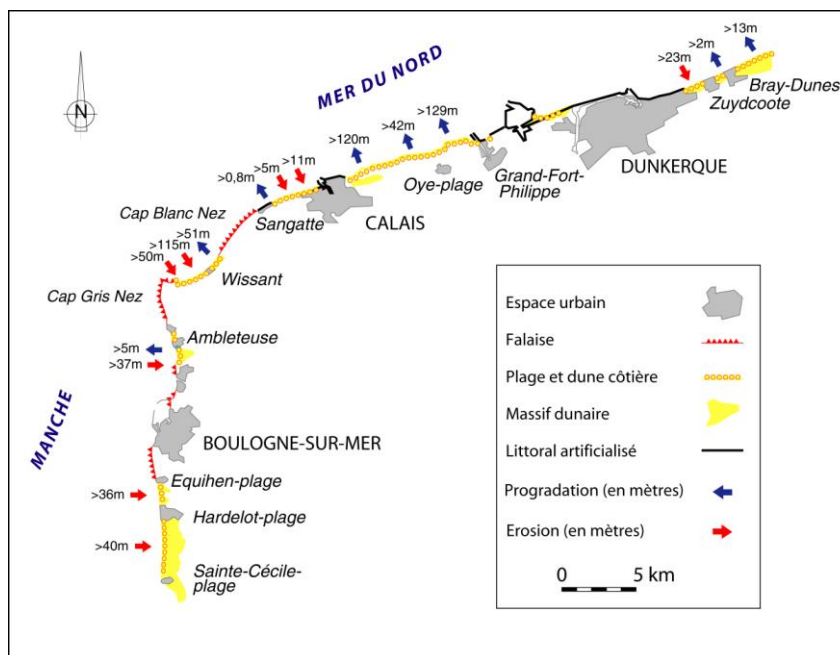
http://envlit.ifremer.fr/region/basse_normandie/milieu/geomorphologie/erosion_cotiere

¹³⁵ HEQUETTE, octobre 2010, Les risques naturels littoraux dans le Nord-Pas-de-Calais, France

<http://vertigo.revues.org/10173>

¹³⁶ S. CHAVEROT, 2006

¹³⁷ HEQUETTE, octobre 2010



CARTE 8 : ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DU NORD-PAS-DE-CALAIS ENTRE 1963 ET 2000 (SOURCE : HEQUETTE, OCTOBRE 2010, TIRE DE CHAVEROT, 2006)

En Picardie, les espaces les plus concernés par l'érosion sont notamment le Marquenterre, les Bas-Champs de Cayeux, le cordon dunaire de Brighton, la falaise d'Ault. Seuls quelques secteurs comme la Baie de Somme sont marqués par un ensablement qui constitue également un facteur de modification des milieux¹³⁸.

Or selon les données disponibles, le changement climatique pourrait potentiellement exacerber l'ensemble des phénomènes naturels intervenant directement dans le processus érosif. En prenant en compte l'incertitude inhérente aux travaux menés, il s'agirait de :

- **L'élévation du niveau moyen de la mer :** de 1870 à 2004, une élévation de 1,7mm/an du niveau marin principalement due à la dilatation thermique des océans liée au réchauffement et aux échanges de masses entre les lieux de stockages d'eau (glaciers, calotte glaciaire du Groenland, eaux continentales, etc.) a été observée à l'échelle mondiale¹³⁹. Si cette hausse du niveau marin n'est pas linéaire dans le temps et n'affecte pas l'ensemble des côtes mondiales de façon identique, elle pourrait affecter le littoral picard et nord-pas-de-calaisien. Peu d'études recensent des sites littoraux dont l'élévation du niveau marin d'origine climatique est la principale cause de recul du trait de côte ou de son aggravation par érosion. Toutefois, il est admis que l'érosion constatée ces dernières années peut être attribuée, au moins partiellement, à l'élévation séculaire du niveau marin résultant de la composante climatique. Une situation qui pourrait s'aggraver puisque, même si l'ampleur du phénomène n'est pas tranchée, l'élévation du niveau marin devrait se poursuivre au cours du XXI^e siècle. Les résultats des modélisations du rapport de 2007 du GIEC évoquent une élévation du niveau marin comprise entre 18 et 59 cm à 2100 selon les différents scénarios¹⁴⁰ ;
- **La modification des vagues à la côte :** l'énergie émise lors du déferlement des vagues a des impacts directs sur le niveau du trait de côte, tels que la mobilisation des sédiments meubles qui conduit à l'érosion. Si

¹³⁸ DREAL Picardie, septembre 2000, Profil environnemental régional de Picardie

http://www.picardie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/profil_cle1cbe21.pdf

¹³⁹ Selon l'étude du Commissariat Général au Développement Durable d'octobre 2011, il est à noter que « la fonte de la banquise ne participe pas directement à l'élévation du niveau marin moyen. La contribution la plus significative est celle liée à la fonte des glaciers de montagne, suivie de près par l'expansion thermique des océans ».

¹⁴⁰ Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2010

aujourd'hui les bases de données statistiques sur les houles restent trop faibles pour dégager clairement des tendances et si l'évolution de vagues et houles en intensité et fréquence n'est pas établie, un certain nombre d'impacts est attendu sur les vagues : parallèlement à la hausse du niveau marin, on pourrait observer une hausse de la hauteur des houles se propageant en profondeur plus faibles au niveau de côtes. Ainsi, une augmentation de 1m du niveau de la mer par fonds plats pourrait se traduire par une hausse de la houle de 80cm¹⁴¹. Par ailleurs, l'énergie propagée au niveau du trait de côte sera plus importante qu'auparavant¹⁴² ;

- **L'exacerbation des surcotes** qui sont définies comme la différence positive entre le niveau marin observé et le niveau de marée prédit à un moment donné. Si, comme pour les vagues, la durée d'observation des surcotes apparaît insuffisante pour dégager des tendances liées au changement climatique, certains impacts du changement climatique ont déjà été identifiés. Ainsi, en cas de modification du régime des tempêtes, les processus d'apparition des surcotes liés aux conditions de vent et de pression serait modifié. De plus, l'élévation du niveau marin pourrait également agir sur la propagation des vagues. Toutefois, il est à rappeler que l'incertitude est assez importante¹⁴³ ;
- Avec beaucoup plus d'incertitude, **une possible modification du régime des tempêtes à l'échelle mondiale**. L'observation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes survenues dans le territoire français sont très variables et ne font état d'aucune tendance. De plus, les connaissances à l'échelle globale et pour la France sont très limitées. Toutefois, si une exacerbation de ces phénomènes survenait, elle affecterait directement les côtes, notamment par ses effets associés (vagues, courants, surcotes, vents, etc.), accentuant l'érosion, la submersion marine et la salinisation¹⁴⁴.

Face à ces modifications, l'érosion pourrait potentiellement être exacerbée et toucher davantage les littoraux meubles, à savoir les plages sableuses et les dunes côtières qui représentent un rempart naturel des zones basses contre les submersions marines¹⁴⁵. Toutefois, il convient de nuancer ce constat global, notamment en raison de réalités locales plus contrastées. En effet, les tendances d'évolution de l'érosion ne sont pas des variables constantes dans le temps et dans l'espace en raison de la fluctuation des forçages météo-marins et hydrométéorologiques (tempêtes, surcotes, énergie des houles, variations du niveau moyen de la mer, ...) qui s'exercent sur la côte¹⁴⁶.

1.2 L'impact du changement climatique sur la submersion marine

Selon la DREAL Languedoc-Roussillon, la submersion marine désigne « *l'invasion temporaire et brutale d'un domaine continental littoral par la mer sous l'action de processus physiques se manifestant de manière extrême (forte dépression atmosphérique, vent violent, forte houle, ...), associés à des phénomènes naturels plus réguliers (marée astronomique, variation de température de l'eau, flux hydrique régulier, inversion des vents jour/nuit, ...)* »¹⁴⁷. Le front froid météorologique, qui correspond à la limite entre deux masses d'air sur la surface du globe terrestre et qui entraîne peu avant son passage une baisse de la pression atmosphérique et des vents plus importants, a également été identifié par les chercheurs du laboratoire Géophen de l'université de Caen et de Météo-France comme un facteur déterminant dans la variation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes

¹⁴¹ Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2011 d'après MAC COWAN, 1981 & MUNK, 1949

¹⁴² Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2011

¹⁴³ Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2011

¹⁴⁴ Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2011

¹⁴⁵ HEQUETTE, octobre 2010

¹⁴⁶ HEQUETTE, octobre 2010

¹⁴⁷ VANROYE - DREAL Languedoc-Roussillon, juillet 2008, La submersion marine en Languedoc-Roussillon - Eléments de définition http://www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Note_risques_littoraux_cle7fbc2d.pdf

de submersion¹⁴⁸. Depuis 1967, 65% des cas de submersion observés se sont déroulés pendant ou peu après le passage d'un front froid¹⁴⁹.

Trois modes de submersions marines ont été identifiés :

- Les submersions *par débordement* qui surviennent lorsque le niveau de la mer est supérieur au niveau des infrastructures de défense ou du trait de côte naturel ;
- Les submersions par *franchissements par paquets de mer* liées au déferlement des vagues (flux et reflux des vagues sur le littoral) ;
- Les submersions par *rupture ou destruction du cordon dunaire suite à une érosion intensive* ou à la *rupture d'ouvrages de protection*, notamment quand le niveau topographique est inférieur au niveau de la mer¹⁵⁰.

Aujourd'hui, les façades littorales du territoire d'étude sont exposées à ces « inondations par la mer ». Les côtes picardes présentent une vulnérabilité importante puisque des années 1960 aux années 1990, la région a été touchée par plusieurs submersions sévères, notamment des submersions dites « de tempêtes »¹⁵¹. Le Nord-Pas-de-Calais comprend également des zones de terres exposées à la submersion marine car situées en-dessous du niveau de la mer. Une cartographie de l'aléa a été réalisée par le CETE (Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement) Nord-Picardie dans le cadre de l'étude « PPR Côtes basses meubles du Pas de Calais ». Elle a permis de comparer la topographie des zones littorales, notamment en arrière du cordon dunaire ou d'une digue, à un niveau maximal de la mer afin d'identifier les zones selon leur degré d'exposition à l'aléa¹⁵². Il apparaît alors que :

- Les zones d'aléa fort à moyen se situent au niveau de Sangatte, Oye-plage, Berck Groffliers et Tardinghen ;
- Les zones d'aléa moyen se situent au niveau de Calais en bordure du Watergang, de Bercq et Groffliers, mais également de Sangatte, Oye-Plage et Tardinghen ;
- Les zones d'aléa faible sont situées à des altitudes inférieures aux niveaux d'extrêmes mers comme par exemple au niveau des communes d'Oye, Marck, Coquelles ou le Touquet¹⁵³.

¹⁴⁸ CASPAR - COSTA - JAKOB - Météo-France - Laboratoire Géophen de l'Université de Caen, mai 2007, Fronts froids et submersions de tempête dans le nord-ouest de la France - Le cas des inondations par la mer entre l'estuaire de la Seine et la baie de Somme http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/18188/meteo_2007_57_37.pdf?sequence=1

¹⁴⁹ BEAUSIR - CLERC - FRANCK - DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2007, Synthèse bibliographique s'inscrivant dans le projet de caractérisation des aléas naturels côtiers en intégrant les conséquences du changement climatique <http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Synthese-bibliographique-DIREN-NPDC.pdf>

¹⁵⁰ Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2011

¹⁵¹ CASPAR - COSTA - JAKOB - Météo-France - Laboratoire Géophen de l'Université de Caen, mai 2007

¹⁵² BEAUSIR - CLERC - FRANCK - DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2007

¹⁵³ BEAUSIR - CLERC - FRANCK - DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2007

Bien que ces invasions d’eau salée des terres intérieures soient de courte durée (de quelques heures à quelques jours), elles peuvent transporter d’importantes quantités de sédiments rendant alors la zone littorale momentanément inexploitable. Elles entraînent alors des conséquences sur les infrastructures, les populations et les activités littorales telles que l’agriculture¹⁵⁴. Aujourd’hui, les données disponibles ne permettent pas d’apprécier l’impact futur du changement climatique sur la fréquence et l’intensité de ces phénomènes. Toutefois, quelques impacts sur les facteurs de submersion ont déjà été identifiés, quelques-uns sont similaires aux facteurs précités pour le phénomène d’érosion :

- **L'élévation du niveau moyen de la mer** qui pourrait entraîner une submersion permanente des zones basses et des niveaux marins extrêmes plus fréquents. Cette hausse du niveau marin pourrait également étendre les zones soumises au risque de submersions, notamment lors des tempêtes ;
- **L'exacerbation des vagues et des surcotes** qui aurait un impact sur la submersion permanente ;
- **L'augmentation de la profondeur d'eau en proche côtière** qui facilitera la propagation des vagues d'amplitude plus importante ;
- Avec une incertitude importante, **l'évolution des phénomènes extrêmes de tempêtes** qui aurait pour conséquences une hausse de fréquence et d'intensité des épisodes de submersion¹⁵⁵.

1.3 L'impact du changement climatique sur le phénomène de salinisation : des conséquences peu renseignées

La salinisation est un phénomène naturel qui concerne surtout les côtes littorales directement en contact avec le milieu marin. Elle correspond à une intrusion d'eau salée dans les masses d'eaux et les sols littoraux. Selon

¹⁵⁴ BEAUSIR - CLERC - FRANCK - DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2007

¹⁵⁵ Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2011

l'IFREMER, la salinité correspond à « la masse en grammes des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer »¹⁵⁶. Elle se caractérise selon deux modes avec :

- La salinisation des eaux qui correspond à une augmentation de la salinité des eaux douces de surface et souterraines ;
- La salinisation des sols qui correspond à une accumulation de sels solubles à la surface ou en dessous de la surface des sols, suite à l'ascension des eaux souterraines salines ou de l'irrigation avec des eaux salées, à des niveaux nuisibles pour la croissance des plantes et pour les sols. Elle est notamment due à l'évaporation de l'eau qui laisse sur place les sels qui étaient dissous dans l'eau.

Ces intrusions salines sont des processus naturels qui surviennent sur l'ensemble des bordures côtières. L'eau douce souterraine en provenance de l'intérieur des terres s'évacue lentement en mer alors qu'en parallèle l'eau salée d'origine marine pénètre dans les nappes formant alors un échange eau douce/eau salée¹⁵⁷.

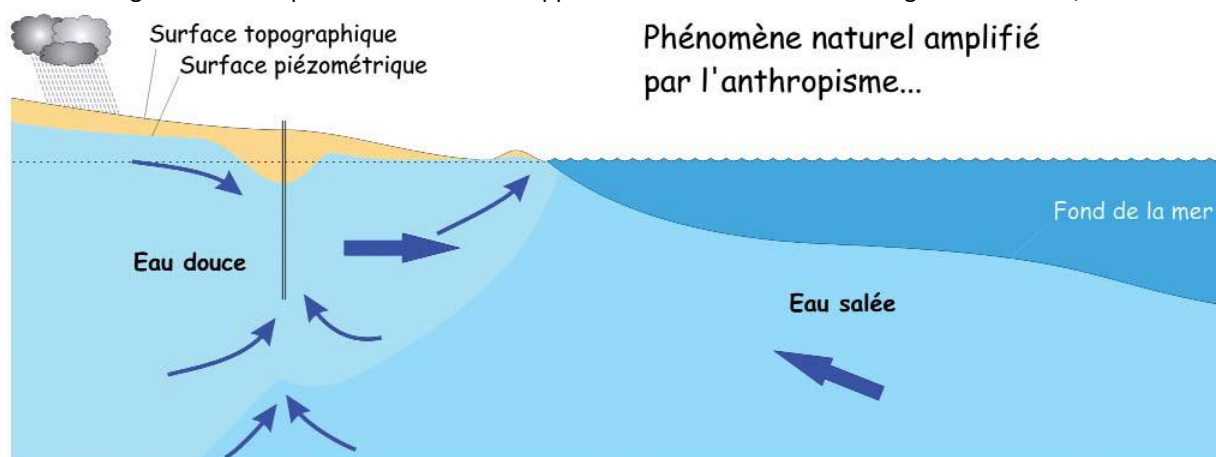


FIGURE 16 : AMPLIFICATION DE L'INTRUSION SALINE DES AQUIFERES COTIERS PAR INFLUENCE ANTHROPIQUE (SOURCE : COMMISSARIAT GENERAL AU DEVELOPPEMENT DURABLE, OCTOBRE 2011)

Les zones côtières de faible altitude de la Picardie et du Nord-Pas-de-Calais connaissent une salinité naturelle. Toutefois, les modifications climatiques attendues, telles que la hausse du niveau marin, les modifications des précipitations et l'augmentation des températures, pourraient conduire à la perte de cet équilibre entre eau douce et eau salée qui provoquerait une intensification des échanges d'eau (modification dans la recharge et les débits des cours d'eau côtiers) et donc de la salinisation. Par ailleurs, l'intervention humaine joue également un rôle prépondérant dans ce phénomène, notamment sur des zones littorales fortement anthropisées et avec des activités littorales saisonnière ou permanente très consommatrices en eau pour les différents usages (agriculture et tourisme)¹⁵⁸. Dans ce contexte, plusieurs impacts du changement climatique seront potentiellement visibles avec :

- D'une part, la disparition ou la transformation potentielle des marais salés en faveur d'autres types de végétation et d'écosystèmes mieux adaptés ;
- Et d'autre part, une accentuation de la salinité des terres inondées de façon temporaire ou permanente menant à l'appauvrissement des sols notamment agricoles.

Aujourd'hui, la complexité des échanges d'eau entre les aquifères côtiers et le manque de données disponibles rendent les impacts du changement climatique difficiles à appréhender. Néanmoins, l'éventualité de l'intensification de la salinisation ne peut être écartée, notamment dans un contexte de changements globaux.

¹⁵⁶ Site internet de l'IFREMER <http://envlit.ifremer.fr/infos/glossaire/s/salinite>

¹⁵⁷ Site internet de l'Office de l'Eau de La Réunion, octobre 2011 <http://www.eaureunion.fr/index.php?id=931>

¹⁵⁸ Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2011

2 Les impacts socioéconomiques de l'exacerbation des risques côtiers

Le littoral est depuis toujours un lieu privilégié d'installation anthropique : populations, ports, villes et activités industrielles. Or, ces pressions humaines causent de profondes perturbations du rivage et des écosystèmes littoraux et sont parallèlement impactées par l'ensemble des risques côtiers. Il existe donc une relation complexe et transversale entre les activités littorales et ces phénomènes littoraux.

Le littoral du Nord-Pas-de-Calais et de la Picardie, en grande partie constitué de côtes sableuses basses, est sensible à l'érosion, à la submersion marine et à la salinisation qui mènent à un recul de la ligne de rivage et pourraient à terme menacer des espaces rétro-littoraux occupés par l'homme¹⁵⁹. Il s'agira ici de définir les impacts potentiellement attendus du changement climatique sur l'ensemble des activités littorales.

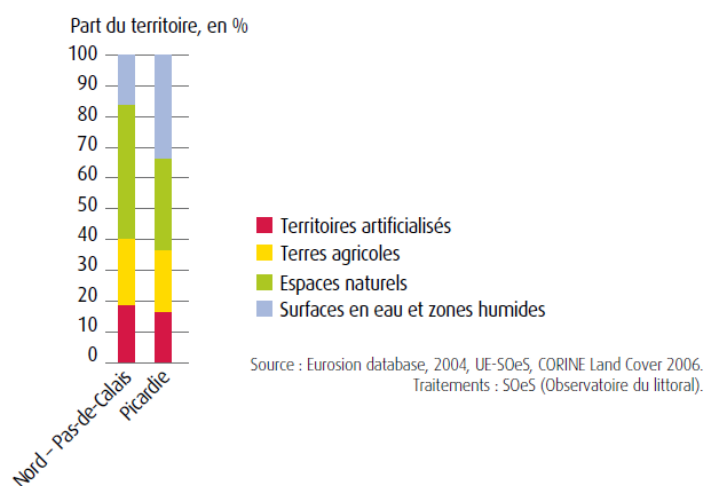


FIGURE 17 : OCCUPATION DU SOL DES TERRITOIRES A MOINS DE 250 METRES DES COTES DE LA PICARDIE ET DU NORD-PAS-DE-CALAIS (SOURCE : COMMISSARIAT GENERAL AU DEVELOPPEMENT DURABLE - SOeS, MAI 2011, LES RISQUES NATURELS ET INDUSTRIELS SUR LE LITTORAL)

2.1 Impact direct des risques côtiers sur la sécurité des populations et leurs habitats

L'exacerbation potentielle des phénomènes naturels littoraux devrait entraîner des conséquences directes pour le littoral. L'augmentation de la vulnérabilité des populations devrait être un des premiers impacts. En effet, comme expliqué plus haut, le littoral est un lieu de concentration anthropique. En 2007, la façade côtière du Nord-Pas-de-Calais regroupait 800 000 habitants, dont l'essentiel concentré dans les agglomérations de Calais, Boulogne-sur-Mer et Dunkerque. Avec 657 habitants/km², elle représentait la deuxième région côtière la plus densément peuplée après le littoral de la Provence-Alpes-Côte-d'Azur¹⁶⁰. Selon les données de l'INSEE présentant les populations par départements littoraux en 2007, le Nord-Pas-de-Calais rassemblaient plus de 4 millions de personnes alors que la Picardie en comptait 566 000¹⁶¹. Or, d'après les projections de population de l'INSEE fondées sur le modèle Omphale 2010¹⁶², la population des départements littoraux des régions étudiées

¹⁵⁹ HEQUETTE, octobre 2010

¹⁶⁰ BEAUSIR - CLERC - FRANCK - DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2007

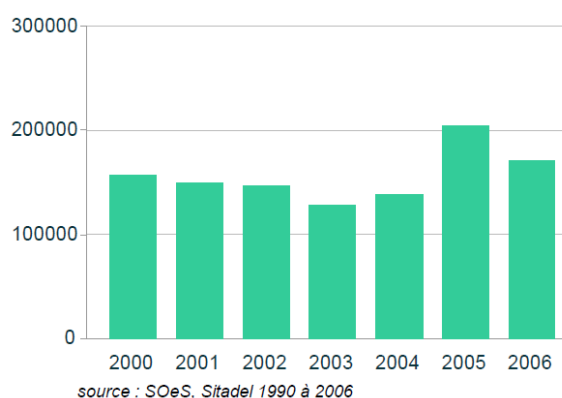
¹⁶¹ Observatoire du Littoral - SOeS, février 2011, Indicateur : perspectives d'évolution de la population des départements littoraux à l'horizon 2040 http://www.onml.fr/fileadmin/user_upload/fiches/perspectives.pdf

¹⁶² Ces projections sont basées sur les populations au 1er janvier 2007. Le modèle applique, pour chaque sexe et âge, des quotients d'émigration entre zones de départ et zones d'arrivée, ainsi que des quotients de fécondité et de mortalité. Ces paramètres sont déterminés en prenant en compte les tendances de fécondité, mortalité et de

devrait croître à l'horizon 2040. La population de ces départements dans le Nord-Pas-de-Calais devrait augmenter de 127 000 personnes, soit une hausse de 3,2% par rapport à 2007 et la population de la Somme devrait augmenter de 129 000 personnes, soit une hausse de 7,1%. La population totale des départements littoraux étudiés s'élèverait alors à 4 755 000 à 2040¹⁶³.

Parallèlement à cette forte présence humaine, l'urbanisation et la construction progressives caractérisent le littoral. L'urbanisation sur la façade nord-pas-de-calaisienne augmente depuis les années 1970. On note une hausse de +15,7% de l'urbanisation entre 1992 et 1997 sur une bande littorale de 2km¹⁶⁴. Le littoral picard est également soumis aux mêmes pressions urbanistiques puisque selon le SOeS, en 2006, la construction de logements a doublé sur les littoraux de Picardie alors qu'elle se maintient sur le littoral du Nord-Pas de Calais, déjà fortement urbanisé¹⁶⁵. Cette forte pression urbaine est renforcée par le tourisme, la Côte d'Opale étant par exemple un véritable carrefour de l'Europe du Nord-Ouest, ou par les activités industrielles comme la zone portuaire de Dunkerque ou de Calais¹⁶⁶. Cette situation est d'autant plus complexe que le littoral picard et nord-pas-de-calaisien se caractérise par la présence importante de polders dont le niveau est situé sous le niveau de la mer. Si cette polderisation est ancienne et constitue une spécificité du littoral, elle a également conduit à augmenter la sensibilité du territoire avec des populations et des activités toujours plus importantes sur ces espaces.

Evolution de la construction de logement en m² shon dans les communes littorales du Nord-Pas-de-Calais



Evolution de la construction de logement en m² shon dans les communes littorales de la Picardie

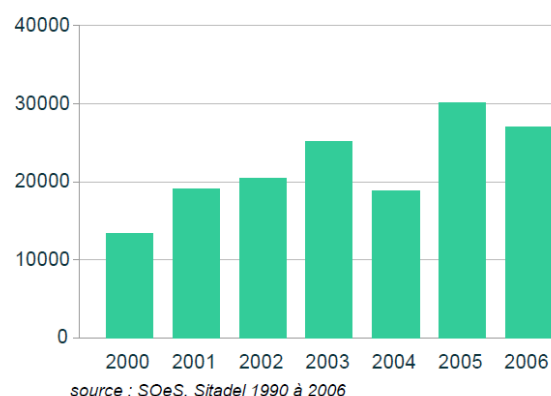


FIGURE 18 : EVOLUTION DE LA CONSTRUCTION DE LOGEMENT EN M² SHON DANS LES COMMUNES LITTORALES DU NORD-PAS-DE-CALAIS ET DE LA PICARDIE DE 2000 A 2006 (SOURCE : OBSERVATOIRE NATIONAL DE LA MER ET DU LITTORAL, [HTTP://WWW.ONML.FR/CHIFFRES-CLES/PORTRAITS-DE-TERRITOIRE/](http://www.onml.fr/chiffres-cles/portraits-de-territoire/))

Or, l'exacerbation des risques côtiers pourrait constituer un risque considérable pour les populations et infrastructures situées en zone inondable. Par exemple, la submersion marine pourrait particulièrement affecter les zones basses littorales, et notamment les zones endiguées et de polders qui visent à protéger des terrains situés sous le niveau des plus hautes mers¹⁶⁷. Selon une étude menée par le CETMEF en 2010, près de 65 676 bâtiments, 3 757 kilomètres de linéaire d'infrastructures de transport et 1 918 hectares de surface de sites d'intérêt écologique se situaient en zone basse sous la cote centennale dans le Nord-Pas-de-Calais et respectivement 10 149 bâtiments, 545km et 5 445ha en Picardie. L'ensemble des infrastructures (réseaux de transports, d'énergie, etc.) devraient donc être fragilisés.

migrations observées par le passé. Observatoire du Littoral - SOeS, février 2011, Indicateur : perspectives d'évolution de la population des départements littoraux à l'horizon 2040

¹⁶³ Observatoire du Littoral - SOeS, février 2011

¹⁶⁴ BEAUSIR - CLERC - FRANCK - DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2007

¹⁶⁵ Observatoire du Littoral - SOeS, février 2011

¹⁶⁶ BEAUSIR - CLERC - FRANCK - DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2007

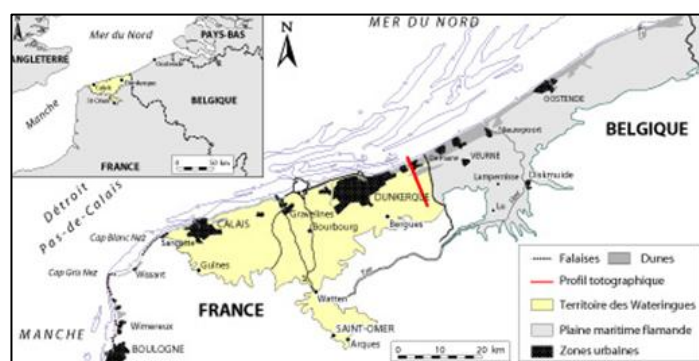
¹⁶⁷ SOeS, 2010. Chiffres clés du littoral

TABLEAU 4 : ENJEUX SITUES DANS LES ZONES BASSES SOUS LES NIVEAUX MARINS CENTENNAUX (CETMEF, AOUT 2011, VULNERABILITE DU TERRITOIRE NATIONAL AUX RISQUES LITTORAUX - FRANCE METROPOLITAINE [HTTP://WWW.CETMEF.DEVELOPPEMENT-DURABLE.GOUV.FR/VULNERABILITE-DU-TERRITOIRE-A406.HTML](http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/vulnerabilite-du-territoire-a406.html))

Régions	Nombre de bâtiments	Linéaire d'infrastructures de transport (km)	Surface de sites d'intérêt écologique (ha)
NORD PAS-DE-CALAIS	65676	3757	1918
PICARDIE	10149	545	5445
HAUTE-NORMANDIE	9003	923	12410
BASSE-NORMANDIE	15591	868	28923
BRETAGNE	22375	1611	15540
PAYS DE LA LOIRE	59658	3074	125901
POITOU-CHARENTES	28762	1783	64052
AQUITAINE	25916	1582	34367
LANGUEDOC-ROUSSILLON	16135	1905	27752
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	10571	711	64973
CORSE	1320	45	1359
FRANCE METROPOLITAINE	265156	16804	382640

Zoom sur la sensibilité des Wateringues aux risques côtiers

Situés en Flandre Maritime dans le triangle Calais-Saint-Omer-Dunkerque dans l'arrière-pays, l'Institution Interdépartementale des Wateringues est un territoire gagné sur la mer qui a été créé à l'origine pour réaliser des ouvrages d'évacuation des crues à la mer, assurer leur exploitation et leur entretien. Elle s'étend sur 85 000 hectares et rassemble 430 000 habitants, des terres agricoles et des zones humides, près de 100 stations de pompage, plus de 1 500 km de Watergangs et 150 km de canaux domaniaux.



CARTE 10 : LE TERRITOIRE DES WATERINGUES DANS LE NORD-PAS-DE-CALAIS : L'ANCIEN DELTA DE L'AA (SOURCE : SITE DE L'INSTITUTION INTERDEPARTEMENTALE DES WATERINGUES [HTTP://WWW.INSTITUTION-WATERINGUES.FR/](http://www.institution-wateringues.fr/))

Avec son altitude moyenne inférieure au niveau des plus hautes mers (entre 0 et 5 mètres), cet ancien espace de marais du delta de l'Aa asséché est très sensible aux inondations marines. Il pourrait donc être particulièrement impacté par l'exacerbation des risques côtiers et l'élévation du niveau des eaux qui ralentiraient l'évacuation gravitaire des canaux et génèreraient des crues hivernales plus importantes et plus difficiles à évacuer. Si aujourd'hui le phénomène n'est pas quantifié, les grandes marées survenues auparavant sur le territoire permettent de visualiser les conséquences qui pourraient survenir. Par exemple, en 1953 un raz-de-marée a touché l'ensemble des côtes de la Mer du Nord et y a occasionné de nombreux dégâts humains et matériels.

Toutefois, malgré ces vulnérabilités, le territoire présente des capacités d'adaptation importantes. A ce jour, aucune invasion marine n'y a été observée en raison des nombreuses mesures mises en place localement. Elles

découlent directement d'une réelle prise de conscience du phénomène par les autorités locales qui ont pu développer certaines activités économiques.

Source : CETMEF, octobre 2007, *Analyse régionale des conséquences du changement climatique Région Nord Pas-de-Calais & BEAUSIR - CLERC - FRANCK - DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2007*

2.2 Impacts sur les activités littorales

2.2.1 L'agriculture

Selon les données du SOeS, les terres agricoles représentent près de 20% des terres littorales du territoire d'étude¹⁶⁸. La Picardie maritime par exemple dispose d'une agriculture diversifiée comprenant céréales, pommes de terre, betterave à sucre, légumes de conserve, endives ou encore production laitière et de viande bovine¹⁶⁹. Mais depuis les années 1970, cette agriculture subit des pressions foncières importantes qui entraînent sa diminution. Or, les surfaces agricoles sur la frange littorale jouent un rôle essentiel de production et de maintien des équilibres dans l'aménagement du territoire. De 1970 à 2000, la surface agricole utile des exploitations des communes littorales de la Picardie a diminué d'environ 15% et celle du Nord-Pas-de-Calais entre 20 et 25%¹⁷⁰.

Or, l'évolution attendue des risques côtiers, et notamment des phénomènes d'intrusion saline, devraient davantage fragiliser l'agriculture littorale. Dans ce contexte, il est donc important d'étudier précisément les spécificités de cette agriculture et son évolution.

2.2.2 L'activité portuaire

Il existe une importante incertitude quant à l'impact du changement climatique sur les voies fluviales et le transport maritime. Néanmoins, certains effets attendus du changement climatique tels que la hausse des températures et l'exacerbation des phénomènes de sécheresses et d'étiages pourraient conduire à une baisse des débits hydriques avec des conséquences sur les voies navigables et le trafic portuaire. Le territoire d'étude apparaît comme particulièrement vulnérable puisque le Nord-Pas-de-Calais, avec ses 680km de réseau navigable et ses infrastructures portuaires (grand port maritime de Dunkerque, port régional de Calais, port fluvial de Béthune-Beuvry, port de Lille, port de Boulogne-sur-Mer), pourrait être directement concerné. La région occupe également une position stratégique entre le Nord de l'Europe (Belgique) et le bassin de la Seine. La Picardie, bien que ne disposant d'aucun port maritime, bénéficie de la proximité de l'importante zone portuaire du Nord-Pas-de-Calais¹⁷¹. Elle pourrait donc également subir les conséquences d'une baisse de l'attractivité de ces ports en raison des modifications climatiques. Par ailleurs, il est à noter que le tourisme fluvial devrait également être impacté puisque le Nord-Pas-de-Calais et la Picardie comptent de nombreux ports de plaisances¹⁷².

¹⁶⁸ Commissariat Général au Développement Durable - SOeS, mai 2011, les risques naturels et industriels sur le littoral

¹⁶⁹ Direction Régionale de l'Équipement Picardie, février 2008, Le littoral picard : Un patrimoine naturel riche et diversifié à valoriser et à gérer durablement - Contribution de la DRE Picardie à l'atelier Littoral de la DGUHC http://www.picardie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/080520_ERELE_diagnostic_littoral_v2_cle226d89.pdf

¹⁷⁰ Observatoire du littoral, octobre 2005, Indicateur : évolution de la surface agricole utilisée des exploitations agricoles des communes littorales et de leur arrière-pays entre 1970 et 2000 http://www.onml.fr/fileadmin/user_upload/fiches/sau.pdf

¹⁷¹ DREAL Picardie, novembre 2009, Etude sur la structuration des hinterlands portuaires en Picardie http://ort-picardie.net/download/fichiers/1332410055_rapport.pdf

¹⁷² Service de la navigation - Direction Régionale de Voies Navigables de France Nord-Pas-de-Calais, juillet 2011, Le réseau fluvial en Nord-Pas-de-Calais http://www.sn-Nord-Pas-de-Calais.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/TIRE_A_PART_RESEAU_ORGANISATION_cle6f1583.pdf

Cette vulnérabilité pourrait augmenter avec le développement des voies navigables fluviales, en interaction avec les infrastructures maritimes. En effet, un plan de relance du transport fluvial français a été présenté en 2009 avec pour objectif le doublement de la part du transport ferroviaire, maritime et fluvial d'ici à 2020 dans le Nord-Pas-de-Calais¹⁷³. Le projet de canal Seine-Nord Europe qui vise à relier, via un canal à grand gabarit, le réseau fluvial navigable du Nord de la France au réseau Nord européen (20 000 km de voies fluviales européennes) et à rendre plus compétitif le bassin de la Seine, a été relancé et est aujourd'hui en cours¹⁷⁴. Le Conseil Régional place également le développement du transport par voie d'eau comme une priorité¹⁷⁵. Dans ce contexte, il est donc indispensable de considérer les impacts potentiels du changement climatique.



CARTE 11 : LE RESEAU FLUVIAL EN NORD-PAS-DE-CALAIS (SOURCE : SERVICE DE LA NAVIGATION DIRECTION REGIONALE DE VOIES NAVIGABLES DE FRANCE NORD-PAS-DE-CALAIS, JUILLET 2011)

D'autres impacts du changement climatique pourraient également être observés sur les voies navigables et les flux maritimes à savoir :

- Le développement excessif d'algues dans les milieux de relative stagnation des eaux du fait de l'augmentation éventuelle des températures. Ces algues pourraient alors entraîner des difficultés pour le transit des bateaux ;
- L'exacerbation des épisodes de crues qui auraient un impact sur les voies navigables en rivières canalisées voire sur les canaux artificiels jouxtant les cours d'eau.

¹⁷³ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Acceleration-du-developpement-du.html>

¹⁷⁴ Site dédié au projet du Canal Seine-Nord <http://www.seine-nord-europe.com/>

¹⁷⁵ Conseil Régional, 2008

2.2.3 Le tourisme

Le changement climatique pourrait représenter une opportunité pour le développement du tourisme littoral dans le Nord-Pas-de-Calais et la Picardie. En effet, l'augmentation des températures en période estivale pourrait dynamiser le tourisme balnéaire et rendre plus attractive les côtes du Nord qui pourraient bénéficier des touristes évitant les destinations marquées par de trop fortes températures. Toutefois, ces opportunités pourraient être freinées en raison de l'exacerbation des risques côtiers qui devraient fragiliser la côte et rendre plus vulnérable les infrastructures d'accueil des touristes. En effet, les territoires littoraux qui représentent les premiers espaces touristiques en France¹⁷⁶ sont particulièrement sensibles aux risques côtiers qui participent directement à leur formation.

Or, leur exacerbation pourrait conduire, d'une part à une aggravation des phénomènes d'érosion des côtes liée aux mouvements marins (vagues et houles, surcotes météorologiques, marée, ...), et d'autre part à la recrudescence d'épisodes de submersions marines, temporaires ou permanentes. Sachant que toutes les façades côtières ne sont pas modifiées de la même manière par ces phénomènes, en fonction de leur nature (côtes meubles ou rocheuses), des courants marins ou du niveau d'artificialisation des côtes, on pourrait constater une altération plus ou moins importante du littoral en fonction de la localisation. Le littoral picard et nord-pas-de-calaisien pourrait donc voir son attractivité s'amenuiser avec notamment la dégradation des plages.

2.3 Impact sur la biodiversité

Voir le chapitre 1.2 sur L'impact du changement climatique sur les espaces littoraux et les milieux aquatiques

3 Une réflexion indispensable pour une réduction de la vulnérabilité de l'existant face à l'exacerbation de ces effets

Face aux modifications climatiques à venir, l'adaptation de la gestion du trait de côte, et notamment la problématique liée à l'occupation même de cet espace, apparaissent comme des questions essentielles pour le territoire d'étude.

En effet, comme exposé précédemment, le littoral picard et nord-pas-de-calaisien est caractérisé par des espaces de polders qui traduisent des siècles d'avancée progressive de l'homme vers la mer. Or, les impacts attendus du changement climatique remettent considérablement en question cette occupation de l'espace. En effet, si une hausse du niveau de la mer a est attendue pour le XXI^e siècle, cette progression n'aura pas les mêmes conséquences sur l'ensemble des côtes françaises. Le littoral du territoire d'étude devrait être plus particulièrement touché en raison notamment de cette progression historique vers la mer. D'autant plus qu'à ce jour, les nombreux aménagements de protection (pompages, digues, portes à la mer...) présentent des coûts élevés de fonctionnement pesant plus durement sur les populations¹⁷⁷.

Dans ce contexte, le changement climatique met à l'ordre du jour la question du choix entre une stratégie de maintien de ces ouvrages qui ne constitueront pas, en leur état actuel, des systèmes de protection suffisants contre le risque de submersion futurs¹⁷⁸, et une stratégie de recul stratégique, qui apparaît comme une solution possible mais dont les socioéconomiques sont majeurs. Les acteurs locaux en charge de cette gestion côtière n'ont généralement pas une visibilité globale sur la hausse du niveau de la mer en raison de l'incertitude des données ce qui complexifie le débat, notamment lorsqu'il s'agit de sensibiliser les populations locales et les acteurs locaux. Le changement climatique pose donc sur la table de nombreuses problématiques qui nécessitent une approche intégrée¹⁷⁹. Toutefois, on peut également considérer ce changement climatique comme une

¹⁷⁶ MEIE, 2009

¹⁷⁷ Agence de l'Eau Artois-Picardie, octobre 2008

¹⁷⁸ Entretien du 8 juin 2011 de Gaëlle SCHAUNER du Syndicat Mixte Baie de Somme - Grand Littoral Picard

¹⁷⁹ Entretien du 8 juin 2011 de Gaëlle SCHAUNER du Syndicat Mixte Baie de Somme - Grand Littoral Picard

opportunité de développer une nouvelle perception et approche du littoral. Une démarche qui est d’ores-et-déjà mise en évidence localement par le Syndicat Mixte Baie de Somme - Grand Littoral Picard qui vise à favoriser l’émergence de filières de développement plus respectueuses de l’environnement¹⁸⁰, ainsi que dans le cadre des Schémas Régionaux Climat Air Energie des régions.

¹⁸⁰ Entretien par mail de Guillaume VILLEMAGNE du Syndicat Mixte Baie de Somme - Grand Littoral Picard

4 Tableau de synthèse thématique

<i>Impact</i>	<i>Exposition : paramètres climatiques à considérer</i>	<i>Axes de vulnérabilité</i>	<i>Points d'appui en matière d'adaptation</i>
Exacerbation du risque d'érosion	Hausse des températures moyennes annuelles Hausse du niveau de la mer	<ul style="list-style-type: none"> Littoral des deux régions principalement constitué de plages sableuses Importante artificialisation du trait de côte et exacerbation de la fréquentation anthropique qui constituent des facteurs aggravants de l'érosion 74% des rivages nord-pas-de-calaisiens et 41% des terres picardes soumis à une érosion confirmée 	<ul style="list-style-type: none"> Etudes réalisées sur l'évolution du trait de côte et de l'érosion du littoral picard et nord-pas-de-calaisien
Salinisation du littoral	Hausse des températures moyennes annuelles Hausse du niveau de la mer Modification du régime hydrique	<ul style="list-style-type: none"> Zones côtières de faible altitude de la Picardie et du Nord-Pas-de-Calais qui connaissent une salinité naturelle qui pourrait être exacerbée par les risques côtiers plus intenses 	<ul style="list-style-type: none">
Fragilisation des populations, des biens et des activités du littoral sous l'effet des risques côtiers	Hausse des températures moyennes annuelles Hausse du niveau de la mer	<ul style="list-style-type: none"> Littoral des deux régions principalement constitué de plages sableuses Importante concentration anthropique et densité littorale avec en 2007 près de 800 000 personnes installées sur la façade côtière du Nord-Pas-de-Calais Hausse attendue de la population littorale des deux régions avec à l'horizon 2040 4 755 000 personnes installées selon l'INSEE Hausse de +15,7% de l'urbanisation entre 1992 et 1997 du littoral du Nord-Pas-de-Calais et de la construction de logements sur les littoraux de Picardie 65 676 bâtiments, 3 757 kilomètres de linéaire d'infrastructures de transport et 1 918 hectares de surface de sites d'intérêt écologique en zone basse sous la cote centennale dans le Nord-Pas-de-Calais et 10 149 bâtiments, 545km et 5 445ha en Picardie selon le CETMEF en 2010 Zone de polders importante avec les Wateringues qui rassemblent 430 000 habitants, des terres agricoles et des zones humides sur un espace d'une altitude moyenne inférieure au niveau des plus hautes mers (entre 0 et 5 mètres), Activités agricole, portuaire et de tourisme importantes sur le littoral 	<ul style="list-style-type: none"> Question de la stratégie de l'occupation de l'espace avec notamment la problématique du maintien des ouvrages de protection actuels et du recul stratégique mises à l'ordre du jour dans le cadre des SRCAE et des PCET

Les impacts du changement climatique sur la biodiversité et les zones humides spécifiques au territoire

La préservation des espèces et des espaces naturels est une action indispensable en raison des nombreux services écosystémiques qui sont rendus par cette biodiversité. Régulation des eaux, approvisionnement, protection contre les inondations ou encore aménités culturelles sont autant de services rendus par les écosystèmes. Certaines fonctions écologiques pourraient être modifiées ou menacées par le changement climatique, mais la connaissance dans ce domaine reste à développer. La préservation de la biodiversité et l'accompagnement des évolutions inévitables sont nécessaires, et d'ores et déjà, de nombreuses actions sont menées en faveur de la biodiversité sur le territoire des Pays du Nord¹⁸¹.

TABLEAU 5 : QUELQUES DONNEES SUR LA BIODIVERSITE DE LA PICARDIE ET DU NORD-PAS-DE-CALAIS (SOURCE : CONSERVATOIRE DES SITES NATURELS DE PICARDIE, 2007, LA BIODIVERSITE ANIMALE EN PICARDIE [HTTP://WWW.PICARDIE.FR/IMG/PDF/BIODIVERSITE_FAUNISTIQUE_EN_PICARDIE_4.PDF](http://www.picardie.fr/IMG/PDF/BIODIVERSITE_FAUNISTIQUE_EN_PICARDIE_4.PDF) & DREAL NORD-PAS-DE-CALAIS, JANVIER 2011, BIODIVERSITE EN NORD-PAS-DE-CALAIS - LA RESPONSABILITE DE CHACUN, L'INTERET DE TOUS [HTTP://WWW.OBSERVATOIRE-BIODIVERSITE-NPDC.FR/FICHIERS/DOCUMENTS/DOCUMENTATION/BIODIVERSITE_NPDC.PDF](http://www.observatoire-biodiversite-npdc.fr/fichiers/documents/documentation/biodiversite_npdc.pdf))

Picardie	Nord-Pas-de-Calais
Près de 320 espèces d'oiseaux nicheurs, de passage et hivernants	197 espèces d'oiseaux nicheurs
environ 460 vertébrés sur les 800 de France	1 450 espèces floristiques
67 espèces connues de mammifères	50 espèces de mammifères
42 espèces de poissons 17 espèces de batraciens et 11 de reptiles	15 espèces de batraciens et 5 espèces de reptiles

Si en comparaison à d'autres régions, la Picardie et le Nord-Pas-de-Calais ne constituent pas des réserves importantes de biodiversité, notamment en termes de quantité, elles abritent chacune des espèces boréales remarquables. Or, le climat est un élément qui influe fortement la structure et le fonctionnement des écosystèmes terrestres et aquatiques. Les modifications attendues au cours du XXI^e siècle des principaux paramètres climatiques pourraient donc altérer l'environnement animal et végétal de diverses façons. Bien que les connaissances soient aujourd'hui encore limitées, il est admis que le changement climatique entraînerait potentiellement :

- Une baisse du nombre d'espèces avec un impact direct sur la diversité naturelle ;
- Une fragilisation de l'ensemble des milieux naturels ;
- Une modification de la répartition géographique des espèces ;
- Des transformations dans la phénologie et la physiologie des espèces.

Le changement climatique pourrait donc directement entraîner l'amenuisement de la diversité et de l'abondance des espèces. Selon le Groupe interministériel « Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France », les risques d'extinction d'espèces mais également d'évolutions au sein même des biotopes avec des modifications des traits de vie, des comportements et la diminution de la diversité génétique seront de plus en

¹⁸¹ Entretien du 1^{er} mars 2012 de Jean-Marc VALET du Conservatoire botanique national de Bailleul

plus probables au cours du XXI^e siècle¹⁸². L'extension progressive de l'urbanisation et des activités humaines agit comme un facteur aggravant, de par les pressions importantes déjà exercées sur les milieux et les espèces qui leur sont inféodées. Dans ce contexte, la question de l'adaptation de la biodiversité par la protection mais également par la révision des méthodes de conservation sont au cœur de l'adaptation.

1 L'impact du changement climatique sur les milieux naturels

1.1 Une fragilisation progressive des zones humides

Les zones humides sont des terrains inondés définis dans la loi sur l'eau de 1992¹⁸³. Elles peuvent prendre la forme de prairies humides, de forêts alluviales, de rieds, d'étangs, de mares et de tourbières. Ces espaces de transition entre la terre et l'eau sont dominés par une végétation de plantes hygrophiles. Il existe deux catégories de zones humides : continentales et côtières et marines. Ce milieu abrite une biodiversité importante de la France, soit la moitié des espèces d'oiseaux et la totalité des espèces d'amphibiens et de poissons. C'est un lieu de reproduction, de migration et d'hivernage et un réservoir de nourriture pour des nombreuses espèces¹⁸⁴. Ces espaces naturels occupent une importante superficie sur le littoral du territoire d'étude, au niveau des Wateringues et dans la vallée alluviale Scarpe-Escaut dans le Nord-Pas-de-Calais, et dans la baie de Somme en Picardie.

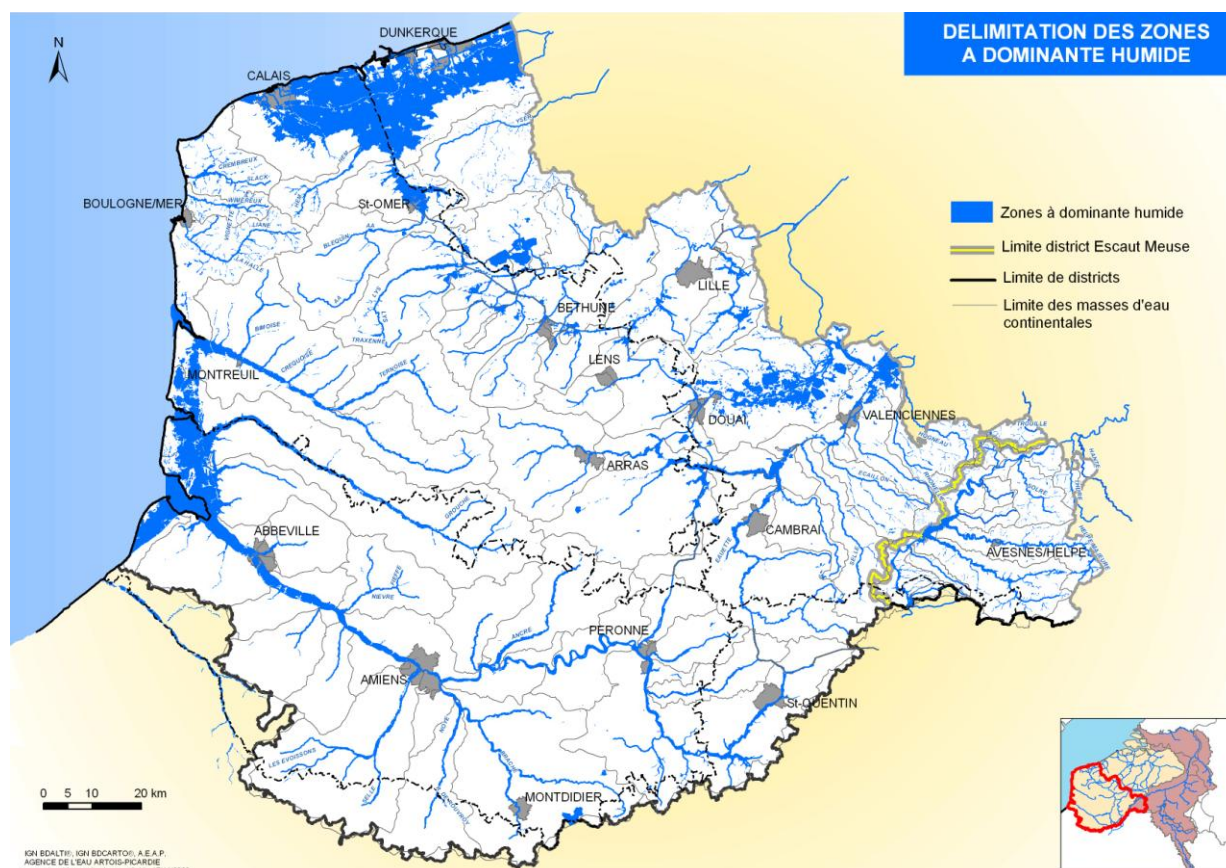


FIGURE 19 : CARTE DES ZONES HUMIDES DANS LE BASSIN ARTOIS PICARDIE (SOURCE : SDAGE ARTOIS PICARDIE 2010-2015)

¹⁸² Groupe Interministériel, 2009, Evaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France

¹⁸³ Article L211-1 du Code de l'Environnement

¹⁸⁴ MEDDTL, 2012, Les services et fonctions rendus par les zones humides <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-services-et-fonctions-rendus.html>

Toutefois, la hausse des températures moyennes, la recrudescence d'épisodes de sécheresses intenses ou encore la montée des eaux sous l'effet du changement climatique, pourraient entraîner des impacts négatifs sur ces espaces. On pourrait alors constater :

- Un assèchement progressif des zones humides avec une remontée des sels contenus dans les sols après l'évaporation ;
- Une intrusion progressive d'eau salée ;
- La régression ou la disparition des zones humides ainsi que de l'ensemble de la biodiversité associée¹⁸⁵.

Ces phénomènes seront probablement aggravés par l'action anthropique en raison des prélèvements excessifs d'eau pour l'irrigation et du drainage de ces zones en faveur de l'extension de l'urbanisation. En effet, l'action de l'homme est la cause la plus importante de vulnérabilité pour ce milieu naturel puisque la pression exercée par les activités anthropiques telles que l'agriculture ou le tourisme conduisent à un drainage et à une réduction de la superficie du milieu. De nouveaux projets d'aménagement sont projetés pour les ports de Dunkerque et de Calais et pourraient accroître davantage la vulnérabilité des zones humides présentes sur cette portion de territoire¹⁸⁶.

Zoom sur le delta de l'Aa

Le delta de l'Aa correspond à une surface de 1 208 km² et a fait l'objet d'un Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) approuvé en mars 2010 qui dispose d'un volet concernant la protection des zones humides. Ce SAGE met en lumière plusieurs dispositifs dont l'objectif premier n'est pas l'adaptation au changement climatique mais qui pourraient constituer des leviers d'actions pertinents pour la mise en place de l'adaptation. Il prévoit entre autre:

- Une meilleure gestion de la ressource d'eau douce afin de mieux la répartir entre les différents usages tout en maintenant le fonctionnement des écosystèmes ;
- La création de zones de dépollution naturelle ;
- La prise en compte de la présence de zones humides dans les documents d'urbanisme afin de mieux les protéger ;
- Des actions de soutien à l'étiage afin d'éviter l'assèchement des zones humides ;
- La mise en place d'un dispositif d'aide aux agriculteurs qui souhaitent participer à l'entretien es zones humides ;
- Des ateliers de formation à la préservation des zones humides auprès des élus, particuliers, services communaux.

Ces actions, qui répondent à l'impact déjà observé du climat, pourraient donc constituer des actions d'adaptation au changement climatique.

¹⁸⁵ Entretien du 8 mars 2012 d'Hélène PERIER, DREAL Nord-Pas-de-Calais

¹⁸⁶ Entretien du 8 mars 2012 d'Hélène PERIER, DREAL Nord-Pas-de-Calais

mer et les espaces cultivés. Il est donc difficile pour ces espaces côtiers de migrer vers l'intérieur des terres¹⁸⁹. De plus, la fragmentation des milieux est très forte du fait d'un réseau de transports dense, la pression sur les trames vertes et bleues est donc significative¹⁹⁰.

Afin d'évaluer l'impact du changement climatique sur ses acquisitions, le Conservatoire du Littoral a mené une étude visant à identifier ses surfaces soumises aux risques d'érosion et de submersion à l'horizon 2100. Cette étude permet notamment d'indiquer les pertes probables d'hectares de biodiversité qui pourraient survenir, le Conservatoire menant principalement une politique de protection des espaces naturels et des paysages maritimes¹⁹¹.

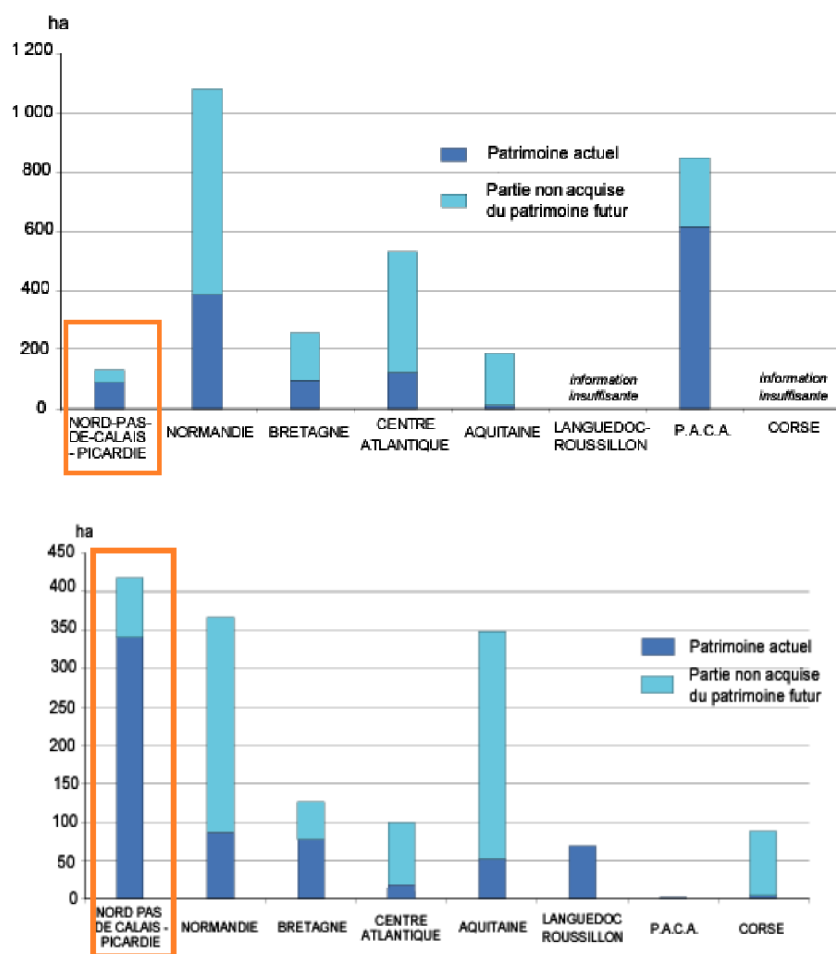


FIGURE 20 : SURFACE DU PATRIMOINE DU CONSERVATOIRE DU LITTORAL SUJETTE A L'ÉROSION ET A LA SUBMERSION A L'HORIZON 2100 (SOURCE : CONSERVATOIRE DU LITTORAL, 2004, IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE PATRIMOINE DU CONSERVATOIRE DU LITTORAL : SCÉNARIOS D'ÉROSION ET DE SUBMERSION A L'HORIZON 2100)

Ainsi, environ 100 hectares du patrimoine actuel du Conservatoire seraient menacés par la submersion et les acquisitions futures ne feraient qu'accroître faiblement cette part. Dans le Nord et le Pas-de-Calais cette submersion ferait suite à la rupture du cordon dunaire qui protège les terres basses de la mer¹⁹². Le

¹⁸⁹ Entretien du 8 mars 2012 d'Hélène PERIER, DREAL Nord-Pas-de-Calais

¹⁹⁰ Entretien du 8 mars 2012 d'Hélène PERIER, DREAL Nord-Pas-de-Calais

¹⁹¹ Conservatoire du littoral, site web, <http://www.conservatoire-du-littoral.fr/front/process/Rubriquee8e8.html?rub=4&rubec=4>

¹⁹² Conservatoire du Littoral, 2004, Impacts du changement climatique sur le patrimoine du Conservatoire du littoral : Scénarios d'érosion et de submersion à l'horizon 2100

Conservatoire comptabilise 340 hectares de surfaces érodables en Nord-Pas-de-Calais et en Picardie. Rien que dans le Nord-Pas-de-Calais, la surface perdue correspond à 50% de la surface perdue totale de tous les sites du Conservatoire. Les acquisitions futures se traduiront par une perte supplémentaire de 78 hectares. Les effets attendus du changement climatique pourraient complexifier la gestion du littoral.

Par ailleurs, le changement climatique aura des répercussions plus ou moins marquées sur les milieux aquatiques marins et d'eaux douces en raison de la baisse des débits des cours d'eau, de la hausse des températures marines et d'une baisse de la qualité des eaux. Un des impacts à considérer est le risque d'eutrophisation des cours d'eau, qui correspond à un apport excessif en nutriments (nitrates par exemple) qui provoque l'appauvrissement des milieux aquatiques, voire la création d'effets toxiques tels que le développement de cyanobactéries ou d'algues vertes qui étouffent les milieux. Si ce phénomène est principalement d'origine humaine avec l'industrie agricole notamment, les modifications climatiques attendues (hausse des températures et de l'ensoleillement notamment) pourraient conduire à leur aggravation¹⁹³.



FIGURE 21 : QUALITE DES COURS D'EAU DANS LE BASSIN ARTOIS PICARDIE (SOURCE : AGENCE DE L'EAU ARTOIS-PICARDIE, SDAGE ARTOIS PICARDIE 2010-2015)

Le territoire d'étude apparaît déjà vulnérable avec des espaces particulièrement touchés : les plans d'eau reliés à la Somme ou l'Avre sont déjà régulièrement eutrophisés¹⁹⁴.

1.3 L'impact du changement climatique sur les espaces forestiers

Voir le chapitre 3 sur L'impact du changement climatique sur la productivité et les pratiques forestières.

¹⁹³ Entretien du 22 février 2012 de Simon FEUTRY de la DREAL Nord-Pas-De-Calais

¹⁹⁴ Pôle-Relais Tourbières, 2007, Guide de gestion des tourbières & marais alcalins des vallées alluviales de France septentrionale http://www.pole-tourbieres.org/docs/vallee_Somme_guideBP.pdf

1.4 Le cas des espaces naturels protégés

La stratégie française de conservation de la nature est depuis les années 1970 principalement fondée sur les espaces protégés réglementairement tels que les zones Natura 2000, les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF), les espaces gérés par le Conservatoire du littoral ou encore les Parcs naturels régionaux (PNR). Les deux régions du territoire d'étude hébergent de nombreuses zones naturelles exceptionnelles. Par exemple en 2011, les ZNIEFF représentaient dans le Nord-Pas-de-Calais et la Picardie une superficie de 888 319 hectares et les zones Natura 2000 125 244 hectares¹⁹⁵.

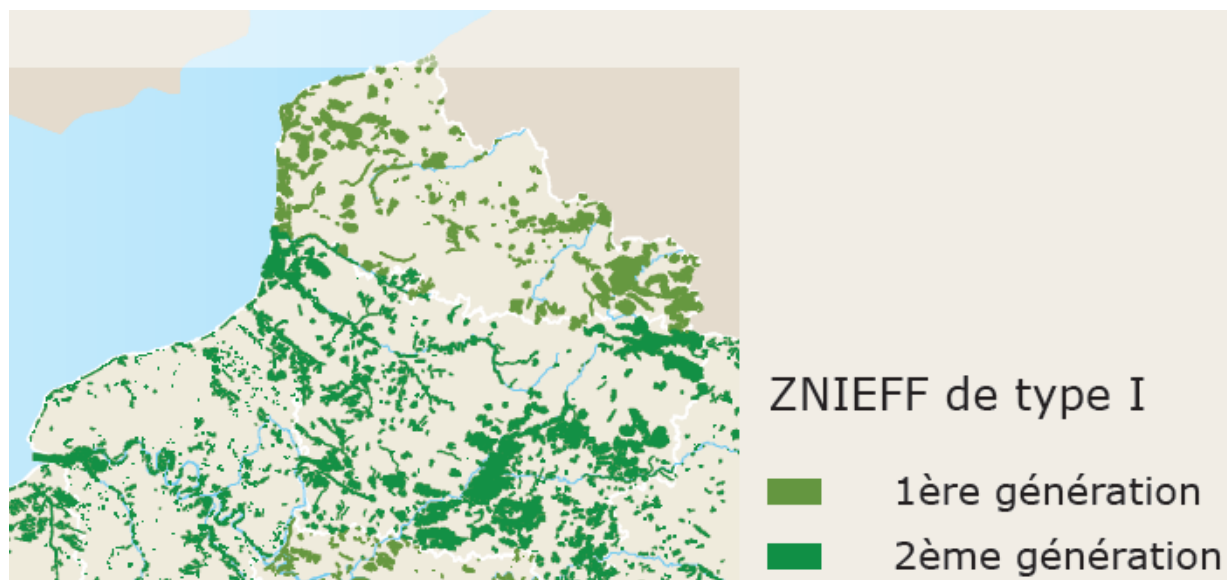


FIGURE 22 : LES ZONES NATURELLES D'INTERET ECOLOGIQUE FAUNISTIQUE ET FLORISTIQUE (ZNIEFF) EN PICARDIE ET NORD-PAS-DE-CALAIS (SOURCE : SITE INTERNET DE L'INVENTAIRE NATIONAL DU PATRIMOINE NATUREL [HTTP://INPN.MNHN.FR/DOCS/MAP_PDF/ZNIEFF1.PDF](http://inpn.mnhn.fr/docs/map_pdf/znief1.pdf))

Les espaces protégés ne seront pas épargnés par les évolutions à venir et constitueront plus que jamais des espaces à enjeux, pouvant jouer un rôle de refuge. Etant donné qu'ils abritent une biodiversité particulièrement sensible (espèces protégées et/ou menacées), ils ressentiront fortement les mutations.

Or en France, ces espaces connaissent depuis quelques années un amoindrissement. A ce jour, les sites protégés ne représentent plus que 1,8% du territoire métropolitain contre 24% en 1995 qui figuraient dans l'inventaire des ZNIEFF¹⁹⁶. Dans ce contexte, l'exacerbation de la vulnérabilité des aires protégées sous l'effet du changement climatique pose la question de la pertinence des méthodes de gestion des espaces naturels protégées.

2 L'impact du changement climatique sur le fonctionnement des espèces

2.1 Evolution phénologique et physiologique des espèces

Bien que les connaissances soient limitées sur l'impact du changement climatique sur le fonctionnement des espèces, il est admis que ces modifications climatiques entraîneront potentiellement :

- D'une part, des modifications de la phénologie des espèces végétales et animales, c'est-à-dire un bouleversement des principaux stades de maturité des espèces (dormance, floraison, débourrement,

¹⁹⁵ MEDDTL, 2011, SOeS, base Eider.

¹⁹⁶ INRA, décembre 2008, Espaces protégés : de la gestion conservatoire vers la non-intervention <http://www.inra.fr/dpenv/pdf/schnitzlzer56.pdf>

migrations, nidification, reproduction, ...). Plusieurs impacts seraient alors visibles tels que la floraison plus précoce de certaines espèces végétales, un raccourcissement de la période débourrement-maturité, la remontée vers le Nord d'espèces aquatiques consécutive au réchauffement des cours d'eau et des eaux marines. Si ces évolutions témoignent de la capacité d'adaptation spontanée de la biodiversité à un environnement changeant, les conséquences sont difficiles à établir, tant les espèces sont interdépendantes. On citera ainsi le risque « d'asynchronie » entre espèces liées, entraînant par exemple un bouleversement des relations prédateur / proie, ou hôte/parasite¹⁹⁷ ;

- Et d'autre part, une évolution de la physiologie des espèces, c'est-à-dire des modifications dans le rôle, le fonctionnement et l'organisation mécanique, physique et biochimique des organismes vivants et de leurs composants. On pourrait alors constater une résistance plus importante de certaines espèces au détriment d'autres, avec ici également, des conséquences en chaîne difficiles à établir¹⁹⁸.

2.2 Une modification de la répartition géographique des espèces

La modification des conditions climatiques de certains milieux naturels pourrait entraîner une modification de la distribution géographique des espèces hôtes de ces milieux avec, pour effets l'apparition sur un territoire de nouvelles espèces apparaître, ou au contraire, une disparition plus ou moins importante d'espèces. Ainsi, un glissement des aires géographiques des espèces vers le nord serait probable ainsi qu'une réduction, voire une disparition, de certains écosystèmes ce qui entraînerait de fait l'extinction des espèces qui leur sont inféodées. A ce jour, un recul de la limite septentrionale de certaines espèces thermophiles a déjà été observé, preuve du déplacement vers le Nord des espaces traditionnels de peuplement des espèces. C'est le cas par exemple de l'*Andryala* à feuilles entières ou de la *Limodore* à feuilles avortées qui sont apparues dans le Nord-Pas-de-Calais alors qu'elles n'y avaient jamais été observées auparavant¹⁹⁹. Ce ne sont pour l'instant que deux espèces végétales mais cette substitution faunistique et floristique pourrait s'accroître et s'accélérer en fonction des variations climatiques et de la pression anthropique sur les milieux.

Zoom sur le lézard vert occidental *Lacerta bilineata*

Le lézard vert est une espèce thermophile présente dans le Lot depuis le paléolithique inférieur²⁰⁰. L'espèce s'est étendue sur le territoire français au fur et à mesure que les conditions climatiques le lui permettaient. Son aire de répartition en 2010 était à la limite sud des départements de la Somme et du Nord. Or, avec le changement des conditions climatiques, cette espèce, qui recherche l'ensoleillement et les espaces de plaine²⁰¹, pourrait voir son aire géographique d'étendre avec notamment des espaces dont le climat serait plus favorable à son développement.

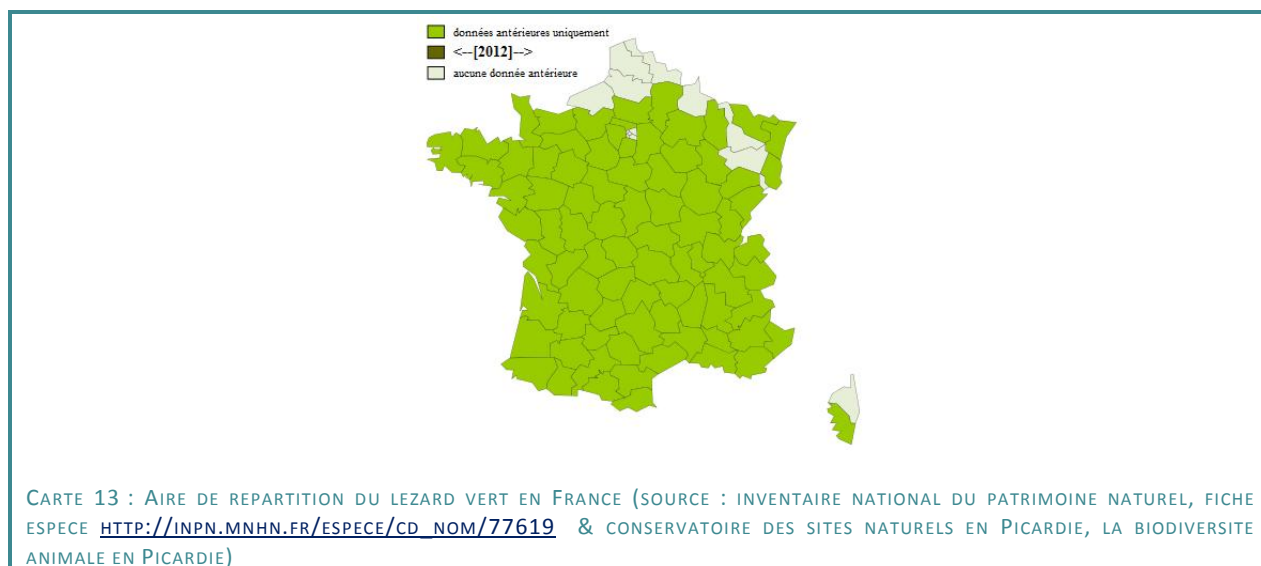
¹⁹⁷ ONERC, 2009, Changement climatique : coûts des impacts et pistes d'adaptation

¹⁹⁸ ONERC, 2009, Changement climatique : coûts des impacts et pistes d'adaptation

¹⁹⁹ Entretien du 1er mars 2012 de Jean-Marc VALET du Conservatoire botanique national de Bailleul

²⁰⁰ Inventaire National du Patrimoine Naturel, Fiche espèce, http://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/77619

²⁰¹ Association Cistude Nature, 2010, Guide des Amphibiens et des Reptiles d'Aquitaine <http://www.cistude.org/telechargement/GuideARAquitaine.pdf>



L'extension de l'aire de répartition attendue des espèces pose par ailleurs le problème de la continuité des écosystèmes. En effet, l'urbanisation et l'artificialisation des milieux (sols et cours d'eau) en Nord-Pas-de-Calais et Picardie avec notamment le développement du trafic routier entre le territoire francilien et le Benelux et vers la région francilienne, ainsi que le projet du canal Seine Nord Europe qui prévoit de relier sur 106km le nord de l'Oise, à Compiègne, au canal Dunkerque Escaut, à Cambrai, accroissent davantage la vulnérabilité des réservoirs de biodiversité en obstruant les couloirs de passage des espèces.

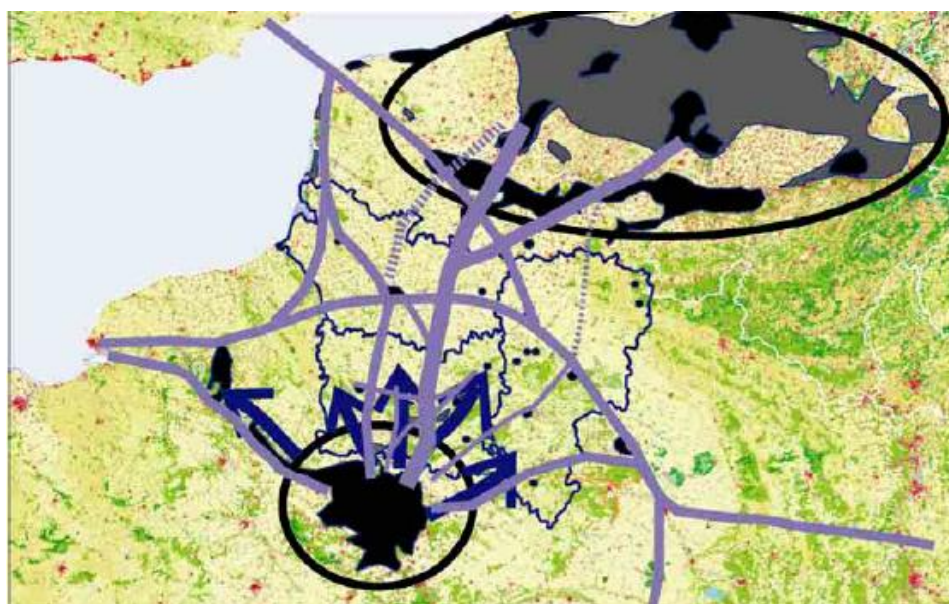


FIGURE 23 : TISSU ROUTIER ET AUTOROUTIER TRAVERSANT LA PICARDIE. (SOURCE : CONSERVATOIRE DES SITES NATURELS DE PICARDIE, LA CONSERVATION ANIMALE EN PICARDIE [HTTP://WWW.PICARDIE.FR/IMG/PDF/BIODIVERSITE_FAUNISTIQUE_EN_PICARDIE_4.PDF](http://www.picardie.fr/IMG/PDF/BIODIVERSITE_FAUNISTIQUE_EN_PICARDIE_4.PDF))

Par exemple, le canal Seine Nord Europe déclaré d'utilité publique s'inscrit dans la démarche initiée avec le Grenelle de l'environnement de 2007²⁰². En effet, afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre qui sont en partie liées au transport terrestre, il s'agit de développer la navigation fluviale. Cependant si ce mode de transport est moins émetteur que le transport routier, il n'est pas sans impact sur la biodiversité. Les voies

²⁰² Voies navigables de France, 2008, Le canal à grand gabarit Seine Nord Europe déclaré d'utilité publique.

navigables aménagées comme les canaux ont un effet de coupure des milieux qui empêchent les migrations des espèces²⁰³ :

- Les espèces terrestres ne peuvent pas traverser les canaux faute de berges pour remonter ;
- Les espèces aquatiques ne peuvent remonter les cours d'eau à cause des écluses. Certaines espèces se reproduisant en eaux peu profondes, la profondeur immédiate des canaux les empêche de se reproduire.



CARTE 14 : TRACE DU FUTUR CANAL SEINE NORD EUROPE A TRAVERS LE NORD-PAS-DE-CALAIS ET LA PICARDIE PREVU POUR 2017 (SOURCE : VOIES NAVIGABLES DE FRANCE, 2008, LE CANAL A GRAND GABARIT SEINE NORD EUROPE DECLARE D'UTILITE PUBLIQUE)

Dans ce contexte, il est aujourd'hui déterminant de trouver un juste équilibre entre le développement économique des régions et la protection des espaces naturels qui subissent directement les pressions anthropiques liées à cette extension économique. Aujourd'hui, de nombreuses démarches sont élaborées. On citera notamment à l'échelle régionale la mise en place de trames vertes et bleues dans le cadre des Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique, qui permettent d'anticiper les développements futurs²⁰⁴. Les effets attendus du changement climatique doivent impérativement être pris en compte dans les démarches d'aménagement du territoire afin d'éviter des fragmentations trop importantes qui empêcheraient les migrations des espèces²⁰⁵.

2.3 Emergence et développement de parasites et d'espèces envahissantes

Avec le changement climatique, l'émergence de nouveaux parasites et d'espèces envahissantes devient une préoccupation importante. En effet, de nouveaux parasites auxquels les plantes ne seront pas préparées pourraient arriver par le sud à mesure que les températures annuelles augmenteront. De même, une faune et flore envahissantes pourraient apparaître si les conditions climatiques leur sont favorables²⁰⁶. L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature définit ainsi une espèce envahissante comme²⁰⁷ « Une espèce introduite (allochtone, non indigène) par l'homme (volontairement ou fortuitement) et dont l'implantation et la

²⁰³ Entretien du 22 février 2012 de Simon FEUTRY, DREAL Nord-Pas-De-Calais

²⁰⁴ Entretien du 8 mars 2012 de Hélène PERIER, DREAL Nord-Pas-de-Calais

²⁰⁵ Entretien du 22 février 2012 de Simon FEUTRY, DREAL Nord-Pas-De-Calais

²⁰⁶ Entretien du 1^{er} mars 2012 de Jean-Marc VALET du Conservatoire botanique national de Bailleul

²⁰⁷ Comité français de l'UICN, <http://www.especes-envahissantes-outremer.fr/les-enjeux-article-42.html>

propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques et/ou économiques et/ou sanitaires négatives ».

Les espèces envahissantes sont considérées comme la troisième cause de disparition de la biodiversité par l'UICN après la destruction des espaces naturels²⁰⁸. En effet, ces espèces ont un impact négatif car :

- Elles concurrencent les espèces autochtones soit indirectement car elles émettent des substances toxiques pour les autres espèces, soit parce qu'elles ne sont pas consommées par les espèces animales endogènes ;
- Elles produisent une pollution génétique par hybridation et transmission de vecteurs ;
- Elles modifient les équilibres écologiques préexistants ;
- Elles peuvent aussi avoir des impacts négatifs sur l'activité humaine pour l'agriculture, l'irrigation, la pêche, la chasse mais aussi pour la santé humaine (allergies, transmissions de maladies...)

Le risque est qu'une espèce ou un parasite s'installe puisque l'environnement lui est favorable alors que les espèces autochtones ne sont pas préparées à s'en défendre, ce qui peut mener à la fragilisation, voire à la disparition d'espèces autochtones. Les espèces envahissantes disposent de plus d'une plasticité et d'une capacité d'adaptation plus importantes, ce qui favorise leur implantation dans un nouveau milieu. Or, si l'écosystème est déjà fragile, l'apparition d'un envahissant ou d'un parasite peut gravement perturber la résilience du milieu²⁰⁹.

La question des espèces envahissantes est déjà posée dans le territoire d'étude. Par exemple, l'espèce végétale Jussie à grande fleur (*Ludwigia grandiflora*) est déjà présente en Picardie et Nord-Pas-de-Calais, et bénéficierait pour son expansion du changement du climat grâce à un ensoleillement plus important et une augmentation des températures moyennes annuelles²¹⁰. Son développement est favorisé par une eau à forte teneur en nitrate. Comme vu précédemment, la pollution au nitrate du fait de l'activité agricole est forte pour les deux régions. L'aire de répartition de la plante pourrait donc progresser à partir des points où elle est déjà implantée :



Distribution connue de la jussie à grande fleur (*Ludwigia grandiflora*)

FIGURE 24 : AIRE DE REPARTITION DE LA JUSSIE A GRANDE FLEUR DANS LE BASSIN ARTOIS PICARDIE (SOURCE : AGENCE DE L'EAU ARTOIS PICARDIE, LES ESPECES ANIMALES ET VEGETALES SUSCEPTIBLES DE PROLIFERER DANS LES MILIEUX AQUATIQUES ET SUBAQUATIQUES FICHES SYNTHESE ESPECES VEGETALES)

²⁰⁸ L'observatoire de la biodiversité en Nord-Pas-de-Calais, 2010, Analyse des indicateurs

²⁰⁹ Entretien du 1^{er} mars 2012 de Jean-Marc VALET du Conservatoire botanique national de Bailleul

²¹⁰ Pôle-Relais Tourbières, 2007, Guide de gestion des tourbières & marais alcalins des vallées alluviales de France septentrionale http://www.pole-tourbieres.org/docs/vallee_Somme_guideBP.pdf

Cette plante est considérée comme envahissante car elle se développe d'une manière très dense, notamment en zone humide, banalisant le biotope et éliminant toute autres plantes déjà présentes et les espèces qui leur sont inféodées. Elle peut entraver l'écoulement de l'eau, bloquant le déplacement des autres espèces, entraînant une perte de biodiversité²¹¹.

En ce qui concerne les parasites, l'apparition de nouveaux parasites auxquels les plantes ne seraient pas résistantes semble probable²¹². En effet, l'augmentation des températures moyennes annuelles participe à la prolifération des parasites et à l'extension de leur aire de répartition. Les milieux forestiers en particulier pourraient être impactés s'ils sont déjà fragilisés par un stress hydrique dû à des périodes de sécheresse²¹³.

La littérature indique que l'augmentation des températures annuelles moyennes qui permettent²¹⁴ :

- L'augmentation du nombre de générations annuelles de l'insecte parasite ;
- Un développement plus précoce des maladies grâce à des hivers plus doux, allongeant la période d'exposition au risque.

Afin de préserver les peuplements forestiers, la diversification des peuplements et l'adaptation du type d'essence constituent des stratégies à l'étude²¹⁵.

3 L'impact spécifique des évènements climatiques extrêmes

Du fait du changement climatique, certains évènements climatiques violents tels que les inondations ou avec une plus grande incertitude les tempêtes, pourraient augmenter en fréquence et en intensité impactant ainsi la biodiversité et les milieux naturels. En ce qui concerne les inondations, le changement climatique se superposerait au facteur de vulnérabilité de l'artificialisation et de l'imperméabilisation des sols, ainsi qu'à l'étalement urbain en zone à risque. Ces évènements extrêmes sont à l'origine de destructions très importantes sur les milieux et aggravent le morcellement des espaces naturels. La tempête de 1999 est un exemple d'évènement dévastateur pour le milieu forestier qui a contribué à la réduction de la diversité des espèces.

Cependant, il est aussi à noter que ce type d'évènement extrême permet de rouvrir les milieux naturels²¹⁶. En effet, lorsque les milieux ne sont pas gérés, ils ont une tendance naturelle à la fermeture, envahis par les espèces ligneuses ce qui a pour conséquence d'engendrer une perte de diversité des espèces et particulièrement celles héliophiles qui nécessitent de l'ensoleillement. Les inondations, les tempêtes permettent une « remise à zéro » des milieux qui n'est plus assurée par le passage de grandes faune, d'attaques parasitaires massives ou de grands feux parce que l'homme a bloqué ces mécanismes naturels de réouverture avec l'apparition de l'agriculture et de l'élevage extensif. A présent que l'on observe une déprise de l'activité humaine sur les milieux, on assiste à un emboisement de ceux-ci. Le maintien de l'ouverture des milieux est géré par l'homme, et le coût associé est important²¹⁷. Les évènements climatiques extrêmes peuvent jouer ce rôle de réouverture.

²¹¹ Agence de l'eau Artois Picardie, Les espèces végétales invasives des milieux aquatiques et humides du bassin Artois-Picardie http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/especes_vegetales_invasives_des_milieux_aquatiques_et_humides.pdf

²¹² Entretien du 1^{er} mars 2012 de Jean-Marc VALET du Conservatoire botanique national de Bailleul

²¹³ Entretien du 20 Février 2012 de Julie PARGADE du CRPF Nord-Pas-de-Calais Picardie

²¹⁴ CRPF Nord-Pas-de-Calais Picardie, 2008, Aléas et changement climatique : conséquences sur nos forêts

²¹⁵ Entretien du 20 Février 2012 de Julie PARGADE du CRPF Nord-Pas-de-Calais Picardie

²¹⁶ Entretien du 1^{er} mars 2012 de Jean-Marc VALET du Conservatoire botanique national de Bailleul

²¹⁷ Entretien du 1^{er} mars 2012 de Jean-Marc VALET du Conservatoire botanique national de Bailleul

4 Tableau de synthèse thématique

<i>Impact</i>	<i>Exposition : paramètres climatiques à considérer</i>	<i>Axes de vulnérabilité</i>	<i>Points d'appui en matière d'adaptation</i>
Fragilisation des zones humides	Hausse des températures moyennes annuelles et estivales Baisse des précipitations moyennes annuelles et estivales Augmentation du nombre de jours de sécheresse et de canicule	<ul style="list-style-type: none"> Importance des zones humides dans le Nord-Pas-de-Calais et la Picardie Nouveaux projets d'aménagement projetés pour les ports de Dunkerque et de Calais qui pourraient accroître la vulnérabilité des zones humides 	<ul style="list-style-type: none"> Protection effective des zones humides avec notamment leur classement en espaces protégés
Fragilisation des zones littorales et des milieux aquatiques	Hausse des températures moyennes annuelles et estivales Exacerbation des risques côtiers Baisse des précipitations moyennes annuelles et estivales	<ul style="list-style-type: none"> Forte sensibilité du littoral picard et du nord-pas-de-calaisien aux pressions anthropiques (urbanisation, projets d'aménagement, agriculture, etc.) Fragmentation importante des milieux en raison du réseau de transports dense 340ha d'espaces acquis par le Conservatoire du Littoral considérés comme des surfaces érodables en Nord-Pas-de-Calais et en Picardie 	<ul style="list-style-type: none"> Etude menée par le Conservatoire du Littoral sur ses surfaces acquises soumises aux risques d'érosion et de submersion à l'horizon 2100
Modification phénologique et physiologique des espèces	Hausse des températures moyennes annuelles et estivales Baisse des précipitations moyennes annuelles	<ul style="list-style-type: none"> Importante biodiversité dans le Nord-Pas-de-Calais et la Picardie 	<ul style="list-style-type: none">
Modification de la répartition géographique des espèces	Hausse des températures moyennes annuelles et estivales Baisse des précipitations moyennes annuelles Augmentation du nombre de jours de sécheresse et de canicule	<ul style="list-style-type: none"> Forte fragmentation des espaces naturels empêchant la migration des espèces 	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de corridors écologiques afin de favoriser les déplacements des espèces : trame verte et bleue

Emergence et développement de parasites et envahisseurs	Hausse des températures moyennes annuelles Baisse des précipitations moyennes annuelles	<ul style="list-style-type: none"> • Espèce végétale Jussie à grande fleur déjà présente en Picardie et Nord-Pas-de-Calais et qui devrait bénéficier des effets du changement du climat 	<ul style="list-style-type: none"> • Littérature et études importantes concernant les parasites et espèces envahissantes en France
--	--	--	---

Bibliographie

- ADEME, mars 2011, Dépolderisation expérimentale de la ferme de la Caroline - Maintien des paysages maritimes - Reconstitution des paysages des bas-champs
- AFSSA, 2005, Fièvre catarrhale ovine
- AFSSET, 2004, Impacts sanitaires des installations de climatisation. Contribution au Plan Canicule.
- Agence de l'eau Artois Picardie, 2005, Les espèces végétales invasives des milieux aquatiques et humides du bassin Artois-Picardie
- Agence de l'eau Artois Picardie, 2003, Les espèces animales et végétales susceptibles de proliférer dans les milieux aquatiques et subaquatiques
- Agence de l'eau Artois Picardie, 2006, Schéma Directeur D'aménagement Et De Gestion Des Eaux 2010-2015
- Agence de l'Eau Artois-Picardie, octobre 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 ?
- Association Cistude Nature, 2010, Guide des Amphibiens et des Reptiles d'Aquitaine
- BADEAU et al., 2005, Projet Carbofor
- Base de données EuroSION, 2004
- BEAUSIR - CLERC - FRANCK - DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2007, Synthèse bibliographique s'inscrivant dans le projet de caractérisation des aléas naturels côtiers en intégrant les conséquences du changement climatique
- BRISSON - LEVRAULT - ANR - INRA, 2007-2010, Livre vert du projet CLIMATOR
- BRGM, 2003, Risques liés aux ouvrages souterrains. Détermination d'une échelle de dommages
- BRGM, 2011, Inventaire départemental des cavités souterraines hors mines de l'Oise
- CETMEF, octobre 2007, Analyse régionale des conséquences du changement climatique Région Nord Pas-de-Calais
- CETMEF, août 2011, Vulnérabilité du territoire national aux risques littoraux - France métropolitaine
- Chase, 2005, Climate Change Impacts on Dairy Cattle. Climate Change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses
- Ciais et al. Nature 2005 in présentation Soussana
- CIRDE, 2008, Evolution démographique et changements climatiques : impacts sur les maladies à transmission vectorielle en Afrique de l'Ouest.
- Code de l'Environnement, Article L211-1
- Colombert, 2008, Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville
- Commissariat Général au Développement Durable - SOeS, mai 2011, les risques naturels et industriels sur le littoral
- Commissariat Général au Développement Durable, octobre 2011, Impacts à long terme du changement climatique sur le littoral métropolitain
- Conservatoire du Littoral, 2004, Impacts du changement climatique sur le patrimoine du Conservatoire du littoral : Scénarios d'érosion et de submersion à l'horizon 2100
- Conservatoire des sites naturels en Picardie, 2006, La biodiversité animale en Picardie
- CRPF Nord-Pas-de-Calais Picardie, 2008, Aléas et changement climatique : conséquences sur nos forêts

- Direction départementale de l'équipement de l'Oise, 2007, Le PPR mouvement de terrain Tricot et Courcelles-Epayelles.
- DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2008, Profil environnemental du Nord-Pas-de-Calais, Tome 1 Enjeux environnementaux.
- DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2011, évaluation préliminaire des risques d'inondation, bassin Artois Picardie
- DREAL Languedoc-Roussillon, juillet 2008, La submersion marine en Languedoc-Roussillon - Eléments de définition
- DREAL Nord-Pas-de-Calais, 2011, Evaluation préliminaire des risques d'inondation du bassin Artois Picardie.
- DREAL Nord-Pas-de-Calais, janvier 2011, Biodiversité en Nord-Pas-de-Calais - La responsabilité de chacun, l'intérêt de tous
- DREAL Picardie, septembre 2000, Profil environnemental régional de Picardie
- DREAL Picardie, novembre 2009, Etude sur la structuration des hinterlands portuaires en Picardie
- Direction Régionale de l'Equipeement Picardie, février 2008, Le littoral picard : Un patrimoine naturel riche et diversifié à valoriser et à gérer durablement - Contribution de la DRE Picardie à l'atelier Littoral de la DGUHC
- Entretien Jean-Hugues BARTET - ONF Lorraine
- Entretien du 27 février 2012 de Pascal CHAUD, CIRE Nord
- Entretien du 22 février 2012 de Simon FEUTRY de la DREAL Nord-Pas-De-Calais
- Entretien du 20 février 2012 de Gilles GANDEMER de l'INRA
- Entretien du 22 avril 2011 de Florent GUIBERT de l'Agence de l'eau Artois Picardie
- Entretien du 13 Février 2012 de Julien HENIQUE, DREAL Nord-Pas-de-Calais
- Entretien du 15 avril 2011 de Jean-Pascal HOPQUIN de la Chambre Régionale d'Agriculture de Picardie
- Entretien du 20 Février 2012 de Julie PARGADE du CRPF Nord-Pas-de-Calais Picardie
- Entretien du 8 mars 2012 de Hélène PERIER, DREAL Nord-Pas-de-Calais
- Entretien du 8 juin 2011 de Gaëlle SCHAUNER du Syndicat Mixte Baie de Somme - Grand Littoral Picard
- Entretien du 10 juin 2011 de Claude TILLIER CIRE Bourgogne-Franche-Comté
- Entretien du 1er mars 2012 de Jean-Marc VALET du Conservatoire botanique national de Bailleul
- Entretien par mail de Guillaume VILLEMAGNE du Syndicat Mixte Baie de Somme - Grand Littoral Picard
- GIEC, 2011, Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A special report of working group I and II of the intergovernmental Panel on Climate Change.
- Groupe Interministériel, 2009, Evaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France
- HEQUETTE, octobre 2010, Les risques naturels littoraux dans le Nord-Pas-de-Calais, France
- IFREMER, selon PASKOFF R., 1994, Les littoraux ? Impact des aménagements sur leur évolution
- IFN, novembre 2010, Région du Nord-Pas-de-Calais et de la Picardie - Carte forestière
- Institut National de l'Origine et de la Qualité (INAP), février 2011, Guide du demandeur d'une appellation d'origine (AOC/AOP)
- INERIS, 2009, Politiques combinées de gestion de la qualité de l'air et du changement climatique (partie 1): enjeux, synergies et antagonismes INRA, juin 2004, Le réchauffement climatique peut accroître le risque de maladies des arbres. Exemples de l'encre et de l'oidium du chêne
- INRA Orléans, juillet 2006, La Processionnaire du Pin

- INRA, octobre 2006, Sécheresse et agriculture : Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau
- INRA, février 2007, Ravageurs et maladies dans un contexte de réchauffement climatique : résultats de recherche
- INRA, juin 2007, Le réchauffement climatique augmente la biodiversité des pucerons
- INRA, décembre 2008, Espaces protégés : de la gestion conservatoire vers la non-intervention
- INSEE, 2002, Espérance de vie et mortalité dans le Nord-Pas-de-Calais
- INSEE, 2006, Femmes en Nord-Pas-de-Calais – Regards sur la Parité
- INSEE, 2006, Base permanente des équipements
- INSEE, 2009, Thème Population, Chiffre clé pour la Picardie.
- INSEE, décembre 2010, Horizon 2040 : stagnation de la population du Nord-Pas-de-Calais et forte augmentation des 80 ans ou plus
- INSEE, décembre 2010, Vers une filière forêt-bois en Nord-Pas-de-Calais et Picardie
- INSEE, 2011, Taux de pauvreté en 2009
- INSEE Nord-Pas-de-Calais, 2003, Bilan socio-économique 2003, Le Nord-Pas-de-Calais épargné par la sécheresse
- INSEE Nord-Pas-de-Calais, juin 2004, 2003 : bilan démographique
- INSEE Nord-Pas-de-Calais, Février 2009, Projections démographiques : Aire métropolitaine de Lille, bassin d'habitat de Lille Métropole, arrondissement de Lille et Lille Métropoles Communauté Urbaine
- INSEE Picardie, 2004, Démographie : 2003 assombrie par les décès dus à la canicule
- INSEE Picardie, 2004, La Picardie affectée par la sécheresse
- INSEE Picardie, décembre 2009, Les personnes âgées dépendantes d'ici 2020 : perspectives et besoins
- INSEE Picardie, décembre 2010, Plus de 2 millions de Picards en 2040
- INSERM, 2004, Surmortalité liée à la canicule d'août 2003.
- INTERREG - ORS - OSH, 2008-2012, Tableau de bord transfrontalier de la santé
- Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France, novembre 2010, Les îlots de chaleurs urbains - Répertoire de fiches de connaissance
- IRDES, Janvier 2011, L'asthme en France en 2006 : prévalence, contrôle et déterminants.
- InVS, 2004, Vague de chaleur de l'été 2003 : relations entre températures, pollution atmosphérique et mortalité dans neuf villes françaises.
- InVS, 2010, Impacts sanitaires du changement climatique en France – Quels enjeux pour l'InVS ?
- Institut technique de la betterave, 2010, Evolution des rendements depuis 1990 : un effet favorable du changement climatique ?
- Journal Officiel, 1961, Débats parlementaires de l'Assemblée Nationale.
- Météo-France - DATAR, Février 2012, Fourniture d'indicateur pour caractériser le changement climatique
- Météo-France - Laboratoire Géophen de l'Université de Caen, mai 2007, Fronts froids et submersions de tempête dans le nord-ouest de la France - Le cas des inondations par la mer entre l'estuaire de la Seine et la baie de Somme
- Météo France, 2004, Bilan météorologique de la canicule d'août 2003
- MEDDTL, juin 2009, Grenelle de la mer - Rapport du groupe 1 : La délicate rencontre entre la terre et la mer

- MEDDTL - Conseil Général de l'Environnement et du Développement durable, juillet 2010, Changement climatique et extension des zones sensibles aux feux de forêts
- Ministère de l'Ecologie du Développement durable, des transports et du Logement (MEDDTL), 2011, Etat des données et des connaissances : Ozone.
- MEDDTL, 2011, Propositions d'un plan national pour la prévention des risques liés aux effondrements de cavités souterraines.
- MEDDTL, 2012, Les services et fonctions rendus par les zones humides
- Ministère de la santé, 2010, Rapport de suivi du 2ème Plan National Santé Environnement
- Ministère de la santé, janvier 2011, Carte de répartition de l'ambrosie ONERC, Indicateurs du changement climatique
- Mutuelle Radiancé, 2006, Cap vers l'asthme dans nos régions
- Observatoire de la biodiversité en Nord-Pas-de-Calais, 2010, Analyse des indicateurs
- Observatoire du littoral, octobre 2005, Indicateur : évolution de la surface agricole utilisée des exploitations agricoles des communes littorales et de leur arrière-pays entre 1970 et 2000
- Observatoire du Littoral - SOeS, février 2011, Indicateur : perspectives d'évolution de la population des départements littoraux à l'horizon 2040
- Organisation Mondiale de la santé, 2009, Rapport du secrétariat de la 62ème assemblée mondiale de la santé, point 12.7 de l'ordre du jour.
- Organisation Mondiale de la santé, 2008, Rapport du secrétariat de la 61ème assemblée mondiale de la santé, point 11.11 de l'ordre du jour.
- Organisation des Nations Unies, Biodiversité des animaux d'élevage et changements climatiques
- ONERC, 2009, Changement climatique : coûts des impacts et pistes d'adaptation
- ONERC, 2009, Changements climatiques et risques sanitaires en France : surveillance et systèmes d'alertes.
- ONERC, 2010, Villes et adaptation au changement climatique
- ORS Picardie, 2006, Les maladies respiratoires en Picardie
- Paris, 2002, Lille, de la métropole à la région urbaine
- Pin - Nau - Garcin, mars 2007, Mise hors d'eau du polder des waterings dans le Nord et le Pas-de-Calais
- Pôle-Relais Tourbières, 2007, Guide de gestion des tourbières & marais alcalins des vallées alluviales de France septentrionale
- Programme de recherche IMFREX (2003)
- RMT Biomasse, juin 2009, Culture pérenne - Le Fétuque
- Rogers et al., Environ Health Perspect, 2006
- Sénat, 2001, Les inondations de la Somme, établir les causes et les responsabilités de ces crues, évaluer les coûts et prévenir les risques d'inondations
- SOeS, Base Eider, 2006
- SOeS, Base Eider 2007
- SOeS, base Eider, 2011
- Syndicat mixte de côte d'opale, Agence de l'Eau Artois Picardie et Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais, 2010, SAGE du delta de l'AaThibaudon, 2007, Pollens, allergies et changements climatiques
- Voies navigables de France, 2008, Le canal à grand gabarit Seine Nord Europe déclaré d'utilité publique.
- Voies Navigables de France Nord-Pas-de-Calais, juillet 2011, Le réseau fluvial en Nord-Pas-de-Calais

Sitographie

- Site internet AGRESTE <http://agreste.agriculture.gouv.fr/en-region/nord-pas-de-calais/> & <http://agreste.agriculture.gouv.fr/en-region/picardie/>
- Site internet de l'APPA, Fiches allergènes <http://www.appanpc.fr/Pages/page.php>
- Site internet du projet du Canal Seine-Nord <http://www.seine-nord-europe.com/>
- Site internet de la Chambre d'Agriculture de Picardie <http://www.chambres-agriculture-picardie.fr/agriculture-et-economie/agriculture-picarde.html>
- Site internet du Comité français de l'UICN, <http://www.especes-envahissantes-outremer.fr/les-enjeux-article-42.html>
- Site internet du Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais <http://www.nordpasdecals.fr/>
- Site internet du Conservatoire du littoral <http://www.conservatoire-du-littoral.fr/front/process/Rubriquee8e8.html?rub=4&rubec=4>
- Site internet de l'Encyclopédie Universalis, <http://www.universalis.fr/encyclopedie/maladies-a-vecteurs/6-maladies-a-vecteurs-et-changements-climatiques/>
- Site internet de l'IFREMER <http://envlit.ifremer.fr/infos/glossaire/s/salinite> & <http://envlit.ifremer.fr/region/basse-normandie/milieu/geomorphologie/erosion-cotiere>
- Site internet de l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière, La surface forestière en France métropolitaine <http://www.ifn.fr/spip/spip.php?rubrique11>
- Site internet de l'Institution Interdépartementale des Wateringues <http://www.institution-wateringues.fr/>
- Site internet de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel http://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/77619 & http://inpn.mnhn.fr/docs/map_pdf/znieff1.pdf
- Site internet du Conseil Régional du Nord-Pas-de-Calais http://www.nordpasdecals.fr/communiqués_presse/comm-2010/014.asp
- Site internet du MEDDTL <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Acceleration-du-developpement-du.html>
- Site internet de Météo France http://france.meteofrance.com/jsp/site/Portal.jsp?&page_id=10320&document_id=20279&portlet_id=42233
- Site internet de l'Observatoire National de la Mer et du Littoral, <http://www.onml.fr/chiffres-cles/portraits-de-territoire/>
- Site internet de l'Office de l'Eau de La Réunion, octobre 2011 <http://www.eaureunion.fr/index.php?id=931>
- Site internet de l'ONF, La phénologie et le climat, <http://www.onf.fr/renecofor/sommaire/resultats/climat/phenologie/20090122-155229-610136/@@index.html>
- Site internet de l'ONF, Faire renaître la forêt après la tempête http://www.onf.fr/lorraine/@@display_advise.html?oid=IN00000009e3
- Site internet du Portail interministériel de prévention des Risques Majeurs. <http://www.risques.gouv.fr/risques/risques-naturels/grand-froid/article/se-proteger-avant-17>
- Site internet officiel des Terroirs de Picardie <http://www.terroirsdepicardie.com/>
- Site internet de Vauban Humanis <http://www.pourlesaidants.fr/definition-dependance>