



Le changement climatique dans le Morbihan

Impacts, vulnérabilité et adaptation

- Contribution à l'élaboration du PCET du Département -



Juin 2012



Le changement climatique dans le Morbihan

Impacts, vulnérabilité et adaptation

-Juin 2012-

Etude réalisée par :

Caroline PLUS – Chargée de mission à l'ODEM
Mélanie HAQUIN – Assistante chargée de mission à l'ODEM

Conseil scientifique de l'ODEM :

Gilles PRADO, Philippe MEROT, Bernard CLEMENT, Evelyne GOUBERT, Simon DUFOUR, Laurence MOLINERO

Préambule

Dans le cadre de ses travaux d'élaboration du Plan Climat-Energie Territorial (PCET), le Conseil général du Morbihan a sollicité l'ODEM pour réaliser une étude sur le thème du changement climatique dans le département. Ce document présente un état des connaissances sur le changement climatique, ses impacts, la vulnérabilité du Morbihan et les pistes d'adaptation possibles.

La présente étude s'appuie tout particulièrement sur différents travaux régionaux réalisés par le Conseil Scientifique de l'Environnement de Bretagne (CSEB) et un collectif de chercheurs du Grand Ouest associé à des acteurs régionaux dans le cadre du projet de recherche CLIMASTER développé de 2008 à 2011. Les deux ouvrages issus de ces travaux sont les suivants :

- ***Quelles sont les connaissances actuelles sur le changement climatique de l'échelle globale aux échelles régionales ?*** Conseil Scientifique de l'Environnement de Bretagne, janvier 2012
- ***Le climat change dans le Grand Ouest : évaluations, impacts, perception.*** A paraître prochainement aux Presses Universitaires de Rennes

Remerciements à Mr Laurent LABEYRIE, administrateur de l'ODEM et ancien membre du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), pour la relecture et les précisions apportées.

Remerciements à Mme Josette LAUNAY, coordinatrice du Conseil Scientifique de l'Environnement de Bretagne, et à Mme Annie THOMAS de la DREAL Basse-Normandie pour la transmission d'informations.

Sommaire

Contexte et objectifs.....	1
Connaissances actuelles de l'évolution du climat.....	2
I. Préambule sur la notion d'incertitude	2
II. Les causes de l'évolution du climat.....	2
III. Les changements constatés.....	3
a. Les changements constatés à l'échelle mondiale	3
b. Les changements constatés en France et en Bretagne	4
IV. Les prévisions d'évolution du climat	6
a. Prévisions mondiales d'évolution du climat.....	6
b. Prévisions d'évolution du climat en France et en Bretagne.....	6
Vulnérabilité du Morbihan	8
I. Le climat actuel du Morbihan.....	8
II. Impacts du changement climatique sur l'environnement	9
a. Impacts sur les eaux continentales	9
b. Impacts sur les eaux marines	10
c. Impacts sur les sols.....	11
d. Impacts sur la qualité de l'air	12
e. Impacts sur les écosystèmes	13
III. Conséquences économiques.....	14
a. Agriculture, sylviculture.....	14
b. Infrastructures et habitat	16
c. Tourisme.....	17
d. Pêche et cultures marines	18
e. Autres secteurs pouvant être impactés	18
IV. Santé et qualité de vie.....	19
a. Les évènements climatiques extrêmes	19
b. Les modifications de l'environnement.....	19
c. Emergence de maladies infectieuses	20
La perception du changement climatique	20

L'adaptation au changement climatique.....	22
I. Qu'est-ce que l'adaptation ?	22
a. Définition	22
b. Interférences entre l'atténuation et l'adaptation au changement climatique	23
c. Les différentes stratégies d'adaptation.....	24
d. Les enjeux majeurs des stratégies d'adaptation	25
e. Les risques d'une adaptation non planifiée	26
II. Le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC)	27
a. Principes directeurs.....	27
b. Contenu du plan national d'adaptation	27
c. Articulation avec les actions territoriales.....	28
III. Sensibilisation.....	28
a. Sensibilisation à l'échelle nationale	29
b. Sensibilisation à l'échelle du Morbihan.....	30
IV. Propositions de mesures d'adaptation pour le Morbihan	31
a. Le littoral.....	31
b. Ressources en eau	33
c. Agriculture, sylviculture.....	34
d. Ecosystèmes et biodiversité	34
e. Infrastructures et habitat	35
f. Autres secteurs d'activité.....	35
 Conclusion	 37
 Glossaire.....	 39
Index des tableaux, cartes et figures	41
Bibliographie	42

Contexte et objectifs

Afin de contribuer à l'objectif de limiter le réchauffement climatique à 2°C d'ici la fin du siècle, la France s'est engagée à diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre du niveau de 1990 d'ici à 2050. Énoncé pour la première fois en 2002, cet objectif a été confirmé dans le Plan Climat National 2004-2012 et par le Président de la République à l'occasion de l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto en février 2005.

Le paquet législatif énergie-climat adopté par l'Union Européenne en décembre 2008 doit permettre d'atteindre un objectif intermédiaire, celui des « 3 fois 20 » : réduire de 20% les émissions de GES, accroître de 20% l'efficacité énergétique et porter à 20% la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique d'ici 2020.

Dans ce contexte, la loi portant engagement national pour l'environnement, dite Grenelle 2, promulguée le 12 juillet 2010, prévoit l'obligation pour les collectivités de plus de 50 000 habitants d'adopter un Plan énergie-climat territorial (PCET) : un projet territorial de développement durable dont la finalité principale est la lutte contre le changement climatique.

Un PCET vise 2 objectifs :

- Atténuation du changement climatique, c'est-à-dire diminution des émissions de gaz à effet de serre afin de contribuer à limiter les impacts du changement climatique.
- Adaptation au changement climatique, c'est-à-dire réduction de la vulnérabilité du territoire aux impacts qui ne pourront pas être évités.

En effet, au-delà de leur contribution directe au changement climatique, les collectivités territoriales peuvent agir au travers de leurs compétences (bâtiments, équipements publics, politique des déchets, transports collectifs, distribution d'eau et d'énergie,...) et de leur responsabilité légale d'organisation et de planification (SCOT, PDU, PLU, ...). En outre, elles peuvent également permettre une mobilisation des acteurs de la vie locale et favoriser les évolutions de comportements des citoyens.

Dans ce contexte et dans le cadre de l'élaboration de son PCET, le Conseil général du Morbihan a souhaité que l'ODEM réalise une étude sur le changement climatique dans le département. Cette étude traite plus précisément de l'adaptation au changement climatique, c'est-à-dire de l'évaluation de la vulnérabilité du département aux impacts du changement climatique ainsi que des exemples de mesures d'adaptation. Elle ne concernera pas les aspects de diagnostic des émissions de gaz à effet de serre et les mesures d'atténuation qui sont traités par ailleurs par le Conseil général dans le cadre de la réalisation de son Bilan Carbone par le cabinet Ecoact (Conseil général du Morbihan, à paraître).

En outre, la présente étude ne constitue pas le volet « Adaptation au changement climatique » du PCET du Département. Il s'agit d'un document de synthèse et d'information ayant pour vocation à servir de contribution pour la réalisation du PCET.

Connaissances actuelles de l'évolution du climat

I. Préambule sur la notion d'incertitude

En matière de prédiction des changements climatiques, l'une des principales difficultés tient dans les nombreuses incertitudes associées. En effet, au-delà des incertitudes liées au fonctionnement du système climatique terrestre et aux prévisions climatiques (incertitudes sur les processus climatiques et leur modélisation, ainsi que sur les scénarios socio-économiques censés représenter l'étendue des futurs possibles...), les données climatiques restent également insuffisantes dans certaines régions (notamment les pays en développement) et des incertitudes subsistent dans de nombreux autres domaines : variabilité des événements extrêmes, ampleur des émissions de gaz à effet de serre, effets du changement climatique sur les systèmes humains et naturels, synergie entre différents effets...

Les experts du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) ont donc établi un cadre de référence pour le traitement de l'incertitude. Ce cadre adopte 3 approches de l'incertitude, faisant appel à des terminologies différentes (GIEC, 2007) :

- Évaluation qualitative de l'incertitude : consiste à donner une idée approximative de la qualité et de la quantité des éléments probants. Les termes employés sont alors les suivants : *large concordance*, *degré élevé d'évidence*, *concordance moyenne*, *degré moyen d'évidence*...
- Évaluation quantitative de l'incertitude fondée sur un avis autorisé quant à l'exactitude des données, analyses ou modèles : des degrés de confiance sont employés : *degré de confiance très élevé* (9 chances au moins sur 10), *élevé* (8 chances sur 10), *moyen* (5 chances sur 10)...
- Évaluation quantitative de l'incertitude basée sur un avis autorisé et une analyse statistique d'une série d'éléments probants, on utilise alors des fourchettes de probabilité : *pratiquement certain* (probabilité supérieure à 99%), *extrêmement probable* (probabilité supérieure à 95%), *très probable* (probabilité supérieure à 90%), *probable* (probabilité supérieure à 66%)...

II. Les causes de l'évolution du climat

Le climat terrestre est un système complexe qui résulte des variations du rayonnement solaire, des concentrations de différents gaz atmosphériques, du couvert terrestre (végétation, océans, neige, glace, êtres vivants...) et de leurs interactions. Ces facteurs vont déterminer le bilan énergétique du système en répercutant leurs variations sur l'absorption, l'émission et la diffusion du rayonnement solaire dans l'atmosphère et à la surface de la terre (GIEC, 2007).

Les climatologues ont constaté depuis quelques dizaines d'années que, depuis le début du 20^{ème} siècle, différents changements sont apparus au niveau mondial : une hausse des températures moyennes de l'océan et de l'atmosphère, une réduction des quantités de neige et de glace et une élévation du niveau moyen de la mer. D'autres modifications climatiques ont également été constatées dans certaines régions: régime des précipitations, activité cyclonique, fréquences des vagues de chaleur et de froid... (GIEC, 2007). Longtemps débattu, ce réchauffement du climat n'est aujourd'hui plus contestable.

Selon le GIEC, la notion de changement climatique désigne une évolution à long terme (plusieurs décennies) de l'état du climat due à l'activité humaine ou à la variabilité naturelle du climat.

En effet, le climat évolue naturellement suivant des cycles de périodes plus ou moins longues (des décennies à des millions d'années) en fonction de la fluctuation d'un paramètre climatique autour d'une valeur centrale de référence dite « normale » (Dubreuil, Planchon *et al.*, à paraître). Il y a aussi des changements accidentels comme les refroidissements résultant de fortes éruptions volcaniques.

Cependant, les activités humaines peuvent également avoir un impact sur le climat. Un des phénomènes les mieux connus est celui lié à l'émission de gaz atmosphériques (dits gaz à effet de serre¹) qui ont un effet de réchauffement net du climat. Quatre gaz à longue durée de vie jouent un rôle important: le

¹ Voir Glossaire

dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) et les hydrocarbures halogénés. Le rôle de la vapeur d'eau sur le changement climatique ne doit pas non plus être négligé tout comme les autres effets de l'activité humaine qui modifient la surface terrestre (transformation de la couverture végétale, urbanisation) et influent sur le cycle de l'eau ou la réflexion du rayonnement solaire.

Les concentrations atmosphériques de ces gaz se sont fortement accrues depuis l'époque préindustrielle et sont aujourd'hui bien supérieures aux valeurs observées sur les dernières centaines de milliers d'années, comme on peut l'observer par l'analyse de carottes de glace pour les derniers 10 000 ans (Cf. Figure 1) (GIEC, 2007).

Le réchauffement observé depuis le début du 20^{ème} siècle ne peut être expliqué par la variation seule de paramètres naturels, et seuls les modèles climatiques prenant en compte les activités humaines parviennent à simuler les configurations observées.

Les experts du GIEC considèrent donc que le changement climatique est *très probablement* attribuable à la hausse des concentrations de gaz à effet de serre anthropiques (GIEC, 2007).

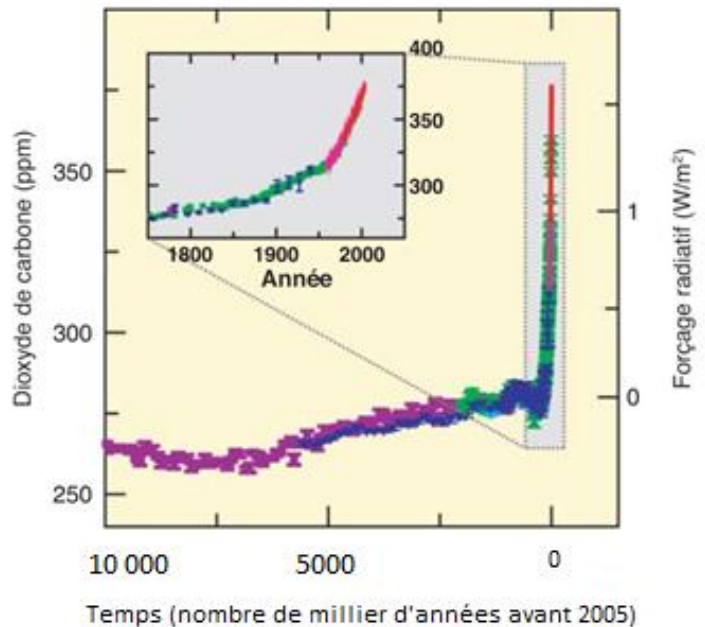


Figure 1 : Concentration atmosphérique de CO₂ durant les 10 000 dernières années (grand graphique) et depuis 1750 (médaillon)² (GIEC, 2007)

III. Les changements constatés

a. Les changements constatés à l'échelle mondiale

Les changements climatiques constatés à l'échelle mondiale s'inscrivent dans une tendance générale mais ils peuvent se traduire très différemment d'un endroit à l'autre de la planète.

Ces changements climatiques constatés portent sur plusieurs aspects :

- températures atmosphériques : progression de la température moyenne globale de 0,74°C entre 1906 et 2005 avec une tendance linéaire près de 2 fois plus importante sur la 2^{nde} moitié du siècle (GIEC, 2007),
- réchauffement de la température moyenne des océans, qui dépasse 1°C pour les 800 premiers mètres de l'océan Atlantique (Solomon *et al.*, 2007 et GIEC, 2007),
- niveau moyen de la mer : élévation de 1,8 mm/an en moyenne entre 1961 et 2003 sur l'ensemble de la planète et d'environ 3,1 mm/an en moyenne entre 1993 et 2003 (GIEC, 2007),
- étendue des zones couvertes par la neige et la glace : diminution de 2,7% par décennie dans l'océan Arctique depuis 1978, diminution de 7% de l'étendue maximale du gélisol saisonnier dans l'hémisphère nord depuis 1900 (GIEC, 2007).

² Les mesures proviennent de carottes de glace et d'échantillons atmosphériques
Forçage radiatif : Voir Glossaire

D'autres aspects du climat se sont également modifiés, notamment la fréquence et/ou l'intensité de certains phénomènes météorologiques (GIEC, 2007):

- diminution du nombre de journées et de nuits froides (intervalle de confiance *très probable*),
- augmentation de la fréquence des vagues de chaleur (intervalle de confiance *probable*),
- augmentation de la fréquence des épisodes de fortes précipitations (intervalle de confiance *probable*),
- augmentation de la fréquence des épisodes d'élévation extrême du niveau de la mer, hors tsunamis (intervalle de confiance *probable*).

b. Les changements constatés en France et en Bretagne

En France, l'évolution des températures au cours du 20^{ème} siècle montre un réchauffement plus important que pour la moyenne mondiale. La température moyenne annuelle³ a ainsi augmenté de 0,1°C par décennie depuis le début du 20^{ème} siècle, soit une élévation totale de l'ordre de 1°C avec une tendance à l'accélération depuis le milieu des années 70 (Cf. Figure 2).

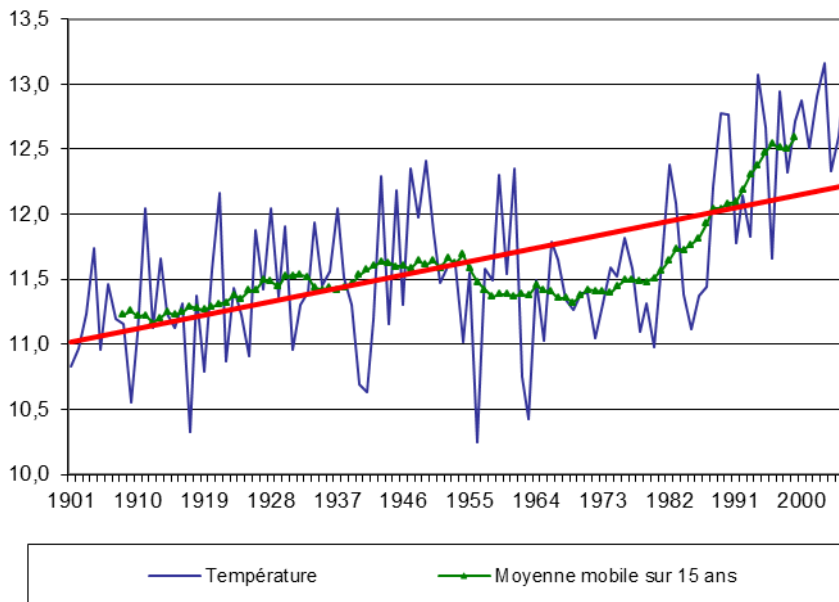


Figure 2 : Evolution de la température annuelle moyenne en France (1901 – 2001) – Météo France

Dans l'ouest de la France et en Bretagne, bien que les données météorologiques disponibles ne remontent pas aussi loin qu'au niveau national, les stations météorologiques ont également enregistré une tendance au réchauffement depuis le milieu du 20^{ème} siècle (Cf. Figure 3): la température moyenne sur la période 1997-2006 a été plus élevée que celle observée pendant la période 1971-2000. (Treguer, Lhuillery et Viard, 2009).

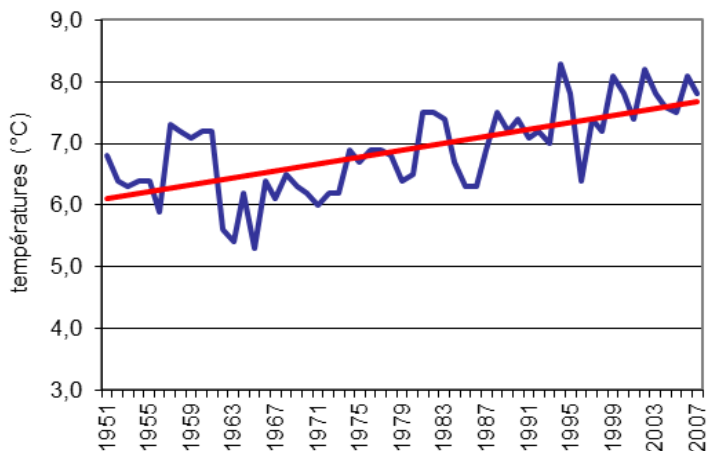


Figure 3 : Evolution des températures minimales moyennes⁴ à la station de Ploërmel entre 1951 et 2007 – Météo France

³ Moyenne annuelle des températures journalières moyennes.

⁴ Moyenne annuelle des températures minimales relevées quotidiennement.

En outre, il faut noter la récurrence des années chaudes et l'augmentation du nombre de jours chauds depuis les années 80 : à Rennes, le nombre de jours où la température dépasse 25°C est passé de 30 dans les années 40 à 40 actuellement (Dubreuil, Planchon *et al.*, à paraître).

Par contre, l'évolution des précipitations sur les 50 dernières années dans le grand-ouest est moins significative. Cette relative stabilité est accompagnée de fortes variations saisonnières (diminution des précipitations pendant la période estivale et augmentation durant le printemps, l'automne et l'hiver) qui semblent s'accroître mais la variabilité interannuelle reste grande (Dubreuil, Planchon *et al.*, à paraître).

Concernant la température moyenne de l'océan Atlantique, il a été constaté un réchauffement de 0,4°C dans les 300 premiers mètres au cours des 2 dernières décennies dans l'hémisphère nord. Dans les eaux proches de la Bretagne, plusieurs études montrent une tendance à l'augmentation au cours de la fin du 20^{ème} siècle (Cf. Figure 4 - Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009).

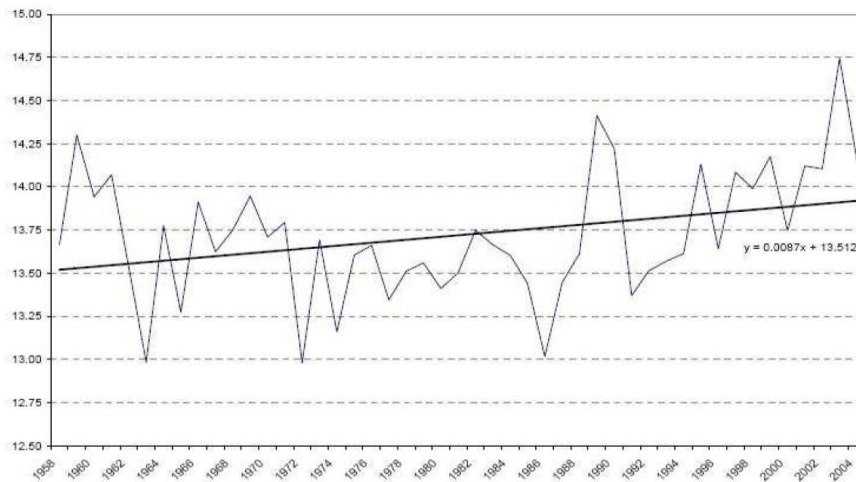


Figure 4 : Variation des moyennes annuelles de température de surface de la mer d'Iroise entre 1958 et 2004 (Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009)

Le marégraphe de Brest a également noté une élévation moyenne du niveau marin estimée à 1 mm/an sur la période 1906-2006 (Cf. Figure 5). Les mesures ont été interrompues plusieurs fois sur la période (durant la seconde Guerre Mondiale notamment) mais cette tendance a été détectée par d'autres installations en Europe (Newlin Cornouaille Britannique, Liverpool) et au niveau mondial (Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009 et Pouvreau, 2008).

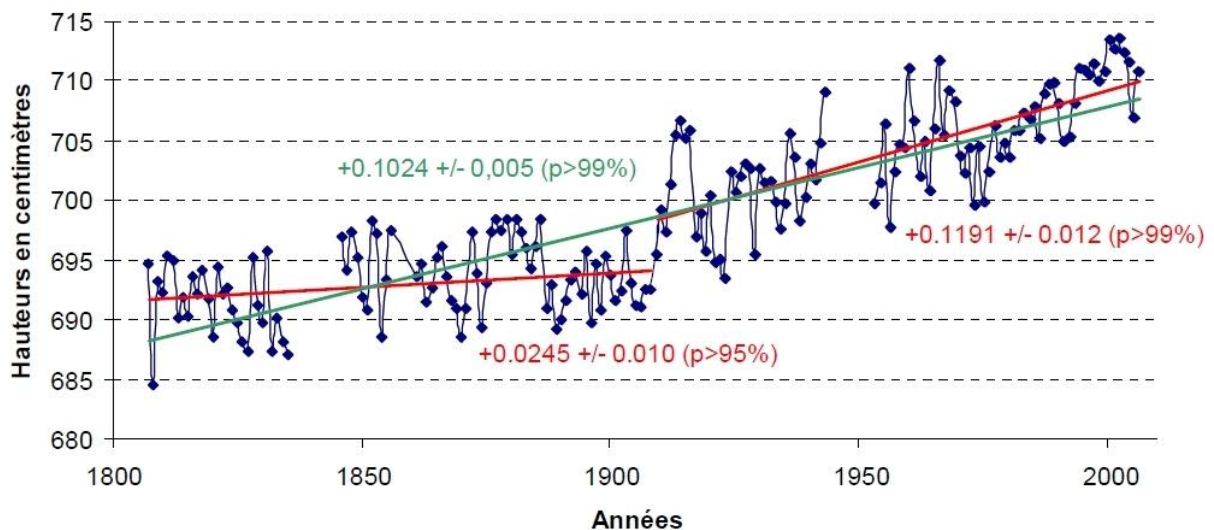


Figure 5 : Evolution du niveau de la mer à Brest au cours des 19^{ème} et 20^{ème} siècles (Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009)

IV. Les prévisions d'évolution du climat

a. Prévisions mondiales d'évolution du climat

Les prévisions sur l'évolution du climat s'appuient sur des scénarios socio-économiques ayant trait à l'évolution des émissions de gaz à effet de serre (GES) en lien avec la démographie, le développement économique et technique... couplés à des modèles climatiques fondés sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des systèmes terrestre et climatique ainsi que sur leurs processus d'interactions et de rétroactions.

En fonction des scénarios étudiés par le GIEC, et considérant les politiques d'atténuation et les pratiques déjà en place, les émissions mondiales de gaz à effet de serre devraient augmenter de 9,7 à 36,7 Gt (giga tonnes) équivalent CO₂ entre 2000 et 2030, soit une progression comprise entre 25 et 90% du niveau de 2000 (*degré élevé d'évidence*). En outre, même si les émissions diminuaient suffisamment pour stabiliser la concentration de ces gaz, le réchauffement se poursuivrait durant des siècles en raison des échelles de temps propres aux processus et rétroactions climatiques.

Un réchauffement d'environ 0,2°C par décennie au cours des 20 prochaines années est donc estimé dans plusieurs des scénarios étudiés. Les incertitudes augmentent pour les projections à plus longue échéance mais l'augmentation de température *la plus probable* d'ici la fin du siècle serait comprise entre +1,8° et +4°C en fonction des scénarios et pourrait atteindre + 6,4°C dans le scénario le moins favorable (intervalle de confiance *probable*).

Tous les scénarios prévoient que le réchauffement sera maximum sur les terres émergées et aux plus hautes latitudes de l'hémisphère nord. La couverture neigeuse et l'étendue des glaces de mer dans l'Arctique et l'Antarctique devraient diminuer et les épisodes de chaleur et de fortes précipitations deviendront *très probablement* plus fréquents. Dans les régions continentales subtropicales, le volume des précipitations devrait *probablement* diminuer.

En Europe, on s'attend à ce que le changement climatique entraîne notamment (GIEC, 2007) :

- Un risque croissant d'inondation à l'intérieur des terres, sur les côtes et une érosion accrue (en raison des tempêtes et de l'élévation du niveau marin).
- Un recul des glaciers et de la couverture neigeuse dans les régions montagneuses.
- Une aggravation des phénomènes de sécheresse et une fréquence accrue des incendies dans le sud de l'Europe.

D'après les simulations réalisées, la circulation méridienne Atlantique⁵ ralentira très probablement au cours du 21^{ème} siècle (sans empêcher la hausse des températures dans la région) mais il est très improbable qu'elle change brusquement.

b. Prévisions d'évolution du climat en France et en Bretagne

D'après les projections climatiques réalisées par le Centre National de Recherche Météorologique de Météo-France et l'Institut Pierre Simon Laplace (modèles ARPEGE-Climat et LMDZ) d'après 2 des scénarios du GIEC⁶, la température moyenne en France métropolitaine pourrait augmenter de 2° à 3,5°C d'ici 2100 (Blanchard et Le Guellec, 2009). Les deux scénarios montrent de faibles différences à l'horizon 2050, cependant dans la seconde moitié du siècle, les écarts se creusent nettement.

⁵ Voir Glossaire

⁶ Scénario A2 (monde très hétérogène, forte croissance démographique, faible développement économique et technologique) et scénario B2 (niveau intermédiaire de croissance économique et démographique).

Les deux scénarios montrent également une tendance à la diminution des précipitations durant la période estivale ainsi que l'augmentation de la fréquence des fortes chaleurs (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, nd).

Dans l'ouest de la France, l'utilisation du modèle ARPEGE-Climat de Météo-France selon le scénario A1B⁷ du GIEC a montré une élévation de température de 0,2°C par décennie jusque vers 2030-2040 puis un réchauffement accéléré dans la seconde moitié du 21^{ème} siècle (Cf. Figure 6). Les données montrent également une tendance à la baisse des précipitations durant l'été et le printemps et une augmentation durant la période hivernale. Cependant, la variabilité des températures et des précipitations annuelles reste très élevée (Dubreuil, Quénol *et al.*, à paraître). De plus, les auteurs précisent que ces résultats sont à interpréter avec précaution car ils ne correspondent qu'à un seul modèle et un seul scénario socio-économique. Ils sont donc provisoires et devront être amendés en fonction de l'évolution des connaissances.

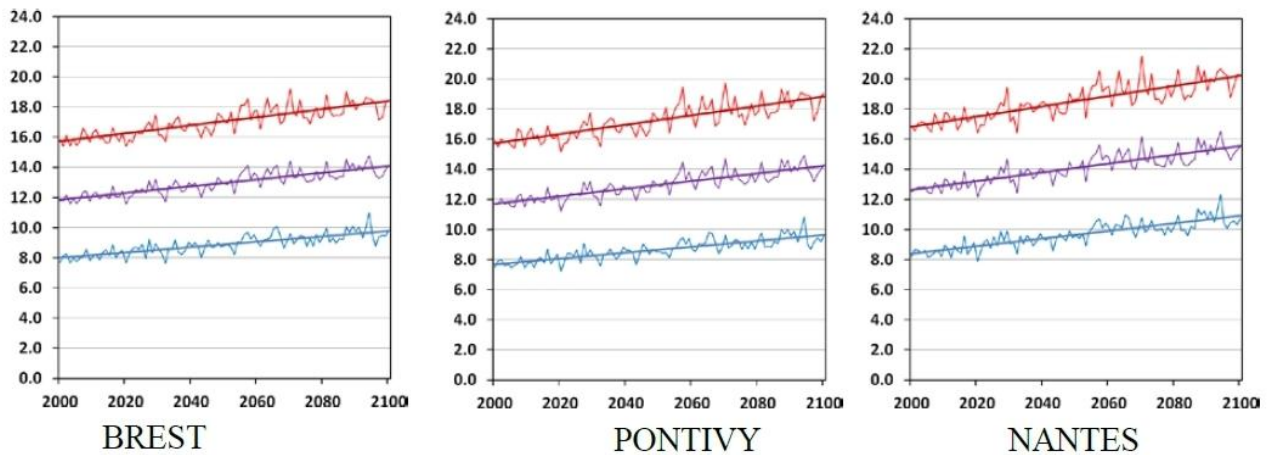


Figure 6 : Evolution des températures minimales moyennes (en bleu), maximales moyennes (en rouge) et moyennes annuelles (en violet) au cours du 21^{ème} siècle selon le modèle ARPEGE-Climat⁸ (Dubreuil, Quénol *et al.*, à paraître)

Les phénomènes de sécheresse en Bretagne ont également été étudiés de 1950 à 2100 à partir de modèles de bilans hydriques couplés aux projections climatiques du modèle ARPEGE-Climat de Météo-France. Les simulations réalisées pour Brest et Rennes montrent une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses au cours du 21^{ème} siècle (Lamy *et al.*, à paraître).

⁷ Scénario A1B : croissance économique et démographique rapide, adoption rapide de nouvelles technologies avec sources d'énergie fossiles et non fossiles équilibrées.

⁸ Les valeurs modélisées ont été préalablement comparées à des valeurs mesurées pour 4 stations (Brest, Caen, Nantes et Cognac) et sur une période allant de 1960 à 2010.

Vulnérabilité du Morbihan

La vulnérabilité⁹ du Morbihan face au changement climatique correspond à sa propension à subir ou à résister aux dommages induits par le changement climatique. Cette deuxième partie est principalement basée sur l'ouvrage issu des travaux de recherche du projet CLIMASTER¹⁰, qui s'attache plus particulièrement au Grand Ouest (Dubreuil *et al.*, à paraître).

I. Le climat actuel du Morbihan

Situé au sud de la péninsule bretonne, le département du Morbihan possède un climat tempéré de type océanique caractérisé par des hivers doux, pluvieux et des étés frais relativement humides.

Cependant, un contraste climatique est observé du nord au sud et d'est en ouest du département avec des températures moyennes plus élevées sur la bande côtière (Cf. Figure 7). Ce contraste est dû à l'influence thermique de l'océan qui diminue en s'éloignant de la côte et aux caractéristiques physiques du département (ODEM, 2010) :

- des zones littorales sous influence océanique avec plus de 1 000 km de côtes (continent et îles),
- une topographie plus basse à l'est du département (basse vallée de l'Oust),
- des lignes de crêtes parallèles des Landes de Lanvaux qui créent une barrière nord-ouest/sud-est,
- des reliefs des Montagnes Noires au nord-ouest.

Les précipitations sont très variables dans le département avec une pluviométrie plus importante durant la saison froide et sur les reliefs (Montagnes Noires et crêtes des Landes de Lanvaux), et des mois secs en juillet et août. De manière générale, la pluviométrie est plus faible sur le littoral et à l'est du département (Cf. Figure 7).

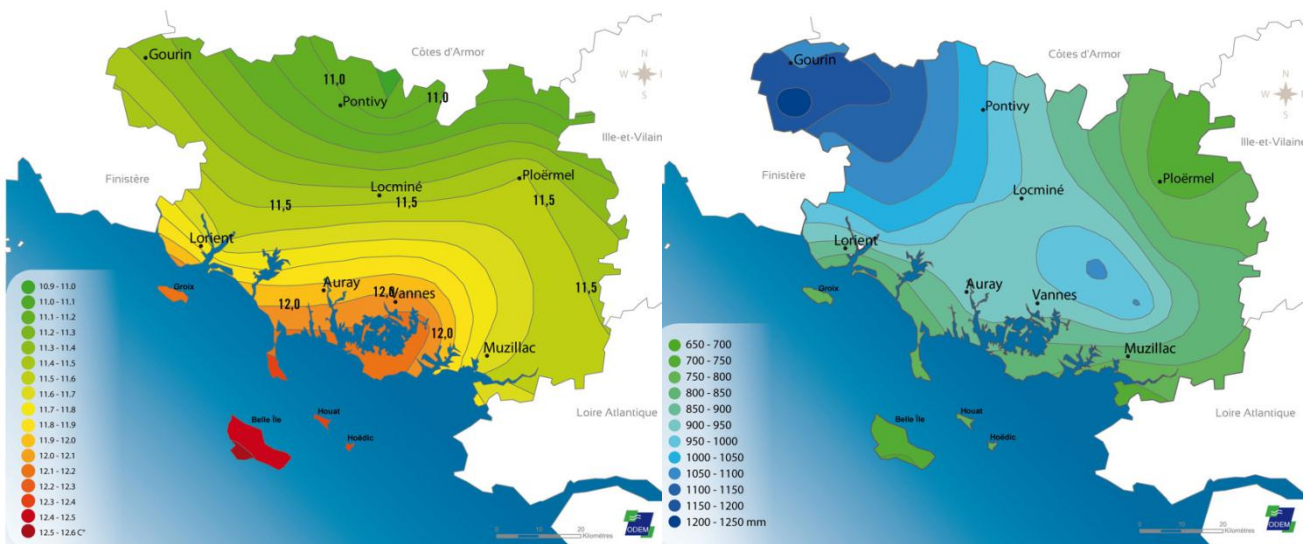


Figure 7 : Normales de températures (à gauche) et normales de précipitations (à droite) dans le Morbihan (moyenne 1971-2000) (ODEM, 2010)

Exposé au vent, le département présente des vitesses annuelles de vent très variables (23 km/h à Belle-Île, 16 km/h à Lorient et 8 km/h à l'intérieur des terres (sud-est). Cette répartition de la force des vents reste semblable lors de tempêtes qui sont plus violentes sur les îles et sur la côte. La majorité des vents

⁹ Voir Glossaire

¹⁰ Programme de recherche sur le changement climatique dans le grand ouest.

provient d'une direction ouest à sud-ouest avec des vents forts (moyenne > 30km/h) plus fréquents en hiver et provenant de l'ouest (Lemasson, 1999).

Les conditions climatiques du littoral du Morbihan, comparables à celles des côtes de Vendée et de Charente-Maritime, ont contribué au développement du tourisme qui occupe aujourd'hui une place essentielle dans l'économie morbihannaise (Conseil général du Morbihan et Comité départemental du tourisme du Morbihan, 2006).

II. Impacts du changement climatique sur l'environnement

Au regard des modifications climatiques prévisibles au cours du 21^{ème} siècle, un certain nombre d'impacts¹¹ pourraient concerner le département du Morbihan (Cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Principaux compartiments et secteurs impactés par les changements climatiques prévisibles

Modification climatique	Compartiments de l'environnement impactés	Secteurs économiques et de la société impactés
Augmentation de la température atmosphérique moyenne Augmentation de la température moyenne des eaux	Atmosphère Eaux marines et continentales Ecosystèmes	Agriculture/sylviculture/aquaculture Tourisme Energie Santé Alimentation en eau potable
Modification du régime des précipitations	Eaux continentales Sols Ecosystèmes	Agriculture/sylviculture/aquaculture Tourisme Alimentation en eau potable
Augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes (sécheresses, inondations, tempêtes, risques de submersion par surcote...)	Eaux continentales et marines Sols Ecosystèmes	Agriculture/sylviculture/aquaculture Energie Tourisme Infrastructures et habitat Santé
Augmentation du niveau marin	Ecosystèmes Eaux continentales et marines	Tourisme Infrastructures et habitat Alimentation en eau potable Environnement
Evolution de la direction des vents	Atmosphère Ecosystèmes Sols	Infrastructures et habitat Tourisme Environnement

Malgré la convergence des résultats obtenus par les modèles climatiques, des incertitudes demeurent, concernant à la fois l'amplitude et la localisation des effets attendus. Il n'est donc pas possible de répondre à des questions précises telles que l'évaluation des impacts localement (Dubreuil *et al.*, à paraître).

Les informations présentées dans les paragraphes suivants sont donc à considérer avec prudence du fait de l'incertitude des scénarios et peuvent évoluer en fonction des connaissances.

a. Impacts sur les eaux continentales

Le changement climatique devrait impacter le compartiment « eau » de l'environnement en modifiant, directement ou indirectement, de nombreux processus en lien avec le cycle de l'eau :

- les précipitations,
- les phénomènes d'évaporation, d'évapotranspiration,
- les écoulements,
- les usages des sols...

¹¹ Voir Glossaire

Au niveau européen et national, différentes études utilisant des modèles hydro-climatiques ont ainsi montré des impacts sur les débits des cours d'eau, avec notamment des étiages plus sévères et de plus longue durée (Jouzel *et al.*, 2011).

En Bretagne, des simulations réalisées sur le bassin du Scorff (Morbihan) selon le scénario A1B du GIEC montrent également une diminution des débits des cours d'eau au cours du 21^{ème} siècle, un allongement de la période d'étiage, et une reprise plus tardive (1 à 2 mois à l'horizon 2100) des écoulements en hiver.

Selon les projections, les débits pourraient diminuer de 20 à 25% par rapport à ceux du passé récent.

Les zones humides seraient également impactées par le changement climatique avec une diminution de 10 à 20% de leur surface en tête de bassin (Mérot *et al.*, à paraître).

Par ailleurs, en raison de son contexte hydrologique (ressources souterraines modestes, nombreux bassins versants isolés hydrographiquement...), le réseau hydrographique breton est particulièrement sensible aux variations climatiques ce qui pourrait aggraver les effets du changement climatique.

Les impacts sur la qualité de l'eau sont moins connus. Cependant les phénomènes de pollution des eaux pourraient être aggravés par les modifications climatiques (Bates *et al.*, 2008).

Les flux sédimentaires notamment devraient augmenter en raison de l'accroissement des précipitations hivernales et la fréquence accrue des événements pluviométriques intenses (Viel, Vongvixay *et al.*, à paraître). Bien que le climat ne soit pas la contrainte majeure des émissions d'azote, les flux d'azote pourraient aussi être diminués du fait des modifications des conditions internes aux sols (Salmon-Monviola *et al.*, à paraître). La teneur en matière organique des eaux évoluerait différemment, en fonction de l'épaisseur des sols (stabilité ou diminution) (Mérot, 2011).

Le changement climatique devrait également entraîner une augmentation de la charge en agents pathogènes (Bates *et al.*, 2008) et favoriser le développement d'espèces phytoplanctoniques telles que les cyanobactéries (Massu et Landmann, 2011).

Il ressort que le risque sur les eaux sera très lié aux caractéristiques locales des sols (épaisseur, réserve en eau, teneur en matière organique).

b. Impacts sur les eaux marines

Le réchauffement de la température moyenne des eaux de l'océan Atlantique observé au cours du 20^{ème} siècle (cf. Paragraphe « Les changements constatés ») devrait se poursuivre au cours du 21^{ème} siècle. Des projections préliminaires réalisées selon le scénario A2 du GIEC pour la mer du Nord montrent par exemple une augmentation de la température de surface¹² de l'ordre de 3°C d'ici 2100 (Roussel *et al.*, à paraître).

Le réchauffement de la température de l'océan entraîne la dilatation de l'eau de mer, principal phénomène à l'origine de l'augmentation du niveau marin, avec la fonte des glaces continentales. En fonction de l'ampleur du réchauffement climatique au cours du 21^{ème} siècle, le niveau marin pourrait donc s'élever de quelques centimètres à une dizaine de centimètres à l'horizon 2100 pour les littoraux du massif armoricain et les eaux du Golfe de Gascogne (hors surcotes liées à des événements exceptionnels) (Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009).

Les conséquences prévisibles d'une telle élévation ne sont pas négligeables et devront être prises en compte par les aménageurs (Blanchard et Le Guellec, 2009) :

- vulnérabilité aux submersions dans les zones basses,
- accentuation de l'érosion littorale,
- risque de salinisation de nappes phréatiques littorales ou de plans d'eaux littoraux,
- impacts sur les aménagements littoraux, portuaires notamment.

Le pH moyen des océans en surface a baissé au cours du 20^{ème} siècle et cette tendance se poursuit (GIEC, 2007). En effet, l'eau de mer possède la propriété de dissoudre les gaz, notamment le CO₂ atmosphérique,

¹² Température dans les premiers mètres sous la surface, en général entre 0 et 5m de profondeur.

jouant ainsi un effet indirect sur le climat. L'augmentation de la concentration atmosphérique du CO₂ provoque une modification des réactions chimiques qui aboutit à une diminution du pH de l'océan. Ainsi, les mesures montrent que le pH moyen à la surface de la mer a diminué de 0,1 unité depuis le début de la révolution industrielle (GIEC, 2007). Dans l'hypothèse d'une poursuite des émissions de CO₂ au rythme actuel (scénario A2 du GIEC), la moyenne de pH des eaux marines superficielles pourrait atteindre 7,8 vers la fin du siècle (contre 8,1 actuellement) et 7,6 à plus long terme (Roussel *et al.*, à paraître). Cette « acidification » de l'eau de mer aurait des conséquences sur de nombreux organismes marins à squelette calcaire (Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009 ; Cf. paragraphes « Impacts sur les écosystèmes » et « Impacts sur les cultures marines »).

Les océans polaires devraient être les premiers touchés mais les projections réalisées montrent que les eaux baignant le littoral armoricain devraient être sérieusement affectées avant la fin du 21^{ème} siècle car les côtes bretonnes sont pauvres en calcaire qui pourrait atténuer les changements de pH (Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009).

c. Impacts sur les sols

Les sols constituent un compartiment primordial de tous les écosystèmes terrestres. Ils forment le support de la végétation et de la plupart des activités humaines mais jouent également un rôle dans des domaines divers tels que le cycle de l'eau, le climat, la biodiversité... (ODEM, 2010).

La modification des régimes hydriques et thermiques ainsi que l'augmentation de la fréquence de certains événements extrêmes induits par le changement climatique pourraient avoir des conséquences sur les sols (Gis sol, 2011).

La région possède, comparativement au reste de la France, des sols généralement riches en matière organique. Cependant, il a été constaté une baisse de sa teneur depuis 30 ans (causes naturelles, pratiques agricoles, modifications des apports...) (Cf. Figure 8). Or la baisse de la teneur en matière organique affecte l'activité biologique des sols, leur stabilité et leur capacité à stocker les nutriments et à absorber et dégrader les polluants (Collectif, 2003).

Le changement climatique pourrait aggraver ce phénomène. En effet, des modélisations réalisées pour des sols cultivés et des prairies montrent que les évolutions climatiques du prochain siècle (scénario A1B du GIEC) se traduisent par une diminution de l'ordre de 10 à 15% des stocks en matière organique des sols (Gruau *et al.*, à paraître).

Cependant, les travaux réalisés dans le cadre du projet CLIMATOR¹³ ont également montré que la variabilité de la teneur en matière organique des sols est principalement liée aux interactions entre systèmes de culture, site, période et nature du sol. Les effets du

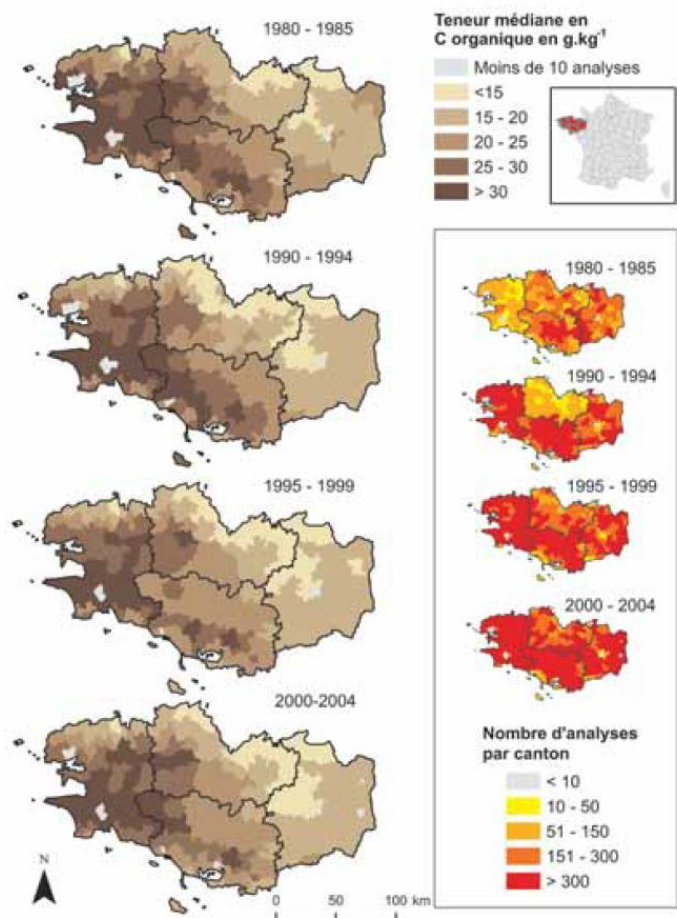


Figure 8 : Evolution des teneurs en carbone organique dans les sols bretons (Gis sol, 2011)

¹³ Etude de l'impact du changement climatique sur des systèmes cultivés variés dans des climats français.

changement climatique sur la teneur en matière organique des sols restent donc incertains, notamment à long terme (Brisson et Levrault, 2010).

Le changement climatique pourrait également aggraver les problèmes d'érosion des sols au travers de différents phénomènes (GIEC, 2007) :

- l'augmentation des précipitations hivernales,
- l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes : tempêtes, vents forts, inondations, périodes de sécheresse...
- la dégradation de la structure des sols causée par les incendies,
- l'élévation du niveau marin et les épisodes de submersion marine.

Une modélisation de l'aléa¹⁴ érosion des sols cultivés a été réalisée dans le cadre du projet CLIMASTER sur une zone test située en Basse Normandie. L'étude a effectivement montré une augmentation de la sensibilité à l'érosion lors des mois d'hiver en 2100. Cependant, seuls des paramètres climatiques ont été considérés, l'évolution des pratiques culturales devra également être prise en compte pour améliorer la connaissance de l'aléa érosion (www.rennes.inra.fr/climaster).

d. Impacts sur la qualité de l'air

Pollution de l'air et changement climatique sont deux phénomènes liés. En effet, d'une part ils sont tous deux causés, en grande partie, par des émissions de substances générées lors d'activités humaines, et d'autre part ils exercent une influence l'un sur l'autre.

Ainsi, certains éléments polluants peuvent, directement ou sous l'effet de réactions chimiques, participer au réchauffement climatique (par exemple certains composés organiques volatils, les oxydes d'azote, l'ozone...). Et, à l'inverse, le changement climatique, de par l'augmentation des températures et certains phénomènes tels que les changements de structure de l'atmosphère (présence de couches d'inversion¹⁵ bloquant les polluants à basse altitude), pourra contribuer à une dégradation de la qualité de l'air (GIS Climat-Environnement-Société, nd) :

- augmentation de la fréquence des épisodes de pollution photochimique,
- augmentation des durées polliniques,
- augmentation de la fréquence des épisodes de sécheresse favorisant le soulèvement de poussières, les risques d'incendies (émissions de particules)...

La pollution atmosphérique a des effets néfastes pour l'environnement (contamination des chaînes trophiques, impacts sur la croissance des végétaux...) mais également pour la santé humaine (Cf. Paragraphe « Santé et qualité de vie »).

Dans le Morbihan, le développement prévisible des zones urbanisées en lien avec l'essor démographique devrait entraîner une augmentation des émissions de polluants atmosphériques liés aux transports et à l'habitat principalement (Anonyme, 2009). Cette dégradation de la qualité de l'air pourra être aggravée par le changement climatique.

En outre, le Morbihan est d'ores et déjà exposé à un taux d'ozone plus élevé que dans le reste de la Bretagne en raison de conditions géographiques et climatiques particulières (Anonyme, 2009). Les épisodes de pollution photochimique à l'ozone pourraient donc être plus fréquents dans les années à venir, notamment dans les zones urbaines et péri-urbaines.

¹⁴ Voir Glossaire

¹⁵ Voir Glossaire

e. *Impacts sur les écosystèmes*

D'après les experts du GIEC, le changement climatique entraînera d'importants changements dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes, le plus souvent au détriment de la biodiversité (GIEC, 2007).

Les effets du changement climatique sur les écosystèmes et leur quantification restent cependant mal connus et soumis à de nombreuses incertitudes. En effet, il est délicat de différencier les effets du changement climatique d'autres facteurs de pression anthropique tels que la surexploitation des ressources, les pollutions, la destruction d'espaces naturels, le développement d'espèces invasives ..., d'où un fort besoin en recherche dans ce domaine.

A l'échelle nationale, une étude du CCBio¹⁶ a permis de synthétiser les travaux menés sur les impacts réels du changement climatique sur la biodiversité (Massu et Landmann, 2011).

Concernant les écosystèmes terrestres et aquatiques, les effets suivants sont observés ou attendus :

- Des modifications d'aires de répartition de nombreuses espèces végétales et animales en lien avec l'augmentation des températures (remontée vers le nord ou en altitude). Les populations bretonnes d'espèces en limite d'aire de répartition ou qui évoluent dans des milieux très spécifiques pourraient alors disparaître (pour la Bretagne, certaines espèces d'oiseaux à répartition tempérée et boréale tels que le pingouin torda ou le macareux moine présentent des effectifs en forte régression du fait d'un déplacement de l'aire de répartition vers le nord) (Philippe *et al.*, 2011). D'autres espèces méridionales pourraient au contraire être favorisées, par exemple l'aigrette garzette ou certains insectes ravageurs comme les chenilles processionnaires du pin qui progressent vers le nord de la Bretagne (Massu et Landmann, 2011).
- Des variations et décalages de phénologie qui peuvent avoir un impact sur les chaînes trophiques et les relations interspécifiques : par exemple décalage entre la disponibilité en nourriture et le calendrier des besoins alimentaires de l'avifaune, perturbations des relations hôte-parasite (Massu et Landmann, 2011).
- Une augmentation de la productivité de certaines espèces végétales en raison des températures plus clémentes et de l'augmentation de la concentration en CO₂. Pour les espèces forestières cette augmentation devrait cependant être compensée à long terme par la surmortalité liée aux épisodes de sécheresse et à la baisse des précipitations (Massu et Landmann, 2011).
- Impacts sur les périodes de reproduction de certaines espèces animales terrestres et aquatiques (raccourcissement de la période de frai du saumon en raison de l'augmentation de la température par exemple) (Massu et Landmann, 2011).
- Modification de pratiques migratoires (de certaines espèces d'oiseaux notamment).
- Modification de la dynamique saisonnière de certaines espèces de phytoplancton comme les cyanobactéries (Massu et Landmann, 2011).

Concernant les écosystèmes marins, certaines observations montrent d'ores et déjà des évolutions suffisamment probantes pour démontrer l'impact du changement climatique sur les écosystèmes marins bordant le Massif Armoricaïn : changement d'aires de distribution et modifications des périodes de reproduction de certaines espèces de poissons et mollusques (par exemple, expansion vers le nord du *Cyclope neritea*, gastéropode d'origine méditerranéenne).

¹⁶ Projet sur les Connaissances de l'impact du Changement Climatique sur la Biodiversité en France, Gip Ecofor

Parmi les risques prévisibles pour le fonctionnement des écosystèmes marins, on retiendra également (Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009) :

- des changements dans la production primaire (modification de la distribution et de l'abondance du phytoplancton),
- des déséquilibres dans les chaînes trophiques,
- l'installation facilitée ou la prolifération d'espèces introduites accidentellement ou délibérément (par exemple, colonisation du littoral Atlantique et de la Manche par l'huître creuse du Pacifique *Crassostrea gigas*).

De plus, il est possible que les pressions anthropiques amplifient les impacts attendus. Par exemple, il a été suggéré que les modifications dans la production primaire de phytoplancton induites par le changement climatique associées à la surpêche de poissons planctonophages comme le hareng ou la sardine, pourrait favoriser le développement d'autres espèces planctonophages comme les méduses (Massu et Landmann, 2011).

L'acidification des eaux marines aura également un impact sur de nombreux organismes marins. En effet, le CO₂ dissous dans l'eau de mer réagit et forme des ions hydrogencarbonate et, dans une moindre mesure, des ions carbonate qui servent de base à la formation de structures calcifiées de nombreux organismes marins (coquilles et squelettes calcaire) par réaction avec les ions calcium présents dans l'eau (formation de carbonate de calcium). La réaction de formation du carbonate de calcium étant réversible, la dissolution de davantage de CO₂ dans l'eau de mer entraînerait une déstabilisation, voire une dissolution, des carbonates de calcium formés. L'eau de mer deviendrait « corrosive » pour les structures calcaires (Roussel *et al.*, à paraître).

Ce phénomène perturberait la croissance ou la calcification d'organismes tels que les coccolithophoridés (algues unicellulaires), les coraux, les algues benthiques, les mollusques, les foraminifères mais pourrait également avoir un impact négatif sur le développement de larves de bivalves tels que l'huître creuse ou la moule bleue (Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009).

III. Conséquences économiques

a. Agriculture, sylviculture

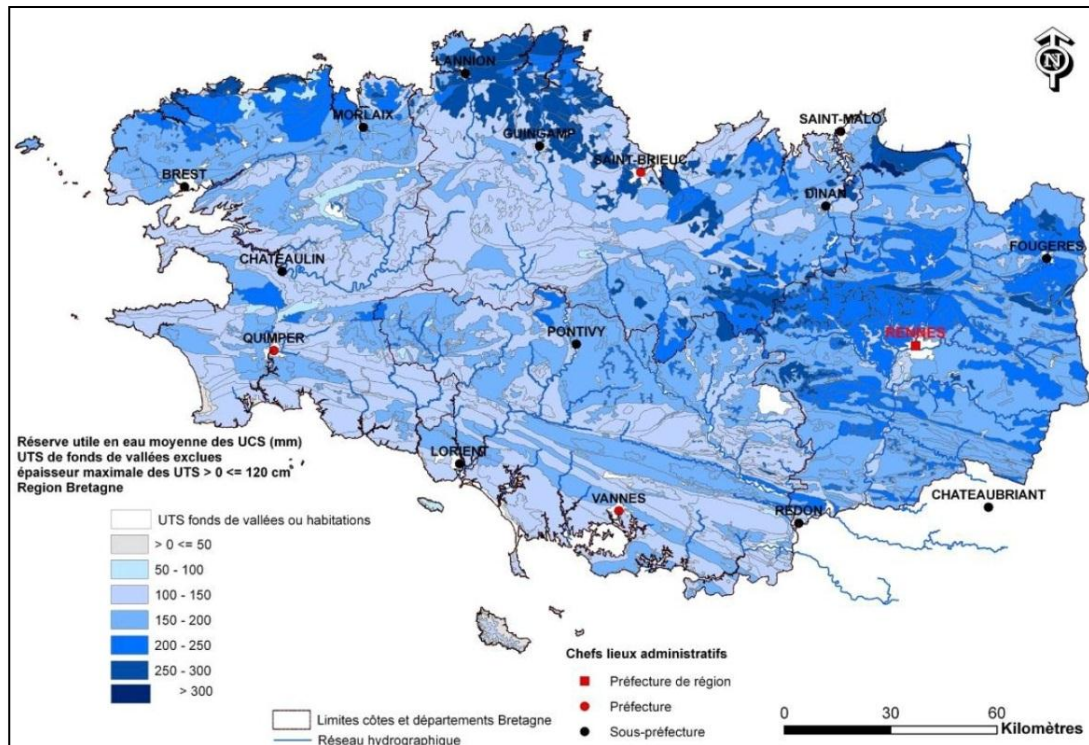
Les principaux impacts du changement climatique sur l'agriculture et la sylviculture dans l'ouest de la France devraient concerner la moindre disponibilité de la ressource en eau (Brisson et Levrault, 2010), le changement de productivité des cultures, des évolutions de production (espèces, variétés) ainsi que les dates de semis et de récoltes (Massu et Landmann, 2011).

Les projections climatiques montrent une diminution des précipitations durant le printemps et l'été ce qui devrait entraîner des besoins accrus en irrigation pour les cultures. En outre, les phénomènes de sécheresse en Bretagne devraient également augmenter en fréquence et en intensité au cours du 21^{ème} siècle (Cf. Paragraphe « Prévisions d'évolution du climat en France et en Bretagne »).

Le niveau de stress hydrique des cultures pourra varier localement en fonction de la nature des sols. En effet, les simulations réalisées à partir de modèles de bilans hydriques ont montré que les sols profonds à forte réserve utile¹⁷ conserveront un meilleur taux d'humidité jusqu'au milieu du 21^{ème} siècle. Avec une faible réserve utile, le sud et l'ouest de la Bretagne (Cf. Carte 1) seront donc plus vulnérables aux sécheresses que les zones au nord et à l'est.

En revanche, à la fin du siècle, les modèles ne montrent plus de variation du taux de remplissage entre les différents sols bretons (Lamy *et al.*, à paraître).

¹⁷ Voir Glossaire



Carte 1 : Réserve utile en eau des sols en région Bretagne (méthode Walter) (Moussa, 2011)

Les besoins en irrigation des cultures augmenteront donc au cours du 21^{ème} siècle, notamment pour les cultures de printemps et d'été (maïs par exemple) mais de nouveaux besoins devraient également apparaître ponctuellement. La diminution des précipitations hivernales entraînera des difficultés de recharge des réserves dont il faudra tenir compte (Brisson et Levrault, 2010).

Les travaux de projections climatiques réalisés dans le cadre du projet CLIMATOR (Brisson et Levrault, 2010) pour la station de Rennes ont également montré la possibilité d'une évolution des stades phénologiques. Les dates de récolte pourraient ainsi être anticipées (pour une date de semis fixe) notamment pour les cultures de printemps ce qui devrait se répercuter sur les choix techniques des agriculteurs (calendrier des travaux) et le comportement écophysologique des cultures (Brisson *et al.*, à paraître).

Par ailleurs, l'augmentation des températures et la diminution du nombre de jours de gel devrait entraîner une amélioration des rendements notamment pour les prairies et certaines cultures de printemps et d'hiver comme le blé (Brisson et Levrault, 2010), mais également, dans certains cas, une modification de la distribution des pollinisateurs, des insectes ravageurs et de leurs prédateurs naturels ce qui pourra avoir des effets négatifs sur la production végétale (Massu et Landmann, 2011).

Les impacts attendus sur la production sylvicole dépendent des espèces considérées. Ainsi, en Bretagne, certaines espèces méditerranéennes seraient favorisées (pin maritime) tandis que d'autres essences locales, comme le hêtre, pourraient décliner. Mais de manière générale la productivité des forêts françaises devrait diminuer après 2050 en raison de l'augmentation des épisodes de sécheresse, des pullulations de ravageurs et du risque accru de feux de forêts (Massu et Landmann, 2011).

Pour rappel, le Morbihan fait actuellement partie des départements où l'on recense le plus de départs de feux (en moyenne environ 120 départs par an depuis 1976, soit le 9^{ème} département français). Il est placé avec un risque de niveau 4 sur une échelle de 1 à 5 au niveau national (Préfecture du Morbihan, 2011).

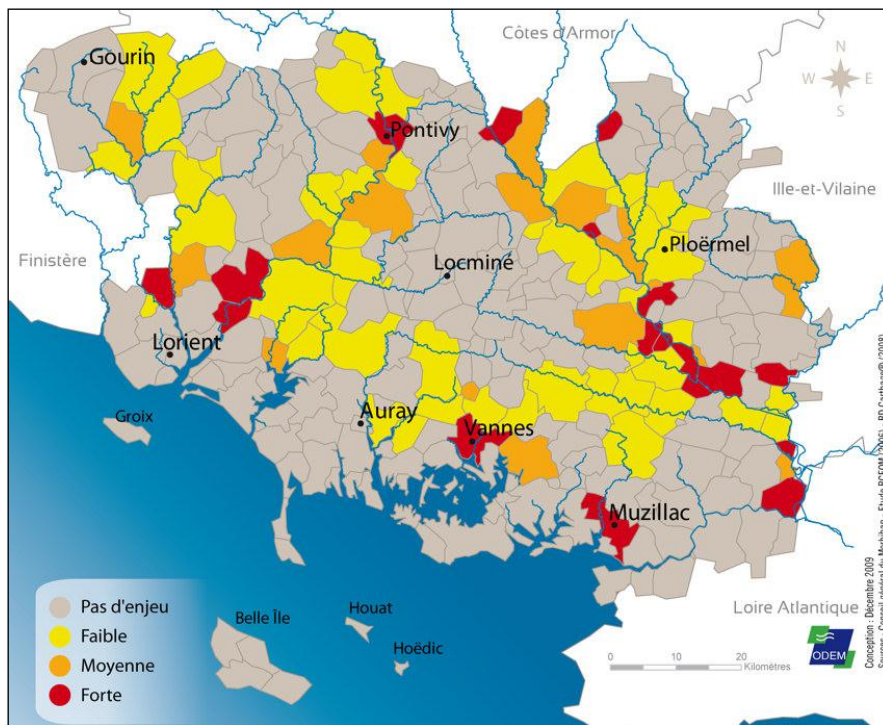
b. Infrastructures et habitat

Les impacts attendus du changement climatique sur les infrastructures et l'habitat sont principalement liés à 2 types d'évènements :

- L'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes (inondations, tempêtes, submersions marines...) qui devrait entraîner une augmentation des dégâts causés aux infrastructures et bâtiments.
- L'élévation du niveau marin et l'érosion côtière qui pourraient avoir des conséquences sur les équipements construits en bordure du littoral.

Le Morbihan est d'ores et déjà soumis à une forte vulnérabilité aux inondations liée aux caractéristiques de son réseau hydrographique (bassins versants avec de larges vallées à faible pente, niveau d'infiltration faible, réseau hydrographique dense...).

Ainsi, 17 communes du département étaient considérées comme ayant une vulnérabilité forte aux inondations en 2006 (18 une vulnérabilité moyenne) et 530 habitations étaient considérées comme exposées (Cf. Carte 2) (Conseil général du Morbihan, 2006).



Carte 2 : Diagnostic de vulnérabilité aux inondations par commune dans le Morbihan en 2006 (Conseil général du Morbihan, 2006)

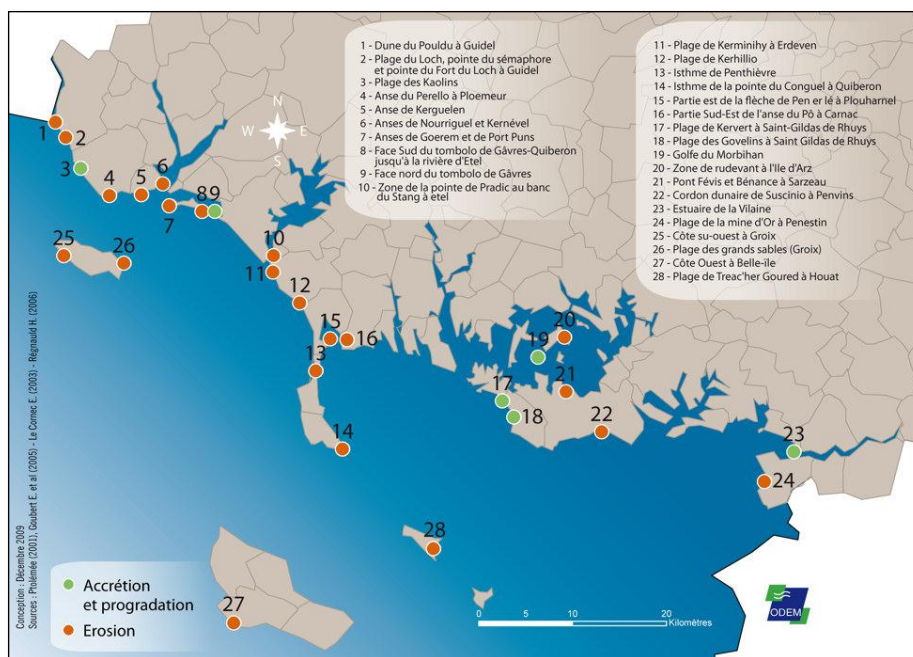
Deux types de Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn) sont actuellement mis en œuvre dans le Morbihan (ODEM, 2010):

- 7 PPR inondation (PPRI) dont 6 approuvés et 1 prescrit qui concernent 72 communes,
- 4 PPR littoraux (PPRI) prescrits qui concernent 11 communes.

Ce risque pourrait être aggravé dans les prochaines années par l'augmentation des épisodes de précipitations hivernales.

La combinaison de l'élévation du niveau marin et de l'augmentation de la fréquence des tempêtes pourra également accentuer, dans certains lieux, les phénomènes d'érosion côtière, entraînant le recul du trait de côte (disparition de sentiers côtiers, vulnérabilité de certaines constructions, modification des plages...) (Philippe *et al.*, 2011).

La carte 3 présente les sites pour lesquels des évolutions significatives du trait de côte ont déjà été mesurées ou constatées dans le Morbihan. Les zones actuelles d'érosion pourraient être d'autant plus affectées dans le futur par l'élévation du niveau marin liée au changement climatique.



Carte 3 : Zones vulnérables à l'évolution du trait de côte dans le Morbihan (Goubert *et al.*, 2005 ; Le Cornec, 2003 et Régnaud, 2006)

D'après l'Agence Européenne de l'Environnement (EEA), le nombre de personnes impactées par des inondations liées à l'élévation du niveau marin devrait passer, en Bretagne, de moins de 200 par an dans la période 1961-1990 à un nombre compris entre 400 et 600 personnes par an dans les années 2080 (Collectif, 2008).

c. Tourisme

La direction du Tourisme du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie a mené une étude exploratoire sur les impacts du changement climatique sur le tourisme (Le Scouarnec et Martin, 2008). L'étude considérait comme hypothèse un réchauffement de 3 à 4°C à l'horizon 2100 (scénario A1 du GIEC). Elle a identifié différents risques qui pourraient concerner le département du Morbihan :

- Risque de pénurie en eau: le tourisme consomme de l'eau pour les aspects sanitaires mais engendre également d'autres consommations, par exemple pour les hébergements et activités de loisirs (piscines, golfs, espaces verts...) (Andreu-Boussut *et al.*, 2008). Une augmentation de la demande au moment où les ressources en eau sont les plus faibles (au printemps et durant l'été) pourrait générer des conflits d'usage autour de la ressource, notamment vis-à-vis de l'agriculture.
- Risque de diminution de la qualité des eaux, support des activités nautiques : la diminution des débits et niveaux aggravera les phénomènes d'eutrophisation et différentes formes de pollutions défavorables au tourisme, par exemple les proliférations de cyanobactéries qui constituent d'ores et déjà un problème sur différents plans d'eau morbihannais (ODEM, 2010).
- Les phénomènes de remontée du niveau marin et d'érosion du littoral pourront impacter l'activité de certaines stations balnéaires.

- L'augmentation des risques sanitaires liés au développement de nouvelles pathologies ou de pathologies existantes mais également à la dégradation de la qualité de l'air lors des épisodes de canicule.
- Les risques naturels (tempêtes, inondations, submersions marines, feux de forêt...) auxquels sont particulièrement exposées les populations touristiques en raison de la nature des hébergements (terrains de camping par exemple) et de la méconnaissance des risques locaux, procédures d'alerte et d'urgence.
- L'évolution des paysages et milieux naturels liée au stress hydrique et aux feux de forêts plus fréquents peuvent impacter la fréquentation touristique de certains lieux.

Par ailleurs, l'augmentation des températures et la diminution des précipitations entraîneront un allongement de la période « estivale », ce qui pourrait avoir des conséquences positives sur la fréquentation touristique du Morbihan.

d. Pêche et cultures marines

Comme on a pu le voir dans le paragraphe « Impacts sur les écosystèmes », le changement climatique aura des impacts sur les ressources halieutiques en Bretagne notamment s'agissant des déplacements d'aires de distribution et modifications des périodes de reproduction de certaines espèces de poissons et mollusques. En effet, l'élévation de la température de l'eau marine pourra impliquer un processus de dégradation de la qualité de l'environnement littoral, avec l'apparition de phénomènes d'eutrophisation plus fréquents et la modification de la composition phytoplanctonique. Les activités de conchyliculture pourront également être impactées par les événements de submersion marine liés aux tempêtes et par l'acidification des eaux marines qui représente un risque pour les ressources marines exploitées en Bretagne (DREAL Haute-Normandie, 2011 et Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009).

En outre, il est important de rappeler que le changement climatique agit de manière synergique avec d'autres perturbations, notamment pour le milieu côtier marin, les pollutions, la surexploitation des ressources naturelles et l'introduction de nouvelles espèces (Tréguer, Lhuillery et Viard, 2009). Il n'est aujourd'hui pas possible de différencier les effets induits par le changement climatique seul, des effets liés aux activités humaines ; cependant il est admis que les impacts du changement climatique devraient accentuer la tendance actuelle à l'appauvrissement des ressources halieutiques (Blanchard et Le Guellec, 2009).

e. Autres secteurs pouvant être impactés

D'autres secteurs économiques du Morbihan pourront être impactés (Blanchard et Le Guellec, 2009 et Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, nd) tels que :

- L'énergie : augmentation des besoins en période chaude, déficit de production d'hydroélectricité en raison de la baisse des débits, dégâts sur le réseau d'alimentation en raison des tempêtes...
- Les transports : vulnérabilité des infrastructures de transport aux événements climatiques extrêmes, modification des origines-destinations liées à la répartition temporelle des flux, la répartition géographique des populations et activités et l'attrait des destinations touristiques.
- Les banques et assurances : augmentation des coûts induits par les dégradations causées par les événements climatiques extrêmes.
- Les industries : vulnérabilité aux risques naturels et technologiques (événements climatiques extrêmes, inondations, incendies...).

IV. Santé et qualité de vie

De nombreuses études ont montré que le changement climatique affectera la qualité de vie et la santé des populations selon des mécanismes directs ou indirects. Trois grands types d'impacts sont à prévoir (Watkiss, 2009 et Pascal, 2010):

- impacts en lien avec l'augmentation en fréquence et en intensité des événements climatiques extrêmes,
- impacts liés à des modifications de l'environnement,
- émergence de maladies infectieuses.

a. Les événements climatiques extrêmes

Dans le Morbihan, le changement climatique devrait se traduire par une augmentation de la fréquence et de l'intensité des épisodes de canicule, mais également des vagues de froid et d'autres phénomènes tels que les tempêtes, inondations, feux de forêts... (Roussel, 2012).

Les épisodes caniculaires conjugués à un vieillissement de la population se traduiront par une augmentation du nombre de personnes vulnérables, avec une augmentation de la mortalité estivale. Les zones urbaines seront plus particulièrement touchées en raison du phénomène d'îlot de chaleur¹⁸.

Concernant la mortalité hivernale, différentes études montrent sa diminution en raison de l'augmentation des températures voire même une compensation de l'augmentation de la mortalité estivale (Watkiss *et al.*, 2009). Cependant, il est délicat de projeter l'impact du changement climatique car les causes de mortalité en hiver ne sont pas uniquement liées à la température (pathologies, régime alimentaire, baisse de luminosité...). Des épisodes de vagues de froid pourront continuer de survenir et la population, habituée à des températures moyennes plus douces, pourrait se montrer plus sensible qu'actuellement en raison d'une diminution de l'adaptation physiologique et comportementale au froid (Pascal, 2010 et Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, 2007).

Les tempêtes, inondations, feux de forêts entraîneront une augmentation des blessures et décès à court terme.

L'élévation du niveau marin, conjuguée aux épisodes de tempête, devraient entraîner une augmentation de la fréquence des submersions marines. Dans le Morbihan, les risques sanitaires seraient alors principalement liés à la détérioration des milieux de vie et aux pertes matérielles (Pascal, 2010).

b. Les modifications de l'environnement

En matière d'évolution des expositions liées à des modifications de l'environnement, on retiendra principalement pour le Morbihan les risques sanitaires suivants :

- Augmentation des affections respiratoires en raison de la dégradation de la qualité de l'air, de saisons polliniques plus précoces et plus longues (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, 2007), de l'augmentation du nombre de personnes vulnérables (vieillesse de la population) et d'un contexte local déjà sensible : la situation est jugée défavorable en Bretagne pour l'asthme et les allergies et l'impact sanitaire de la qualité de l'air extérieur non négligeable par le Programme Régional Santé Environnement (Anonyme, 2011).
- Augmentation des risques sanitaires liés à la dégradation de la qualité des eaux de baignade et de loisirs nautiques (Pascal, 2010) : contaminations microbiennes, prolifération de cyanobactéries dans les plans d'eau douce (production de toxines pouvant générer des affections cutanées, hépatiques et neurologiques selon les espèces)...

¹⁸ Voir Glossaire

- Augmentation des risques sanitaires liés aux déplacements d'espèces animales dangereuses comme les chenilles processionnaires du pin et du chêne (effets urticants, affections respiratoires, allergies...) (Pascal, 2010).

c. *Emergence de maladies infectieuses*

Il est possible de distinguer deux catégories de maladies infectieuses dont la survenue, liée au changement climatique, est possible en France (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, 2007) :

- les maladies liées à raréfaction et à la pollution de l'eau qui ne devraient pas concerner le département du Morbihan,
- l'émergence (ou la réémergence) de maladies écosystémiques pour lesquelles de nombreuses inconnues subsistent en raison de la complexité des écosystèmes en cause.

Les maladies écosystémiques à transmission vectorielle pourraient constituer le risque le plus important, notamment certaines arboviroses¹⁹ qui pourraient apparaître en France métropolitaine.

D'autres affections, déjà présentes en métropole, pourront connaître un développement en raison du changement climatique (leishmanioses²⁰, leptospiroses²¹) mais leur développement est également conditionné à des facteurs humains tels que la présence d'animaux de compagnie ou les plus nombreuses baignades dans des plans d'eau également fréquentés par des animaux sauvages (Rovillé, 2012).

Concernant les maladies à transmission non vectorielle, l'importance des incertitudes empêche actuellement toute prévision (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, 2007).

La perception du changement climatique

Un sondage réalisé par l'IFOP en mars 2012 pour WWF (échantillon de 951 personnes représentatif de la population française âgée de 18 ans et plus) place le changement climatique en tête des risques environnementaux les plus préoccupants avec 40% des réponses. Ce chiffre est stable depuis 2 ans.

De plus, 79% des personnes interrogées considèrent que l'augmentation des températures observée depuis un siècle est avant tout liée aux effets des activités humaines.

70% des personnes interrogées considèrent que le changement climatique représente une menace sérieuse pour leur mode de vie. Ce pourcentage augmente chez les jeunes (77% des moins de 35 ans) et les personnes sensibles à l'environnement par sympathie politique ou en raison de l'activité professionnelle (80% des agriculteurs, artisans et commerçants).

Les conséquences jugées les plus inquiétantes sont le renforcement des phénomènes météorologiques extrêmes (30% des citations) et l'augmentation des sécheresses et inondations (25% des citations). L'élévation du niveau marin vient en 3^{ème} position (18% des citations). Parmi les conséquences les moins citées on trouve l'augmentation des vagues de forte chaleur (10% des citations).

Au niveau local, une enquête menée dans le cadre du projet IMCORE (Philippe *et al.*, 2011) montre des tendances similaires (échantillon de 1062 habitants des communes du périmètre du projet de Parc Naturel Régional du Golfe du Morbihan).

Ainsi, 99% des habitants interrogés ont déjà entendu parler du changement climatique et une grande majorité d'entre eux considère qu'il est lié aux activités humaines : 61% des personnes interrogées

¹⁹ Voir Glossaire

²⁰ Voir Glossaire

²¹ Voir Glossaire

pensent que le changement climatique est plus lié aux activités humaines qu'à des causes naturelles et 22% qu'il est uniquement dû aux activités humaines.

La perception des menaces pesant sur le Golfe du Morbihan est plus variable :

- Les principales menaces directes identifiées sont l'érosion et la mise en danger des habitations, les risques d'inondations et de tempêtes étant jugés moins menaçants.
- Les principales menaces indirectes sont la disparition d'espèces du fait de la modification des habitats et les atteintes aux activités économiques.

Parmi les actions que les pouvoirs publics pourraient mettre en œuvre en prévision du changement climatique, le développement des énergies renouvelables et l'information du public arrivent en tête (90% de réponses « souhaitable » et « très souhaitable »). Puis viennent les investissements pour limiter les émissions de CO₂ (88%) et le développement de systèmes d'alerte météorologique (75%).

La construction d'ouvrages de défense des côtes et la mise en œuvre d'un repli stratégique des habitations rencontrent moins d'opinions favorables (respectivement 56 et 46% de réponses « souhaitable » et « très souhaitable »).

Les personnes interrogées montrent également une volonté d'action individuelle : 95% d'entre elles étant favorables ou très favorables aux gestes quotidiens de lutte contre le changement climatique et 75% prêtes à verser une participation financière annuelle comprise entre 1 et 100 €.

L'analyse statistique de cette enquête a permis d'identifier quatre grands groupes d'opinion au regard de leur perception du changement climatique (Cf. Figure 9).

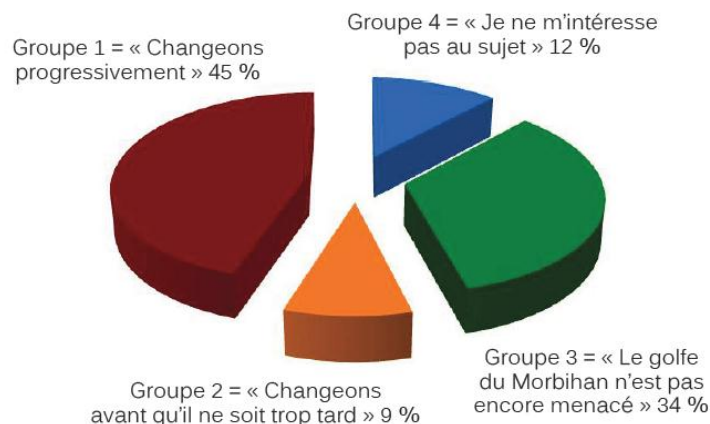


Figure 9 : Les quatre grands groupes d'opinion identifiés à travers l'enquête sur la perception du changement climatique dans le Morbihan (Phillipe *et al.*, 2011)

Au travers de ces groupes, une différence de perception est observée en fonction du sexe, de l'activité professionnelle et du statut des personnes interrogées (retraités, propriétaires, habitant en bordure immédiate du littoral...):

- Ceux qui estiment que le changement climatique est une réalité mais qu'il faut changer progressivement sont en majorité des femmes (Groupe 1).
- La minorité de personnes qui estiment que les menaces du changement climatique sur le Morbihan sont réelles exercent pour plus d'un tiers une activité professionnelle ou associative en lien avec l'environnement (Groupe 2).
- Ceux qui estiment que le golfe du Morbihan n'est pas encore menacé sont en majorité des hommes et n'exercent pas une activité professionnelle ou associative en lien avec l'environnement (Groupe 3).
- Ceux qui ne s'intéressent pas au sujet du changement climatique ont une moyenne d'âge de 55 ans contre 46 ans pour les trois groupes précédents et ils sont propriétaires de leur maison située le plus souvent sur les communes littorales (Groupe 4).

L'adaptation au changement climatique

Face au changement climatique, deux stratégies sont envisageables (GIEC, 2007) :

- l'adaptation aux effets du changement climatique,
- l'atténuation du changement climatique c'est-à-dire la diminution des émissions de gaz à effet de serre notamment par la maîtrise de l'énergie, la substitution des énergies fossiles par les énergies renouvelables ou le stockage du carbone.

Ces deux approches sont complémentaires (Cf. Figure 10) car ni l'adaptation, ni l'atténuation seules ne permettront de prévenir totalement les effets du changement climatique.

En effet, plus l'atténuation sera efficace, moins l'adaptation sera coûteuse. Néanmoins, l'adaptation restera obligatoire car le changement climatique a déjà commencé et se poursuivra du fait de la durée de vie importante des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, 2011). Certains impacts seront donc inévitables malgré la mise en œuvre d'une politique d'atténuation (GIEC, 2007).

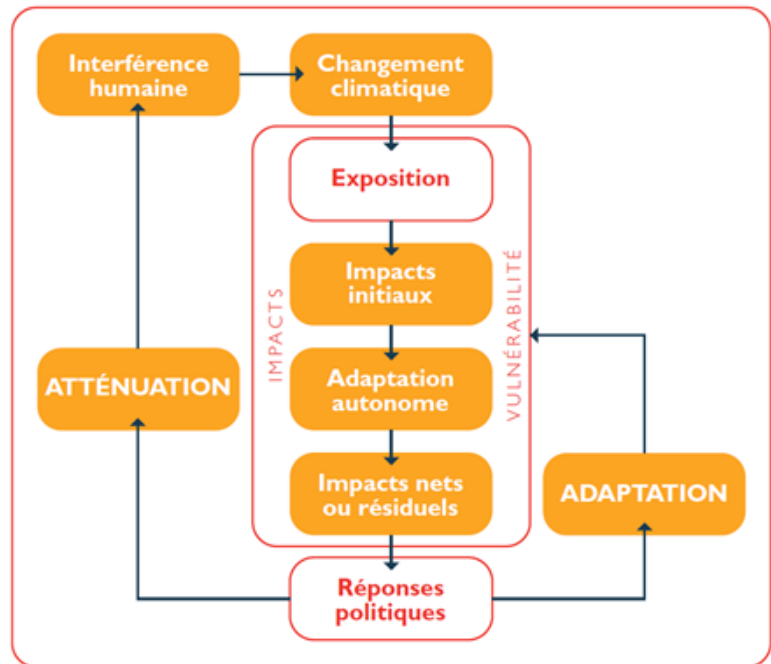


Figure 10 : Articulation entre les politiques d'atténuation et d'adaptation au changement climatique (ONERC, d'après le troisième rapport du GIEC)

I. Qu'est-ce que l'adaptation ?

a. Définition

L'adaptation correspond au degré d'ajustement d'un système en réponse au changement climatique afin d'atténuer les effets néfastes ou de tirer parti des avantages possibles (GIEC, 2007). Elle vise à réduire la vulnérabilité des territoires en diminuant les risques et les dommages liés aux impacts actuels et futurs du changement climatique. Il est à noter que dans certains cas la réponse du territoire face au changement climatique peut être positive, comme par exemple l'augmentation de la température hivernale qui permettra des cultures avec moins de chauffage sous serre et donc la réalisation d'économies d'énergie. On parle alors plutôt d'opportunité (Blanchard *et al.*, 2009).

La vulnérabilité d'un territoire résulte de l'interaction entre trois facteurs (Groupe de travail interministériel, 2009) :

- son **exposition** aux événements climatiques (nature, ampleur, rythme de changement des événements climatiques),
- sa **sensibilité** (conséquences possibles selon les caractéristiques socio-économiques du territoire),
- sa **capacité d'adaptation** (capacité d'ajustement du territoire face au changement climatique : systèmes de prévention en place, accès aux équipements d'urgence...).

Cette définition de la vulnérabilité implique une répartition inégale des impacts du changement climatique à l'échelle du territoire (Mérot *et al.*, 2012). Selon leur exposition aux événements climatiques

et leurs spécificités socio-économiques, certaines régions peuvent être très touchées par les changements climatiques alors que d'autres peuvent tirer parti de ces changements. De plus, selon les secteurs d'activité et la vulnérabilité sociale des ménages, les effets ne seront pas distribués de la même façon (Groupe de travail interministériel, 2009).

Chaque territoire doit alors envisager l'élaboration d'une stratégie d'adaptation pour répondre à quatre grandes finalités (MEDDTL, nd):

- protéger les personnes et les biens en agissant pour la sécurité et la santé publique,
- tenir compte des aspects sociaux et éviter les inégalités devant les risques,
- limiter les coûts et tirer parti des avantages,
- préserver le patrimoine naturel.

Une stratégie d'adaptation consiste à mettre en œuvre des mesures pour diminuer les impacts effectifs du changement climatique ou améliorer les capacités des sociétés pour rendre le territoire moins vulnérable. On peut citer quelques exemples de mesures envisageables (Blanchard *et al.*, 2009) :

- utilisation plus rationnelle des ressources en eau,
- adaptation des normes et des règlements du secteur de la construction aux futures conditions climatiques et aux phénomènes météorologiques extrêmes,
- augmentation de la hauteur des digues face à l'élévation du niveau de la mer,
- mise au point de cultures tolérant la sécheresse,
- éducation et sensibilisation au changement climatique,
- subventions...

b. Interférences entre l'atténuation et l'adaptation au changement climatique

Quatre différences majeures apparaissent entre les concepts d'adaptation et d'atténuation (Groupe de travail interministériel, 2009):

- **L'échelle géographique** : l'adaptation est en général réalisée au niveau local et elle apporte des bénéfices à l'échelle du système impacté contrairement aux bénéfices globaux des mesures d'atténuation.
- **L'échelle temporelle** : les bénéfices d'une politique d'atténuation menée aujourd'hui seront visibles dans quelques décennies à cause de la longue durée de vie des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. En revanche, certaines mesures d'adaptation mises en œuvre aujourd'hui auront des bénéfices à court terme.
- **Le nombre et la nature des acteurs impliqués** : les mesures d'atténuation impliquent en majorité les grands émetteurs de gaz à effet de serre des secteurs du transport et de l'énergie. Les acteurs de l'adaptation sont plus nombreux et appartiennent à des secteurs plus variés (infrastructures, urbanisme, agriculture, transports, tourisme, santé, biodiversité...).
- **La comptabilisation des coûts et bénéfices** : l'efficacité des mesures d'atténuation est mesurée en tonne d'équivalent CO₂ évitée. Il est cependant plus difficile de déterminer une unité de mesure unique pour comparer les multiples mesures d'adaptation (dommages monétaires évités, nombre de vies sauvées, qualité de vie, atteinte sur l'environnement et la biodiversité...).

Malgré ces différences, une stratégie équilibrée entre ces deux approches complémentaires doit être mise en place pour faire face au changement climatique. Il est primordial de développer et de tirer profit des synergies possibles entre l'adaptation et l'atténuation. En effet, lorsque les moyens de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre participent à réduire les conséquences du changement climatique, et réciproquement, on parle de synergie. A l'inverse, des conflits peuvent aussi émerger entre atténuation et adaptation. Ils doivent être mis en évidence rapidement afin d'être étudiés en amont des stratégies de lutte contre le changement climatique. L'apparition de synergies et/ou de conflits entre les mesures d'atténuation et d'adaptation dépend fortement du contexte local dans lequel les décisions sont prises (Groupe de travail interministériel, 2009).

c. Les différentes stratégies d'adaptation

Diverses actions permettent de réduire les impacts effectifs du changement climatique ou d'améliorer la capacité d'adaptation d'un territoire (MEDDTL, nd):

- anticiper et limiter les dégâts éventuels en agissant sur les facteurs qui déterminent l'ampleur de ces dégâts (ex : urbanisation des zones à risques),
- supporter les changements y compris les événements extrêmes,
- réagir et faire face aux conséquences ou se remettre des dégâts.

Celles-ci mettent en évidence deux types d'adaptation : l'**adaptation réactive** en réponse directe à un événement climatique majeur (ex : renforcement des digues après une inondation) et l'**adaptation anticipée** correspondant à une mesure mise en place avant l'apparition d'un événement extrême, notamment avec la définition d'un niveau de risque maximum acceptable (Cf. Figure 11).

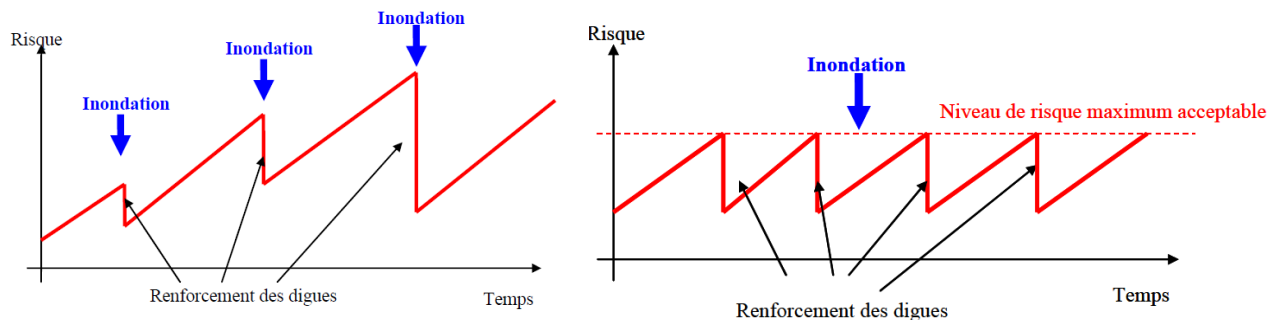


Figure 11 : Comparaison de la temporalité des mesures d'adaptation réactives (graphique de gauche) et anticipées (graphique de droite) face à un événement climatique majeur (Hallegatte, 2010)

A chaque impact potentiel, différentes actions sont possibles et sont déterminées en fonction de la vulnérabilité spécifique du territoire et des stratégies d'acteurs. Ce sont en général un ensemble de mesures qui se mettent en place pour un impact donné, avec des échelles de temps et des coûts de mise en œuvre différents (Groupe de travail interministériel, 2009). Une typologie des stratégies d'adaptation peut être définie en fonction du degré de spontanéité et d'irréversibilité des mesures d'adaptation ainsi que du type d'acteurs impliqués et du coût induit:

- Selon le degré de spontanéité (Blanchard *et al.*, 2009):
 - **Adaptation autonome ou spontanée** : mesure mise en place de façon naturelle, sans coordination spécifique. Cette adaptation plutôt réactive qu'anticipée s'observe depuis toujours car l'homme s'adapte continuellement aux changements climatiques, notamment en modifiant ses pratiques culturelles, son habitat...
 - **Adaptation planifiée** : mesure qui résulte de décisions stratégiques fondées sur la perception claire des conditions et vulnérabilités existantes, des attributs qui vont changer et des mesures à mettre en œuvre pour limiter les impacts ou optimiser les bénéfices.
- Selon les acteurs (Blanchard *et al.*, 2009) :
 - **Adaptation publique** : réalisée par des acteurs publics, elle sert généralement les intérêts de la collectivité. Elle peut prendre la forme de normes, de subventions, de taxes ou de plans d'urbanisation.
 - **Adaptation privée** : réalisée par des individus ou des entreprises privées, elle sert les intérêts de ceux qui la mettent en œuvre.
- Selon le degré d'inertie et d'irréversibilité (Groupe de travail interministériel, 2009):
 - **Mesures non réversibles**, avec une durée de vie importante qui ne permet pas un remplacement prématuré (ouvrages de génie civil...).

- **Mesures d'adaptation inertes**, avec des délais de mise en place élevés (recherche, mise en place d'institutions...).
- Selon le coût financier de la mesure envisagée (De Perthuis *et al.*, 2010) :
 - **Mesures « douces »** : mesures à faible coût mais pouvant avoir des répercussions importantes et complémentaires aux investissements (ex : mesures de sensibilisation, action sur les normes, la régulation,...).
 - **Mesures « dures »** : mesures nécessitant un investissement important (généralement en matière d'infrastructures).

Les mesures d'adaptation mises en place au sein de ces différentes stratégies peuvent être caractérisées de différentes façons (MEDDTL, nd) :

- Les mesures d'adaptation physiques : mise à niveau des digues de protection...
- Les mesures d'adaptation institutionnelles : mécanisme de gestion de crise, mise en place de réglementations spécifiques, de normes...
- Les mesures d'adaptation stratégiques : déplacement de population, mise en place de mesures facilitant la reconstruction en cas de sinistre...
- Les mesures d'adaptation concernant la connaissance et l'information du public : mise en œuvre de programmes de recherche, information des décideurs pour faciliter la responsabilisation et la prise de décision...

Cette typologie permet de montrer la diversité des mesures d'adaptation envisageables et leur complémentarité. En effet, si un seul type d'adaptation est mis en œuvre, la vulnérabilité d'un territoire ne peut être réduite au maximum. La compréhension de cette typologie de stratégies d'adaptation est essentielle dans une perspective d'évaluation des coûts de l'adaptation et de définition d'un plan d'actions. Il est cependant nécessaire de trouver une synergie entre les actions menées par les différents acteurs, notamment pour optimiser les coûts induits (Blanchard *et al.*, 2009 et Groupe de travail interministériel, 2009).

d. Les enjeux majeurs des stratégies d'adaptation

Plusieurs concepts clés sont à prendre en compte dans l'élaboration de stratégies d'adaptation au changement climatique et dans le choix des mesures : l'incertitude, la continuité du processus, l'inertie et la transversalité.

L'incertitude liée à l'ampleur et aux impacts du changement climatique au niveau local est la principale difficulté rencontrée. Cette incertitude est la somme de trois composantes (De Perthuis *et al.*, 2010) :

- **L'évolution du climat** : les impacts du changement climatique seront différents selon le scénario de hausse moyenne de température retenu (de +2°C à +4°C par rapport à la période préindustrielle). Face à cette incertitude, il est dangereux d'agir uniquement en fonction d'un seul scénario sous peine de prendre le risque de surinvestir dans des mesures d'adaptation ou de sous-estimer le risque par ignorance et non prise en compte des liens de cause à effets.
- **Les impacts locaux du changement climatique** : les modèles climatiques divergent en France sur la façon dont le changement climatique va affecter la fréquence et l'intensité des épisodes de tempêtes dans le nord du pays. L'incertitude est donc augmentée quand on a besoin d'évaluer les impacts locaux du changement climatique pour mettre en place une stratégie d'adaptation.
- **La réponse des sociétés face au changement climatique** : il est à l'heure actuelle très difficile de connaître les vulnérabilités, les réactions et les capacités des sociétés face aux impacts du changement climatique. Ce n'est pas nécessairement les plus riches qui s'adapteront le mieux, ni les plus exposés qui seront les plus vulnérables.

L'incertitude peut constituer un frein local important dans l'engagement de mesures d'adaptation et peut notamment justifier des choix de non investissement des pouvoirs publics dans l'adaptation.

Une autre spécificité de l'adaptation est son caractère dynamique. En effet, le changement climatique est un processus dynamique et continu. Les territoires doivent alors s'adapter à un climat qui évolue continuellement. L'adaptation n'est donc pas une action unique visant à passer d'une situation stable à une autre situation stable mais doit être considérée comme un processus transitoire et de long terme. La mise en œuvre d'un plan d'adaptation sur quelques années doit constituer une étape dans un schéma de long terme (De Perthuis *et al.*, 2010).

L'inertie inhérente à plusieurs secteurs économiques doit aussi être prise en compte dans les stratégies d'adaptation. L'adaptation de nombreux secteurs d'activités au changement climatique comme le secteur forestier, l'urbanisme ou production d'énergie oblige à faire des choix dans les mesures d'adaptation car les conséquences sont à long terme (De Perthuis *et al.*, 2010).

Enfin, la dernière difficulté pour l'élaboration de stratégies d'adaptation est liée à la transversalité existante entre les différents secteurs impactés. Les mesures d'adaptation prises pour un secteur donné sont susceptibles d'interagir positivement ou négativement avec les mesures prises pour un autre secteur. Pour éviter tout risque d'incompatibilité entre les mesures adoptées, il est nécessaire de mettre en œuvre des politiques d'adaptation dans un cadre intersectoriel avec la prise en compte du développement du territoire dans son intégralité (De Perthuis *et al.*, 2010).

Pour faire face à tous ces enjeux, certaines mesures sont à privilégier (MEDDTL, nd et Blanchard *et al.*, 2009) :

- les mesures « sans-regret » qui permettent de réduire la vulnérabilité au changement climatique et conservent des avantages quelles que soient les évolutions climatiques,
- les mesures réversibles ou flexibles qui permettent de modifier la stratégie à court terme,
- les mesures qui peuvent s'ajuster périodiquement en fonction de l'avancée des connaissances acquises sur le changement climatique et l'efficacité des mesures d'adaptation.

e. Les risques d'une adaptation non planifiée

Une adaptation non planifiée peut conduire à des conflits comme par exemple le recours massif à la climatisation qui augmente les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre (MEDDTL, nd). Les mesures d'adaptation non organisées peuvent donc limiter les bénéfices attendus ou même amplifier les impacts négatifs du changement climatique et conduire à des situations de mal-adaptation (De Perthuis *et al.*, 2010).

La mal-adaptation correspond à une situation où la vulnérabilité d'un territoire aux aléas climatiques est augmentée au lieu d'être réduite. Plusieurs situations de mal-adaptation sont identifiées (MEDDTL, nd) :

- utilisation inefficace de ressources comparée à d'autres options d'utilisation (ex : le recours massif à la climatisation au lieu d'investir dans des matériaux limitant l'échauffement),
- transfert de vulnérabilité d'un système à un autre, d'une période à une autre (ex : une mesure peut être positive sur une période puis négative ensuite)
- réduction de la marge d'adaptation future (ex : plantation d'arbres à rotation longue)
- erreur de calibrage : sur-adaptation (coût trop important) ou sous-adaptation. L'erreur de calibrage est un axe majeur de la mal-adaptation.

Il est donc essentiel de coordonner et d'organiser l'adaptation afin d'éviter les situations de mal-adaptation mais aussi de prendre en compte les enjeux majeurs des stratégies d'adaptation (Cf. paragraphe précédent « Les enjeux majeurs des stratégies d'adaptation »).

En résumé, **une politique d'adaptation est une politique de l'anticipation** : anticipation par l'ensemble des acteurs des problèmes à venir, anticipation de la perception des changements par la société et anticipation des mesures à prendre pour résoudre les problèmes afin de ne pas les mettre en œuvre dans la précipitation, sous peine de potentielles erreurs coûteuses pour l'avenir (MEDDTL, nd).

II. Le Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC)

Conformément à l'article 42 de la loi Grenelle 1, la France a mis en place en 2011 son premier Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC). Ce plan vise à donner à la France les moyens de s'adapter aux nouvelles conditions climatiques.

a. Principes directeurs

Le plan national d'adaptation au changement climatique a pour objectif de planifier les actions d'adaptation, de prévenir la mal-adaptation et d'assurer la cohérence entre les différentes mesures d'adaptation prises par les politiques publiques. Il présente des mesures concrètes et opérationnelles à l'échelle nationale pour faire face et tirer parti des nouvelles conditions climatiques. Il est établi pour une période de cinq ans, de 2011 à 2015 (MEDDTL, nd).

Le PNACC a été préparé selon les principes suivants (MEDDTL, nd):

- améliorer la connaissance scientifique pour éclairer la décision publique en matière d'adaptation,
- intégrer l'adaptation dans les politiques publiques existantes pour assurer une cohérence d'ensemble,
- informer la société sur le changement climatique et l'adaptation pour que chacun puisse s'appropriier les enjeux, anticiper et agir,
- identifier et gérer les interactions entre les secteurs d'activités,
- flécher les responsabilités en terme de mise en œuvre et de financement.

b. Contenu du plan national d'adaptation

L'élaboration du PNACC a fait l'objet d'une vaste concertation en 2010 avec l'ensemble des parties prenantes (élus et collectivités, Etat, syndicats, professionnels, administrations, ONG). Cette concertation a permis d'identifier plus de 200 recommandations qui ont servi de base à la réalisation du plan. Au final, 20 domaines ont été sélectionnés pour le plan d'adaptation. Ils reprennent les thèmes évoqués lors de la concertation nationale avec l'ajout de deux thématiques concernant les milieux du littoral et de la montagne, particulièrement vulnérables aux impacts du changement climatique (MEDDTL, nd).

Le plan national d'adaptation se présente sous la forme de 20 fiches-action. La première fiche contient des actions transversales à tous les domaines retenus et les autres fiches sont organisées par thématique (Cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Fiches-Action du Plan national d'adaptation au changement climatique (MEDDTL, nd)

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

Chaque fiche présente 5 à 6 actions d'adaptation avec pour chacune d'elles, l'identification de plusieurs mesures concrètes. Néanmoins, à cause de l'existence de nombreuses incertitudes sur l'ampleur des

changements climatiques, il a été convenu de mettre en œuvre dans un premier temps uniquement certains types de mesures :

- des mesures « sans regrets »,
- des mesures réversibles,
- des mesures augmentant les « marges de sécurité »,
- des mesures à temps long de mise en place,
- des mesures qui peuvent être ajustées ou révisées périodiquement en fonction de l'évolution des connaissances.

Les mesures identifiées dans le plan peuvent être classées selon quatre domaines d'action: la production et la diffusion d'informations, l'ajustement des normes et des réglementations, l'adaptation des institutions et l'investissement direct. L'incertitude amène cependant à privilégier la recherche pour ce premier plan. La plupart des fiches contiennent donc au minimum une action en matière de recherche (MEDDTL, nd).

Pour chaque mesure identifiée, plusieurs informations sont indiquées : le pilote (acteur responsable de la mise en œuvre de la mesure), les partenaires éventuels, l'échéance de la mesure et des indicateurs de suivi de la mise en œuvre de la mesure.

En conclusion, le PNACC constitue un ensemble de 84 actions déclinées en 230 mesures. Les actions identifiées s'échelonnent sur la durée totale du plan mais la majorité des mesures sont engagées depuis 2011 et 2012. Le suivi annuel de la réalisation des actions est assuré par l'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC).

Il n'a pas été possible de faire une évaluation du coût financier pour toutes les mesures. Cependant, le financement de ce plan devrait approcher les 171 millions d'euros²² auxquels il faut ajouter 391 M€ pour les investissements d'avenir qui participeront à l'adaptation.

c. Articulation avec les actions territoriales

Le Plan national d'adaptation au changement climatique traite uniquement des mesures qui relèvent du niveau national. La territorialisation des actions d'adaptation relève de deux outils de planification locaux instaurés par les lois Grenelle (Queffelec, 2010):

- le Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) qui doit être élaboré depuis fin 2011 à l'échelle des régions.
- le Plan climat-énergie territorial (PCET) rendu obligatoire par la loi Grenelle 2 pour les régions, départements, communes et groupements de communes de plus de 50 000 habitants (ONERC, 2011).

Ces deux documents devront proposer un volet « *Adaptation au changement climatique* » (MEDDTL, nd). Une révision à mi-parcours du Plan national sera effectuée en 2013 pour vérifier l'articulation avec les actions territoriales définies dans les SRCAE et les PCET.

III. Sensibilisation

La capacité d'adaptation d'un territoire dépend de la sensibilisation de ses différents acteurs (Etat, collectivités, entreprises, citoyens...) au sujet du changement climatique et des risques encourus. Un fort engagement de la part des acteurs du territoire permet souvent une meilleure réussite de la politique d'adaptation au changement climatique (Groupe de travail interministériel, 2009).

Les pouvoirs publics ont un rôle clé à jouer dans la production et la diffusion de l'information sur le changement climatique, ses impacts, les moyens de s'y adapter et les incertitudes associées. Il est

²² Hors frais de personnel des agents de l'Etat

nécessaire de prendre connaissance dès aujourd’hui de l’ensemble des données disponibles sur le sujet et d’améliorer nos connaissances actuelles afin de s’approprier les problématiques liées aux effets du changement climatique et aux mesures d’adaptation possibles.

Selon le rapport Stern (2006), le coût de l’inaction est évalué entre 5% et 20% du PIB mondial, contrairement à l’action évaluée à 1 à 2% du PIB mondial. En France, le coût de cette inaction représente une perte de plusieurs milliards d’euros avant la fin du 21^{ème} siècle (MEDDTL, nd).

La sensibilisation permet d’anticiper les effets du changement climatique et de prendre des décisions en connaissances de cause (De Perthuis *et al.*, 2010). Il faut souligner qu’une mauvaise sensibilisation risque de mener à des stratégies de mal-adaptation.

a. Sensibilisation à l’échelle nationale

La France a créé en 2001 l’Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC). Cet observatoire collecte et diffuse de nombreuses informations issues des études et recherches sur les risques liés au changement climatique et aux phénomènes climatiques extrêmes (ONERC, 2011). Il propose sur son site internet, différents outils permettant aux collectivités de mieux connaître les impacts du changement climatique et de planifier des actions d’adaptation.

Parmi ces outils, un simulateur de climat présente de façon interactive l’évolution possible du climat français par région au cours du 21^{ème} siècle (Cf. Figure 12). Il s’agit d’un véritable moyen de sensibilisation des acteurs au changement climatique.

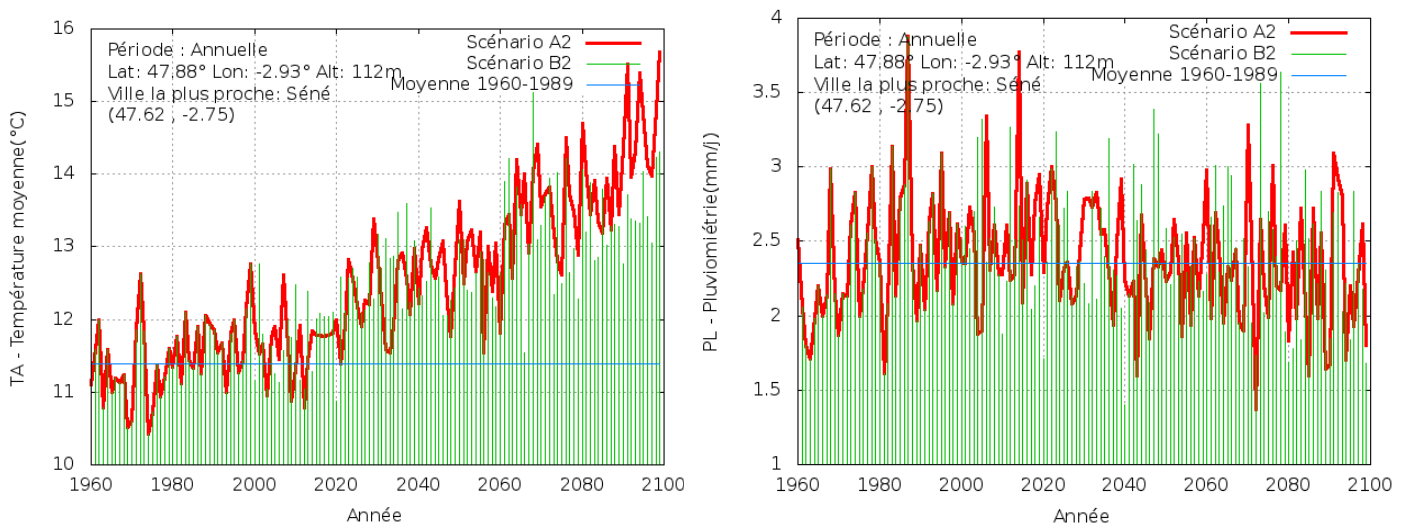


Figure 12 : Simulation de la tendance et des fréquences d’évolution de la température moyenne annuelle (à droite) et de la pluviométrie (à gauche) de la ville de Séné (Morbihan) au cours du XXI^{ème} siècle (Simulateur de l’ONERC)

L’ONERC peut aussi mener diverses actions d’information auprès du public et des collectivités territoriales. Il propose notamment des lettres d’information trimestrielles adressées aux élus pour les sensibiliser et leur apporter des informations sur le changement climatique et les enjeux pour les territoires.

Lors de la mise en place du Plan national d’adaptation au changement climatique, le dispositif de concertation nationale a permis de solliciter l’avis du public au sujet de l’adaptation au changement climatique. 3817 personnes ont participé à cette consultation accessible sur internet pendant 5 semaines. Cette enquête a cependant mis en évidence une meilleure appropriation des mesures d’atténuation au changement climatique au détriment des mesures d’adaptation qui semblent moins connues (ONERC, 2011).

Le Plan national a donc proposé dans sa fiche « Information » un certain nombre de mesures pour améliorer la sensibilisation des français sur la question du changement climatique (MEDDTL, nd):

- renforcer la communication auprès du grand public, des élus et des entreprises,
- organiser la diffusion des impacts sectoriels pour préparer le public aux mesures d'adaptation,
- rassembler puis diffuser les connaissances de base sur le changement climatique, ses effets et l'adaptation nécessaire,
- sensibiliser les décideurs et leur amener les informations pertinentes pour la prise de décision.

b. Sensibilisation à l'échelle du Morbihan

Tous les acteurs locaux du département doivent être impliqués dans la démarche d'adaptation aux effets du changement climatique afin qu'ils soient davantage conscients des impacts potentiels et sachent comment y répondre ou s'y adapter (Herry *et al.*, 2011).

Débuté en 2008 pour une durée de 3 ans, le projet de recherche européen IMCORE portant sur l'adaptation des espaces littoraux au changement climatique a été mené localement dans le Golfe du Morbihan. Ce travail, réalisé en partenariat avec le SIAGM (Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Golfe du Morbihan) et l'Université de Brest (UMR AMURE), a permis de contribuer à sensibiliser les collectivités locales et le public sur l'adaptation du littoral face au changement climatique (Philippe *et al.*, 2011). Dans le cadre du projet, divers outils ont été mis en place pour sensibiliser et/ou planifier l'adaptation du littoral :

- Trois scénarios d'évolution du golfe du Morbihan face au changement climatique élaborés conjointement par une centaine d'acteurs du territoire (élus, Etat, entreprises, associations, collectivités). Ces scénarios sont basés sur trois stratégies d'adaptation différentes : le repli des activités vers des zones moins vulnérables, le maintien des infrastructures au risque de subir les effets du changement climatique et la mise en place de moyens technologiques lourds (Houin *et al.*, 2011).
- L'outil de visualisation de la montée de niveau de la mer Litto-3D avec plusieurs simulations d'élévation du niveau de la mer. Cet outil permet d'identifier les espaces terrestres qui pourraient disparaître ou se modifier notamment avec la création de nouvelles îles (Pasco *et al.*, 2011).

Des plaquettes de diffusion de l'information ont été adressées aux acteurs locaux du golfe du Morbihan. Les résultats du projet s'adressent aussi au public qui, avec l'acquisition de connaissances, pourra s'impliquer et contribuer plus facilement aux démarches participatives relatives à l'adaptation au changement climatique.

Un colloque ClimSea a été organisé en septembre 2011 à Auray pour présenter la démarche IMCORE développée dans le golfe du Morbihan. Ce rendez-vous a mobilisé plus de 225 personnes autour de la question de l'adaptation du littoral au changement climatique (scientifiques, élus, techniciens, administrations, associations, bureaux d'études, habitants, journalistes...). Il a contribué à une prise de conscience des conséquences d'une élévation du niveau de la mer sur l'aménagement du territoire.

D'autres actions de sensibilisation au changement climatique auprès du public ont été menées sur le département avec notamment la sensibilisation menée par le Pays de Lorient en 2010 ou par Vannes agglomération lors de la semaine développement durable 2012.

A l'heure actuelle, une vraie sensibilité se met en place dans le département au sujet du changement climatique même si beaucoup d'élus évoquent encore la difficulté de prendre des décisions dans un contexte d'incertitude. Le soutien des scientifiques est donc primordial pour aider les collectivités à anticiper et prendre des décisions. L'idée de la création d'un observatoire local des effets du changement climatique a été évoquée lors du projet IMCORE.

IV. Propositions de mesures d'adaptation pour le Morbihan

Selon les vulnérabilités du Morbihan identifiées dans cette étude, plusieurs mesures d'adaptation peuvent être envisagées pour faire face au changement climatique. Cette dernière partie dresse un panorama des stratégies d'adaptation possibles par secteur pour le département.

Les mesures d'adaptation présentées dans les paragraphes suivants sont des mesures possibles qui doivent être considérées avec prudence et confirmées par la réalisation d'une étude approfondie de la vulnérabilité actuelle du Morbihan associée à des projections climatiques locales.

Les mesures proposées sont, pour la plupart, issues des premières études réalisées à ce jour sur l'adaptation de territoires français qui peuvent être relativement comparables au département du Morbihan (département du Calvados, régions de la Basse-Normandie et de la Haute-Normandie).

De plus, certaines mesures proposées ci-dessous peuvent déjà être mises en œuvre dans le Morbihan. Il convient donc de vérifier concrètement l'existence et l'adéquation de celles-ci au regard des objectifs d'adaptation du département.

a. Le littoral

Le littoral est l'une des zones du département qui présente le plus de risques majeurs : érosion des côtes, submersion marine des zones basses... Les actions envisageables sont multiples et concernent de nombreux acteurs dans différents domaines tels que les activités maritimes, l'urbanisme ou le tourisme. Les stratégies d'adaptation choisies par les différents secteurs doivent donc respecter une certaine cohérence (MEDDTL, nd).

Trois stratégies possibles d'adaptation du littoral ont été identifiées dans le Plan national d'adaptation au changement climatique (MEDDTL, nd). Les avantages et inconvénients de ces stratégies ont été mis en évidence dans une étude sur l'élévation du niveau de la mer en Languedoc-Roussillon (Carreno *et al.*, 2008)(Cf. Tableau 3).

Tableau 3 : Avantages et inconvénients de trois stratégies d'adaptation du littoral face au changement climatique présentées dans l'étude du Languedoc-Roussillon (Carreno, 2008)

Stratégie d'adaptation	Avantages	Inconvénients
La protection <i>Mise à disposition de protections pour figer le trait de côte et lutter contre l'érosion (digues, enrochements, brise-lames, épis)</i>	- Image sociale très positive	-Coûts très importants -Déplacement du phénomène d'érosion vers d'autres secteurs -Perturbation du fonctionnement sédimentaire -Perturbation de l'environnement côtier pouvant avoir des conséquences économiques sur la pêche et la conchyliculture
La gestion des perturbations temporaires <i>S'adapter sans anticiper</i>	-Nécessite peu de coûts	-Mesures ne répondant pas à un impératif de long terme
Le recul stratégique <i>Déplacer ou retirer les enjeux vers l'arrière-pays</i>	-Meilleure efficacité à court et long terme -Pas d'entretien -Pas d'impact sur le fonctionnement sédimentaire	-Coûts très importants -Nécessité de trouver des terrains d'accueil pour déplacer les infrastructures -Implique le déplacement d'individus ou le retrait des usages et ne peut s'appliquer que dans des zones à faibles enjeux socio-économiques et pour des infrastructures légères -Mesure la plus difficilement acceptable au niveau social

D'autres stratégies sont possibles comme par exemple les stratégies d'adaptation légères et transitoires (urbanisme avec rez-de-chaussée inondable), les stratégies d'abandon raisonné et les changements de destination.

Le choix entre ces différentes stratégies d'adaptation ou la combinaison de plusieurs d'entre elles nécessite une étude de cas approfondie basée sur les tendances locales de l'élévation du niveau marin et sur les impacts potentiels induits par chacune de ces mesures. Au niveau départemental, une première approche a été réalisée pour le Golfe du Morbihan dans le cadre du projet IMCORE avec la proposition de trois scénarios possibles (Philippe *et al.*, 2011):

- la mise en place de protections douces,
- la mise en place de systèmes d'alerte et de sauvetage ou la création de nouvelles digues,
- la mise en place d'une porte hydraulique à l'entrée du golfe permettant de relier les deux péninsules et ainsi de limiter la montée des eaux dans le golfe.

En outre, toute politique d'aménagement du littoral doit se fonder sur une connaissance précise des aléas afin de prendre des mesures appropriées. Plusieurs mesures d'adaptation du littoral morbihannais peuvent alors être proposées (CLIMPACT, 2011 et MEDDTL, nd) :

- Affiner les connaissances en réalisant une cartographie des espaces et activités littorales avec l'identification des risques côtiers et éléments de protection naturels ou artificiels déjà existants.
- Identifier les zones de recul possibles par rapport aux risques de submersion marine et d'érosion côtière. Le Dossier départemental des risques majeurs (DDRM) du Morbihan, mis à jour en 2011, localise l'ensemble des zones vulnérables aux risques littoraux (Préfecture du Morbihan, 2011).
- Réviser régulièrement l'état des ouvrages de protection et les fonds d'investissement dédiés.
- Généraliser les SCOT intégrant des volets SMVM (Schéma de mise en valeur de la mer) avec la mise en place d'un indicateur de suivi des SCOT et des SMVM dans chaque commune littorale pour atteindre une Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC).
- Estimer le nombre de logements et d'entreprises présents sur le littoral afin de déterminer les enjeux possibles et de définir une politique financière et économique pour accompagner les « réfugiés climatiques ».
- Promouvoir les travaux de recherche pour disposer d'un outil de modélisation fiable pour quantifier les changements qui affecteront le littoral (ne pas se limiter à la seule élévation du niveau marin mais tenir compte de l'érosion côtière).
- Identifier les sources de pollutions potentielles (établissements Seveso, stations d'épuration) présentes dans les zones à risques de submersion (Carreno *et al.*, 2008).

Certaines des mesures d'adaptation citées ci-dessus ont déjà été réalisées dans le Morbihan notamment dans le cadre des PPR littoraux (ODEM, 2010). Un projet d'atlas départemental des risques littoraux est aussi en cours de réalisation. Il permettra d'évaluer le niveau de risque du littoral (érosion, submersion), d'estimer l'impact de l'élévation du niveau marin sur la frange littorale et d'identifier les zones les plus à risques (Queffelec, 2010).

Depuis 1999, la Communauté d'Agglomération de Lorient s'est engagée dans la mise en œuvre d'un programme de surveillance de l'érosion côtière sur l'ensemble de son littoral. Diverses actions ont été réalisées à ce jour (Cap l'Orient agglomération, 2009):

- étude de la propagation de la houle et de son impact sur le transport sédimentaire,
- mise en place d'un observatoire photographique pour surveiller l'érosion côtière,

- création du SIGEC (Système d'information géographique de l'érosion côtière du Pays de Lorient),
- cartographie des zones submersibles du pays de Lorient,
- conception d'une « boîte à outils » des solutions techniques concrètes pour lutter contre l'érosion,
- identification des secteurs d'intervention prioritaires,
- mise en œuvre d'actions de protection, de réhabilitation et de gestion du littoral (travaux de protection du littoral de Gâvres : épis en enrochement et en bois, ensablement des plages...) (Cf. Figure 13).



Figure 13 : Travaux de protection et de réhabilitation du littoral sur la grande plage de Gâvres en mai 2012 (à droite épis en bois azobé et à gauche ensablement de la plage)

Un programme d'actions et de prévention des inondations du littoral (PAPI) est en cours d'élaboration à l'échelle de Lorient Agglomération (12 communes littorales et Hennebont). Ce PAPI littoral, premier dans le département, vise à traiter les risques d'inondation dans leur globalité avec une logique de Prévention, Prévision, Protection (Cap l'Orient agglomération, 2009).

b. Ressources en eau

La pérennité de la ressource en eau, sa disponibilité et ses concurrences d'usage constituent des enjeux majeurs de l'adaptation (DREAL Basse-Normandie, 2011). Les mesures envisagées impacteront inévitablement de nombreux secteurs tels que les écosystèmes, l'agriculture, les industries agroalimentaires, l'alimentation en eau potable (AEP), la gestion des inondations... (ONERC, 2009).

La principale action d'adaptation prévue par le plan national consiste à développer les économies d'eau et à assurer une meilleure utilisation de l'eau par le biais de plusieurs mesures :

- Sensibilisation de l'ensemble des acteurs du territoire au sujet des économies d'eau : soutenir la récupération des eaux pluviales, promouvoir l'installation d'appareils économes en eau dans les ménages (Bergkamp *et al.*, 2003).
- Soutien de la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts (MEDDTL, 2011 et Vialet, 1995).
- Optimisation du stockage de l'eau et création de retenues d'eau (MEDDTL, nd).
- Promotion de la recherche sur les moyens d'optimiser la gestion de l'eau dans les bassins versants (mise au point de techniques d'irrigation plus économes, permettre un apport au plus près des cultures, limiter les prélèvements en période d'étiage, préserver la qualité de la ressource) (CLIMPACT, 2011).

En parallèle de cette action, il serait intéressant de réaliser une cartographie fine des ressources en eau avec ses évolutions du point de vue qualitatif et quantitatif et des besoins naturels et anthropiques à l'échelle du département. Ce travail permettrait d'aboutir à des préconisations pour un changement des

pratiques (particuliers, industriels et agriculteurs) et des politiques en matière de gestion des ressources (DREAL Basse-Normandie, 2011). Plusieurs schémas directeurs pourraient ainsi être envisagés, réactualisés et/ou complétés :

- Schéma directeur d'exploitation des ressources en eau (alimentation en eau potable, agriculture, activités économiques et ressources) afin de dresser un état des lieux de la ressource. Ce schéma pourrait faciliter la mise en œuvre de solutions techniques pour limiter les gaspillages en eau.
- Schéma directeur de sauvegarde et de reconquête des milieux naturels liés à l'eau afin de faire un état des lieux des cours d'eau et d'identifier les zones à sauvegarder ou à reconquérir. Ce schéma pourrait encourager les agriculteurs à entretenir les zones humides.

D'autres mesures en lien avec l'occupation des sols compatible avec les ressources en eau disponibles peuvent être envisagées (MEDDTL, nd):

- Développer des filières économes en eau dans le secteur agricole,
- Limiter l'imperméabilisation des sols et favoriser l'infiltration des eaux pluviales dès aujourd'hui pour garantir un réservoir disponible en cas de futur sec.

c. *Agriculture, sylviculture*

Concernant les activités agricoles et sylvicoles, l'adaptation des pratiques et des systèmes de production sera indispensable et pourra se traduire par différentes mesures parfois déjà mises en place sur le département (Aubert *et al.*, 2009) :

- Utilisation de systèmes d'information et de conseil (prévisions météorologiques, réseaux d'alerte sur les maladies et ravageurs de cultures...).
- Modification de l'usage des intrants : choix de nouvelles variétés et espèces végétales plus adaptées aux conditions climatiques futures (cultures fourragères moins exigeantes en eau) et résistantes aux maladies et ravageurs (OCDE, 2010), gestion des apports d'eau et des fertilisants, économie d'eau pour réduire l'érosion des sols.
- Modification des dates de semis (OCDE, 2010).
- Recours à des stocks de sécurité pour le bétail, intensification de la production de fourrage...
- Diversification des activités pour faire face aux variabilités des performances de production.
- Changement de localisation des activités agricoles, réflexions sur les systèmes de production...

Plusieurs études ont aussi mis en évidence les atouts de l'agriculture biologique face au changement climatique. En effet, celle-ci émet moins de gaz à effet de serre et séquestre davantage de carbone dans le sol comparé à l'agriculture conventionnelle (Aubert *et al.*, 2009).

De plus, les acteurs doivent être sensibilisés aux services rendus par la forêt (paravent, lutte contre l'érosion, lutte contre le stress hydrique, rôle pour les nutriments, avantages de l'agroforesterie, source d'énergie alternative...) (CLIMPACT, 2011). Un schéma régional de la gestion sylvicole (SRGS) approuvé en 2005 définit les règles de gestion durable des forêts privées bretonnes et propose différentes mesures visant à préserver la biodiversité et à protéger les eaux et les sols, notamment en vue des modifications climatiques (Centre régional de la propriété forestière de Bretagne, 2005).

d. *Ecosystèmes et biodiversité*

Les effets du changement climatique sur les écosystèmes sont aujourd'hui encore peu connus (Cf. Paragraphe « Impacts sur les écosystèmes »). Il est donc nécessaire d'enrichir les connaissances sur les menaces et opportunités qu'il induit sur les écosystèmes, les habitats et les espèces afin de renforcer leur capacité de résilience au changement climatique.

Plusieurs mesures d'adaptation peuvent être envisagées pour le Morbihan (MEDDTL, nd ; CLIMPACT, 2011 ; DREAL Basse-Normandie) :

- Renforcer le dispositif de suivi des espèces notamment par des réseaux d'observateurs volontaires.
- Promouvoir la gestion et l'intégration des enjeux de la biodiversité et des écosystèmes dans les outils de planification et d'aménagement du département, en particulier au sujet de la restauration des continuités écologiques (Trame verte et bleue) pour favoriser la résilience des écosystèmes.
- Préserver et/ou restaurer les écosystèmes jouant un rôle de transition ou de tampon (zone humide, zone de transition salinité...), de défense (espaces de front de mer) ou de loisirs (espaces de tourisme vert).
- Favoriser la recherche sur l'adaptation des espèces et faciliter l'échange des informations entre scientifiques et décideurs.
- Maintenir la biodiversité des écosystèmes marins en pérennisant les partenariats scientifiques au sujet de la biologie marine.

e. Infrastructures et habitat

Le changement climatique implique une probable accentuation de la fragilité et de la détérioration des ouvrages de protection, de transport et des bâtiments. Il est donc nécessaire d'anticiper ces changements et de favoriser la prise en compte du changement climatique en amont de leur construction (CLIMPACT, 2011).

Plusieurs mesures peuvent être envisagées pour le département (CLIMPACT, 2011) :

- Suivre l'état de vulnérabilité des infrastructures existantes (réseau de transport, ports maritimes, bâtiments).
- Améliorer l'entretien des infrastructures.
- Sensibiliser les communes à l'exposition aux risques et harmoniser les plans de prévention des risques, les plans d'aménagement, d'occupation des sols et d'urbanisme.
- Améliorer la prise en compte du confort d'été et d'hiver dans les nouvelles et anciennes constructions (régulation et réglementation thermique).
- Rendre obligatoires les études préalables à la construction de nouvelles infrastructures, notamment en matière de risques.
- Diffuser les connaissances sur les risques encourus auprès des professionnels, des élus et des populations afin que leurs projets soient plus adaptés aux effets du changement climatique (DREAL Basse-Normandie, 2011).

f. Autres secteurs d'activité

Des mesures d'adaptation peuvent être envisagées dans d'autres secteurs économiques du Morbihan comme le tourisme ou la santé.

Les activités touristiques semblent être impactées par le changement climatique à cause de l'apparition de nouveaux risques (Cf. Paragraphe « Conséquences économiques sur le tourisme »). Cela pourrait engendrer des conséquences importantes pour le Morbihan qui est le 6^{ème} département touristique français (Andreu-Boussut *et al.*, 2008). Quelques mesures d'adaptation possibles peuvent être proposées (CLIMPACT, 2011):

- Etudier l'évolution de la fréquentation touristique et des conséquences économiques (création d'emplois) et environnementales (pression sur les milieux naturels, consommation d'eau...).
- Initier une réflexion sur l'adéquation des infrastructures d'accueil et de l'accès aux services face à l'afflux croissant de touristes.

Concernant la thématique santé, le changement climatique entraîne une dégradation de la qualité de l'air qui implique une baisse de la qualité de vie des habitants du Morbihan. Plusieurs mesures peuvent être proposées pour lutter contre la pollution atmosphérique notamment lors de périodes de fortes chaleurs (CLIMPACT, 2011):

- Inciter à la mise en place de dispositifs de covoiturage
- Développer l'offre et inciter à l'utilisation des transports en commun
- Développer les déplacements doux en particulier dans les zones urbaines sensibles (zone 30, piste cyclable...)

Conclusion

Malgré les nombreuses incertitudes inhérentes à la climatologie, le changement climatique est aujourd'hui devenu une réalité avec plusieurs modifications constatées à l'échelle de la Bretagne :

- augmentation de la température moyenne annuelle,
- échauffement des couches supérieures de l'océan atlantique,
- élévation du niveau marin...

Les projections climatiques prévoient également une poursuite de l'élévation de la température sur l'ouest de la France avec des périodes de sécheresses plus fréquentes et plus importantes.

Ces modifications climatiques actuelles et futures engendrent des impacts non négligeables sur les territoires, impacts qui pourraient concerner le Morbihan même s'il est difficile d'évaluer les impacts locaux du changement climatique car des incertitudes persistent sur la localisation exacte des effets attendus et leur amplitude.

Cette étude a permis d'identifier différents impacts possibles sur l'environnement du Morbihan : diminution du débit des cours d'eaux, étiages plus sévères, diminution de la surface des zones humides, dégradation des ressources en eau, élévation du niveau marin, dégradation de certains écosystèmes, de la qualité des sols et de l'air... Ces derniers entraînent des conséquences prévisibles non négligeables et mettent en évidence une forte vulnérabilité du département notamment face aux risques de submersion marine, d'érosion côtière et aux événements climatiques extrêmes (tempêtes, inondations...). Des conséquences économiques notables sont alors à prévoir sur les principaux secteurs d'activités du département (agriculture, tourisme, infrastructures et habitats, pêche...) avec un risque lié à la vulnérabilité importante des infrastructures situées en zone littorale due à la combinaison de l'élévation du niveau marin et de l'augmentation de la fréquence des tempêtes. Le changement climatique semble aussi accroître les vulnérabilités liées à la qualité de vie des habitants et aux risques sanitaires dues à la détérioration des milieux de vie par les inondations et submersions, à la dégradation de la qualité des eaux de baignade, à la pollution atmosphérique... .

Face à ces risques, la mise en œuvre d'une stratégie d'adaptation départementale doit être envisagée pour limiter les dommages et coûts induits par le changement climatique, et ce malgré le contexte d'incertitude lié aux projections climatiques. Des exemples de mesures d'adaptation, parfois déjà existantes sur le département, sont présentés dans cette étude. Ces mesures nécessitent d'être cependant analysées plus précisément au regard du contexte d'évolution locale du climat. Néanmoins plusieurs recommandations d'ordre général peuvent, d'ores et déjà, être formulées à propos de la mise en place de cette stratégie d'adaptation :

- La sensibilisation des élus, des acteurs économiques et du public sur le changement climatique est primordiale pour réussir sa politique d'adaptation avec succès.
- La stratégie d'adaptation doit être organisée et engagée de manière systémique (prise en compte de l'ensemble des politiques publiques : urbanisme, agriculture, tourisme, santé...) afin de maximiser les bénéfices apportés par les mesures d'adaptation choisies.
- Cette stratégie doit prendre en compte les incertitudes pour éviter tout risque de mal-adaptation dont les conséquences peuvent aggraver la situation actuelle.
- Le plan d'adaptation doit se concentrer sur les besoins urgents et identifier les actions prioritaires en matière d'adaptation.
- Une étude des perspectives positives et négatives doit être établie pour chaque mesure d'adaptation envisagée.

A l'heure actuelle, la prise en compte des enjeux du changement climatique est déjà effective dans le Morbihan, comme on a pu le constater avec la mise en place de quelques mesures de prévention des risques littoraux. L'identification et la hiérarchisation des enjeux du changement climatique dans le département restent cependant une étape primordiale avant la définition d'une stratégie d'adaptation.

Cette identification mérite d'être développée avec une déclinaison aux échelles spatiales adéquates, échelle qui n'est peut-être pas celle du département. Ce travail permettra de mettre en évidence les actions prioritaires en matière d'adaptation et d'investir le plus efficacement possible. De nombreuses compétences devront être mobilisées en économie, social, santé, stratégie, climat et environnement.

Glossaire

Aléa :

Événement d'origine naturelle ou humaine potentiellement dangereux (tempête, érosion...).

Arboviroses :

Maladies vectorielles transmises par des arthropodes suceurs de sang tels que les moustiques ou les tiques (dengue, maladie de Chikungunya, encéphalites à tiques...).

Circulation méridienne Atlantique :

Part Atlantique de la circulation thermohaline c'est-à-dire la circulation océanique de masses d'eau induite par des gradients de salinité ou de température.

La circulation méridienne (nord-sud) Atlantique transporte les eaux chaudes des couches supérieures de l'océan vers l'Arctique et les eaux froides profondes vers le sud, principalement via le *Gulf Stream* et la dérive Nord Atlantique.

Couche d'inversion :

Couche d'air se formant dans la troposphère avec un gradient de température positif, c'est-à-dire qui croît avec l'altitude. En altitude, on observe fréquemment une couche d'inversion lorsqu'une masse d'air chaud passe au-dessus d'une masse d'air froid. Celle-ci est très fréquente dans les zones de creux topographiques et au-dessus des villes. La couche d'inversion agit comme un couvercle et bloque les polluants atmosphériques, ce qui aggrave les problèmes de pollution.

Effet de serre :

L'effet de serre est un phénomène naturel lié à la présence dans l'atmosphère de certains gaz qui retiennent les rayonnements infrarouges émis par la Terre sous l'effet du rayonnement solaire. L'effet de serre permet de maintenir une température moyenne à la surface de la Terre d'environ 15°C favorable au développement de la vie : sans lui, la température moyenne serait de -18°C.

Forçage radiatif

Mesure de l'influence d'un facteur (par exemple la concentration de CO₂ dans l'atmosphère) sur l'altération de l'équilibre des énergies entrantes et sortantes du système Terre-atmosphère. Le forçage radiatif donne une indication de l'ampleur de ce facteur en tant que moyen de changement climatique potentiel (GIEC, 2007).

Îlot de chaleur urbain :

Un îlot de chaleur urbain est défini par un gradient de température, particulièrement les températures maximales diurnes et nocturnes, observé entre le centre et la périphérie d'une agglomération.

Leishmanioses :

Maladie parasitaire transmise par de petits insectes (les phlébotomes) très répandue dans le sud de la France.

Leptospiroses :

Maladie causée par des bactéries (leptospires) qui se transmet par les eaux souillées ou le contact avec l'urine des espèces réservoirs (rongeurs aquatiques).

Réserve utile des sols :

L'eau utilisable par les plantes est la réserve hydrique du sol. Sa valeur maximale, appelée réserve utile, dépend de la nature du sol (épaisseur, texture, charge en cailloux, teneur en matière organique...). Elle représente la quantité maximale d'eau pouvant être stockée dans le sol. En période de sécheresse, les

sols à forte réserve utile présentent donc moins de risques pour les cultures et nécessitent moins d'irrigation que les sols à faible réserve utile, pour des conditions climatiques identiques (Soltner, 1992).

Risque :

Mesure des effets d'un aléa sur un territoire. Son importance dépend donc de l'aléa mais aussi des enjeux exposés (populations, biens et environnement) et de leur vulnérabilité. Il n'y a pas de risque lorsque le territoire exposé à un aléa est dépourvu d'enjeux humains, matériels et environnementaux.

Vulnérabilité :

Propension d'une personne, d'un bien ou d'un territoire à subir ou à résister à des dommages en cas d'exposition à un aléa.

Index des tableaux, cartes et figures

Tableau 1 : Principaux compartiments et secteurs impactés par les changements climatiques prévisibles .	9
Tableau 2 : Fiches-Action du Plan national d'adaptation au changement climatique	27
Tableau 3 : Avantages et inconvénients de trois stratégies d’adaptation du littoral face au changement climatique présentées dans l’étude du Languedoc-Roussillon	31
Carte 1 : Réserve utile en eau des sols en région Bretagne	15
Carte 2 : Diagnostic de vulnérabilité aux inondations par commune dans le Morbihan en 2006.....	16
Carte 3 : Zones vulnérables à l’évolution du trait de côte dans le Morbihan.....	17
Figure 1 : Concentration atmosphérique de CO ₂ durant les 10 000 dernières années et depuis 1750.....	3
Figure 2 : Evolution de la température annuelle moyenne en France (1901 – 2001)	4
Figure 3 : Evolution des températures minimales moyennes à la station de Ploërmel entre 1951 et 2007 ..	4
Figure 4 : Variation des moyennes annuelles de température de surface de la mer d’Iroise entre 1958 et 2004.....	5
Figure 5 : Evolution du niveau de la mer à Brest au cours des 19 ^{ème} et 20 ^{ème} siècles.....	5
Figure 6 : Evolution des températures minimales moyennes, maximales moyennes et moyennes annuelles au cours du 21 ^{ème} siècle selon le modèle ARPEGE-Climat.....	7
Figure 7 : Normales de températures et normales de précipitations dans le Morbihan (moyenne 1971-2000).....	8
Figure 8 : Evolution des teneurs en carbone organique dans les sols bretons.....	11
Figure 9 : Les quatre grands groupes d’opinion identifiés à travers l’enquête sur la perception du changement climatique dans le Morbihan	21
Figure 10 : Articulation entre les politiques d'atténuation et d'adaptation au changement climatique	22
Figure 11 : Comparaison de la temporalité des mesures d'adaptation réactives et anticipées face à un évènement climatique majeur	24
Figure 12 : Simulation de la tendance et des fréquences d’évolution de la température moyenne annuelle et de la pluviométrie de la ville de Séné (Morbihan) au cours du XXI ^{ème} siècle.....	29
Figure 13 : Travaux de protection et de réhabilitation du littoral sur la grande plage de Gâvres en mai 2012	33

Bibliographie

Andreu-Boussut V., Choblet C., François M., Michel X., 2008

Sécheresse et tourisme sur le littoral morbihannais. Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral : subir, dire, agir", Lille. 13p.

Anonyme, 2009

Plan régional pour la qualité de l'air. Région Bretagne. 92 p.

Anonyme, 2011

Santé environnement en Bretagne – Programme régional de prévention des risques pour la santé liés à l'environnement général et au travail. Région Bretagne, Agence Régionale de Santé Bretagne, Préfecture de la Région Bretagne. 68 p.

Aubert C., Bellon S., Benoit M., Capitaine M., Seguin B., Warlop F., Valleix S., 2009

Agriculture biologique et changement climatique : principales conclusions du colloque de Clermont-Ferrand. In Innovations Agronomiques, volume 4. INRA. pp 269-279

Bates B.C., Kundzewicz W., Wu S. et Palutikof J.P., 2008

Le changement climatique et l'eau. Document technique VI du GIEC. 226 p.

Blanchard G. et Le Guellec J.L. (Rapp.), 2009

Pouvoir et démocratie en Bretagne à l'épreuve du changement climatique à l'horizon 2030. Conseil économique et social de Bretagne. 199 p.

Bergkamp G., Orlando B., Burton I., 2003

Adapter la gestion des ressources en eau au changement climatique. Union Internationale pour la Conservation de la Nature. 75p.

Brisson N. et Levraut F., 2010

Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulation d'impacts sur les principales espèces. Le livre vert du projet CLIMATOR (2007-2010). ADEME. 336 p.

Brisson N., Levraut F. et Roussel G.

Impacts du changement climatique sur la production des principales espèces cultivées dans le grand Ouest. In Merot et al., Le Climat change dans le grand Ouest : Evaluations, impacts, perception. A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.

Cap l'Orient agglomération, 2009

Le bilan de la charte pour l'environnement et le développement durable du pays de Lorient. Le bilan du programme d'actions 2002/2007.

Carreno M., Belair C., Romani M., 2008

Répondre à l'élévation du niveau de la mer en Languedoc-Roussillon. La lettre des lagunes, Pôle relais lagunes méditerranéennes. Hors-série n°1. 19p.

Centre régional de la propriété forestière de Bretagne, 2005

Schéma régional de la gestion sylvicole de Bretagne. 194p.

CLIMPACT, 2011

Impacts, Vulnérabilité et Adaptation du Calvados au changement climatique. Note de synthèse. 34p.

Collectif, 2003

Gestion des sols et apports de déchets organiques en Bretagne. Conseil Scientifique de la conférence régionale de l'environnement Bretagne. 53 p.

Collectif, 2008

Impacts of Europe's changing climate. 2008 indicators –based assessment. Joint EEA, JRC, WHO Report. 19p.

Conseil général du Morbihan, 2006

Etude en vue d'un schéma départemental des aménagements collectifs de défense contre les inondations. BCEOM. 6 volumes.

Conseil général du Morbihan

Bilan du diagnostic des gaz à effet de serre du Conseil général du Morbihan. Cabinet Ecoact. A paraître

Conseil général du Morbihan et Comité départemental du tourisme du Morbihan, 2006

Schéma départemental du développement touristique 2006-2010. 83 p.

De Perthuis C., Hallegate S., Lecoq F., 2010

Economie de l'adaptation au changement climatique. Rapport du Conseil économique pour le développement durable. 89p.

DREAL Basse-Normandie, 2011

L'étude sur l'adaptation au changement climatique en Basse-Normandie. Synthèse du plan d'action élaboré à travers les ateliers. 15p.

DREAL Haute-Normandie, 2011

Etude sur la sensibilité et sur l'adaptation de la Haute-Normandie aux effets du changement climatique. Rapport d'étude phase A. 96p.

Dubreuil V., Planchon O., Lamy C., Bonnardot V. et Quenol H.

Le changement climatique dans la France de l'ouest : observations et tendances. In Merot et al. Le Climat change dans le grand Ouest : Evaluations, impacts, perception. A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.

Dubreuil V., Quénoel H., Bigot S., Bonnardot V., Huard F., Déqué M.

Le climat de la France de l'Ouest au XXIème siècle : que disent les modèles ? In Merot et al. Le Climat change dans le grand Ouest : Evaluations, impacts, perception. A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.

GIEC, 2007

Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des groupes I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse. 103 p.

GIS Climat-Environnement Société, nd

Changement climatique et qualité de l'air : lien et conséquences pour la santé humaine et les écosystèmes. Dossier thématique. 10p.

Gis Sol, 2011

L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols. 188p.

Goubert E., Menier D., Quété Y., Alix A.S. et Manceau S., 2005
Evolution morphosédimentologique de l'estuaire de la Vilaine de 1960 à 2003 : valorisation des campagnes bathymétriques. L.E.M.E.L. Université de Bretagne Sud

Groupe de travail interministériel, 2009
Evaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France. Rapport de la deuxième phase. 108p.

Gruau G., Viaud V., Denès J., Durand P., Jaffrézic A., Panaget T., Pierson-Wickmann A.C., et Rouxel M.
Matière organique des eaux et des sols : chroniques passées et scénarios d'évolution. ? In Merot et al. Le Climat change dans le grand Ouest : Evaluations, impacts, perception. A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.

Herry J., Pasco R., Philippe M., Cassé M., Houin R., Raux P., Bailly D., 2011
La démarche du projet IMCORE appliqué au golfe du Morbihan. Projet Interreg 4B ENO IMCORE. 8p.

Houin R., Philippe M., Cassé M., Pasco R., Herry J., Bailly D., Boncoeur J., Hay J., Julien S., 2011
Scénarios socio-économiques d'évolution du golfe du Morbihan face au changement climatique. Projet Interreg 4B ENO IMCORE. 14p.

Jouzel J. (coord.), Peings Y., Jamous M., Planton S. et Le Treut H., 2011
Scenarios climatiques : indices sur la France métropolitaine pour les modèles français ARPEGE-Climat et LMDz et quelques projections pour les DOM-COM. MétéoFrance, Institut Pierre Simon Laplace. 140 p.

Lamy C., Cantat O., Le Gouée P., Dubreuil V., Bensaid A., Lemerrier B. et Savouret E.
Sécheresse et réserve en eau des sols. In Merot et al. Le Climat change dans le grand Ouest : Evaluations, impacts, perception. A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.

Le Cornec E., 2003
Mise en œuvre d'un programme de surveillance de l'érosion côtière sur le littoral du Pays de Lorient et constitution de la base de données « érosion » du Système d'Information Géographique de Cap l'Orient. Document de synthèse. Cap l'Orient. GEOS. 59 p.

Lemasson L., 1999
Vents et tempêtes sur le littoral de l'ouest de la France : variabilité, variation et conséquences morphologiques. Thèse de doctorat de l'université de Rennes 2. 186p.

Le Scouarnec N. et Martin L., 2008
Effets du changement climatique sur le tourisme. In Le tourisme en France. INSEE pp 61-71.

Massu N. et Landmann G. (coord.), 2011
Connaissance des impacts du changement climatique sur la biodiversité en France métropolitaine. Synthèse de la bibliographie. Ecofor, mars 2011. 180 p.

Merot P., 2011
CLIMASTER, Changement climatique dans le Grand Ouest. Quelles évolutions dans les systèmes agricoles et les ressources naturelles? Projet PSDR Grand Ouest, Série Les 4 pages PSDR3. 4 p.

Merot P., Aubert A., Josse J., Le Paven E. et Montreuil O.
Le cycle de l'eau dans les bassins versants : débits, niveaux de nappe, extension des zones humides. In Merot et al. Le Climat change dans le grand Ouest : Evaluations, impacts, perception. A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.

Merot P., Dubreuil V., Delahaye D., Desnos P., 2012

Le climat change dans le Grand Ouest : Evaluation, impacts, perceptions. A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (MEDDTL), nd

Plan national d'adaptation de la France aux effets du changement climatique 2011- 2015. 188 p.

Moussa I., 2011

Spatialisation régionale de propriétés du sol à partir de la base de données Sols de Bretagne. Exemples de la teneur en argile et de la réserve utile des sols. Mémoire de Master 2 professionnel Ingénierie environnementale. UMR INRA Agrocampus Ouest Sol Agrohydrosystèmes Spatialisation. 88 p.

OCDE, 2010

Agriculture et changement climatique : impacts, atténuation et adaptation. Réunion ministérielle de l'OCDE sur l'agriculture.

ODEM, 2010

Atlas de l'environnement du Morbihan. 300 p.

Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, 2007

Changements climatiques et risques sanitaires en France. La Documentation Française. 170 p.

ONERC, 2009

Changement climatique, coût des impacts et pistes d'adaptation. La documentation française. 193p.

ONERC, 2011

L'adaptation au changement climatique en France. Direction générale de l'énergie et du climat / Service du climat et de l'efficacité énergétique. Synthèse n°6. 18p.

Pascal M., 2010

Impacts sanitaires du changement climatique en France. Quels enjeux pour l'INSVS ? Institut National de Veille Sanitaire. 54 p.

Pasco R., Donato V., Philippe M., Cassé M., Herry J., Bailly D. et Julien S., 2011

Visualisation de l'élévation du niveau marin dans le golfe du Morbihan. Projet Interreg 4B ENO IMCORE, 3p.

Philippe M., Cassé M., Pasco R., Herry J., Bailly D., Boncoeur J., Hay J. et Julien S., 2011

Enjeux liés au changement climatique dans le golfe du Morbihan. Projet Interreg 4B ENO IMCORE, 7 p.

Philippe M., Pasco R., Cassé M., Raux P., Herry J., Bailly D. et Julien S., 2011

Perception du changement climatique par la population du golfe du Morbihan. Projet Interreg 4B ENO IMCORE, 8 p.

Pouvreau N, 2008

Trois cents ans de mesures marégraphiques en France : outils, méthodes et tendances des composantes du niveau de la mer au port de Brest. Thèse de Doctorat spécialité géophysique de l'Université de La Rochelle. 466p.

Préfecture du Morbihan, 2011

Dossier départemental des risques majeurs. 86 p.

Queffelec Betty, 2010

L'adaptation du littoral aux changements climatiques dans le droit français. Quelle intégration des changements climatiques dans la gestion intégrée des zones côtières ? Série rapport n°R-18-2010. UMR – AMURE. 67p.

Regnauld H., Tapia-Duschene S. et Pian S., 2006

Les impacts de l'élévation du niveau marin sur le littoral du département du Morbihan. ODEM – Laboratoire COSTEL Université de Rennes 2. 64 p.

Roussel G., 2012

Quelles sont les connaissances actuelles sur le changement climatique de l'échelle globale aux échelles régionales ? Conseil scientifique de l'environnement de Bretagne. 198p.

Roussel G., Lepape O., Tréguer P. et Viard F.

Les effets et impacts sur le milieu marin et côtier. In Merot et al. *Le Climat change dans le grand Ouest : Evaluations, impacts, perception.* A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.

Rovillé Manuelle, 2012

Changement climatique : quel devenir pour les maladies ? Dossiers du CNRS. 2p.

Salmon-Monviola J., Aubert A., Gascuel-Oudou C., Durand P. et Ruiz L.

Le cycle de l'azote, les flux et concentrations en nitrate des cours d'eau : chroniques passées et projections. In Merot et al. *Le Climat change dans le grand Ouest : Evaluations, impacts, perception.* A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.

Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood and D. Wratt, 2007

Résumé technique. In: *changements climatiques 2007: Les éléments scientifiques. Contribution du groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis d'Amérique.

Soltner D., 1992

Les bases de la production végétale. Tome I : Le sol. Coll. Sciences et techniques agricoles. Saint Gemmes sur Loire. 467 p.

Tréguer P., Lhuillery M. et Viard F., 2009

Changement climatique et impacts sur les écosystèmes marins de l'ouest de la France. Conseil Scientifique de l'Environnement de Bretagne. 32 p.

Vialet S., 1995

Intérêts et limites de la réutilisation d'eau usée en irrigation dans le Morbihan. Mémoire Ingénieur sanitaire, ENSP Rennes, ODEM, Vannes. 55p.

Viel V., Vongvixay A., Grimaldi C., Delahaye D., Gilliet N., Rollet A-J., Lespez L. et Gascuel C.

Dynamique temporelle des flux sédimentaires dans les bassins versants agricoles. In Merot et al. *Le Climat change dans le grand Ouest : Evaluations, impacts, perception.* A paraître aux Presses Universitaires de Rennes.

Watkiss P., Horrocks L., Pye S., Searl A. and Hunt A., 2009
Impacts of climate change in human health in Europe. PESETA Human health study. JRC, Institute for Prospective Technological Studies. 52 p.

Comme l'avait affirmé le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) dans son dernier rapport de 2007, le changement climatique est aujourd'hui devenu une réalité mondiale même si les manifestations observées aux échelles locales sont variables.

En Bretagne, une tendance nette à l'augmentation des températures est observée au cours du 20^{ème} siècle avec une élévation totale des températures moyennes de l'ordre de 1°C et une accélération depuis les années 1970. Cette tendance devrait s'amplifier au 21^{ème} siècle avec l'accentuation des vagues de chaleur. La température moyenne de l'océan Atlantique à proximité de la Bretagne montre également une tendance au réchauffement depuis ces deux dernières décennies associée à une élévation du niveau marin de l'ordre de 1 mm/an entre 1906 et 2006. Les projections climatiques, réalisées selon différents scénarios établis par le GIEC, confirment ces constats et prédisent un changement futur beaucoup plus important que celui déjà observé actuellement avec une augmentation de la température moyenne de 2° à 3,5°C d'ici l'horizon 2100 pour la France.

Ainsi, le Morbihan sera affecté malgré la grande part d'incertitude inhérente aux effets locaux du changement climatique. Les premiers effets de ce changement sont d'ores et déjà constatés avec une augmentation des épisodes de sécheresse et autres phénomènes tels que les tempêtes, les inondations ou encore la modification des aires de répartition de certaines espèces marines et terrestres. Diverses conséquences sont prévisibles sur les ressources en eau, la montée du niveau de la mer, la variation des courants océaniques et atmosphériques,... et inévitablement sur la qualité de vie des habitants et les activités qui en dépendent.

La possibilité d'atténuer ce changement climatique en diminuant les émissions de gaz à effet de serre, en grande partie responsables de ce phénomène, est aujourd'hui indissociable de l'adaptation des territoires face au changement climatique.

Il est donc nécessaire d'anticiper, dès aujourd'hui, les conséquences du changement climatique dans le Morbihan afin de minimiser les impacts socio-économiques afférents et de réduire la vulnérabilité du département et des acteurs concernés. Il s'agit de définir et d'évaluer les impacts du changement climatique sur l'environnement (ressources naturelles et écosystèmes) et ses conséquences prévisibles sur l'économie départementale (agriculture, tourisme, infrastructures, habitat, pêche...) afin d'envisager des mesures d'adaptation appropriées.

Au-delà de la sensibilisation des citoyens sur le changement climatique, la prise de conscience et la mobilisation s'accroissent au niveau national, régional et local. La loi Grenelle 2, promulguée en juillet 2010, oblige les collectivités de plus de 50 000 habitants à adopter un Plan Climat-Energie Territorial (PCET), document ayant pour objectif la proposition d'actions en faveur de la lutte contre le changement climatique.

Cette présente étude propose, après une présentation succincte des changements climatiques observés et projetés à l'échelle de la Bretagne, une synthèse des impacts prévisibles dans le Morbihan. Suite à l'évaluation de la vulnérabilité environnementale et économique du département face aux impacts du changement climatique, quelques exemples de mesures d'adaptation envisageables pour le Morbihan sont développés. Ce document d'information, orienté sur la stratégie d'adaptation face au changement climatique, pourra contribuer à l'élaboration du PCET du département.

