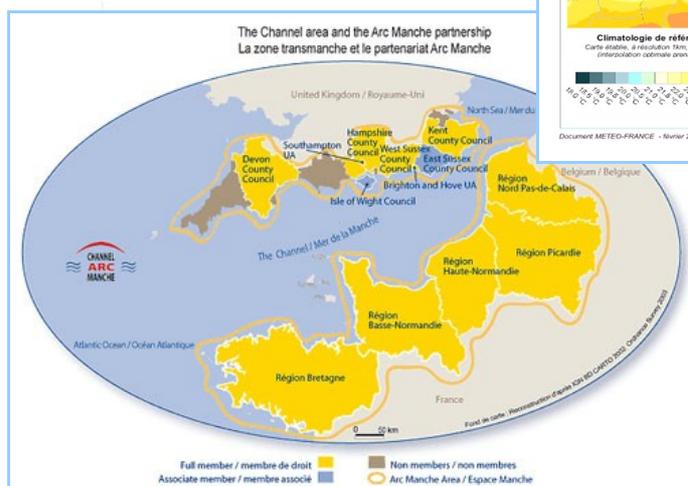
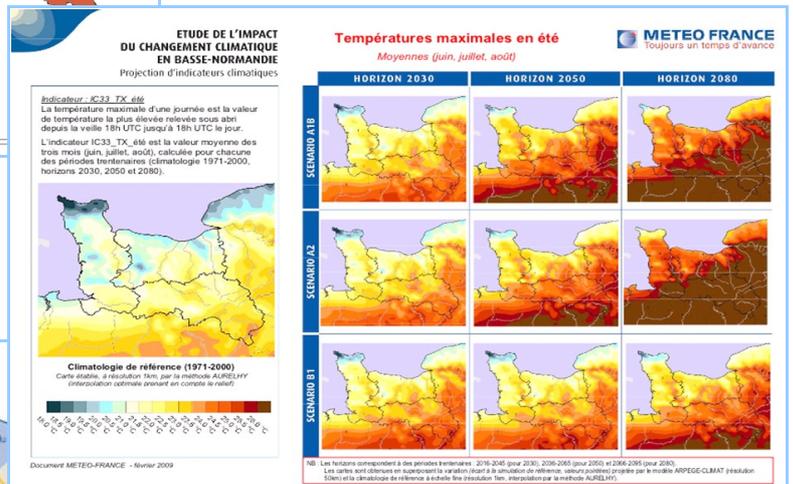
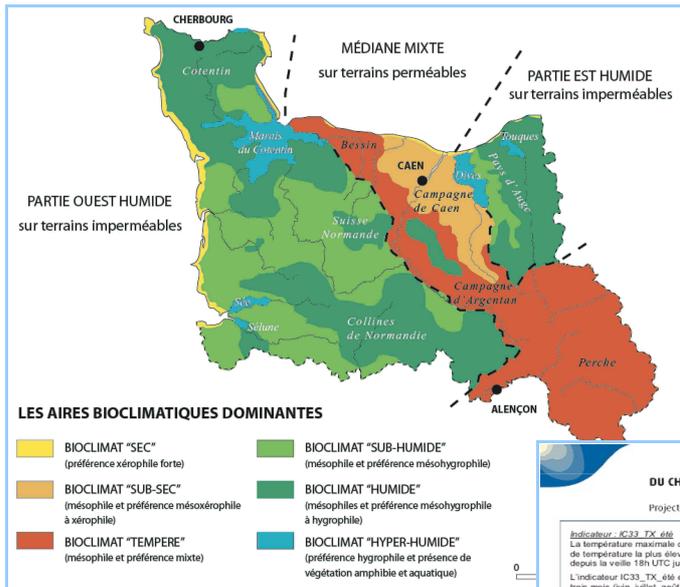


Rapport d'étape 1^{ère} partie : Recueillir, synthétiser l'information disponible



Introduction

Le Grenelle de l'Environnement a posé le constat partagé et préoccupant d'une urgence écologique face au changement climatique qui est en cours. Les travaux réalisés à l'échelle internationale, notamment par le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), insistent sur l'inéluctabilité des dérèglements du fait de l'inertie du système climatique, même si tout était mis en œuvre pour les éviter, voire les atténuer. Face à ce constat, il est nécessaire, dès à présent, de se préparer à vivre dans un climat modifié.

Les mesures d'atténuation devront ainsi être complétées par des mesures progressives d'adaptation et de réduction de la vulnérabilité des territoires aux conséquences de ces changements climatiques. En ce sens, l'État en Basse-Normandie, Direction Régionale de l'Équipement et Direction Régionale de l'Environnement, engage une démarche dont l'objectif est de fournir une première vision d'ensemble des impacts, des vulnérabilités et des mesures d'adaptation envisageables en fonction des menaces et des opportunités sur le territoire. Les conclusions de l'étude devront mettre en évidence des investigations complémentaires à réaliser ou approfondissements nécessaires ainsi que poser les bases d'une stratégie régionale d'adaptation au changement climatique tout en sensibilisant les différents acteurs.

Cette étude comprend deux parties.

Dans un premier temps, il s'agit d'apprécier l'état des connaissances concernant les évolutions climatiques et leurs impacts sur le territoire bas-normand, de dégager des mesures d'adaptations et un plan d'actions qui constitueront les bases d'une stratégie régionale et d'élaborer les supports pédagogiques et de communication. Cette stratégie s'appuiera sur une synthèse des études et publications existantes, sur une déclinaison régionale des scénarios d'évolution par Météo France et sur une série d'entretiens auprès d'experts du changement climatique et d'acteurs locaux des politiques d'aménagement.

Dans un second temps, le contenu, le partenariat et les moyens nécessaires à la construction et au fonctionnement d'un observatoire régional du changement climatique en Basse-Normandie seront définis.

Ce rapport est la synthèse du travail mené lors de la première partie de l'étude.

Table des matières

1 Présentation du territoire bas-normand	5
1.1 Des territoires à enjeux	5
1.1.1 La façade maritime.....	5
1.1.2 L'armature urbaine.....	6
1.1.3 L'espace rural.....	7
1.2 Des thématiques prégnantes	7
1.2.1 Le logement.....	7
1.2.2 Le désenclavement de la Basse-Normandie.....	8
1.2.3 Les risques naturels et technologiques.....	8
1.2.4 L'industrie.....	10
1.2.5 L'énergie.....	11
1.2.6 Milieux et cadre de vie.....	11
2 Données scientifiques disponibles.....	13
2.1 Projections d'indicateurs climatiques aux horizons 2030, 2050 et 2080 – Travaux de Météo-France 13	
2.1.1 Introduction	13
2.1.2 Les indicateurs climatiques	13
2.1.3 La climatologie de référence	15
2.1.4 Les projections climatiques	16
2.2 Apports scientifiques complémentaires.....	21
2.2.1 Changements abrupts du climat (surprises climatiques).....	21
2.2.2 Le niveau de la mer.....	26
2.2.3 Risques de submersion.....	30
2.2.4 Chaleurs urbaines.....	37
2.2.5 Méditerranéisation de la Basse-Normandie.....	38
2.2.6 Biodiversité.....	40
2.2.7 Écosystèmes.....	47
2.2.8 Hydrosystèmes.....	49
2.2.9 Agrosystèmes.....	51
2.2.10 Ressources halieutiques.....	55
2.2.11 Santé.....	58
2.2.12 La cogestion adaptative	58
2.2.13 Co-construction d'indicateurs.....	60
3 Synthèse des initiatives actuelles en matière de changement climatique	63
3.1 Au niveau international.....	63
3.1.1 Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).....	63
3.1.2 Les travaux du Programme des Nations-Unies pour le Développement (PNUD).....	64
3.2 Niveau européen.....	64
3.2.1 Le Livre Blanc sur l'adaptation au changement climatique de la Commission Européenne (CE).....	64
3.2.2 Le projet Future Cities, Urban networks to face climate change.....	64
3.2.3 Channel Arc Manche	65
3.2.4 Le programme européen AMICA : combiner politiques d'atténuation et d'adaptation dans les collectivités.....	65
3.3 Niveau national.....	66
3.3.1 La Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique (SNACC).....	66
3.3.2 Le projet adaptation au changement climatique du groupe interministériel	66
3.3.3 L'initiative de la MEDCIE du Grand Sud-Est : étude des changements climatiques sur 5 régions.....	67
3.4 Niveau bas-normand.....	67
3.4.1 L'éclatement des initiatives.....	67
3.4.2 L'action des collectivités : les Plans Climat Énergie Territoriaux (PCET).....	68
3.4.3 Les ONG et la société civile.....	69
3.4.4 Les entreprises et leurs représentants.....	70
4 Le déroulement de l'étude	71

4.1 Introduction.....	71
4.2 Liste des acteurs rencontrés (répartition des compétences et territoires)	71
4.3 Grille d'entretien utilisée et modalités d'interview	72
5 Résultats des entretiens	75
5.1 Agriculture et sylviculture	75
5.2 Bâtiments construction	75
5.3 Activités portuaires.....	76
5.4 Faune et flore - biodiversité	76
5.5 Géologie, Hydro-géologie	77
5.6 Infrastructure	77
5.7 Littoral.....	78
5.8 Pêche et Conchyliculture	78
5.9 Risques.....	79
5.10 Santé	80
5.11 Tourisme	80
5.12 Urbanisme	82
5.13 La gestion de l'incertitude.....	83
5.14 La perception du changement climatique	84
6 L'Observatoire Bas-Normand du Changement Climatique.....	85
6.1 Les attentes des acteurs interviewés.....	85
6.1.1 Regrouper les divers acteurs investis dans le changement climatique.....	85
6.1.2 Un outil de suivi scientifique du changement climatique.....	85
6.1.3 Un outil pour rendre visibles le changement climatique, l'atténuation et l'adaptation.....	86
6.1.4 Un outil de travail pour les acteurs de l'adaptation.....	86
6.2 Les points d'attention.....	86
6.2.1 Gérer l'incertitude : besoin d'infos locales et précises versus impossibilité de les obtenir.....	86
6.2.2 S'insérer dans les réseaux et initiatives existants.....	86
6.2.3 Ne pas créer une usine à gaz.....	86
6.3 L'exemple du Climate South East.....	87
6.4 L'Observatoire du Changement Climatique dans les Pyrénées (OCCP).....	87
7 Acronymes.....	88
8 Bibliographie.....	89
9 Sommaire des figures.....	93

1 Présentation du territoire bas-normand

Cette présentation est extraite du diagnostic territorial de la Basse-Normandie de la DREAL.

1.1 Des territoires à enjeux

La Basse-Normandie est une région de taille modeste : 1,5 million d'habitants répartis sur 1800 communes et 18 000 km², et est constituée de 3 départements : le Calvados, la Manche et l'Orne.

1.1.1 La façade maritime

La Basse-Normandie possède une façade maritime aux patrimoines naturel, paysager et culturel remarquables (baie du Mont-St-Michel, Honfleur, plages du débarquement...), soumise à de fortes pressions urbaines et à des conflits d'usages, contrainte par la présence importante de risques naturels et concentrant des enjeux majeurs de gouvernance interrégionale aux extrémités.

De fortes pressions urbaines et des conflits d'usages (tourisme, énergie, pêche, conchyliculture...)

La pression engendrée par l'attractivité touristique et résidentielle, renforcée par la proximité de la région Île-de-France, génère de nombreux conflits d'usage avec les activités côtières traditionnelles, les aires protégées au titre des paysages et les milieux naturels remarquables (sites classés, réserves naturelles, sites Natura 2000 littoraux ou en mer ...) mais aussi avec d'autres activités comme, par exemple, la production d'énergie renouvelable (hydrolien, éolien en mer...).

Par "contrecoup", la zone rétro littoral subit à son tour une forte pression avec le " rejet " d'une population, y compris saisonnière, aux revenus modestes, qui ne peut loger à proximité de son lieu de travail. Il en résulte de nombreux déplacements individuels venant s'ajouter aux flux touristiques et une forte consommation des espaces arrière littoraux.

Présence de nombreux risques naturels (érosion, submersion...)

L'espace côtier reste en déficit de stratégie de gestion pour ses ressources maritimes et sous le coup de manifestations de déséquilibres significatifs (prolifération des crépidules, dinophysis, eutrophisation en baie de Seine, apparition croissante de marées vertes...).

Par ailleurs, la topographie du littoral et la nature des sols favorisent les phénomènes d'érosion côtière, de glissement de terrain, de submersion marine ou d'inondation. Ces risques naturels génèrent des désordres sur les espaces urbanisés et conditionnent l'occupation et l'usage des espaces non construits.

Ces espaces sont en évolution naturelle constante, notamment en ce qui concerne la modification du trait de côte et le comblement des havres et estuaires.

Des zones littorales aux extrémités (estuaire de la Seine et baie du Mont-Saint-Michel) avec des enjeux majeurs de gouvernance interrégionale

L'estuaire de la Seine et la baie du Mont-Saint-Michel, zones littorales d'interface interrégionale, situées aux extrémités de la Basse-Normandie et placées sous influence des grandes agglomérations que sont Le Havre et Rennes, constituent des espaces à dimension internationale où l'État concentre des enjeux majeurs de développement économique (Port 2000, Mont-Saint-Michel...) et de préservation d'un patrimoine naturel exceptionnel (estuaires, zones humides, sites Natura 2000...).

La mobilisation de l'État sur ces secteurs se traduit dans le CPER (développement portuaire d'Honfleur en lien avec les grands ports maritimes de Rouen et du Havre, desserte ferroviaire du Mont-Saint-Michel) mais aussi à travers sa participation au projet de rétablissement du caractère

maritime du Mont-Saint-Michel ou encore par l'existence d'une directive territoriale d'aménagement sur l'estuaire de la Seine qui illustre un enjeu majeur de gouvernance interrégionale entre services de l'État et avec les collectivités.

1.1.2 L'armature urbaine

L'armature urbaine bas-normande est caractérisée par la prépondérance de Caen et, dans une moindre mesure, de Cherbourg, qui génère un étalement urbain conséquent, parmi les plus importants au niveau national dans le cas de l'agglomération caennaise.

Caen, une capitale qui domine sa région et dont l'aire urbaine est une des plus grandes de France

Avec un bassin d'emplois qui représente un tiers de la population, un tiers des logements et un tiers des emplois de la Basse-Normandie, l'agglomération caennaise concentre l'essentiel des problématiques d'habitat et de déplacements de la région et dispose d'atouts considérables (proximité de la mer, qualité environnementale, disponibilités foncières...) qu'elle peine toutefois à exploiter. Elle n'a ainsi pas encore réussi à atteindre la taille critique qui lui permettrait de se hisser au rang de métropole de niveau national.

Le phénomène d'étalement urbain autour de Caen est parmi les plus importants en France au regard de la taille de l'agglomération, si l'on se réfère aux critères d'intensité, de distances d'accès aux services, de dispersion de l'habitat et de morphologie de cet habitat.

L'aire urbaine (370.000 habitants) continue de s'agrandir du fait de l'attractivité de l'agglomération (200.000 habitants), de la pression foncière et du manque de maturité des outils de maîtrise de l'urbanisation (SCOT " Grenelle " en cours d'élaboration, convention d'aménagement foncier, agence d'urbanisme...).

L'étalement urbain est amplifié par la conjonction de plusieurs facteurs dont notamment un réseau routier radial de très bonne qualité, une topographie favorable (plaines), la proximité du littoral et un nombre conséquent de communes.

Cette situation génère une forte consommation de terres agricoles de grande valeur, une pression importante sur les espaces naturels et des déplacements automobiles qui continuent d'augmenter, d'autant que l'agglomération de Caen exerce une attraction à la fois en termes d'emploi, d'éducation, de services de haut niveau, de loisirs et de culture.

La communauté d'agglomération de Caen-la-Mer a été créée en janvier 2002 ; un SCOT est en cours d'élaboration.

Cherbourg et le Cotentin, une agglomération au sein d'un territoire encore enclavé

Avec 90.000 habitants, Cherbourg est la deuxième agglomération de Basse-Normandie, sans concurrence possible avec Caen mais loin devant Alençon (45.000 habitants). En raison de sa situation géographique, à l'extrémité de la presqu'île du Cotentin, Cherbourg ne peut se développer que vers le sud et génère un fort étalement urbain, renforcé par la création massive d'emplois, depuis les années 60, liés à la présence de grands chantiers "nucléaires" à proximité (usine AREVA de la Hague, centrale de Flamanville, EPR...). L'agglomération de Cherbourg est constituée en communauté urbaine depuis 1970. Un SCOT est en cours d'élaboration.

Alençon, une agglomération sur deux régions

La troisième agglomération de Basse-Normandie, Alençon, présente la particularité d'être soumise à l'attraction du Mans - et non de Caen - et d'avoir une part de son bassin de vie située dans la Sarthe. Il existe donc également un enjeu de gouvernance interrégionale sur ce secteur. L'agglomération d'Alençon est constituée en communauté urbaine depuis 1996. Un SCOT est en cours d'élaboration.

1.1.3 L'espace rural

L'espace rural bas-normand est caractérisé par une activité agricole en évolution qui tend à uniformiser les paysages et les espaces naturels, maillé par un réseau de villes moyennes et de bourgs qui contribuent à équilibrer le territoire mais fractionnent les territoires et les ressources.

Modification des paysages et espaces naturels

La mise en valeur agricole du territoire bas-normand est très ancienne, progressant même sur des terrains difficiles en valorisant un contexte climatique très favorable. La surface agricole utile couvre encore 77% du territoire, la forêt 10%, le solde correspond à des espaces naturels ou urbanisés. La rationalisation des systèmes agraires, l'évolution des politiques agricoles engendre un véritable rabotage géomorphologique, biologique et génétique du bocage et une érosion continue des surfaces de prairies permanentes. Le problème est la perte de fonctionnalité de la trame verte, au regard de la gestion de l'eau, des sols, de l'équilibre de l'écosystème et du paysage et la faiblesse de son utilité économique actuelle. La région comprend 3 parcs naturels régionaux couvrant près du quart du territoire.

Un maillage exceptionnel de villes moyennes et de bourgs...

L'espace rural bas-normand est caractérisé par un maillage équilibré de villes moyennes et de bourgs, bien reliés, qui génèrent de véritables bassins d'emplois et de services. Nulle part ailleurs en métropole, les bourgs et villes moyennes ne structurent autant une région qu'en Basse-Normandie. Ils offrent une qualité de vie et d'environnement susceptible d'attirer des populations nouvelles, même s'ils restent fragiles, étant confrontés à des difficultés économiques.

L'ouverture des espaces agricoles, l'étalement urbain et le cloisonnement causé par de nombreuses infrastructures de transports contribuent à fractionner et détruire les trames écologiques organisées autour du bocage, des zones humides et d'un réseau hydrographique dense.

1.2 Des thématiques prégnantes

1.2.1 Le logement

La Basse-Normandie rencontre des difficultés à offrir des logements en quantité et adaptés aux populations spécifiques malgré la disponibilité foncière. Son parc est globalement obsolète et plus énergivore et émetteur de gaz à effet de serre que la moyenne nationale. L'étalement urbain génère des déplacements importants dont les coûts deviennent difficilement supportables pour les ménages.

Insuffisance et inadaptation de l'offre de logement

Comme la plupart des régions, la Basse-Normandie ne parvient pas à réaliser ses objectifs de construction de logements sociaux du plan de cohésion sociale (1.700 pour un objectif de 2.500) pour deux raisons principales :

- des politiques d'aménagement encore trop rares ou menées à un niveau inadéquat et favorisant une forte consommation d'espace et un étalement urbain, alors que le foncier disponible à proximité des centres urbains devrait permettre une optimisation de l'utilisation de cette ressource tant en coût qu'en superficie utilisée
- une surchauffe dans l'immobilier depuis plusieurs années qui a encore des conséquences aujourd'hui sur les coûts du foncier et de la construction et qui a massivement altéré les capacités de financement des bailleurs sociaux (fonds propres). Néanmoins, le ralentissement de l'économie a tendance à tempérer cette hausse des prix, mais la Basse-Normandie reste une des régions où la baisse des coûts est la moins sensible du fait d'un stock très important d'autorisations de construire

Par ailleurs, les populations spécifiques à bas revenus (personnes âgées, jeunes en formation, ...) trouvent peu de logements adaptés à leur situation en localisation, en taille et en coût.

Des économies d'énergie à renforcer

La qualité thermique médiocre du parc privé comme public contribue à renforcer les situations de précarité financière des ménages les plus démunis qui, étant donné l'étalement urbain, supportent également des coûts de déplacement importants.

Le parc existant composé en grande majorité de maisons individuelles, d'habitat traditionnel et d'immeubles de la reconstruction, très énergivores, contribue plus fortement aux émissions régionales de GES qu'au niveau national. De plus, la proportion très importante de maisons individuelles combinée à un parc très diffus, génère des difficultés supplémentaires pour améliorer de façon efficace la performance énergétique de ces logements.

1.2.2 Le désenclavement de la Basse-Normandie

La Basse-Normandie est une région en cours de désenclavement, toutefois, du fait de leur positionnement géographique, Cherbourg et le nord Cotentin restent, malgré les efforts entrepris, encore très éloignés des grands flux d'échange.

A cela s'ajoutent une desserte ferroviaire vers Paris et l'Europe qui doit être notablement améliorée et une activité portuaire qui reste modeste au regard du trafic maritime de la Manche.

Enfin les transports urbains dans l'agglomération de Caen demeurent insuffisants au regard de la population.

La Basse-Normandie est bien desservie et bien raccordée aux régions voisines par le réseau routier, par contre, les liaisons ferroviaires avec Paris, les régions voisines et avec les grands réseaux européens sont de qualité moyenne ou inexistantes (manque de fiabilité des liaisons, absence de raccordement au réseau grande vitesse, ...) et cela, malgré un réseau assez dense et des efforts très importants de la Région. Enfin, par sa position le long du littoral de la Manche, la Basse-Normandie est dotée d'opportunités intéressantes en matière de transport maritime.

Aujourd'hui, le report modal des voyageurs vers le ferroviaire est freiné par des retards trop fréquents, des temps de parcours trop longs et le manque de dessertes de proximité autour des agglomérations. Le fret non routier vers et depuis les ports reste très limité : le port de Caen Ouistreham n'est relié que partiellement au réseau ferroviaire et le port de Cherbourg pourtant desservi, souffre d'une position très excentrée.

En matière de transport maritime, la région " voit passer " le quart du trafic mondial au large de ses côtes mais des ports plus importants et mieux desservis en matière ferroviaire et routière, tels que Le Havre ou Rouen, captent une grande partie de ce trafic. Enfin, la Basse Normandie est bien positionnée sur le fret transmanche mais ne parvient pas à développer des autoroutes de la mer avec l'Espagne et le Portugal.

Les transports urbains durables ont pris un certain retard. En effet, bien que l'agglomération Caennaise se soit dotée d'un tramway dès le début des années 2000, la deuxième ligne en reste au stade de la faisabilité. De plus, les dessertes des zones périurbaines par les transports en communs sont difficiles à mettre en œuvre du fait de l'étalement urbain et de l'éparpillement de l'habitat

1.2.3 Les risques naturels et technologiques

Le territoire bas-normand fait face à des risques naturels couvrant un territoire important et caractérisés essentiellement par les inondations et les mouvements de terrain, et également à des risques technologiques de types variés et dispersés à l'exception du pôle nucléaire situé dans le Nord Cotentin.

Les risques naturels

Ils sont présents en Basse-Normandie, souvent d'un caractère moins intense que dans certaines régions, ils concernent néanmoins des populations importantes et peuvent créer des dommages conséquents voire menacer les vies humaines.

Le risque principal est le risque d'inondations. Les débordements de cours d'eau sont à ce titre les événements les plus fréquents. Il s'agit d'inondations lentes et puissantes lors de la période hivernale.

Près de 1 200 communes sont concernées dans la région, dont les villes de Caen, Lisieux ou Pont-l'Évêque pour lesquelles les centres sont particulièrement exposés.

Le risque inondation par ruissellement est plus localisé et généralement consécutif à un événement orageux dans les secteurs à forte pente et dont l'aval est fortement urbanisé. Des dégâts importants sont notamment survenus ces dernières années. Enfin, le phénomène de remontée de nappe, moins dangereux et d'occurrence plutôt faible, n'en demeure pas moins à considérer car il impacte durablement les zones touchées. Le risque de submersion marine est caractérisé globalement par les espaces sous l'influence du niveau de la mer, qui concernent environ 3 % du territoire, mais dont les enjeux sont souvent majeurs.

Les risques de mouvement de terrains sont souvent en relation avec la pluviométrie, qui affaiblit la tenue des sols. Ces risques regroupent essentiellement les éboulements de falaise, les chutes de blocs, et les risques de fluage, glissements lents dans les zones argileuses et en pente; Le dernier risque assimilé à un mouvement de terrain est le risque d'effondrement de marnières. Plusieurs milliers de cavités existent dans l'Est de la région dans les Pays d'Auge et Pays d'Ouche.

D'une sismicité faible, le territoire Bas Normand est néanmoins identifié comme vulnérable, plusieurs séismes de faible importance ont été répertoriés dans la région Caennaise dont le principal en 1775. La région est également exposée au risque tempête, y compris lors d'événements relativement mineurs, de par sa situation côtière.

Les risques technologiques

Pour les risques technologiques, dans leur dimension accidentelle, la région se caractérise par le risque nucléaire, dans le Nord Cotentin et par un nombre limité d'établissements présentant des risques d'accidents majeurs. En effet, elle compte 8 établissements SEVESO Seuil Haut et 7 établissements SEVESO Seuil Bas et ce, malgré un renforcement des règles de classement SEVESO.

Ceci résulte de réductions des risques à la source, notamment par un abaissement des inventaires de matières dangereuses présentes sur les sites considérés et en particulier des quantités d'engrais nitrates pour les coopératives agricoles de la région. Il faut toutefois signaler que la Côte Fleurie (nord Pays d'Auge) est soumise aux risques engendrés par les activités de la zone industrialo-portuaire du Havre (Port 2000 et concentration de nombreux établissements " SEVESO " seuil haut). Les Plans de Prévention des Risques Technologiques à venir autour des établissements " SEVESO seuil haut " doivent permettre de réduire les expositions des riverains par une maîtrise de l'urbanisation plus adaptée. Les silos de stockage de céréales, les entrepôts et les installations de réfrigération à l'ammoniac constituent la majorité des autres installations classées à risques accidentels de la région.

La région est également concernée par les risques liés aux transports de matières dangereuses, terrestres comme maritimes. Notamment, l'activité nucléaire du Nord Cotentin génère des convois routiers ou ferroviaires qui transitent par l'agglomération caennaise, traversant la région d'Ouest en Est et le trafic maritime intense de la Manche, mer la plus fréquentée au monde (un quart du trafic mondial), mais aussi la proximité de Port 2000, exposent fortement la Basse-Normandie à des risques accidentels de pollutions, dont l'impact serait catastrophique pour les milieux naturels mais également pour l'économie touristique et la conchyliculture.

Risques Chroniques

En matière de risques chroniques, la région compte 1 530 établissements soumis à autorisation dont 758 élevages et 189 établissements " IPPC ", répartis de manière relativement égale sur le territoire, au sein desquels les risques chroniques liés aux émissions de polluants prédominent largement en raison des caractéristiques du tissu industriel. Ils se manifestent de manière diffuse sur le territoire, essentiellement liés aux rejets d'effluents liquides sur lesquels des efforts vont devoir être faits pour contribuer au respect des objectifs de restauration du milieu aquatique de la Directive Cadre sur l'Eau. Dans ce cadre, une démarche d'identification, de suivi et de réduction, voire de suppression des substances dangereuses rejetées est en cours.

Enfin, la gestion des déchets, le développement du tri sélectif, la couverture territoriale par le réseau des déchetteries et d'installations de transit sont dans l'ensemble satisfaisants. Toutefois, leur élimination pose parfois des problèmes délicats liés à l'acceptation d'installations d'enfouissement par la population et/ou les élus. La situation des déchets dangereux est satisfaisante (présence d'un centre de stockage).

Risques Miniers

La région est également concernée par le risque "après mines " puisqu'elle compte 34 anciens titres miniers. La dernière mine de fer bas normande située à Soumont a cessé ses activités en 1989. Des investigations ont été réalisées sur les anciens sites miniers en vue de constituer les cartes d'aléas avec une priorité donnée à ceux présentant les plus importants risques (bassins de May-sur-Orne, Soumont-Saint-Quentin, La Ferrière-aux-Étangs, Saint-Rémy et Littry). Au vu des enjeux impactés par les aléas miniers, il a été décidé d'élaborer des Plans de Prévention des Risques Miniers sur l'ensemble de ces bassins miniers, à l'exception de celui de Saint-Rémy.

1.2.4 L'industrie

L'industrie bas-normande, en évolution permanente depuis deux décennies, est dominée par l'activité agroalimentaire et automobile et constituée d'un réseau de PME/PMI réparties sur tout le territoire.

Au cours des deux dernières décennies la région a connu d'importantes restructurations de son tissu économique notamment liées à des mouvements de reconversion industrielle, des stratégies d'acquisition concentration de groupes notamment dans l'agroalimentaire ou de plans sociaux.

Néanmoins l'industrie présente une bonne résistance dans un contexte économique difficile et de mutations continues et dispose de potentialités de développement à la condition de favoriser les synergies entre les entreprises, les stratégies innovantes et l'exportation.

Avec un produit intérieur brut de 33 milliards d'euros (2% du PIB national) la région se place au 18ème rang national. Même si la Basse-Normandie conserve l'aspect d'une région agricole et rurale, l'industrie emploie 19,6 % des salariés de la région (98.400 personnes), ce qui constitue un pourcentage supérieur à la moyenne nationale mais s'accompagne d'un certain retard dans le développement des activités tertiaires, notamment à forte valeur ajoutée.

Trois secteurs sont particulièrement bien représentés :

1. **L'agroalimentaire**, premier secteur industriel avec 21,5 % des emplois, classe la région au 12ème rang national en valeur ajoutée ; il a une image de qualité mais génère une trop faible valeur ajoutée, les $\frac{3}{4}$ du chiffre d'affaires net de ces industries proviennent des secteurs historiques " lait et viandes " où dominent les produits peu transformés ;
2. **L'automobile** représentant 12 500 d'emplois dans le cœur de la filière (13 % de l'emploi industriel de la région) et 17 500 emplois induits dans le secteur amont ; les effectifs se concentrent essentiellement dans quelques grands groupes tels PSA Peugeot Citroën, Renault Trucks, Faurecia, Robert Bosch Électronique autour desquels gravitent des sous-traitants. Sont également présents des constructeurs spécialisés de transports en commun des personnes, de transport de chevaux, de citernes de transports de matières dangereuses, de semi-remorques frigorifiques,... notamment dans la Manche ;
3. **Les technologies de l'information et de la communication** représentent un poids économique important (12 000 salariés) du fait de la présence de grandes entreprises comme NXP, France Telecom R&D et d'un tissu de PME et TPE innovantes, dont des start-up issues, pour certaines, de l'essaimage de la recherche bas-normande.

L'économie régionale présente un potentiel de dynamisme dans ces différents secteurs à valoriser et à développer en faveur de l'innovation. La région abrite quatre pôles de compétitivité, le Pôle MOVEO à vocation mondiale regroupant la Haute et Basse-Normandie et l'Île-de-France (domaines d'activité de R&D dans les thématiques de la mobilité, des services, de l'énergie, l'environnement, la mécatronique et la sécurité routière), le pôle logistique Nov@log partagé avec la Haute-Normandie, le Pôle Transactions Électroniques Sécurisées et le Pôle filière équine.

Un tissu productif constitué d'un riche réseau de PME dispersées sur le territoire, de taille proche de la moyenne nationale. Dans l'industrie, les PMI sont souvent des généralistes, travaillant sur plusieurs secteurs d'activité qui comptent de fortes marges de progrès dans le tissage de liens entre elles en vue de développer des filières structurées et spécialisées, d'offrir des produits et services à plus forte valeur ajoutée et mieux s'adapter à la mondialisation.

1.2.5 L'énergie

La région dispose d'un pôle d'activité énergie nucléaire structuré dans le nord du département de la Manche autour de l'usine de traitement Areva NP de la Hague, et du centre nucléaire de production d'électricité de Flamanville

Ce pôle est aujourd'hui dynamisé par la construction d'un nouveau groupe de production de type EPR à Flamanville, générant des milliers d'emplois et nécessitant le développement d'infrastructures (logements, réseau de transport d'électricité...).

La région est très nettement exportatrice en électricité et tend à le devenir encore plus, compte tenu d'un fort potentiel éolien, tant offshore qu'à terre, qu'il convient d'exploiter au mieux et d'un potentiel hydrolien également parmi les plus importants en France.

Pour ces raisons, la région possède un réseau de transport d'électricité 400 000 volts important qui doit se développer dans les années à venir. La région bénéficie d'une alimentation en hydrocarbures sûre via un pipe-line reliant les dépôts de Caen et Ouistreham à la vallée de la Seine.

Enfin, la filière bois-énergie connaît un essor important depuis plusieurs années.

1.2.6 Milieux et cadre de vie

Région de transition entre le bassin parisien et le massif armoricain, entre fleuves côtiers de la Manche et bassin de la Loire qui comprend la moitié sud de l'Orne, la Basse-Normandie offre une grande variété de milieux et dispose d'un cadre de vie reconnu et agréable. Néanmoins les ressources naturelles et la qualité des milieux sont souvent dégradées et les politiques de protection et de préservation se heurtent parfois aux enjeux de développement à court terme.

Le patrimoine naturel observé aujourd'hui, résulte d'une étroite symbiose avec l'activité humaine, que ce soit pour les paysages ou pour les milieux naturels. La région connaît une grande variété de paysages littoraux et terrestres, productrice importante d'aménités. Si ces éléments favorisent la biodiversité, hors des espaces identifiés et protégés à ce titre (Sites Natura 2000, réserves naturelles, sites classés), perdurent néanmoins le fractionnement des trames écologiques et l'érosion de la biodiversité ordinaire.

Les espaces naturels de la région sont d'une grande variété et abritent de véritables cœurs de biodiversité. Le réseau particulièrement dense de zones humides, de marais arrière littoraux, aux secteurs de tête de bassin versant en passant par les lits majeurs des cours d'eau, constituent la base d'une trame écologique dont les fonctionnalités sont multiples. Le Bocage constitue également une des caractéristiques de ce territoire qui vient compenser un espace faiblement couvert par les forêts. La valeur patrimoniale de certains espaces remarquables comme la Baie du Mont-Saint-Michel, la Suisse Normande, le Nord Cotentin et les havres de l'Ouest est accentuée par la forte naturalité de ces sites.

Pour l'eau, la gestion qualitative est l'enjeu majeur, aussi bien pour les eaux superficielles (un quart de l'eau potable produite), littorales que souterraines. Ponctuellement, des difficultés quantitatives peuvent apparaître. Le réseau hydrographique particulièrement dense sur le socle armoricain et l'Est de la région donne naissance à des fleuves côtiers dont la qualité est toujours menacée par les activités humaines. L'enjeu est particulièrement prégnant pour les espèces aquatiques migratrices. Les problèmes liés aux nitrates et phytosanitaires sont importants. D'autres ressources naturelles constituent un enjeu croissant : Les granulats alluvionnaires pour le bâtiment et les travaux publics atteignent les limites de leur exploitation terrestre et on s'oriente vers des extractions en milieu marin.

La Basse-Normandie bénéficie globalement d'un air de bonne qualité. Hormis les secteurs proches de l'estuaire de la Seine ou sous l'influence des apports du bassin parisien à l'Est, la région ne connaît pas de pollution atmosphérique d'origine industrielle.

Cette bonne qualité se dégrade toutefois lors de situations anticycloniques, par l'augmentation des niveaux d'ozone (été) ou de poussières (hiver). Des dégradations locales sont observées principalement en lien avec la proximité de la circulation routière. A noter qu'une étude régionale récente fait état de présence de pesticides dans l'air, dont la quantification et les impacts sont encore mal appréhendés.

S'agissant de l'émission de gaz à effet de serre, le bilan carbone régional a montré que la Basse-Normandie se situe au delà de la moyenne nationale. Le poids considérable de l'agriculture (plus de

40% du total d'émissions), des transports et de l'habitat (en raison de l'étalement urbain) n'est que partiellement compensé par la faible empreinte de l'industrie ou de la production d'électricité (nucléaire). Les émissions autres que celles de l'énergie représentent plus de 50% des émissions totales.

2 Données scientifiques disponibles

2.1 Projections d'indicateurs climatiques aux horizons 2030, 2050 et 2080 – Travaux de Météo-France

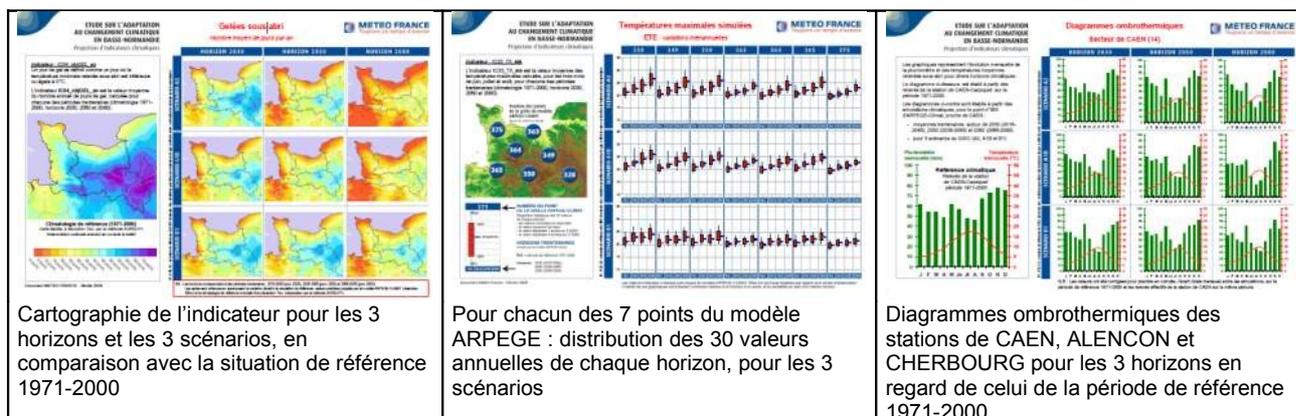
2.1.1 Introduction

Le groupement d'étude conduit par Factea Durable a réalisé, en réponse à l'appel d'offres de la DRE (Direction Régionale de l'Équipement) de Basse-Normandie (maîtrise d'ouvrage et co-pilotage) et la DDEA (Direction Départementale de l'Équipement et de l'Agriculture) du Calvados, une étude prospective sur l'adaptation au changement climatique sur le territoire de la région Basse-Normandie.

Pour étudier les impacts attendus en Basse-Normandie, Météo-France a mis à disposition du groupement des simulations climatiques aux horizons 2030, 2050 et 2080¹ selon 3 hypothèses d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre (scénarios du GIEC - Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat).

L'objet est de projeter, à l'échelle de la Basse-Normandie, des indicateurs climatiques ayant un impact socio-économique en les comparant à une situation climatique de référence censée refléter le climat actuel (1971-2000). Ces projections sont fournies suivant les trois scénarios A2, A1B et B1 du GIEC.

Pour chaque indicateur annuel ou saisonnier, les résultats se présentent sous forme de cartes et de graphes, présentés ci-dessous. **La totalité des cartes issues de ces travaux est disponible en annexe : les propos qui suivent visent à présenter la méthode utilisée par Météo-France.**



2.1.2 Les indicateurs climatiques

Les indicateurs ont été définis et sélectionnés en concertation avec le groupement d'étude en fonction de leur pertinence dans le contexte socio-économique bas-normand.

Rappel des définitions

Températures

Pour cette étude, la référence des températures est une mesure « sous abri ».

La **température minimale (TN)** d'une journée est le minimum de la température depuis 18 heures UTC la veille jusque 18 heures UTC le jour.

La **température maximale (TX)** d'une journée est le maximum de la température depuis 6 heures UTC jusque 6 heures UTC le lendemain.

¹ Chaque horizon climatique porte sur une période de 30 ans autour de l'année indiquée ; soit 2016-2045 (pour 2030), 2036-2065 (pour 2050) et 2056-2090 (pour 2080)

La **température moyenne (TM)** d'une journée est la moyenne arithmétique entre les températures minimale et maximale de cette journée.

Le **nombre moyen de jours de gel** par an est le nombre de jours par an où la température minimale, relevée sous abri, est inférieure ou égale à 0°C.

Le **nombre moyen de jours de chaleur** par an est le nombre de jours par an où la température maximale relevée sous abri, est supérieure ou égale à 25°C.

Pluviométrie, bilan hydrique

La **pluviométrie (RR)** d'une journée se mesure entre 6 heures UTC le jour et 6 heures UTC le lendemain.

Le **nombre moyen de jours de pluie** par an est le nombre de jours par an où la pluie atteint ou excède 1 mm soit 1 litre par m².

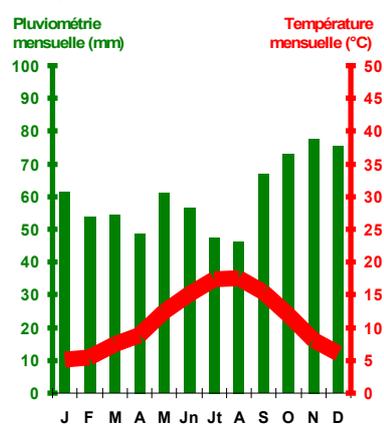
Le **nombre moyen de jours de forte pluie** par an est le nombre de jours par an où la pluie atteint ou excède 10 mm soit 10 litre par m².

Le **bilan hydrique potentiel** d'une année est le bilan annuel entre les apports en eau du sol (cumuls de pluie) et les pertes par ETP. L'ETP est un indicateur climatique des pertes en eau d'un couvert végétal de référence. Suivant le type d'usage, on peut la calculer, à partir de données météorologiques, par diverses formules (Penman ; TURC, Thornwaite,...). Pour cette étude, l'ETP est calculée par méthode de TURC qui prend en compte la température et le rayonnement solaire.

Les diagrammes ombrothermiques

Un diagramme ombrothermique visualise les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations. Une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures (P = 2T)

Ces diagrammes permettent de comparer facilement les climats entre eux.



Liste des indicateurs étudiés

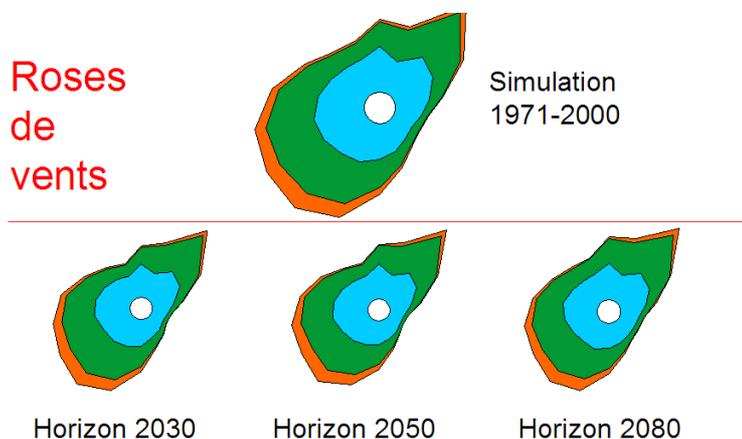
INDICATEUR	Libellé	CARTES	GRAPHES
IC01_TM_an	Température moyenne sous abri – ANNEE	X	X
IC02_TN_an	Température minimale – ANNEE	X	
IC03_TX_an	Température maximale – ANNEE	X	
IC04_nbjGEL_an	Nombre annuel de jours de gel (inf. 0°C)	X	X
IC05_nbj25_an	Nombre annuel de jours de chaleur (sup 25°C)	X	X
IC06_CumRR_an	Cumul de pluie – ANNEE	X	
IC07_nbjRR1_an	Nombre de jours de pluie (sup. 1mm) - ANNEE	X	X
IC08_nbjRR10	Nombre de jours de forte pluie (sup.10mm) - ANNEE		X
IC11_TM_hiver	Température moyenne _HIVER (DJF)	X	
IC12_TM_printemps	Température moyenne sous abri_PRINTEMPS (MAM)	X	
IC13_TM_ete	Température moyenne sous abri - ETE (JJA)	X	
IC14_TM_hiver	Température moyenne sous abri – AUTOMNE (SON)	X	
IC21_TN_hiver	Température minimale _HIVER (DJF)	X	X
IC33_TX_ete	Température maximale - ETE (JJA)	X	X
IC61_RR_hiverhydro	Cumul de pluie Hiver (octobre à mars)	X	
IC62_RR_etehydro	Cumul de pluie Été (avril à septembre)	X	
IC_70_BHP_an	Bilan hydrique potentiel (RR-ETP)	X	

Diag_ombro_Caen	Diagrammes ombrothermiques CAEN		X
Diag_ombro_Alencon	Diagrammes ombrothermiques ALENCON		X
Diag_ombro_Cherbourg	Diagrammes ombrothermiques CHERBOURG		X

L'indicateur « vent »

Aucun indicateur portant sur le vent n'a été fourni.

L'exemple ci-contre montre, pour un point n°363 de la grille ARPEGE-Climat, que les roses de vent trentenaires, simulées aux horizons 2030, 2050 et 2080, ne montrent pas de variation significative dans la répartition des vents (direction, force)



Périodes d'étude

Afin de prendre en compte la variabilité du climat, on cherche à qualifier le climat aux horizons étudiés (2030, 2050 et 2080), en analysant les indicateurs climatiques par « paliers » de trente ans, à savoir :

- 1971-2000 pour la climatologie de référence
- 2016-2045 pour l'horizon 2030
- 2036-2065 pour l'horizon 2050
- 2066-2095 pour l'horizon 2080

Ainsi, pour un indicateur annuel, le jeu de données disponible pour étudier un horizon donné se compose de 30 valeurs.

2.1.3 La climatologie de référence

Choix de la période de référence

Il s'agit de comparer les projections du climat futur par rapport à une situation représentative du climat « actuel ». Cette dernière doit refléter au mieux à la fois le climat « moyen » de ces dernières années sur la Basse-Normandie mais aussi sa variabilité. On retient, pour établir cette climatologie de référence, la période de trente ans utilisée pour les normales climatologiques : 1971-2000. (sauf exceptions).

Cartographie à maille fine : la méthode AURELHY

AURELHY (Analyse Utilisant le Relief pour l'Hydrologie) est une méthode développée par Météo-France (P. BENICHOU, O. LEBRETON – 1986) pour réaliser une cartographie climatique fine (1 km).

En effet, pour cartographier un paramètre climatique, on dispose généralement de valeurs ponctuelles (stations météorologiques). Le principe général de la méthode AURELHY consiste à interpoler les valeurs entre les points en reliant la variabilité spatiale du paramètre à celle du relief.

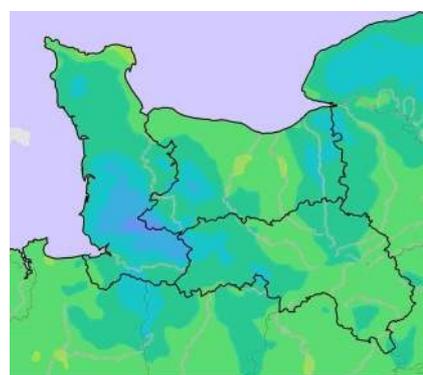
La méthode se déroule en trois étapes principales :

1. Reconnaissance automatique du lien statistique entre le paramètre étudié et les composantes du relief avoisinant les stations météorologiques (formes générales de paysage)
2. Utilisation de ce lien statistique pour reconstituer les valeurs du paramètre sur une grille de maille régulière, typiquement 1km
3. Cartographie du paramètre à maille fine (avec prise du relief)

Outre la résolution apportée, la méthode renseigne sur le rôle que joue le relief (lien statistique) sur la répartition spatiale du paramètre.

La cartographie des normales climatologiques (1971-2000), réalisée par la méthode AURELHY, est disponible à Météo-France, pour certains paramètres climatiques tels que la pluviométrie mensuelle, le nombre de jours de pluie, les températures (mini, maxi, moyenne), le nombre de jours de gel, de chaleur, ...

Pour cartographier la plupart des indicateurs retenus pour cette étude, la méthode AURELHY permet de disposer d'une cartographie fine (1km) sur la période de référence 1971-2000.



Exemple : carte de la pluviométrie moyenne (période estivale – 1971-2000)

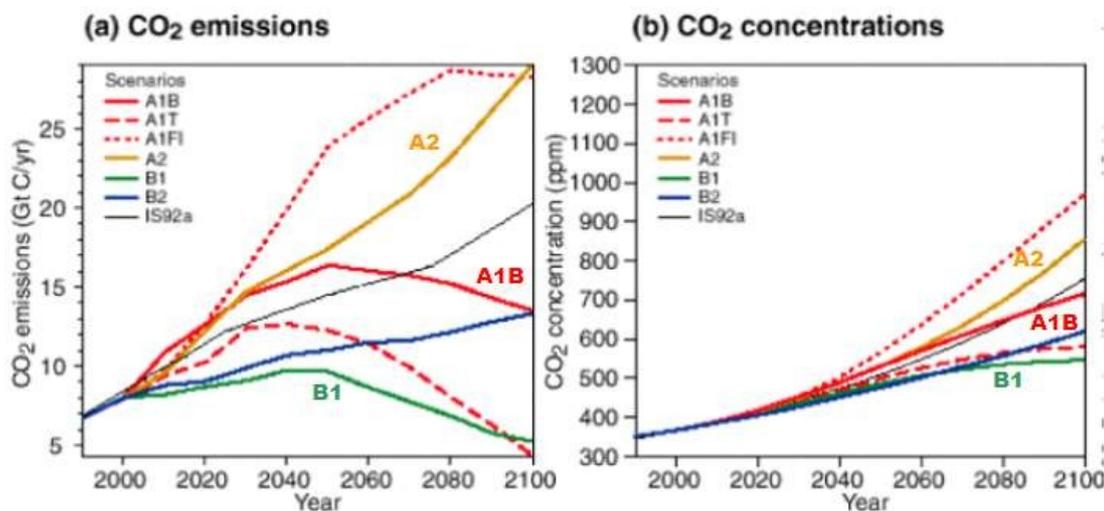
2.1.4 Les projections climatiques

Ce chapitre présente les différents jeux de données disponibles et utilisés pour cette étude. Les modèles climatiques simulent le comportement d'une « planète virtuelle » suivant des scénarios d'évolution des concentrations des gaz à effet de serre et des aérosols dans l'atmosphère.

Les scénarios socio-économiques retenus

Ces scénarios s'appuient sur diverses hypothèses du développement économique futur et de ses conséquences sur l'environnement. Ils prennent en compte l'évolution de la population, l'économie, le développement industriel et agricole, et de façon assez simplifiée la chimie atmosphérique.

Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du Climat (GIEC) a proposé un ensemble de scénarios de référence qui décrivent l'évolution possible des émissions et des concentrations de gaz à effet de serre.



Nous retiendrons pour cette étude, les scénarios A1B, A2 et B1 du GIEC.

Le **scénario A1B** décrit un monde futur dans lequel la croissance économique sera très rapide, la population mondiale atteindra un maximum au milieu du siècle pour décliner ensuite et de nouvelles technologies plus efficaces seront introduites rapidement. Les principales caractéristiques sous-jacentes sont la convergence entre régions, le renforcement des capacités et des interactions culturelles et sociales accrues, ainsi qu'une réduction substantielle des différences régionales dans le revenu par habitant. Ce scénario retient un équilibre entre les sources ("équilibre" signifiant que l'on ne s'appuie pas excessivement sur une source d'énergie particulière, en supposant que des taux d'amélioration similaires s'appliquent à toutes les technologies de l'approvisionnement énergétique et des utilisations finales). Autrement dit, le scénario A1B table sur une forte croissance économique qui suppose des échanges mondiaux importants.

Le **scénario A2** décrit un monde très hétérogène. Le thème sous-jacent est l'autosuffisance et la préservation des identités locales. Les schémas de fécondité entre régions convergent très lentement, avec pour résultat un accroissement continu de la population mondiale. Le développement économique a une orientation principalement régionale ; la croissance économique par habitant et l'évolution technologique sont plus fragmentées et plus lentes que pour les autres scénarios. Autrement dit, le scénario A2 table sur une croissance économique qui met l'accent sur les échanges régionaux.

Le **scénario B1** décrit un monde convergent avec la population mondiale culminant au milieu du siècle et déclinant ensuite, comme dans le scénario A1B, mais avec des changements rapides dans les structures économiques vers une économie de services et d'information, avec des réductions dans l'intensité des matériaux et l'introduction de technologies propres et utilisant les ressources de manière efficace. L'accent est placé sur des solutions mondiales orientées vers une viabilité économique, sociale et environnementale, y compris une meilleure équité, mais sans initiatives supplémentaires pour gérer le climat. Autrement dit, le scénario B1 suppose des échanges mondiaux importants tout en privilégiant l'environnement.

Les simulations climatiques

Le 4ème rapport d'évaluation sur l'évolution du climat du GIEC (Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, mis en place par l'Organisation Météorologique Mondiale, et par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement), s'appuie sur des simulations numériques réalisées avec une vingtaine de modèles climatiques globaux dont, pour la France, le modèle ARPEGE-CLIMAT (Météo-France) et le modèle de l'IPSL (Institut Pierre Simon Laplace).

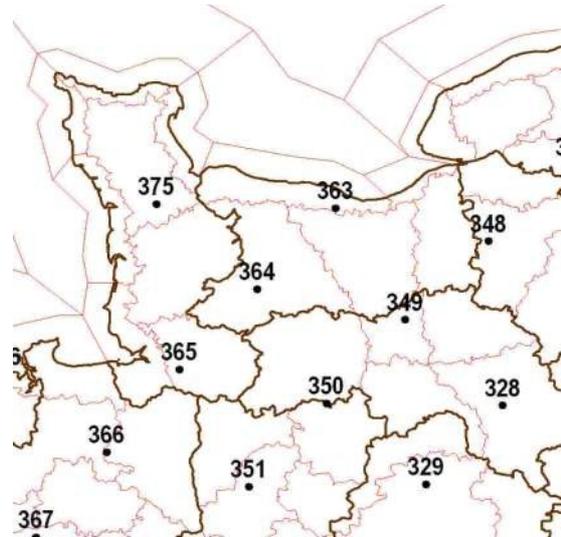
Le modèle ARPEGE-Climat (Météo-France)

La version 4 du modèle ARPEGE-Climat, utilisée pour cette étude, a la particularité d'être en mode « étiré », Sa résolution est variable, nettement plus fine sur une zone d'intérêt qu'aux antipodes. Sur la France métropolitaine, cette version apporte une résolution de l'ordre de 50 km.

La carte ci-contre représente le domaine étudié.

Elle comporte :

- Les contours départementaux
- Les limites des zones de prévision (prévisions opérationnelles)
- Les **points de la grille du modèle ARPEGE-Climat**. Le numéro pointé permet d'identifier le point ARPEGE



En sortie des simulations du modèle ARPEGE-V4, on dispose, pour chaque point de la grille du modèle, de jeux de données climatiques quotidiennes ou semi-quotidiennes sur la période 1950-2100. Les projections vers le futur (2001-2100) sont effectuées suivant trois scénarios socio-économiques du GIEC, à savoir A1B, A2 et B1, correspondant à des hypothèses d'évolution des concentrations en gaz à effet de serre (voir ci-dessus).

La simulation, dite de référence (1950-2000), permet par comparaison avec les séries de mesures passées de recalibrer les résultats du modèle. Pour cette étude, les sorties brutes du modèle sont utilisées sans débiaisage (sans recalage du modèle par rapport aux séries observées).

La méthode utilisée est la suivante (méthode des deltas).

La base est, pour un indicateur donné, une climatologie de référence qualifiant, avec la meilleure résolution disponible, le climat récent (typiquement, la période 1971-2000). Cette carte de référence peut être obtenue par une méthode d'interpolation optimale telle que la méthode AURELHY, utilisée à Météo-France pour spatialiser des paramètres climatiques à résolution 1 km en prenant en compte la topographie (formes de relief).

La carte projetée, pour un horizon 2030 (ou 2050 ou 2080) et pour un scénario donné (A1B, B1, A2), est obtenue en ajoutant à la carte climatique de référence (1971-2000), une carte des écarts entre la simulation ARPEGE à 2030 (ou 2050 ou 2080) et la simulation ARPEGE sur la période de référence (1971-2000).

Note importante : la résolution fine de la carte finale est apportée uniquement par la spatialisation des données observées (méthode AURELHY). Les informations issues du modèle de simulation (ARPEGE-Climat) n'ont pas fait l'objet d'une descente d'échelle et apportent une variation de l'indicateur (écarts) à résolution 50 km.

Exemple : cartographie des températures moyennes à l'horizon 2030

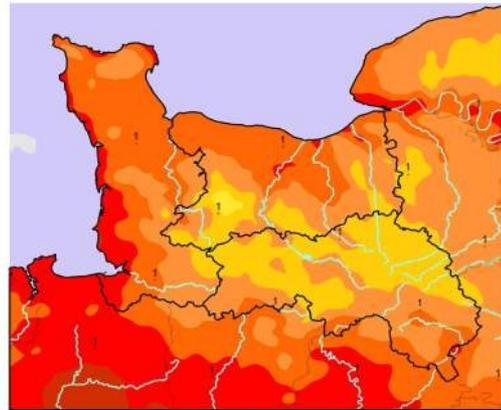
On dispose :

- d'une carte **A** : climatologie de référence (1971-2000) obtenue à partir des observations et spatialisée à haute résolution (1km par la méthode AURELHY, prise en compte du relief)
- d'une carte **B** : moyenne sur la période 1971-2000 (horizon de référence) obtenue, à résolution 50 km, à partir des simulations climatiques (modèle ARPEGE Climat)
- d'une carte **C** : moyenne sur la période 2016-2045 (horizon 2030) obtenue, à résolution 50 km, à partir des simulations climatiques (modèle ARPEGE Climat)

Pour obtenir la carte des températures moyennes à l'horizon 2030, les étapes sont les suivantes :

1. On calcule une carte $D = C - B$, par différence entre la carte C (2030) et la carte B (période de référence). Elle représente l'évolution de l'indicateur, projetée par le modèle (résolution 50 km), entre l'horizon étudié et la période de référence 1971-2000

2. On superpose la carte A (climatologie de référence, résolution 1 km) et la carte D d'évolution projetée par modèle (écarts à résolution 50 km, spatialisés ensuite à résolution 1km par une méthode de krigeage à résolution 1km).



le

Les incertitudes

Tout d'abord notre système atmosphérique n'est pas entièrement prévisible. C'est bien pour cela qu'il arrive que la météo - qui travaille avec les mêmes équations que la physique, même si ses modèles sont essentiellement atmosphériques - se trompe, même si, statistiquement, elle a souvent raison (mais on entend surtout parler des fois où elle se trompe, ce qui induit un effet de déformation : il ne faut pas que l'arbre masque la forêt !). Cela entache d'incertitude les transferts d'énergie vers l'espace (et donc la température moyenne de la planète), la répartition régionale du changement climatique, etc.

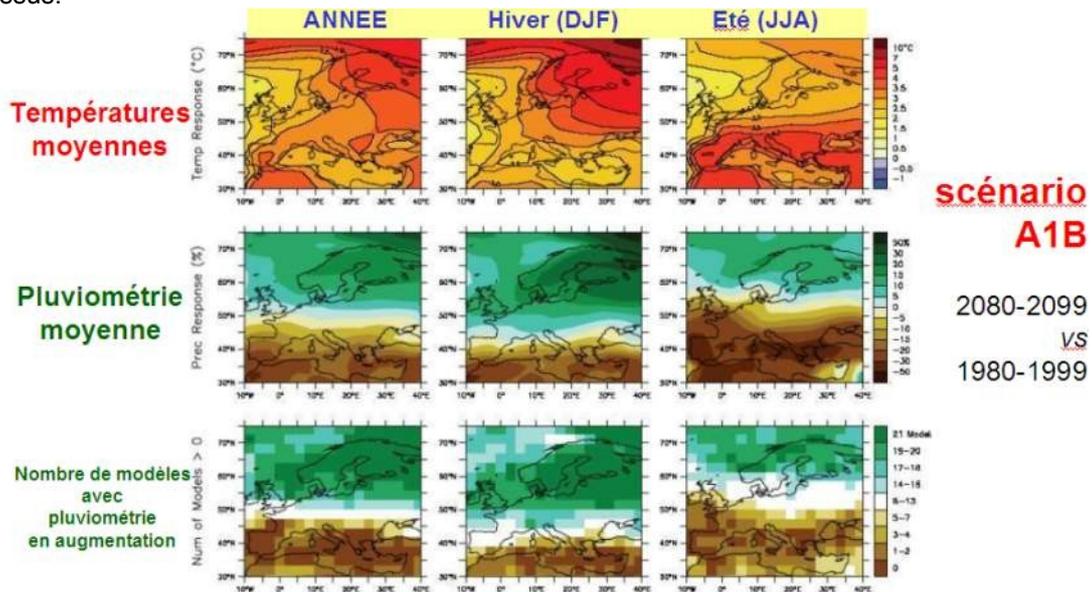
Ensuite il y a d'inévitables simplifications lorsque l'on construit un modèle. Il est cependant légitime et courant de procéder de la sorte : le simple fait que l'on ait fait une simplification n'est pas nécessairement une source d'erreur. Par exemple, le plan de l'architecte ne reproduit pas tous les détails du futur bâtiment mais seulement les "choses les plus importantes" : pour autant, se fera-t-on une mauvaise idée de la facilité avec laquelle on circulera dans le bâtiment ? Ils ne représenteront toujours qu'une partie du système (mais heureusement cela suffit à souligner l'existence de risques importants).

Parmi les éléments qui doivent être mieux pris en compte, on peut citer :

- Les nuages (car il s'agit d'objets de petite taille relativement à la taille de la maille, donc que l'on est obligé de traiter de manière approchée)
- Les puits et sources du carbone océanique et continental, et notamment l'influence de la biosphère, avec une limite qui est que la biosphère est toujours dépendante de conditions locales et que la modification de ces dernières est plus incertaine que la modification des conditions "globales"
- L'évaporation continentale, qui fait aussi intervenir des processus de petite échelle (c'est à dire de "petite taille" par rapport à la taille de la maille)

- La circulation océanique profonde (qu'il est difficile de mesurer, donc pour laquelle il est difficile de comparer ce que dit le modèle avec la réalité)
- Le cycle du méthane (le gaz du "pourrissement"), et du protoxyde d'azote, où les sources naturelles ne sont pas quantifiées avec précision
- La prise en compte de l'augmentation de l'ozone troposphérique (celui qui est près du sol), car cela dépend d'une chimie atmosphérique complexe
- Le rôle des aérosols organiques ou minéraux (les poussières)

Mais il ne faudrait pas déduire du fait qu'il reste des zones d'ombres que l'on peut ignorer les résultats, ce qui serait jeter le bébé avec l'eau du bain ! Pour un même scénario socio économique, il y a au niveau global un accord entre la vingtaine de modèles du GIEC. En outre, ces modèles sont en perpétuelle évolution, et donc en perpétuelle amélioration en prenant en compte de plus en plus de processus.



Cartes illustrant la variabilité pour un même scénario des résultats des différents modèles utilisés par le GIEC

2.2 Apports scientifiques complémentaires

Ce chapitre tente de répondre aux pistes ouvertes à l'issue des entretiens en apportant quelques données récentes issues des publications scientifiques. Il a pour objectif d'être un support utile à la réflexion ultérieure sur l'adaptation.

2.2.1 Changements abrupts du climat (surprises climatiques)

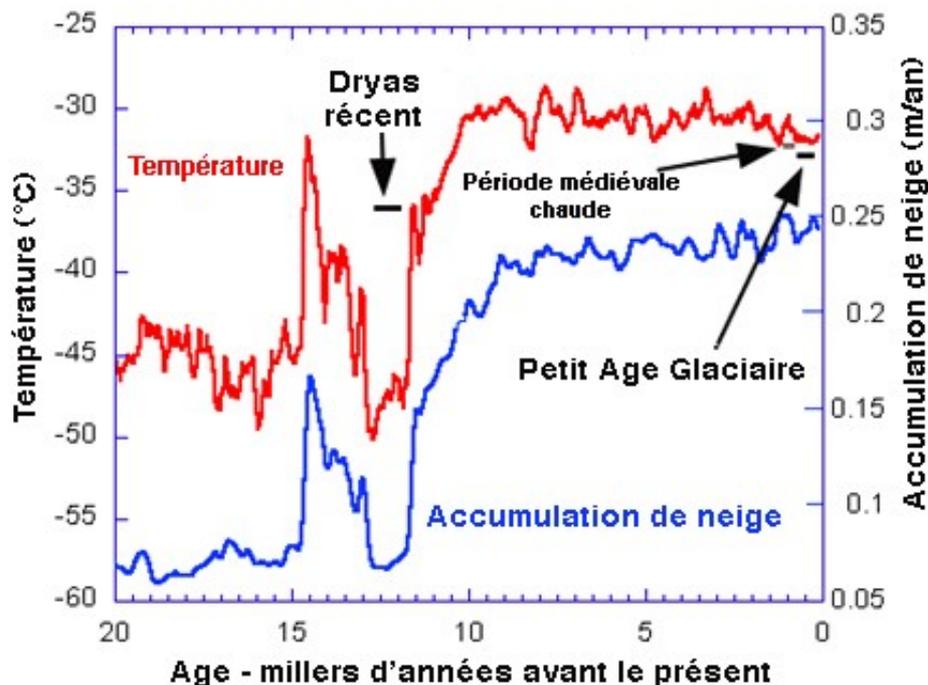


Figure 1 - Température et accumulation de neige calculées à partir du carottage glaciaire groenlandais GISP2 (Alley, 2000)

Les enregistrements issus des carottes glaciaires groenlandaises fournissent une image exceptionnellement claire des changements climatiques abrupts, et particulièrement de ceux associés à l'événement du Dryas récent.

Comme le montre le schéma ci-dessus, une augmentation nette et abrupte de la température est traduite de l'enregistrement « Greenland Ice Sheet Project 2 (GISP2) » à la fin de la dernière période glaciaire ainsi qu'à la fin du Dryas récent² (il y a 11.600 ans). Le réchauffement ainsi illustré (+5 à 10°C) s'est produit en quelques décennies ou même moins.

Le refroidissement lors du retour des températures aux conditions de glaciation du Dryas récent se déroule sur une période plus longue dans un mode progressif en marches d'escalier (Alley, 2000).

Une étude plus récente démontre, à partir du sondage glaciaire groenlandais NGRIP (North Greenland Ice Core Project), que la fin du quaternaire s'est en fait déroulée en cinq ans (Steffensen et al., 2008).

« Nous avons analysé la transition entre la dernière période glaciaire et notre période interglaciaire chaude actuelle. Les renversements climatiques se produisent aussi abruptement que si quelqu'un avait soudain appuyé sur un bouton. » (Dorthe Dahl-Jensen, CNRS 2008)

² Dryas est le nom d'une période climatique du quaternaire ; On distingue l'ancien dryas et le nouveau dryas correspondant respectivement au début de la dernière déglaciation et à une période d'interruption de cette dernière

Ni la magnitude, ni la rapidité de tels changements n'est exprimée au sein des modèles climatiques actuels (Steffensen et al., 2008).

« Le résultat le plus spectaculaire est la modification de l'origine des précipitations du Groenland. Quelques années après la modification du contenu en poussières, l'excès en deutérium de la glace bascule d'un niveau glaciaire à un niveau interglaciaire quasiment d'une année à l'autre, ce qui témoigne d'une réorganisation extrêmement rapide de la circulation atmosphérique tropicale puis polaire. » (Valérie Masson-Delmotte, CNRS 2008)

« Ces mesures d'une résolution temporelle exceptionnelle permettent pour la première fois de comprendre l'anatomie des changements climatiques passés. Tout comme le recul extrêmement rapide de la banquise arctique au cours de l'été 2007, les changements climatiques les plus abrupts de la dernière déglaciation sont liés à des modifications radicales de la circulation atmosphérique. » (Jean Jouzel, CNRS, 2008)

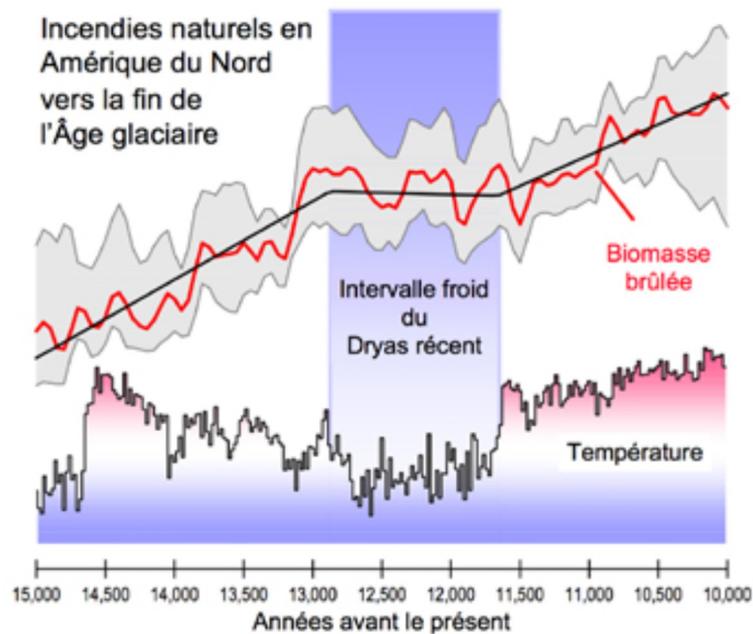


Figure 2 - Accroissement rapide des feux de végétation après la fin de ce Dryas Récent vers 11700 BP, (© Marlon modifié par Richard, CNRS 2009)

À ces changements brutaux du climat sont associés des feux importants. L'origine anthropique ou imputée à l'impact d'une météorite sont des hypothèses désormais remises en question. Il semble que ces périodes d'accélération du réchauffement soient la fonction environnementale majeure dans le contrôle à grande échelle du régime des incendies (Marlon, 2009).

Forçage anthropique actuel

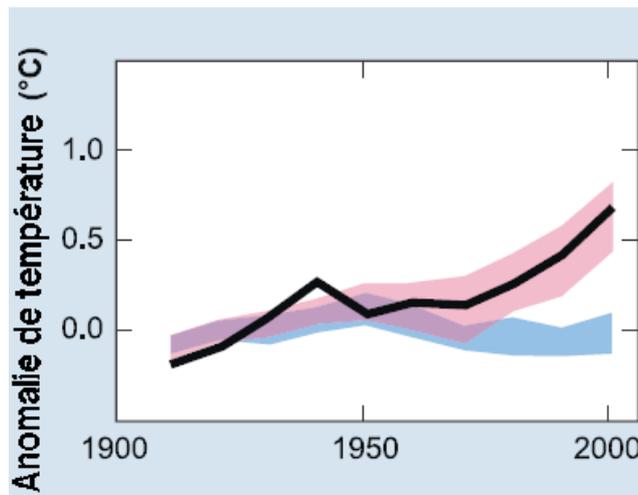


Figure 3 - Comparaison des variations de la température en surface observées à l'échelle du globe et des continents avec les résultats simulés par des modèles climatiques intégrant les forçages naturels seulement ou les forçages naturels et anthropiques. En noir les observations, en bleu les modèles sans forçage anthropique, en rouge, les modèles intégrant un forçage anthropique du climat (GIEC, 2007).

« Seuls les modèles qui tiennent compte des forçages anthropiques parviennent à simuler les configurations du réchauffement observées, dont un réchauffement plus important au-dessus des terres émergées » (GIEC, 2007).

« Aucun modèle couplé du climat mondial ne tenant compte que des seuls forçages naturels n'a reproduit les tendances moyennes au réchauffement propres aux différents continents (à l'exception de l'Antarctique) pour la seconde moitié du XXe siècle » (GIEC, 2007).

Ces rétroactions peuvent avoir un effet abrupt, sur le climat.

Évolutions des vents

Selon Pirazzolli (2004), le changement de la pression atmosphérique en atlantique nord montre une corrélation avec l'indice NAO³ croissant vers le sud (Belle-Île), alors que les changements dans l'activité du vent montrent des tendances similaires à celle des récents changements de température de l'hémisphère nord, et montrent une corrélation avec l'indice NAO croissant vers le nord (Bellmulet, Irlande du nord-est). Plus on est au sud, plus la pression atmosphérique est corrélée avec l'indice NAO. Plus on est au Nord, plus la force des vents est corrélée avec l'indice NAO.

³ NAO : Oscillation Nord-Atlantique

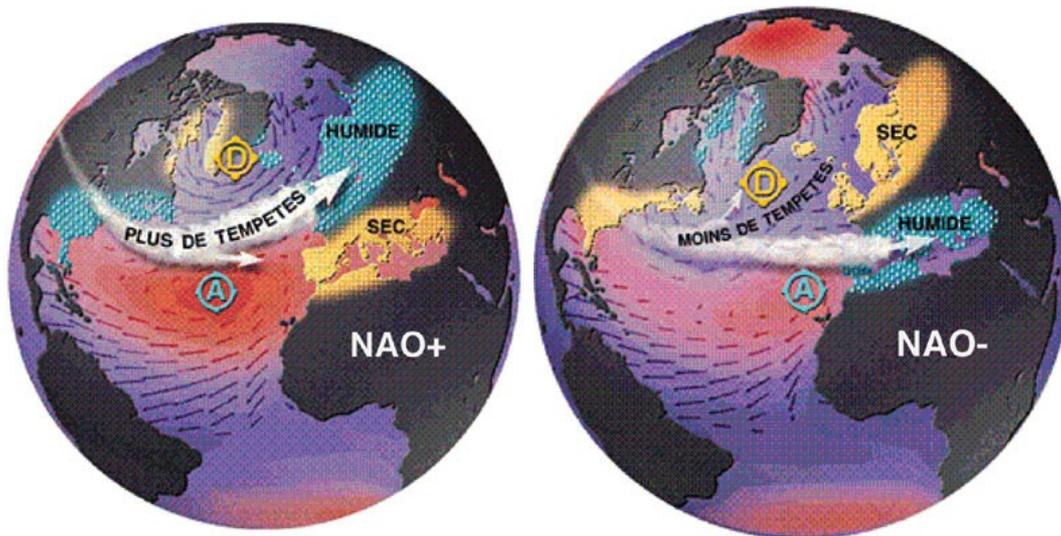


Figure 4 - Schéma récapitulatif des impacts associés aux deux phases de la NAO (Cassou & Terray, 2003)

Phase positive de la NAO : creusement de la dépression d'Islande, gonflement et intensification de l'Anticyclone des Açores, l'hiver est alors doux, humide et venté en Europe du Nord, alors qu'en Méditerranée il est plus sec.

Phase négative de la NAO : affaiblissement de la dépression d'Islande, affaiblissement de l'Anticyclone des Açores, les vents d'ouest étant affaiblis, des masses d'air froid arrivent de Sibérie.

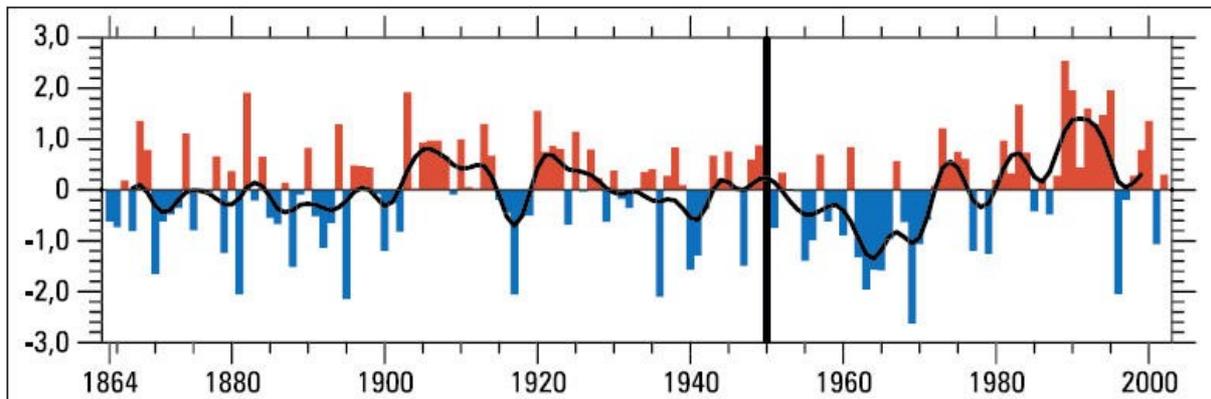


Figure 5 - Indice NAO moyenné sur les mois d'hiver (mois de décembre à février) et calculé pour les stations de Lisbonne (Portugal) et Stykkisholmur (Islande).

L'indice est présenté pour les hivers 1864 à 2002 (année du mois de janvier par convention). La barre noire verticale matérialise le début des fluctuations quasi décennales à la fin du XXe siècle. La courbe noire est une moyenne glissante de l'indice sur cinq ans (Cassou, 2004).

Quid de la tendance d'accroissement des vents d'est ?

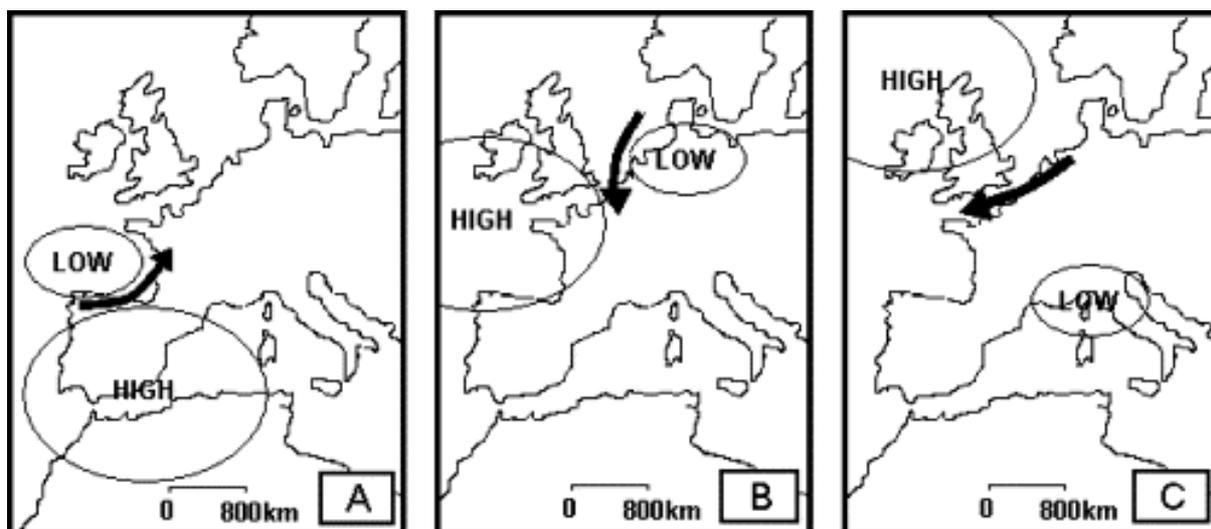


Figure 6 - Conditions atmosphériques schématiques en période de forts (A) vents de sud, (B) vents de nord et (C) vents d'est au-dessus des côtes françaises de la manche et de l'atlantique (Pirazzoli, 2004).

Selon Pirazzoli et al. (2004), les vents forts augmentent en fréquence dans la partie occidentale de la Bretagne, et décroissent en Normandie et en Pays de Loire. On peut distinguer les vents de sud, qui décroissent légèrement, et les vents forts des autres directions qui montrent un accroissement de fréquence plus ou moins important.

Pour ces auteurs, la fréquence des vents d'est (60°-120°) s'est accrue :

- à Ouessant sur la période 1975-1997 ($p > 0,99$)
- à Belle-Île sur la période 1975-1997 ($p > 0,99$)

Ces vents correspondent à des conditions anticycloniques centrées sur l'Europe du Nord. Dans la Manche et en Bretagne, ces vents sont habituellement accompagnés de températures froides, et sont souvent associés à des dépressions circulant en méditerranée, qui y restent bloquées par les anticyclones de la Mer du Nord et de l'Europe Centrale. Le récent accroissement de ces vents d'Est suggère que ce type de blocage devient plus fréquent depuis le milieu des années 1970. Ce genre de blocage continental (cf. Figure 6) est prédit par un modèle en cas d'accroissement des concentrations atmosphériques de CO₂ (Pirazzoli et al. 2004).

Selon Joël Jan de Météo-France, il faut être prudent dans l'interprétation de ces analyses, du fait de la variabilité interdécennale naturelle des vents, ainsi que du fait de l'évolution instrumentale durant la période analysée, avant de lier cette évolution au changement climatique. Il est cependant indéniable qu'une augmentation de température aura lieu du fait du renforcement estival des conditions anticycloniques, et qu'à ces conditions anticycloniques seront associées ces vents d'Est.

Cependant, cette évolution des vents n'est pas perceptible dans la simulation effectuée par Météo-France à partir du modèle ARPEGE-Climat (scénario A1B) pour Caen (cf. page 15).

2.2.2 Le niveau de la mer

Depuis 2000 ans, le niveau de la mer a varié de 0,1 mm/an. Au cours du 20ème siècle, les enregistrements marégraphiques montrent une hausse du niveau moyen global de la mer de l'ordre de 1,8 mm/an. La Figure 7 présente la courbe du niveau moyen de la mer depuis 1993 d'après les satellites Topex/Poseidon et Jason-1. La hausse moyenne observée entre janvier 2003 et fin 2007 est de $3,06 \pm 0,4$ mm/an. A cette valeur, on doit retrancher l'effet du rebond post glaciaire, estimé à $-0,3$ mm/an, ce qui conduit à une hausse du niveau de la mer de $\sim 3,3$ mm/an pour les 15 dernières années (Cazenave and Nerem, 2004, Ablain et al. soumis).

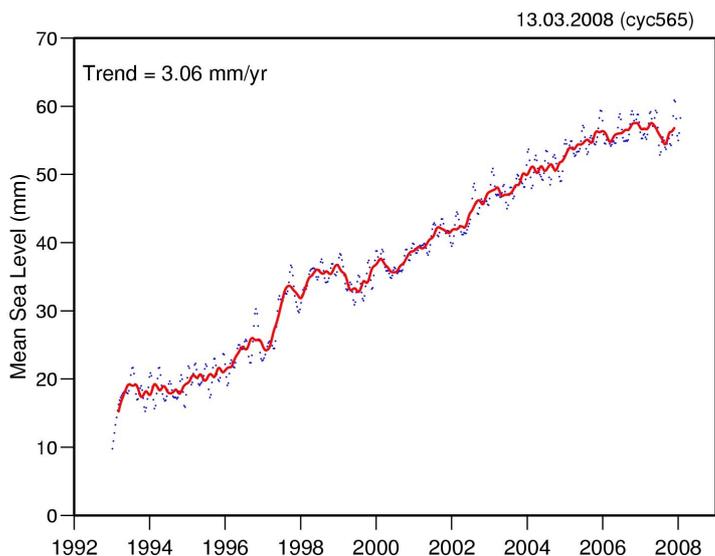


Figure 7 - Courbe d'évolution du niveau moyen de la mer par altimétrie spatiale (1993-2008 - Topex/Poseidon et Jason-1)

Bilan pour les années récentes

Pour la décennie 1993-2003, la somme des contributions climatiques (expansion thermique, glaces et eaux continentales) approche les 3 mm/an. Cette valeur est en bon accord avec les observations d'altimétrie spatiale (de 3.3 mm/an) (Figure 8).

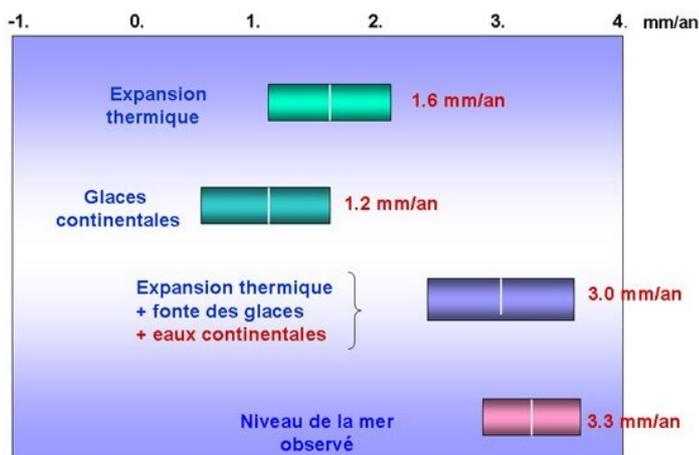


Figure 8 - Contributions climatiques et observation du niveau de la mer pour la décennie 1993-2003

Une étude récente (Rafmstorf et al., 2007) a comparé la hausse observée du niveau de la mer aux modèles de projections du GIEC (3ème rapport, 2001) (Figure 9 ci-dessous) depuis 1990. On

remarque que le niveau de la mer observé se situe dans la partie haute de la fourchette des projections.

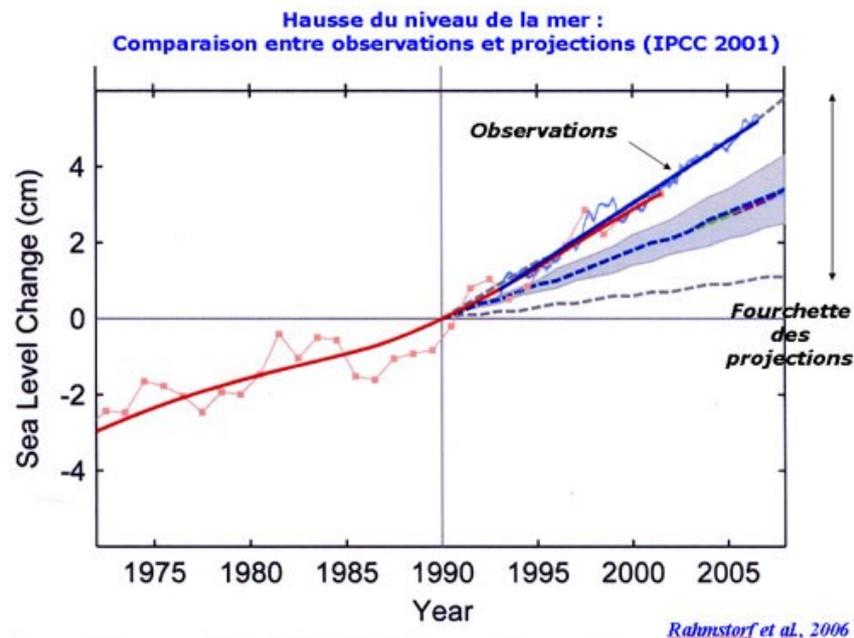


Figure 9 - Hausse observée du niveau de la mer comparée aux modèles de projections du GIEC

Depuis 1990, le niveau de la mer observé a augmenté plus rapidement que l'augmentation projetée par les modèles, ainsi que le montre à la fois une reconstruction employant des données de marégraphes et, depuis 1993, par l'altimétrie satellite (les deux corrigés de l'ajustement isostatique post-glaciaire). Les données satellite montrent une tendance linéaire de $3,3 \pm 0,4$ mm/an (1993-2006) et la reconstruction des marégraphes est légèrement inférieure, alors que la projection supérieure de l'GIEC était de 2 mm/an.

Le taux de croissance de l'élévation du niveau de la mer reconstitué des 20 dernières années est 25% plus rapide que le taux de croissance de toute période analogue au cours des 115 dernières années.

Avec la précaution de rigueur sur la courte période en jeu pouvant ne mettre en jeu que la variabilité intra-décadale du climat, il est donc prématuré de conclure que le niveau de la mer continuera dans le futur à suivre cette limite supérieure.

La plus forte contribution à l'élévation rapide de la mer provient de l'expansion thermique et de la fonte des glaciers non-polaires, du fait du réchauffement. Bien que la contribution de la calotte polaire ait été faible, des observations indiquent qu'elle augmente rapidement, avec des contributions à la fois du Groenland et de l'Antarctique.

Ces observations soulignent l'impact du changement climatique, et le fait que les premières prévisions du GIEC n'ont pas surestimé les changements, mais peuvent les avoir sous-estimés, notamment en ce qui concerne le niveau de la mer (Rahmstorf et al., 2007).

Accélération de l'élévation de la mer

Selon Hansen (2007a&b), il semble que les scientifiques qui minimisent les dangers du changement climatique paraissent plus sérieux. Cette "réticence scientifique", en partie liée à une réticence naturelle à prendre position, peut affecter la communication avec le public à propos des dangers du réchauffement global.

Alors que la croissance de la calotte glaciaire prend des millénaires, la désintégration peut s'effectuer de manière très rapide. Cette désintégration n'est, selon Hansen, pas linéaire. L'élévation du niveau de la mer est passée de 1,8 mm par an au XXème siècle à 3,3 mm au cours des dix dernières années. Cette accélération est le fait de l'activité humaine. Environ la moitié de cette augmentation est due à l'expansion thermique résultant du réchauffement climatique.

Le point de vue d'Hansen est basé sur :

1. L'histoire de la terre, et la manière dont elle a réagi aux forçages du passé
2. L'observation de ce qui se passe actuellement
3. Les modèles de simulations

Les enregistrements paléoclimatiques offrent de nombreux exemples de fonte des calottes glaciaires amenant une élévation du niveau de la mer de plusieurs mètres par siècle, dans un contexte climatique moins sévère que celui du scénario tendanciel (A2) d'évolution actuelle du climat. Par exemple, il y a environ 14.000 ans (Figure 10 ci-dessous), le niveau de la mer s'est élevé d'environ 20 mètres en 400 ans, soit environ **1 mètre tous les 20 ans** (Hansen, 2007).

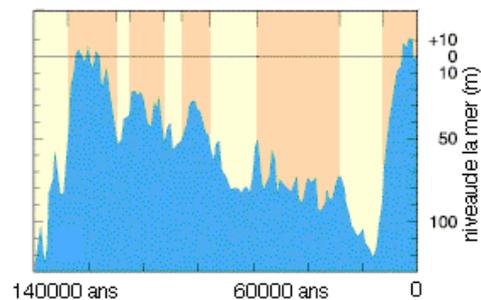


Figure 10 - Histoire du niveau de la mer au quaternaire récent (<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/ctl/clisci100k.html>, modifié)

Contribution des calottes polaires à l'élévation du niveau de la mer

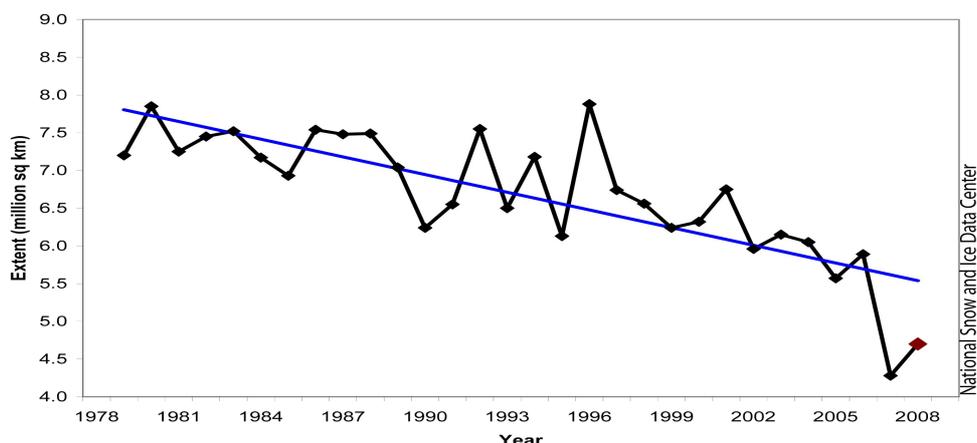


Figure 11 - Étendue de la glace arctique en sept. de 1979 à 2008 : déclin de 11,7% par décade (NSIDC, 2008)

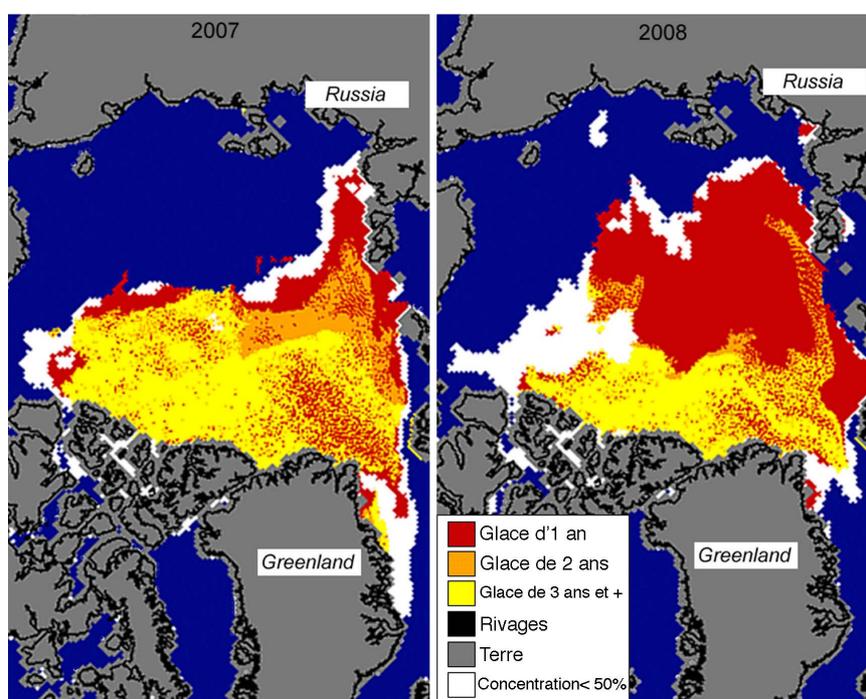


Figure 12 - Comparaison de l'âge de la glace arctique à la fin des saisons de fonte, en septembre 2007 (gauche) et septembre 2008 (droite) montrant l'accroissement de glace fine de première année (rouge) et le déclin de la glace épaisse de plusieurs années (orange et jaune) ; le blanc indique les secteurs de glace inférieurs à 50%, pour lesquels l'âge ne peut être déterminé. (National Snow & Ice Data Center & C. Fowler, J. Maslanik, S. Drobot, University of Colorado, Boulder, 2008)

Depuis 2003, l'expansion thermique de l'océan fait une pause. Mais la contribution accrue des glaces et eaux continentales permet d'expliquer presque totalement la hausse du niveau de la mer des dernières années.

Si la pause récente de l'expansion thermique est temporaire (ce qui est le plus probable), et si la fonte des glaces terrestres continue de s'accélérer, **le niveau de la mer devrait apporter des surprises dans un futur proche** (Casenave, 2008). En effet, avec la fonte de la calotte glaciaire, l'effet d'albédo (réfraction de l'énergie solaire vers l'atmosphère) est atténué. Une rétroaction positive s'opère alors et accélère le phénomène de fonte. De plus, le fait que la fonte a commencé à entamer le stock de glace ancienne, inquiète aujourd'hui les spécialistes..

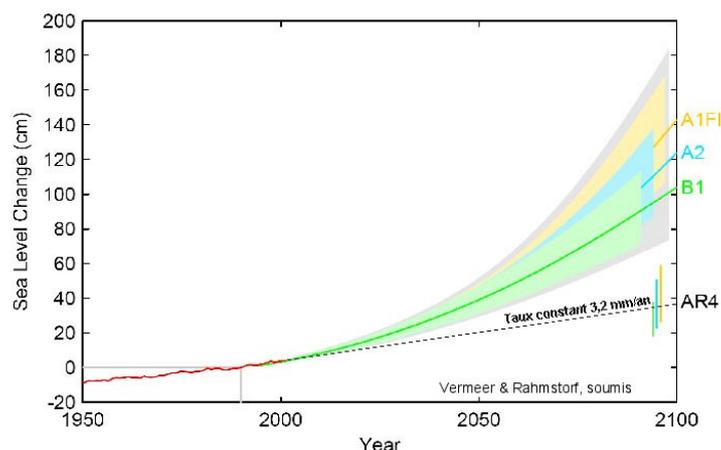


Figure 13 - Projection d'élévation du niveau de la mer basée sur l'étude des climats du passé proposant de lier l'accélération du niveau de la mer avec l'augmentation de la température (Vermeer & Rahmstorf, 2009)

Récemment, Rahmstorf (Figure 13, ci-dessus) a proposé une nouvelle équation des changements du niveau de la mer, basée sur les projections de température globales du GIEC (2007). Cette équation remet en cause le taux constant du modèle du GIEC (3,2 mm/an) afin d'être plus fidèle avec les observations du passé et du présent, et propose une accélération cohérente avec l'élévation de la température. L'amplitude totale de l'élévation du niveau de la mer y est de **75-190 cm** pour **2100** (Vermeer & Rahmstorf, 2009).

2.2.3 Risques de submersion

Tableau I : Évaluation résumée des risques de submersion marine en manche orientale (Pirazzoli, 2006) : la pente des flèches décrit de manière qualitative la tendance actuelle (vers le haut, risque accru ; vers le bas, risque décroissant ; horizontal, absence de tendance). Les flèches en traits pleins suggèrent un degré de confiance plus élevé. Les flèches rouges correspondent à un niveau de risque plus élevé.

Station	Niveau marin	Vents de surcote		Durée des dépressions	Risque d'inondation
		Fréquence	Vitesse		
14. Roscoff	↗ (traits pleins, rouge)	↗ (traits pleins, rouge)	↗ (traits pleins, rouge)	→ (traits pleins, jaune)	↗ (traits pleins, rouge)
15. Saint-Servan	→ (traits pleins, jaune)	→ (traits pleins, jaune)	↗ (traits pleins, rouge)	→ (traits pleins, jaune)	↗ (traits pleins, rouge)
16. Cherbourg	↗ (traits pleins, rouge)	→ (traits pleins, jaune)	↘ (traits pleins, vert)	↘ (traits pleins, vert)	→ (traits pleins, jaune)
17. Le Havre	↗ (traits pleins, rouge)	→ (traits pleins, jaune)	→ (traits pleins, jaune)	→ (traits pleins, jaune)	↗ (traits pleins, rouge)
18. Dieppe	↗ (traits pleins, rouge)	↘ (traits pleins, vert)	↘ (traits pleins, vert)	↗ (traits pleins, rouge)	↗ (traits pleins, rouge)
19. Boulogne	↗ (traits pleins, rouge)	→ (traits pleins, jaune)	→ (traits pleins, jaune)	↗ (traits pleins, rouge)	↗ (traits pleins, rouge)
20. Calais	→ (traits pleins, jaune)	↘ (traits pleins, vert)	↘ (traits pleins, vert)	non décisif	↘ (traits pleins, vert)
21. Dunkerque	↗ (traits pleins, rouge)	→ (traits pleins, jaune)	↘ (traits pleins, vert)	non décisif	→ (traits pleins, jaune)

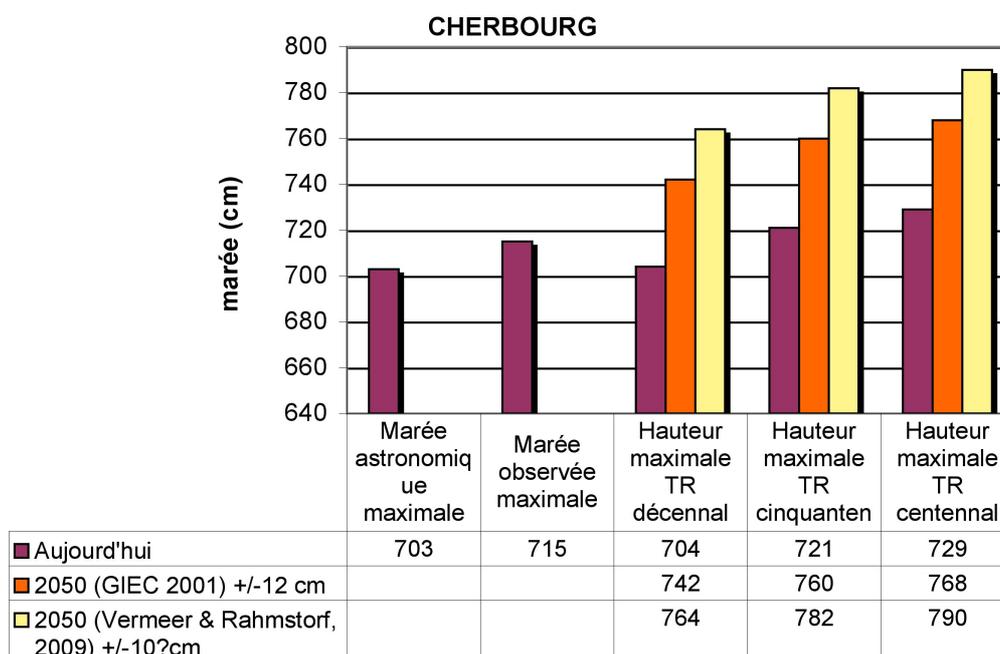
Pirazzoli (2006) tente une évaluation qualitative des risques de submersion liée au facteur prépondérant constitué par l'élévation du niveau de la mer. La tendance récente d'élévation du niveau de la mer présente une progression plus ou moins rapide dans la majorité des stations étudiées (Tableau I).

A partir d'une formule intégrant les prédictions de marées extrêmes et les modélisations d'élévation du niveau de la mer proposées par le GIEC en 2001, Pirazolli propose d'évaluer les hauteurs maximales des marées pour des temps de retour décennaux, cinquantennaux et centennaux.

Tableau II : Hauteurs de marées maximales calculées pour Cherbourg et Le Havre⁴

Cherbourg		Le Havre	
Actuel		Actuel	
hauteur maximale TR décennal	704 cm	hauteur maximale TR décennal	880 cm
hauteur maximale TR cinquantennal	721 cm	hauteur maximale TR cinquantennal	903 cm
hauteur maximale TR centennal	729 cm	hauteur maximale TR centennal	915 cm
2050		2050	
hauteur maximale TR décennal	742±12cm	hauteur maximale TR décennal	926±12cm
hauteur maximale TR cinquantennal	760±12cm	hauteur maximale TR cinquantennal	949±12cm
hauteur maximale TR centennal	768±12cm	hauteur maximale TR centennal	961±12cm
		2100	
		Hauteur maximale TR centennal	1001±12cm

Selon des travaux récents, le facteur d'élévation du niveau de la mer est censé s'accroître de manière importante durant les prochaines décennies. Nous comparons dans la figure suivante, les hauteurs de marées extrêmes calculées par Pirazolli à partir des données du GIEC de 2001 (élévation globale de 17 +/-12 cm en 2050 et de 48 +/- 39 cm en 2100), avec une version de ces calculs que Pirazolli nous a conseillé de modifier en y intégrant les récentes réévaluations de Vermeer & Rahmstorf (2009), considérant une élévation globale de 39 +/-10?cm en 2050 et de 133 +/-60?cm en 2100.



⁴ Source : Tomasin & Pirazolli, (2008), Pirazolli & Tomasin, (2008) (estimations pour 2050), l'estimation pour le Havre 2100 est issue d'une diapo de Pirazolli sur le site du GDR Seine Aval (4_Pirazolli.pdf)

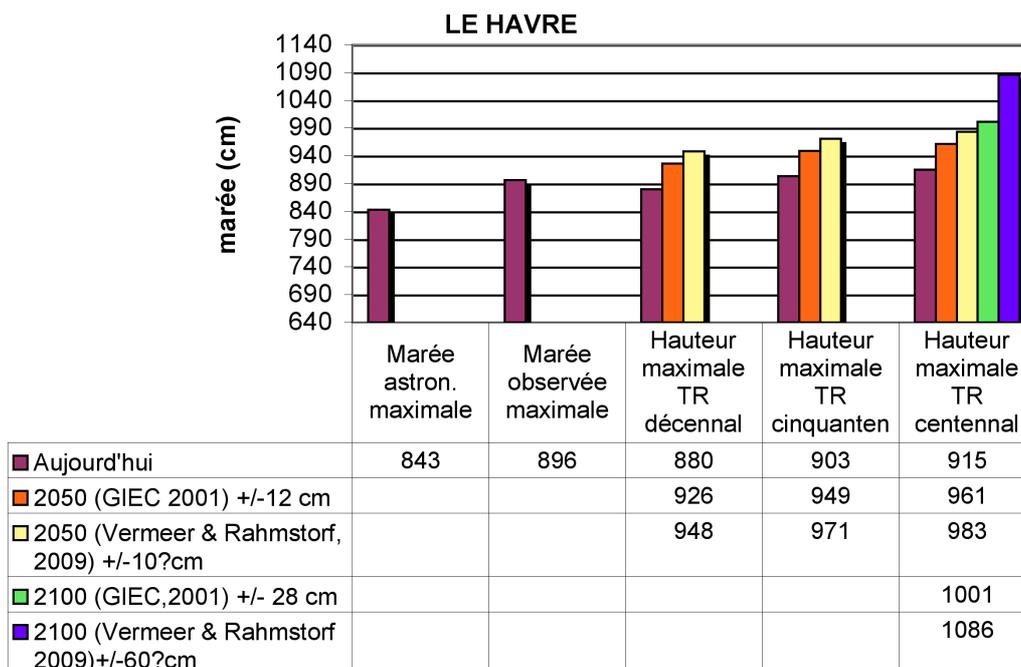


Figure 14 - Estimation des niveaux extrêmes de la marée pour 2050 et 2100 dans deux stations de la Manche, à partir de la supposition (GIEC 2001) que les tendances climatiques récentes soient maintenues au même niveau, et que l'élévation du niveau de la mer global atteigne 17 cm en 2050 (d'après Pirazzoli, 2008), ainsi que l'estimation des niveaux extrêmes recalculée d'après la formule de Pirazzoli (2008) à partir de la récente réévaluation de l'élévation du niveau de la mer proposée par Vermeer et Rahmstorf (2009)

Pour une marée à **temps de retour décennal**, selon le nouveau modèle d'élévation du niveau de la mer proposé par Vermeer et Rahmstorf (2009), la **marée extrême en 2050** passe de 926 à 948 cm au **Havre**, soit un écart de **+68 cm** vis-à-vis des marées à TR décennal observées actuellement ; et de 742 à 764 cm à **Cherbourg**, soit un écart de **+60 cm** vis-à-vis des marées à TR décennal actuelles.

Ligne de rivage

La ligne de rivage actuelle est supposée être déplacée vers le domaine terrestre, non pas de manière graduelle, mais par étapes, à l'occasion de fortes tempêtes associées à des marées hautes provoquant des submersions marines (Pirazzoli et al. 2004).

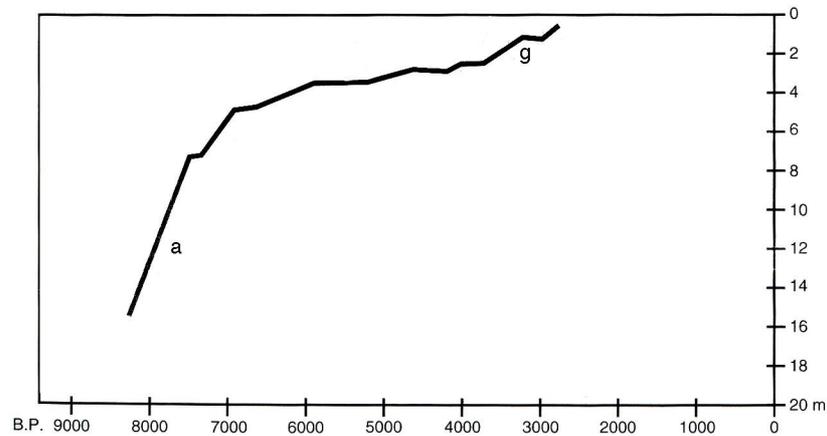


Figure 15 - Variation du niveau marin depuis 9000 BP d'après les sondages du marais de Dol (Morzadec, 2002)

Sur nos côtes, l'accélération majeure enregistrée dans les sédiments peut être évaluée avec approximation à partir de la courbe reconstituée en fonction des datations et profondeurs, qui ne tient cependant pas compte du tassement des sédiments (Morzadec, 2002) :

- Entre -8000 et -7500 (a) avant le présent, phase correspondant à la fin du Dryas récent, une élévation de 5 mètres s'est produite en 500 ans, soit 10 cm par an
- Entre -3400 et -3000 (g, Dunkerque 0), une élévation de 1,2 m en 400 ans, soit 3 mm/an

On comprend alors que pour les géologues, le taux actuel d'élévation du niveau de la mer ne soit qu'une fluctuation supplémentaire d'un phénomène de transgression qui n'est pas encore achevé (Morzadec, com. pers).

Tableau III : Écarts des niveaux marins du passé relativement à l'actuel

Années avant 1950	Période culturelle	T°C	Niveau de la mer vis-à-vis de l'actuel	Caractéristiques
- 2.700	Age du fer		-4m	Édification des ensembles dunaires
- 3.000	Age du bronze		+0,5 à 2 m ?	Vases des schorres accumulées au cours d'une période très agitée à marées extrêmes (Tessier com.pers.)
- 8.000	Néolithique	+2°	-25m	Optimum holocène
- 18.000	Lascaux	-5°	-120m	Dernier maximum glaciaire : la Manche est un fleuve
- 125.000	Fin du Paléolithique inférieur	+2à3°	+6m (Tessier com.pers.)	Plages de galets de la précédente transgression (éémienne)

Le tableau 3 ci-dessus présente une approche générale des niveaux marins.

Selon Lautridou et Giresse (1973), la transgression Dunkerquienne (-3000) est arrivée à un niveau 0,5 à 2 mètres au-dessus du niveau actuel, avant une régression qui a permis le développement (transports éoliens) des dunes récentes. Il faut cependant compléter par des données récentes prenant en compte les variations eustatiques du rebond post-glaciaire avant de confirmer cette donnée ancienne. Chez Regnaud et al. (2003), le dernier haut niveau marin à -125.000 atteint +5 mètres sur le littoral de Saint-Malo. Selon Bernadette Tessier (com.pers.), un consensus est aujourd'hui acquis sur un niveau à +6m pour ce niveau de l'Éémien. Par contre, elle considère que la période -3000 est surtout une période de fortes perturbations climatiques qui ont provoqué des marées extrêmes sans qu'il n'y ait eu de hausse du niveau marin.

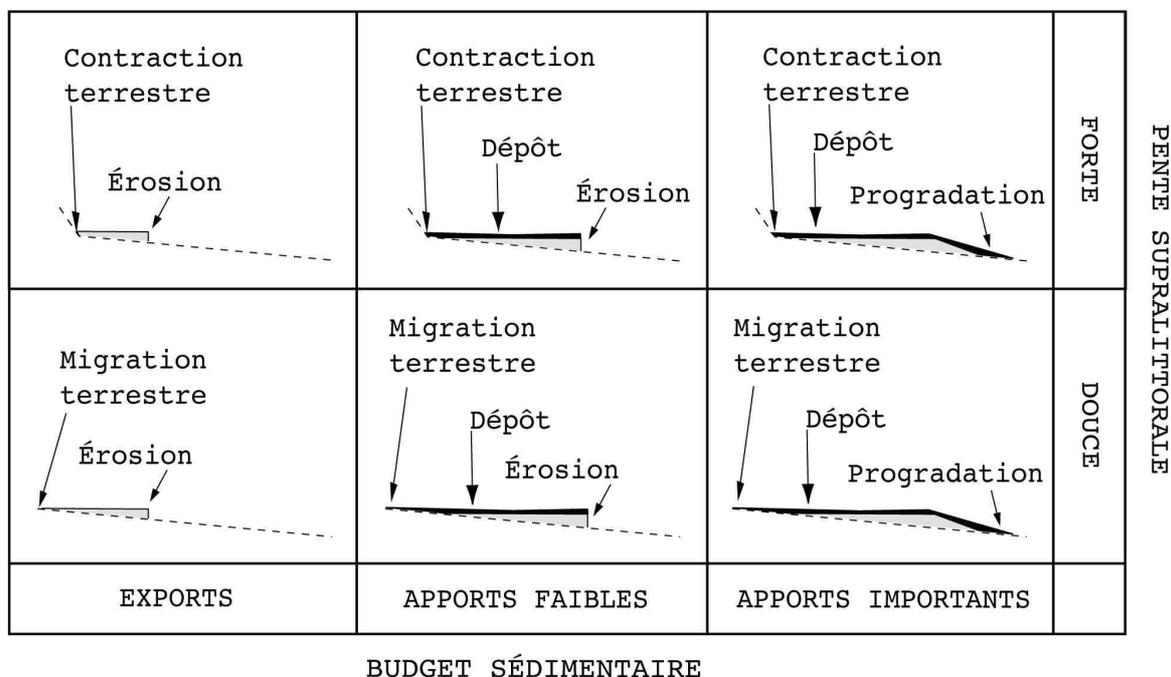


Figure 16 - Schéma simplifié de l'évolution d'un marais littoral confronté à l'élévation du niveau de la mer en fonction du budget sédimentaire et de la pente supralittorale (les dépôts sédimentaires consécutif à cette élévation sont figurés en noir, modifié d'après Brinson et al. 1995)

Migration d'habitats littoraux ?

Si nous prenons en compte une pente de 3% pour un marais maritime, une élévation de 0,5 mètre du niveau moyen de la mer implique une progression d'environ 15 mètres de la zone littorale recouverte par les épisodes de hautes mers de vives-eaux. Ceci conditionne une migration terrestre des facteurs qui contrôlent l'installation de la végétation spécifique de haut schorre : la fréquence de submersion, la salinité et les apports de nutriments dus à la laisse de marée s'appliquent désormais au milieu terrestre. À condition que subsiste une continuité terrestre, une migration des habitats de haut schorre est possible. Cette migration peut s'envisager aussi pour les facteurs qui président à l'installation des autres habitats de niveau inférieur.

Imaginons que cette continuité soit interrompue par un mur digue : les facteurs président à la création du haut schorre ne s'appliquent désormais plus au marais et ne peuvent pas s'appliquer au secteur terrestre, nous assistons alors à la disparition de cet habitat par contraction terrestre.

Une étude a été menée dans le cadre d'un programme européen concernant le sud de l'Angleterre et la Normandie (BRANCH), afin de mettre en place un point zéro permettant de suivre la dynamique des habitats littoraux et de la biodiversité au sein de 5 sites du littoral (Baie du Mont-Saint-Michel, Havre de Régneville, Anse de Vauville, Baie des Veys & Utah Beach, Graye-sur-Mer & Ver-sur-Mer).

Le budget sédimentaire

Les potentialités de perpétuation par accrétion du substrat, ou de migration latérale des habitats de niveau inférieur sont cependant tributaires de la disponibilité sédimentaire. Étant donné que l'élévation du niveau de la mer atténue l'effet tampon de la vasière ou de l'avant-plage vis-à-vis de la houle et renforce alors sa capacité érosive, avec comme conséquence une énergie plus grande arrivant au rivage, la charge sédimentaire disponible sera le second facteur déterminant l'évolution du marais. En cas de bilan négatif, c'est-à-dire d'exportation de sédiments à l'extérieur du système, ces habitats seront perdus.

Enjeux liés à la remontée du niveau de la mer en Basse-Normandie

Tableau IV : Prédiction aux submersions marines : de l'actuel au long terme (DIREN BN 15 décembre 2008)

	Calvados	Manche
Bâtiments sous le niveau des plus hautes eaux marines actuelles	2747 délocalisations # 2 milliards d'euros ?	7898 délocalisations # 6 milliards d'euros ?
Bâtiments sous le niveau des plus hautes eaux marines actuelles + 50 cm	4823	10768
Bâtiments sous le niveau des plus hautes eaux marines actuelles + 100 cm	7313	13079
Bâtiments sous le niveau des plus hautes eaux marines actuelles + 200 cm	12753	15159

Diagnostic :

- Une inondabilité accrue par les cours d'eau et les nappes d'eau phréatiques à cause de la surélévation du niveau de la mer
- Migration dans les aquifères littorales du biseau salé marin
- Érosion littorale

Pronostic :

- Enjeux économiques, agricoles, humains et écologiques :
 - Perturbation voire abandon du maraîchage (irrigation)
 - Gestion de l'alimentation en eau potable des populations littorales
 - Corrosion des infrastructures littorales enterrées
 - Modification des écosystèmes littoraux
 - Perte d'habitations (fig . 22)

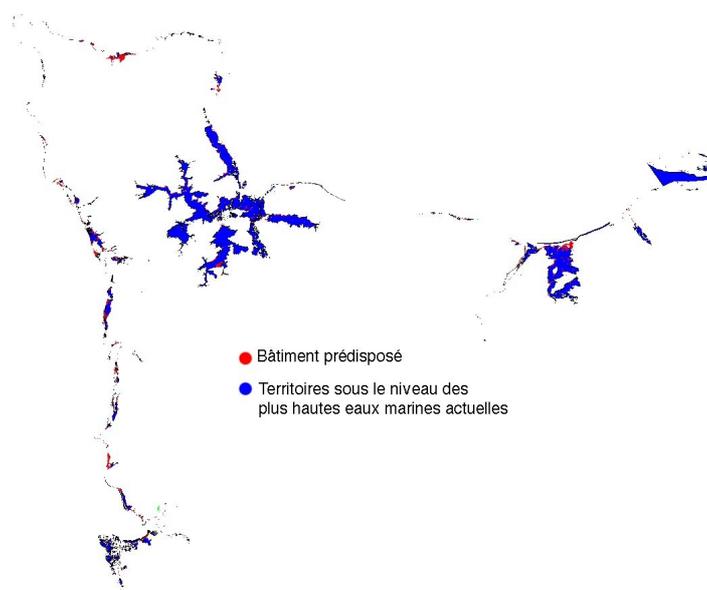


Figure 17 - Prédiposition aux submersions marines : de l'actuel au long terme (DIREN BN 15 décembre 2008)

Thérapie :

- Cartographie en Basse-Normandie des zones vulnérables (2.2.3)
- Porté à connaissance de la DIREN lors de la réalisation des documents réglementaires
- Réseau de mesure et une réflexion à bâtir avant de modéliser le phénomène et le risque

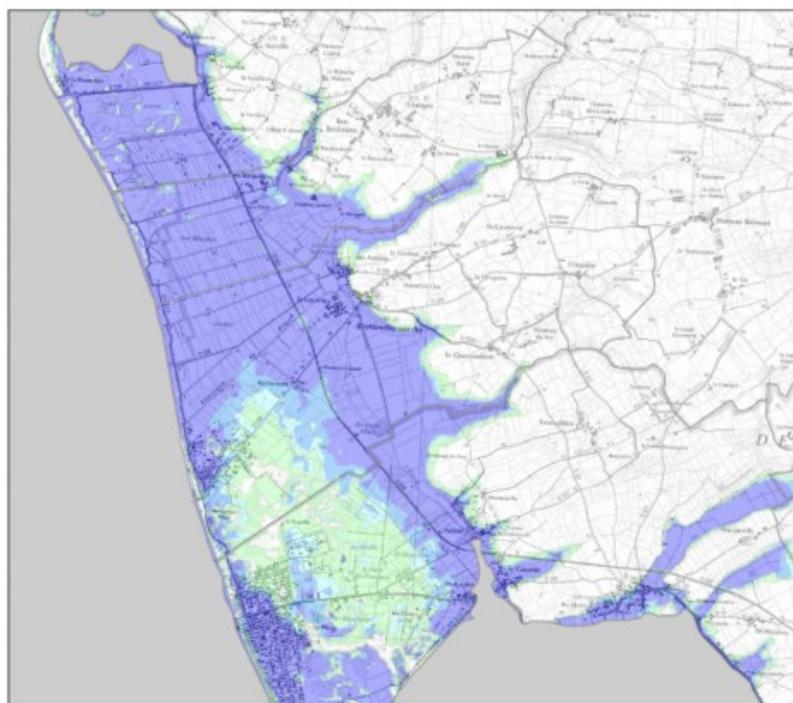


Figure 18 - Carte des territoires sous influence du niveau de la mer à Bretteville-sur-Ay pour une pleine mer de coefficient 120 (DIREN BN état des connaissances en janvier 2009)

2.2.4 Chaleurs urbaines

Un écart important vis-à-vis des températures moyennes mesurées ou modélisées est à prendre en compte lorsqu'il y a formation d'îlots de chaleur urbains.

Ces îlots de chaleurs urbains sont issus :

- Du stockage d'énergie dans les matériaux de construction
- De la lente restitution de cette énergie sous forme de chaleur durant la nuit
- De la conversion maximale du rayonnement solaire en chaleur à cause de la réduction des phénomènes évapotranspiratoires qui seraient susceptibles de faire baisser la température

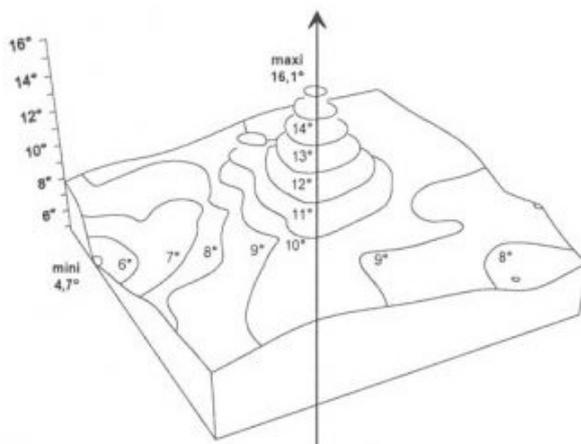


Figure 19 - Fort îlot de chaleur urbaine – ICU (maxi : +11,4°C) à Paris le 30/09/97 (Cantat, 2004)

La présence de l'agglomération parisienne provoque l'apparition d'un îlot de chaleur urbain (ICU), avec un excédent moyen supérieur à 3°C pour les valeurs nocturnes, disparaissant presque totalement dans la journée. L'ICU analysé à partir des températures minimales moyennes est plus marqué en été (+3,4°C) qu'en hiver (+2,5°C).

L'intensité de l'ICU varie beaucoup d'un jour à l'autre : l'écart des températures minimales entre le centre de Paris et le milieu le plus froid de la campagne peut ainsi dépasser quelquefois 10°C (2.2.4). Une analyse statistique souligne l'influence essentielle de la nébulosité et du vent sur la formation de l'ICU. L'association de ces deux composantes permet alors d'identifier un type de temps préférentiel (clair et calme). Les périodes anticycloniques et de circulations lentes semblent logiquement les plus propices à la formation d'un ICU marqué, mais pas uniquement. La période juillet-août, où l'anticyclone subtropical remonte aux latitudes moyennes est ainsi très favorable aux ICU (Cantat, 2004).

2.2.5 Méditerranéisation de la Basse-Normandie

Le diagramme ombrothermique permet de présenter de manière synthétique le climat d'une station à partir des moyennes de température et des cumuls de précipitation mensuels. En doublant l'échelle des précipitations par rapport à celle des températures, on peut observer, là où les précipitations (mm) sont inférieures aux températures (°C), les périodes de sécheresse phréatique où l'eau souterraine est, après celle des sols et des cours d'eau, la dernière ressource en eau à être attaquée par l'évapotranspiration (Lambert, 1996).

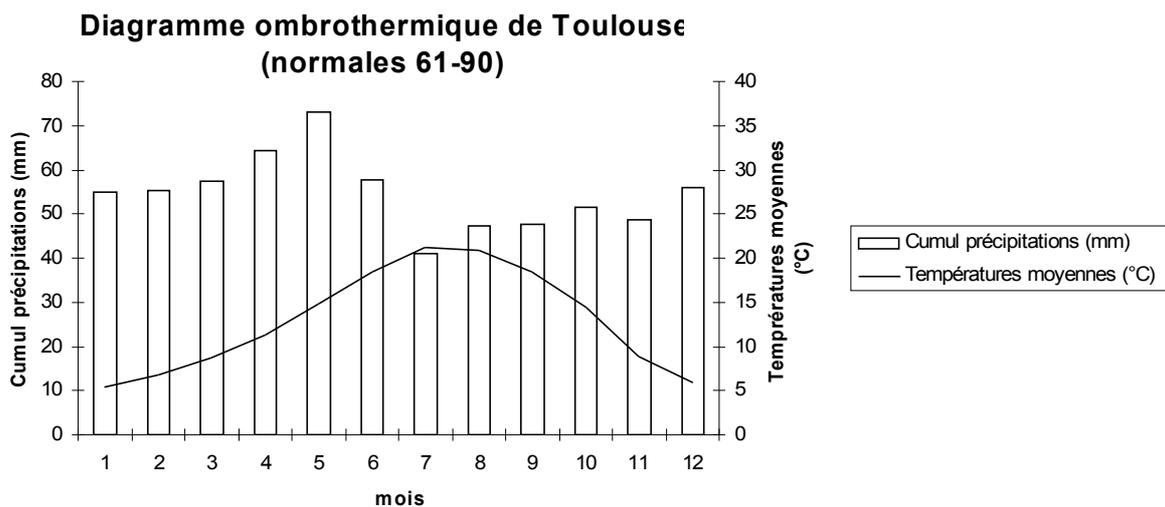


Figure 20 - Climat subméditerranéen : océanique dégradé ou à influence méditerranéenne, période sèche d'environ un mois (exemple de Toulouse, source worldclimate.com)

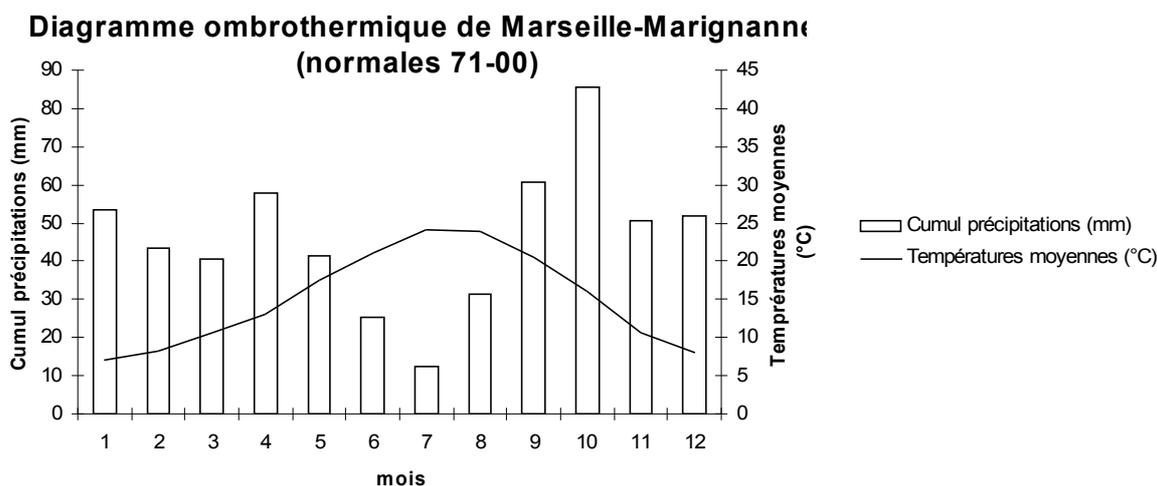


Figure 21 - Climat méso-méditerranéen atténué : période sèche comprise entre deux et trois mois (exemple de Marseille, source worldclimate.com)

Modélisations des diagrammes ombrothermiques

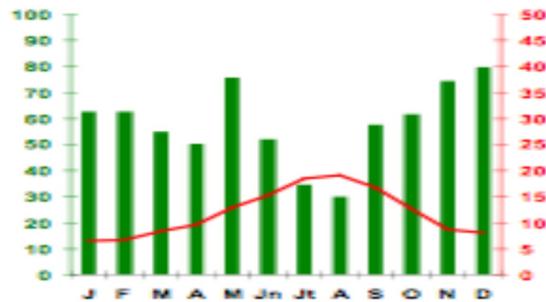


Figure 22 - Diagramme ombrothermique de Caen horizon 2030-scénario B1 (Météo-France)



Figure 23 - Diagramme ombrothermique d'Alençon horizon 2080-scénario A1B (Météo-France)

Selon les projections de Météo-France, il faut s'attendre à une Méditerranéisation du climat bas-normand dès l'horizon 2030. Ce climat peut être imaginé sur la base de la composition de divers climats périméditerranéens actuels :

- L'influence océanique implique une pluviosité printanière pour Caen en 2030-B1 semblable à celle de Toulouse actuellement (2.2.5) ;
- Les températures estivales pour Alençon 2080-A1B seraient à rapprocher de celles de Marseille (2.2.5), avec l'apparition de **3 mois secs (1 mois dans le scénario A2)**, absents actuellement des diagrammes ombrothermiques pour la période 1971-2000.

2.2.6 Biodiversité

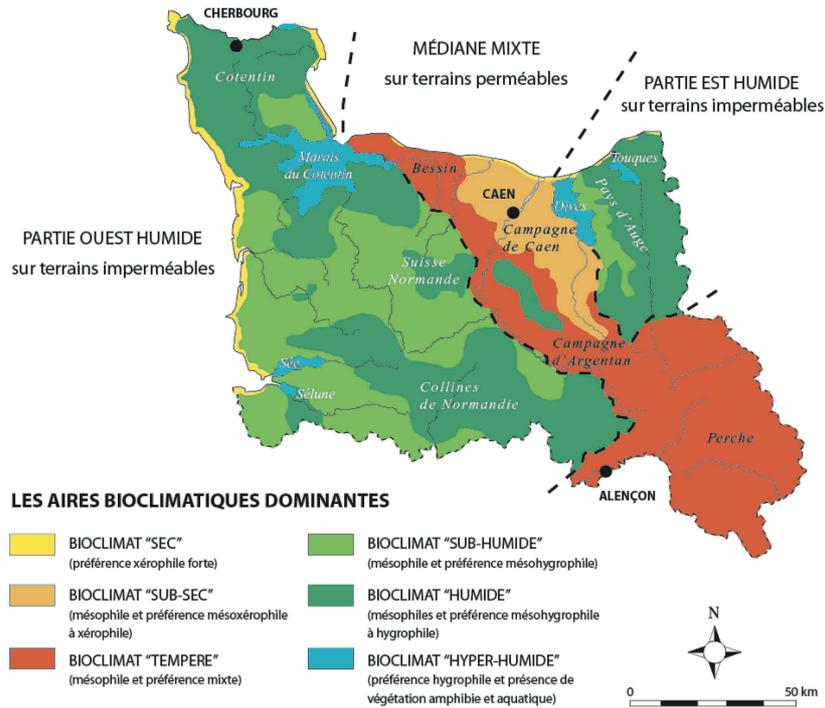


Figure 24 - Aires bioclimatiques issues du croisement des données de l'Atlas de la flore normande (Cantat 2008, modifié)

La diversité des conditions de substrat géologique, d'altitude, de latitude, d'influence maritime conduit la Basse-Normandie à supporter une diversité de bioclimats révélés par l'occupation des différentes espèces et communautés d'espèces végétales (2.2.6).

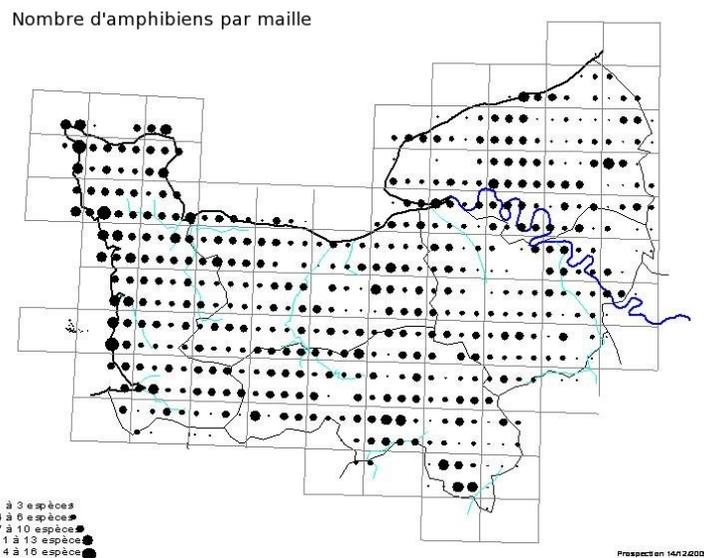


Figure 25 - Densité spécifique d'amphibiens en Normandie (Cochard, 2004)

Le littoral de Basse-Normandie abrite quelques « hot-spots » de la biodiversité, notamment au sein des populations d'amphibiens des lagunes d'eau douce arrières dunaires menacées par la pénétration du coin salé et l'érosion littorale (2.2.6).

Les herptiles (batraciens et reptiles), sont de très mauvais disperseurs et très hautement philopatrics (aiment rester près de là où ils sont nés) (Araùjo et al. 2006). Par conséquent, pour cette catégorie de faune, l'adaptation aux modifications des milieux induits par l'impact de l'élévation du niveau de la mer sur le littoral, ainsi qu'aux modifications du climat sera plus difficile que pour des espèces plus mobiles.

Avifaune

« Nous entendons beaucoup de choses sur les changements climatiques et leurs impacts potentiels, mais nos travaux montrent que leurs effets se font sentir dès maintenant. Les résultats montrent que le nombre d'espèces qui sont touchées de manière négative est presque trois fois plus grand que le nombre d'espèces qui bénéficient des changements du climat. Bien que les températures aient peu augmenté récemment, il est surprenant de réaliser à quel point l'impact est déjà visible sur les populations nicheuses d'oiseaux, et ce à travers toute l'Europe. » (MNHM, 2009)

Atlas des oiseaux nicheurs normands (GONm, 1992) :

- La répartition de la fauvette pitchou semble expliquée par l'isotherme 3°C des températures minimales de janvier
- Le loriot d'Europe ne niche pas régulièrement en dessous de l'isotherme 19°C des températures moyennes maximales de juillet
- Le rougequeue noir semble avoir bénéficié du réchauffement moyen de 1°C au cours du siècle dernier pour nicher en Basse-Normandie depuis les années soixante
- Ce réchauffement a pu contribuer, parmi d'autres facteurs, à la disparition des pingouins, macareux et guillemots nicheurs

Augmentation de la productivité de certaines espèces

À l'aide d'un indice de productivité (proportion de jeunes dans les captures) permettant de comparer l'année 2003, qui connut un printemps particulièrement chaud, avec les années précédentes, Julliard et al. (2004) ont montré que, parmi les 32 espèces étudiées, les espèces en déclin à long terme déclineront encore davantage, alors que les espèces en progression progresseront encore davantage. Un tel lien entre les dynamiques à court et à long terme suggère que l'impact des printemps chauds sur la productivité constitue une composante majeure de la dynamique d'un ensemble d'oiseaux communs.

Diminution de la productivité pour les spécialistes

Les espèces qui ont le plus souffert lors la canicule de 2003 sont celles dont les aires de distribution ont les amplitudes thermiques les plus faibles.

Enveloppe climatique

Les distributions des espèces de plantes, d'oiseaux et de poissons sont structurées par des gradients environnementaux comme le gradient latitudinal de température. Les populations vivant à proximité des limites de répartition font face à des conditions environnementales pour lesquelles elles sont peu adaptées, et où elles subissent de fréquents épisodes d'extinction – recolonisation (populations puits). Le centre de l'aire de répartition correspond aux conditions environnementales optimales pour l'espèce, lui permettant d'atteindre ses plus fortes densités. Ces conditions étant optimales, elles sont peu limitantes pour le recrutement, et leurs fluctuations ont peu de répercussions (règle du « centre abondant »). L'influence de l'environnement pour des populations vivant sur les marges des aires de répartition est donc plus déterminante que pour les populations vivant près du centre (Brunel, 2006).

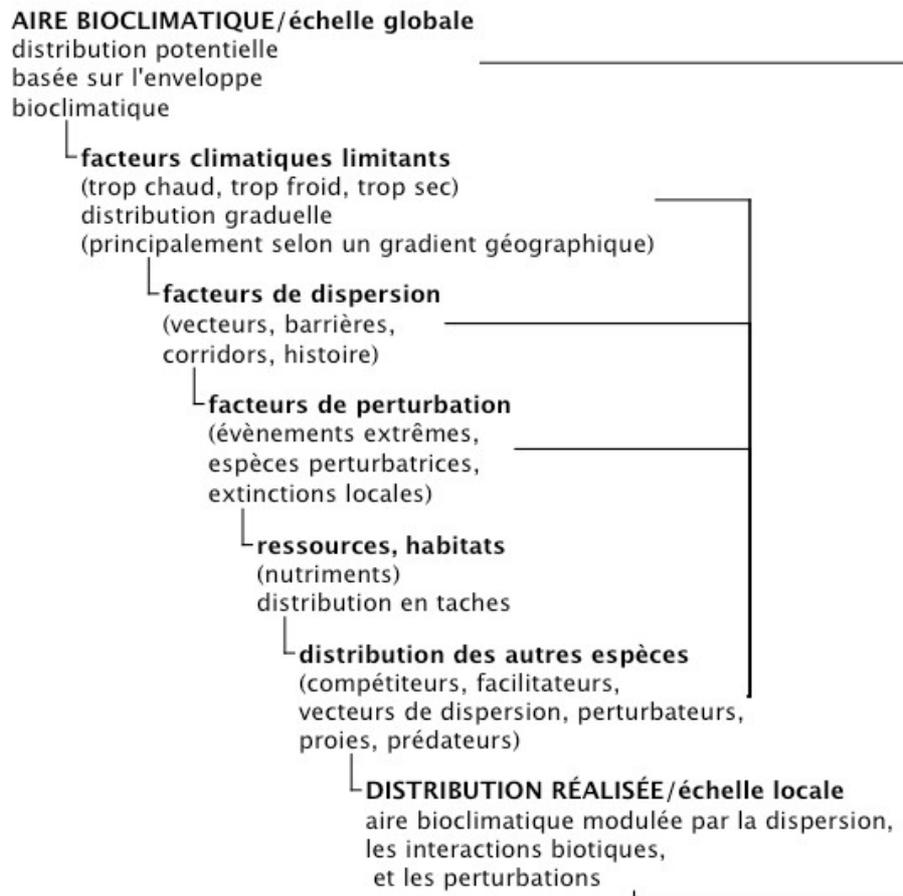


Figure 26 - Modèle général illustrant les facteurs interagissant dans la réalisation locale d'une distribution au sein d'une aire bioclimatique potentielle (d'après Guisan et Thuiller, 2005, modifié)

L'analyse des modifications potentielles des aires de distributions ne doit pas faire oublier d'autres paramètres comme la dynamique des populations (prédation, compétition), les processus de dispersion, et donc les relations qui se jouent au sein de l'écosystème dans lequel les espèces évoluent.

Les variations climatiques ont un impact sur les espèces piscicoles

Simulation des impacts thermiques sur la distribution de l'habitat favorable des espèces...

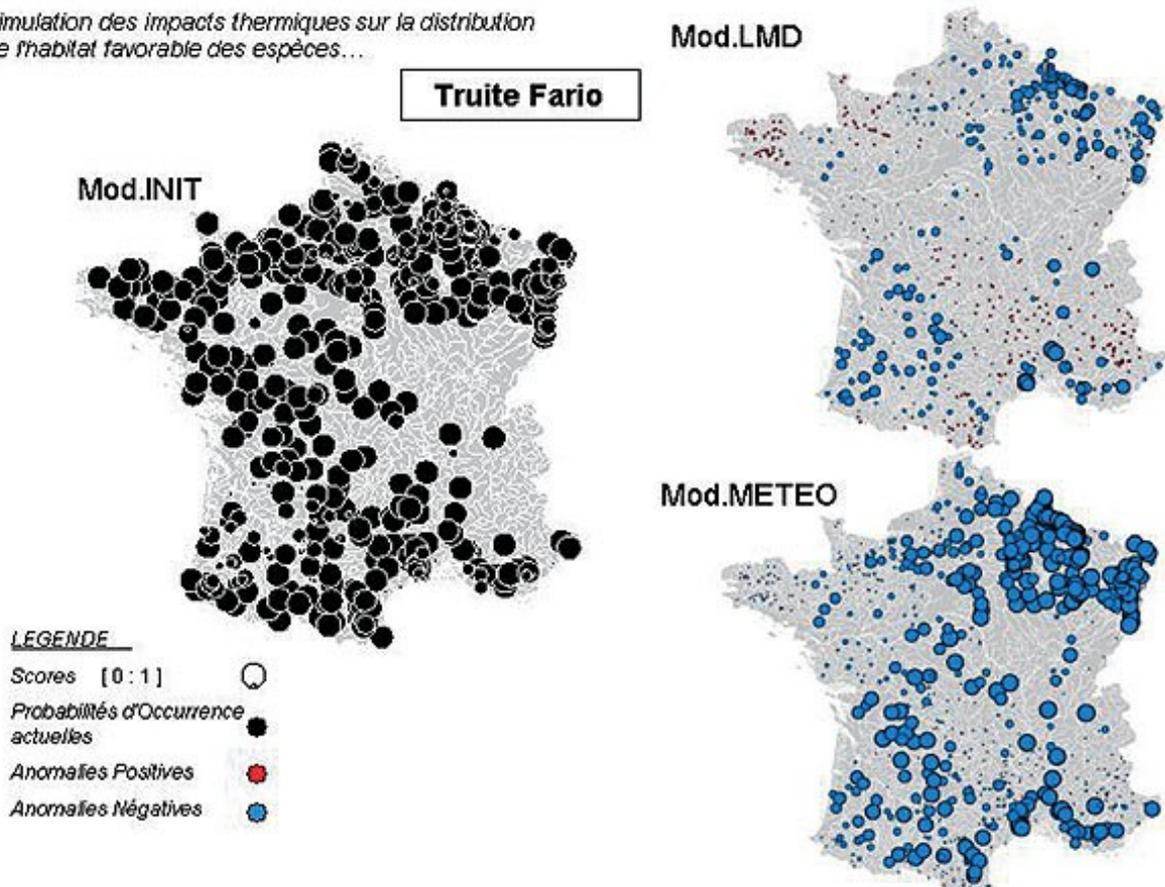


Figure 27 - Simulation des modifications de distribution de la truite (*Salmo trutta fario*) dans les cours d'eau français. Mod.INIT : distribution actuelle (en faisant abstraction des altérations induites par les dégradations de qualité des cours d'eau). Mod. LMD : distribution avec une anomalie annuelle moyenne positive de 1,5°C. Mod. METEO : distribution avec une anomalie annuelle moyenne positive de 3,6°C (Pont, 2006).

Poissons à sang froid, les truites ont une température qui varie avec celle de l'environnement externe, et agit donc sur leur métabolisme. Cette température joue aussi un rôle important dans le cycle biologique de ces poissons. La capacité de réponse de l'espèce à la température va donc contrôler sa répartition géographique. L'aire de distribution de ces poissons est donc prévisible et modélisable.

Dans le scénario le plus sévère, la truite présente une réduction de 39% de ses occurrences de distribution (2.2.6). D'une manière générale, les espèces caractéristiques des zones amont des réseaux hydrographiques vont se raréfier, et une extension des espèces de cyprinidés affectionnant les eaux courantes se développer. Le repli vers les sites d'altitude présente pour l'espèce le risque de fragmentation de l'habitat et de fragilisation des populations qui en découle.

Modélisation de la biodiversité potentielle future

Les scénarios de changement au niveau de la biodiversité pour 2100 peuvent être désormais développés sur la base de ceux liés à l'évolution de la teneur en CO₂, du climat, de la végétation et de l'occupation des sols, en relation à la connaissance de la sensibilité de la biodiversité vis-à-vis de ces changements (Sala et al. 2000).

Perte nette de 35% des espèces à l'échelle mondiale

Par exemple, admettons que certaines espèces très compétitrices dans leur habitat ne peuvent pas suivre leur habitat dans l'espace. Certaines espèces, meilleures colonisatrices et d'habitude exclues de cet habitat vont s'y implanter parce que l'espèce dominante ne sera plus là pour les exclure. Il se pourrait donc que la niche réalisée des espèces change en conséquence d'un remaniement des communautés et donc des interactions interspécifiques (Thuiller, 2003). Il faut s'attendre à une perte nette de 35% des espèces à l'échelle mondiale (Chuine et al., 2005).

Le turnover des espèces sera inégal

« Indépendamment du scénario de changements climatiques, les projections ont mis en évidence une zone où les taux de colonisation et d'extinction locales sont très importants impliquant un fort turnover spécifique. Cette zone correspond sensiblement à l'écotone entre les régions biogéographiques méditerranéennes et eurosibériennes. Même s'il est très difficile de prédire exactement quelles seront les réponses des espèces dans ces zones, un fort turnover implique des changements de communautés, des modifications dans les écosystèmes originaux et la création de nouveaux écosystèmes, le tout générant une modification des habitats. Cette zone de fort turnover, impliquant des migrations potentielles d'espèces (processus de régression ou de colonisation), est similaire à celle observée durant les périodes de réchauffement post-glaciaire de l'Holocène. Cette zone de brassage spécifique entre les espèces à préférence sèche et chaude et les espèces d'habitats froids et humides a été observée durant les périodes successives de réchauffement et de refroidissement dans les temps géologiques. » (Chuine et al., 2005)

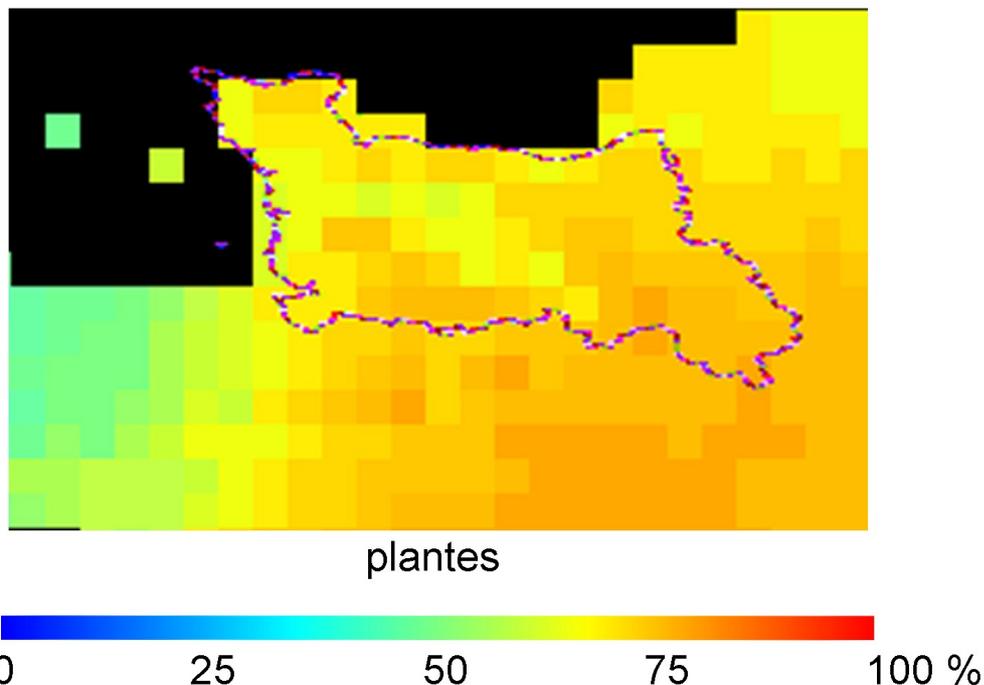
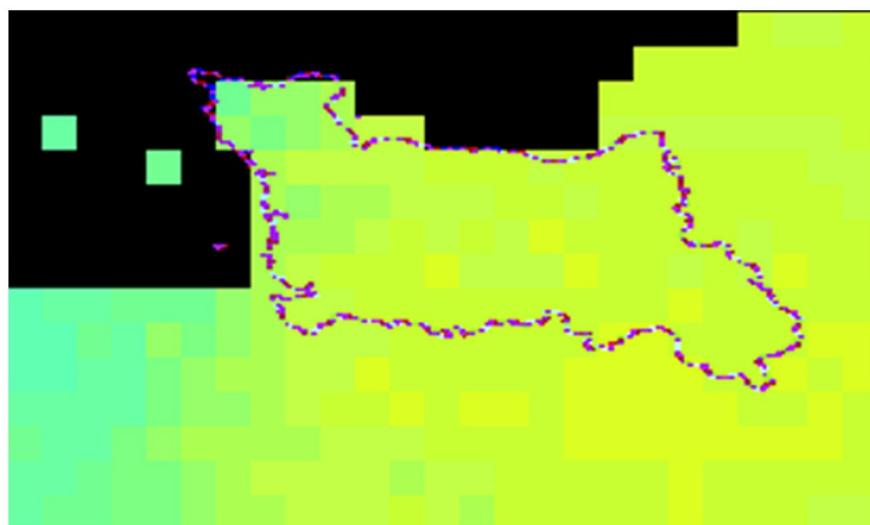


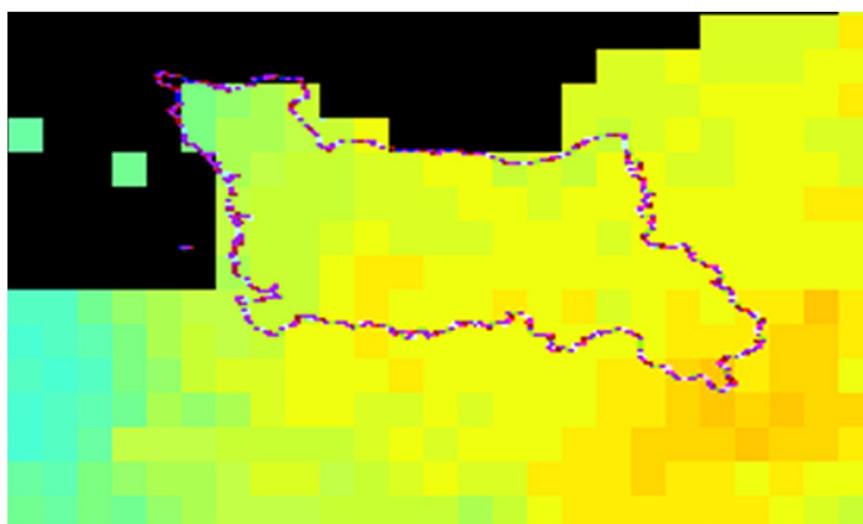
Figure 28 - Modélisation du turnover des plantes à l'horizon 2080 selon le scénario A1F1 (mise en forme de données confiées par Wilfried Thuiller)



oiseaux



Figure 29 - Modélisation du turnover des oiseaux à l'horizon 2080 selon le scénario A1F1 (mise en forme de données confiées par Wilfried Thuiller)



mammifères



Figure 30 - Modélisation du turnover des mammifères à l'horizon 2080 selon le scénario A1F1 (mise en forme de données confiées par Wilfried Thuiller)

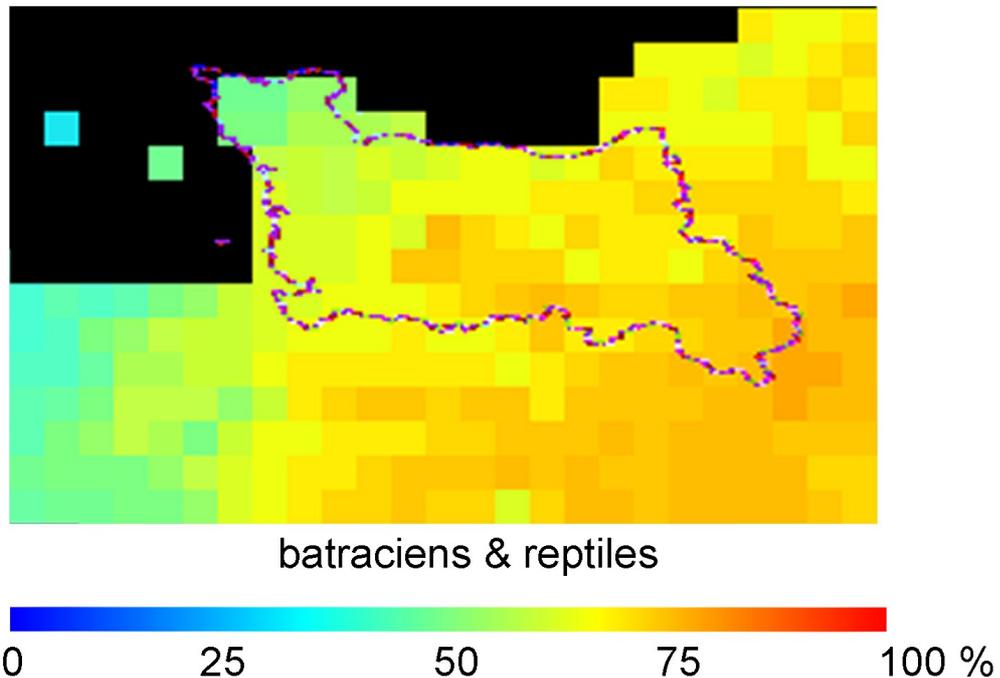


Figure 31 - Modélisation du turnover des batraciens & reptiles à l'horizon 2080 selon le scénario A1F1 (mise en forme de données confiées par Wilfried Thuiller)

Amplitudes de turnover en Basse-Normandie

Pour la Basse-Normandie, selon les groupes d'espèces considérés, les amplitudes de turnover modélisées par Wilfried Thuiller selon le scénario A1F1 pour 2080 sont les suivantes :

- Plantes : 63 à 78 %
- Mammifères : 51 à 73 %
- Batraciens et reptiles : 48 à 78 %
- Oiseaux : 48 à 63 %

Un fort taux de turnover d'espèces dans chaque pixel provoquera :

- Une restructuration au niveau de la végétation
- Des changements probables dans la composition des communautés existantes
- Ou bien encore le remplacement de communautés actuelles par des nouvelles (Thuiller, 2003).

Les études paléocologiques montrent que les espèces répondent individuellement aux variations environnementales. Ces réponses individuelles ont provoqué au cours des temps géologiques des modifications continues des communautés, et donc peu à peu le remplacement d'anciennes communautés par de nouvelles (Thuiller, 2003).

À propos de la vitesse de changement des populations

Il n'est pas possible de modéliser une vitesse de déplacement des espèces, car les aspects de compétition, de disponibilité de la ressource, de conditions physiques des habitats ne sont décelables qu'à une échelle fine, celle d'une région par exemple, et nécessitent l'emploi d'un modèle mécaniste. Les modèles de distribution des espèces à l'échelle globale ou européenne ne peuvent pas prendre en compte ces données. Les distributions présentées à l'issue des modèles ne sont que des distributions potentielles (Wilfried Thuiller, com.pers.).

2.2.7 Écosystèmes

Redondance et diversité de réponse des espèces

La diversité de réponse est particulièrement importante pour le renouvellement et la réorganisation d'un écosystème à la suite d'une perturbation. (Elmqvist et al. 2003)

Nourrir la mémoire écologique

Les espèces réalisent des fonctions clés au sein de l'écosystème. Cependant, ce n'est pas le nombre d'espèces en tant que tel qui soutient un écosystème au sein d'un certain état stable ou domaine de stabilité, mais davantage l'existence de groupes d'espèces, ou groupes fonctionnels (prédateurs, herbivores, pollinisateurs, décomposeurs, modificateurs de flux hydriques, transporteurs de nutriments) avec des caractéristiques différentes, parfois partiellement redondantes.

Les espèces qui pourraient paraître redondantes et inutiles pour le fonctionnement de l'écosystème durant certaines étapes de son développement peuvent devenir d'une importance majeure pour régénérer et réorganiser le système après une perturbation et une destruction. D'autres ne le pourraient pas. De la même manière, les espèces redondantes connectent les habitats à travers leurs fonctions superposées au sein et entre les différentes échelles. La superposition de diversité fonctionnelle augmente la variété des possibilités alternatives de modes et chemins de réorganisation qui suivent une perturbation, et contribue ainsi à la résilience de l'écosystème (Folke et al. 2002).

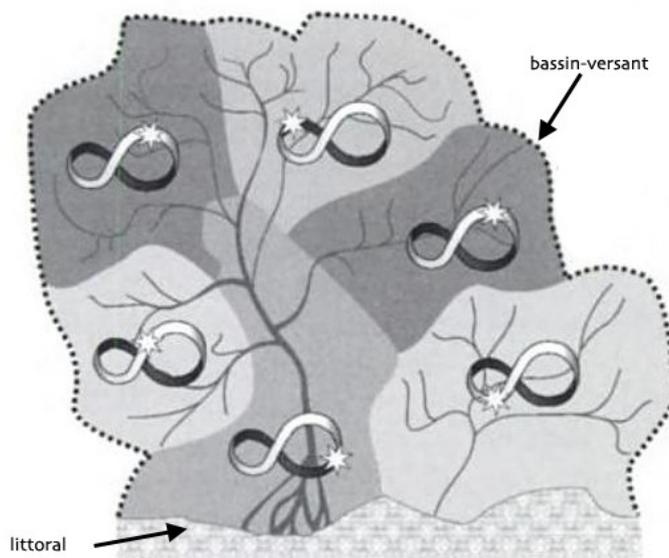
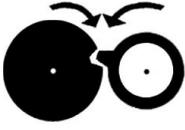


Figure 32 - La mémoire est présente au sein des relations emboîtées entre les cycles adaptatifs (croissance, maturité, désagrégation, réorganisation) à différentes échelles). À l'échelle du paysage, ou d'un bassin-versant, la présence de différents ensembles présentant des stades de succession différents, permet de maintenir la mémoire écologique (d'après Berkes et Folke, 2002).

Chaos dans les cycles



L'image ci-contre figure de manière schématique deux cycles naturels qui peuvent être par exemple celui de l'apparition des chenilles sur les feuilles de chêne et celui de l'éclosion des œufs de mésange bleue. Si, pour des raisons climatiques, l'apparition des chenilles ne coïncide plus avec l'éclosion des œufs, la dépense énergétique des parents pour trouver une ressource complémentaire risque d'être au-delà des limites supportables. La conséquence est de voir les adultes reproducteurs disparaître de la population à la fin de la saison de reproduction (Thomas et al. 2001). Ces ruptures chaotiques des relations au sein des écosystèmes produisent des ruptures dans la production des bénéfices attendus de ces écosystèmes.

Le régime chaotique ainsi enclenché est caractéristique des périodes de transition climatique du passé ; on peut le comparer à la flore spontanée d'un remblais récent, où ce sont les espèces de la banque de graine en place dans le sol remanié qui vont occuper le terrain en premier, et offrir un paysage varié qui apparaîtra désordonné ; peu à peu, si la perturbation qui a généré cette redistribution des cartes n'a plus lieu, les paramètres réguliers de l'environnement et de la compétition interspécifique vont recomposer une distribution des espèces qui apparaîtra à la longue plus harmonieuse.

Nous n'allons donc pas assister à la migration des paysages ou des communautés plus méridionales, mais être les témoins de la recomposition de nouveaux assemblages d'espèces qui composeront de nouveaux paysages.

2.2.8 Hydrosystèmes

Enjeux liés à la diminution des pluies estivales et à l'augmentation de la durée des sécheresses

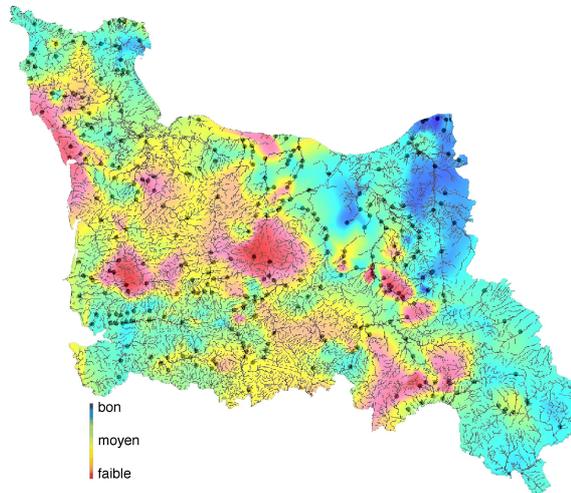


Figure 33 - Capacité des cours d'eau de Basse-Normandie à résister aux sécheresses (DIREN BN)

Thèmes :

- Risques naturels
- Sécurité industrielle
- Alimentation en eau potable

Diagnostic :

- Blooms planctoniques dans les réservoirs lacustres
- Concentration des polluants dans les eaux de surface

Pronostic :

- Gestion des conflits avec l'irrigation
- Gestion de la migration de la population et des pointes touristiques
- Gestion des crises

Thérapie :

- L'acquisition des connaissances essentielles
- Connaître les productions hydrologiques dans le détail pour des situations de sécheresse (2.2.8)
- Maîtriser les connaissances aquifères, la vulnérabilité aquifère (2.2.8)
- Protéger davantage les ressources souterraines

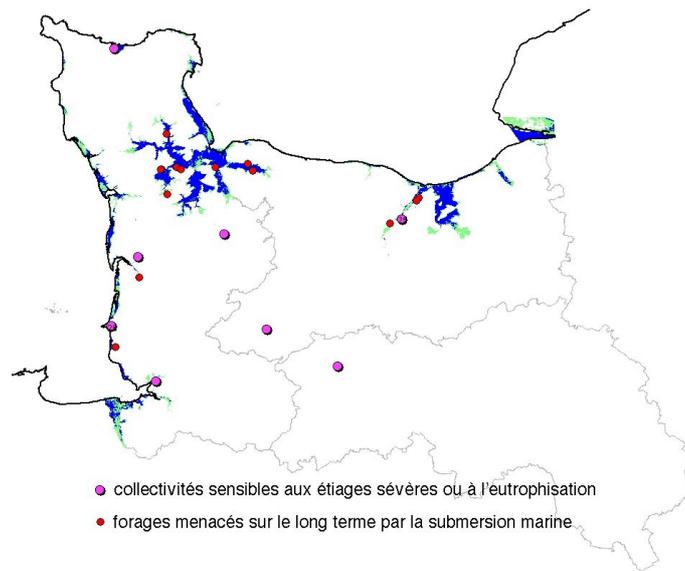


Figure 34 - Difficultés d'approvisionnement en eau potable pour le futur (DIREN BN)

2.2.9 Agrosystèmes

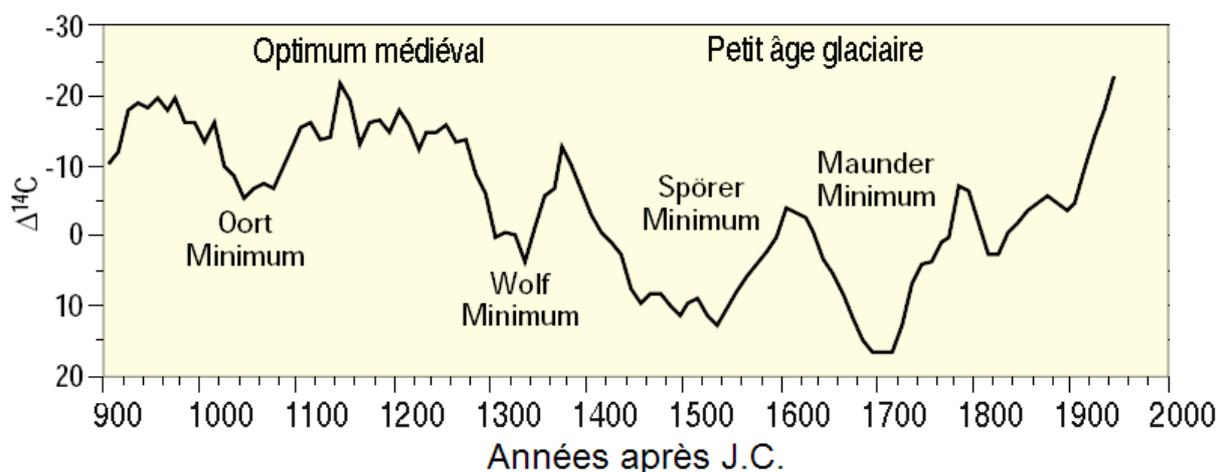


Figure 35 - Activité solaire depuis l'an 900, mesurée par la variation de quantité de carbone 14 par rapport à l'actuel, dans le bois : plus il y a d'activité solaire et moins il y a de carbone 14 produit dans l'atmosphère et le bois de l'époque, car les vents solaires dévient les rayons cosmiques qui produisent le carbone 14 (USGS, 2000)

Le Minimum de Maunder

Le Minimum de Maunder correspond à un déficit marqué du nombre de taches solaires entre 1645 et 1715. Cette activité solaire passée est fortement couplée avec les variations climatiques, et la période est caractérisée par une série d'hivers froids et d'étés pluvieux. Elle correspond au climax d'une période nommée aussi le petit âge glaciaire, qui succède à l'optimum médiéval (Le Roy Ladurie, 2004).

En conséquence des calamités climatiques, les crises de subsistance se succèdent. Dans un contexte de faiblesse structurelle de l'agriculture, de difficultés à faire des stocks, de faiblesse des capacités de communication entre provinces, seule la Bretagne est à l'abri de la disette avec ses deux récoltes annuelles de sarrasin ou blé noir (Lachiver, 1991).

Évolution des pratiques agricoles déjà constatée sur le territoire Bas-Normand

La date de semis de maïs de l'unité d'exploitation de l'INRA au Pin au Hara (Département de l'Orne) s'est avancée au cours des dernières décennies. Plusieurs explications sont possibles (Benoît, 2007) :

- Perception moindre du risque de gel de printemps lors des semis de maïs
- Raccourcissement des cycles physiologiques par une maturité plus précoce en saison, de 4 semaines et demie en moyenne sur 30 ans pour le maïs
- Choix de variété plus appropriée à des disponibilités en degrés jours plus élevées pour le maïs
- Recherche d'un rendement optimal couplé à une qualité satisfaisante à la récolte
- Modification des systèmes de culture
- Augmentation des surfaces dans le temps, qui contraint à débiter plus tôt les semis
- Taille et performance plus élevées du matériel agricole permettant une rapidité du chantier de préparation du sol avant semis et donc semis dans la foulée plus précoce
- Adoption de stratégies de travail du sol et de semis permettant de s'affranchir de certaines contraintes climatiques

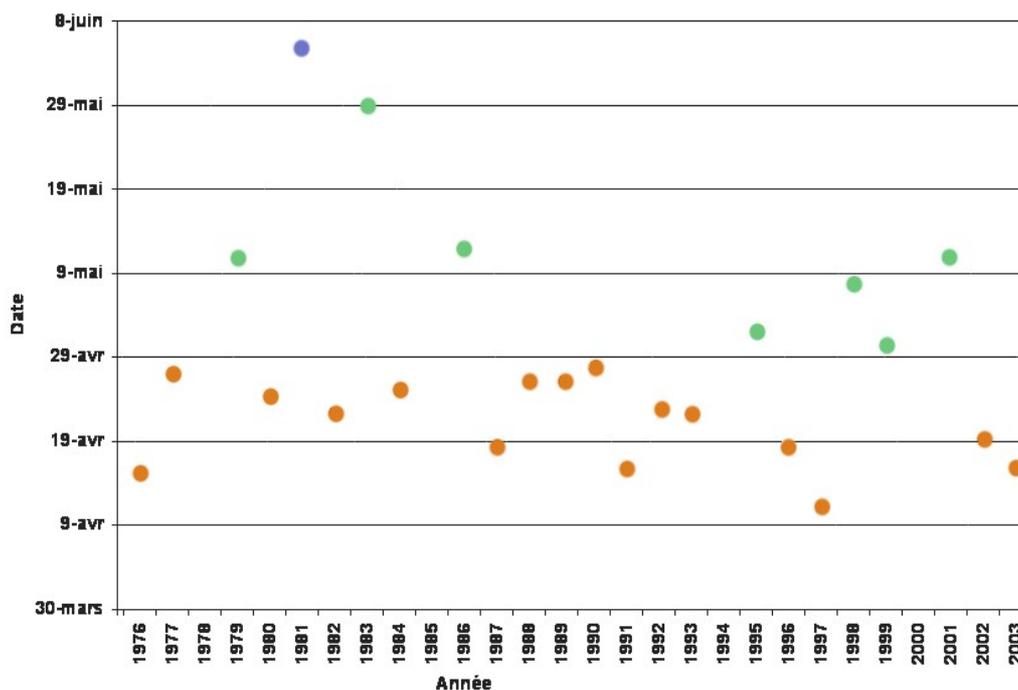


Figure 36 - Évolution des dates de semi du maïs au sein de l'Unité d'exploitation du Pin au Haras (Benoît, 2007 modifié)

Cadre d'identification de la vulnérabilité des agrosystèmes

Pour identifier la vulnérabilité des agrosystèmes, quatre échelles d'analyse sont nécessaires (Fraser, 2006) :

- Échelle de la parcelle : caractéristiques de l'agrosystème (diversité des cultures, qualité des sols (fraction de matière organique, fraction limoneuse), besoins en eau, organisation de l'agrosystème dans le paysage
- Échelle de l'exploitation : options d'adaptation mobilisables par les agriculteurs (irrigation, mobilité du bétail, réorientation des cultures)
- Échelle locale : réseau social, ressources naturelles, ressources financières mobilisables
- Échelle des institutions extra locales : politiques régionales, nationales, extranationales mises en œuvre afin de protéger les personnes affectées

L'échelle de la parcelle est à considérer comme première ligne de défense. Face à une sécheresse ou à l'attaque d'un ennemi des cultures (phytophage), si cette première ligne de défense est dépassée, une deuxième ligne permet d'assurer la retraite (Fraser, 2006).

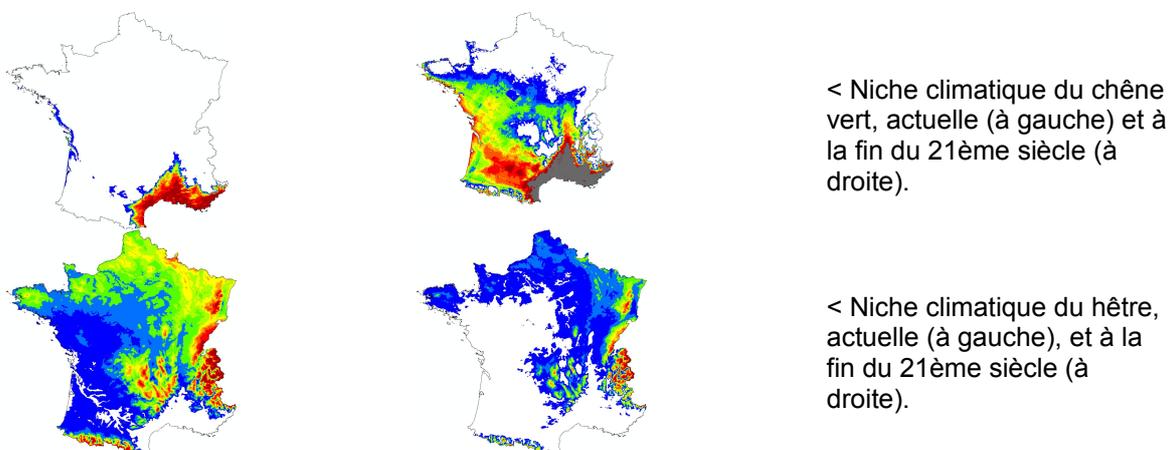


Figure 37 - Aire potentielle de répartition du chêne vert et du hêtre en fonction des paramètres climatiques qui pourraient exister en 2100 scénario T°+ 2,5 ° C (INRA-CARBOFOR)

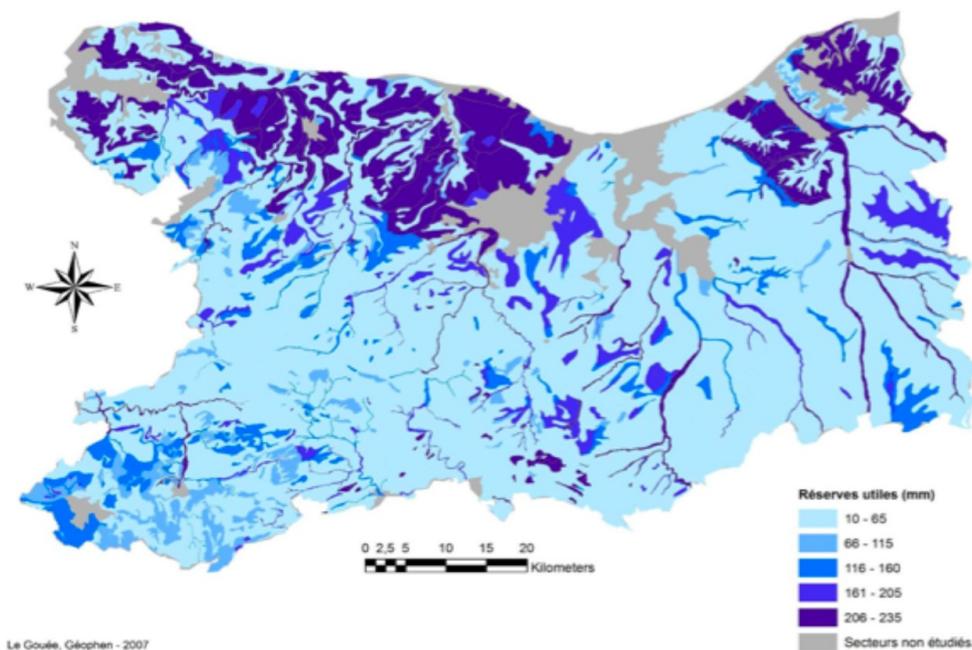


Figure 38 - Carte des réserves utiles maximales des sols du Calvados (Le Gouée, 2009)

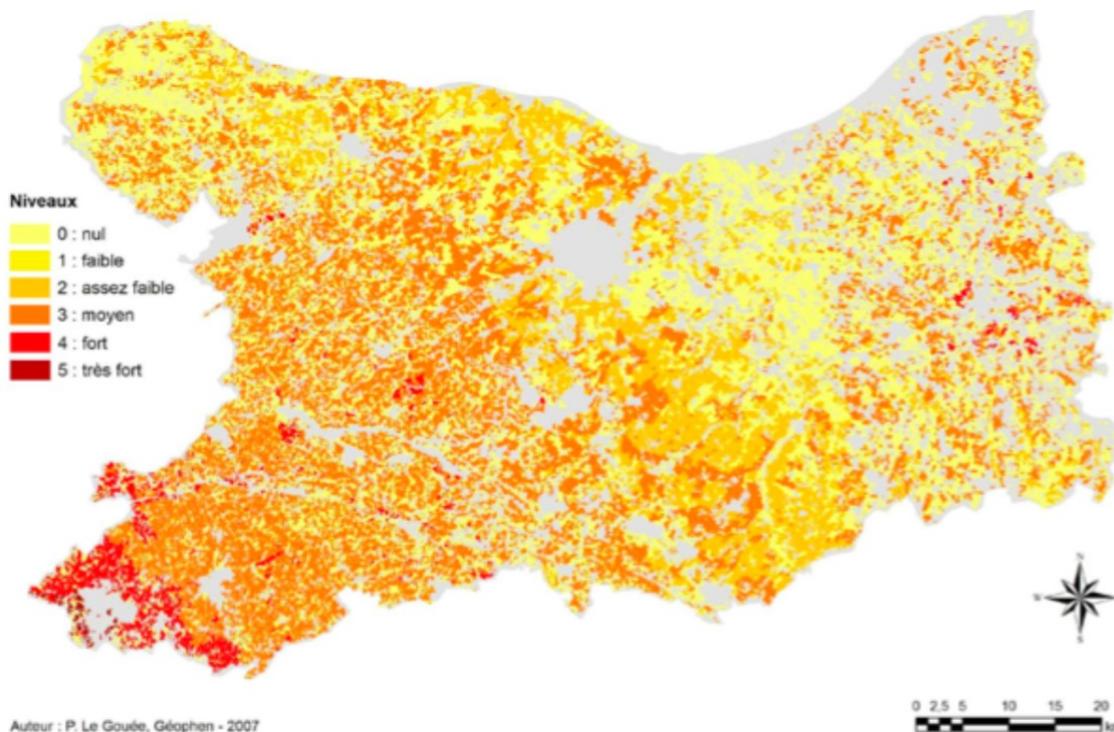


Figure 39 - Carte de l'aléa moyen d'érosion des sols dans le Calvados à l'échelle de l'ilot PAC (Le Gouée, 2009)

Diagnostic :

- Érosion des sols déjà présente sur le territoire (2.2.9)
- Sols de meilleure qualité, à réserve hydrique importante, en concurrence avec le développement urbain (littoral du Calvados)

Pronostic :

- Irrigation et conflits d'usages (côtes, plaines céréalières)
- Irrigation et sur-salures aquifères (maraîchage)
- Disparition d'espaces littoraux (maraîchage, prés salés...)
- Sur-inondation des marais (agents pathogènes, réduction du pâturage)
- Crises sanitaires (nouveaux pathogènes, recrudescence de maladies)
- Pour la sylviculture, une tendance à la hausse de la production se dégage nettement (Cloppet, 2004)
- Feu de forêt

Thérapie :

- Adaptation (forestière, filière bois, nouvelles productions et modes de production)
- Développement de filières locales de production et distribution
- Gestion du patrimoine sol dans l'aménagement (connaissance de ce patrimoine)

Relations entre agrosystèmes, hydrosystèmes et cultures marines

L'érosion des sols agricoles entraîne des molécules vers le littoral à travers les cours d'eau. Une augmentation des précipitations printanières, ainsi qu'on peut l'attendre de la projection des diagrammes ombrothermiques de Météo-France, en période de sols nus, de traitement phytosanitaire, d'épandage de lisier, offre le risque, si les méthodes ne sont pas adaptées, de voir sur le littoral un accroissement des mortalités estivales d'huîtres, ainsi que des blooms de microalgues toxiques qui nuisent aux exploitations conchylicoles.

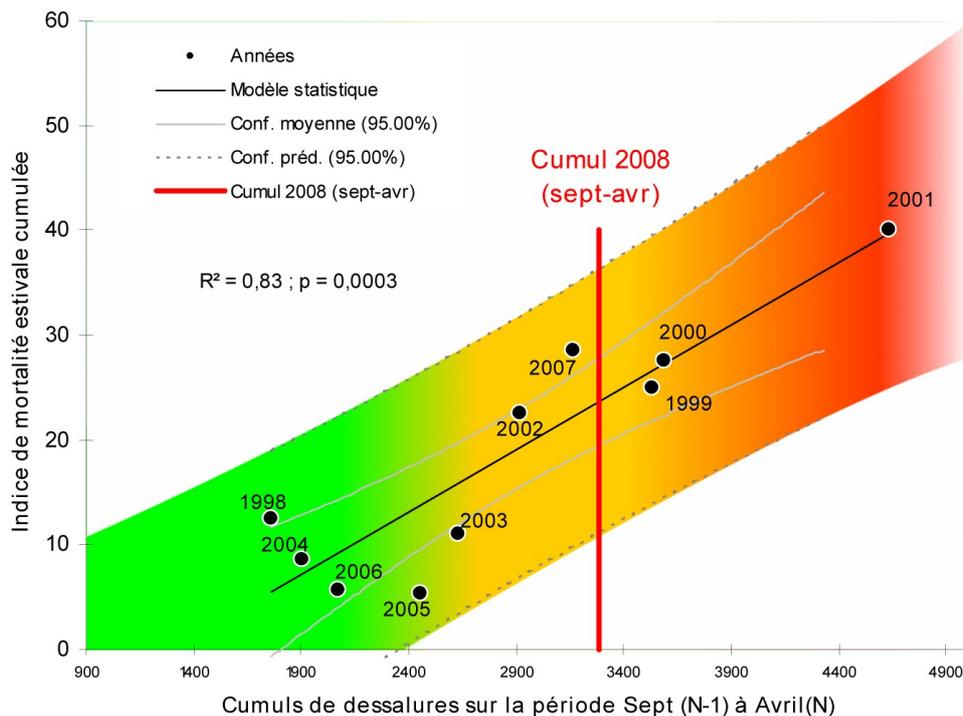


Figure 40 - Identification du niveau d'influence des dessalures en Avril 2008 (ligne rouge) par rapport au même indicateur les années antérieures, au regard des niveaux de mortalités estivales observées en baie des Veys au cours de l'été suivant (Rorper, 2008).

Cultures marines

Les mortalités estivales d'huîtres sont des phénomènes multifactoriels, dont un des facteurs de contrôle majeur est la dessalure littorale produite à l'issue des pluies printanières (2.2.9).

Les hivers doux amènent un deuxième facteur de fragilisation ; une fenêtre de risques est alors ouverte à partir d'un seuil de température de 19°C, la mort des huîtres étant ensuite déclenchée par les pathogènes qui ont persisté à un hiver doux, car les températures élevées sont favorables au développement des agents infectieux dans le milieu marin et/ou dans l'huître.

« Les hivers doux et humides sur la façade atlantique sont liés à un phénomène climatologique de grande ampleur : l'Oscillation Nord Atlantique (NAO en anglais). Une corrélation a pu être établie entre l'indice NAO hivernal (connu dès mars) et le taux des mortalités estivales. » (IFREMER, 2009)

Les hivers dominés par des régimes NAO positifs seront à l'avenir plus fréquents du fait du changement climatique (Cassou, 2004).

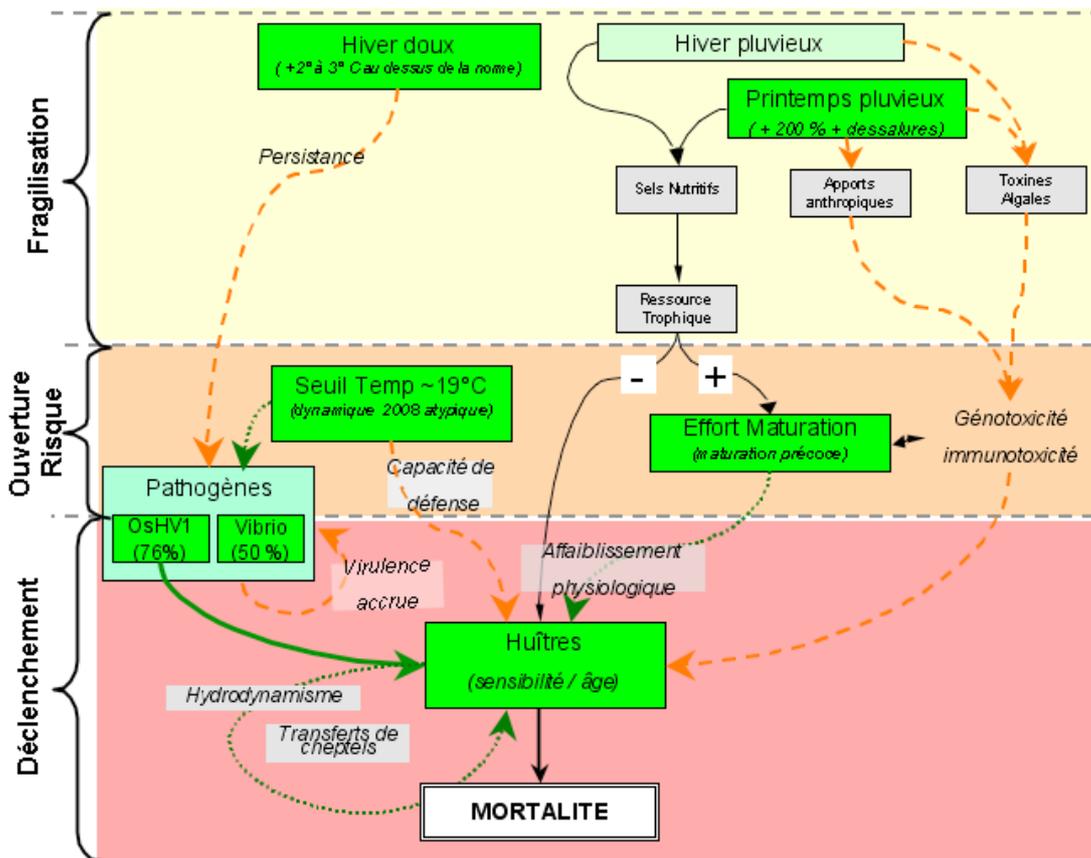


Figure 41 - Schéma conceptuel de la mortalité estivale d'huîtres en 2008 (Ropert, modifié)

2.2.10 Ressources halieutiques

Réponse contextualisée à l'écosystème

À l'échelle de l'Atlantique Nord, un glissement de 10° de latitude des frontières biogéographiques des espèces planctoniques (copépodes) s'est produit au cours des quatre dernières décades. Localement, des changements d'abondance et de diversité d'espèces sont observés au sein des communautés planctoniques.

A la fin des années 1980, le fort accroissement de la production primaire (phytoplancton) est relié à l'effet du changement climatique sur la température, la salinité et la circulation océanique.

« Un signal dominant au sein des variations de recrutement des populations atlantiques de poissons est corrélé significativement avec le réchauffement de la mer dans la plupart des secteurs de l'atlantique nord » (Brunel & Boucher, 2007).

La réponse des populations de poissons au changement climatique doit être considérée dans le contexte plus large de la réponse des écosystèmes, qui implique l'environnement physique, mais aussi les relations interspécifiques entre les poissons et les autres composantes de l'écosystème.

Cette réponse peut n'être pas linéaire et prendre la forme d'une bifurcation rapide vers un nouveau bassin d'attraction (voir encadré) qui provoque un changement brutal de régime (Brunel & Boucher, 2007).

Pour de nombreuses populations de poissons, un recrutement accéléré est synchrone des anomalies de température de l'atlantique Nord.

Dans la Manche, le recrutement de la plie est négativement corrélé à la température de surface de la mer (-0,62, significatif à 1%) (Brunel & Boucher, 2007).

Cette température de surface (SST) est à son tour expliquée pour partie (0,33%) par les anomalies de température de l'hémisphère nord (NHT anomalies) et pour partie (0,73%) par l'influence de l'oscillation Nord Atlantique (NAO index).

Sardines et balistes

Pour les sardines, le phénomène est complexe, car les circuits de migration et les modalités de recrutement changent avec la température.

En ce qui concerne le baliste, sa remontée au-delà du détroit de Gibraltar qui fut sa limite Nord est dépassée depuis les années 70, le changement actuel se produit dans l'augmentation des effectifs de ce poisson dans nos latitudes (Boucher, com.pers.).

Changements brutaux de régime au sein des écosystèmes

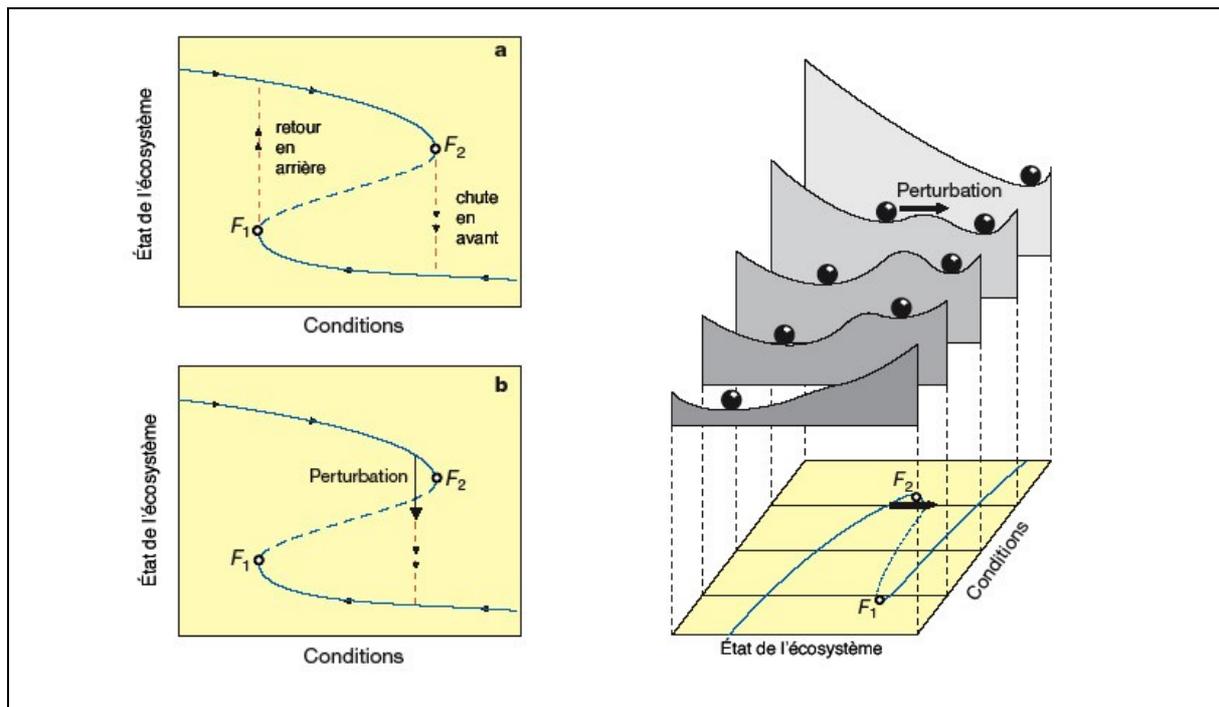


Figure 42 - Deux manières de glisser entre états stables alternatifs (Sheffer et al. 2003).

a) Si le système est sur la branche supérieure, mais proche du point de bifurcation F_2 , un faible changement progressif des conditions peut le porter au-delà de la bifurcation et induire un glissement catastrophique vers l'état alternatif stable inférieur (chute en avant). Si l'on tente de restaurer l'état de la branche supérieure à travers le retour aux conditions précédentes, le système présente une hystérésis. Ainsi, un retour en arrière ne pourra se produire que si les conditions précédentes sont rétablies suffisamment loin, au niveau du point de bifurcation F_1 .

b) Une perturbation (flèche) peut aussi provoquer un glissement vers l'état stable alternatif, si celle-ci est suffisamment forte pour déplacer le système par-dessus la frontière du bassin d'attraction.

Les conditions extérieures modifient la résilience des écosystèmes vis-à-vis d'une perturbation. Le plan inférieur présente la courbe d'équilibre de la figure précédente. Les paysages de stabilité décrivent l'équilibre et ses bassins d'attraction pour cinq conditions différentes. Les équilibres stables correspondent aux vallées ; la section instable du milieu de la courbe d'équilibre pliée correspond à une colline dans le paysage. Si la taille du bassin d'attraction est réduite (par le changement des conditions), la résilience est réduite à son tour, et alors même une perturbation modérée peut amener le système vers le bassin d'attraction alternatif (Sheffer et Carpenter, 2003).

2.2.11 Santé

L'expérience caniculaire de 2003 offre un avant-goût des conséquences de l'élévation de la température sur le plan de la santé humaine. D'autres conséquences sont redoutées, comme la multiplication des "blooms" de microalgues toxiques sur le littoral, que les scientifiques refusent de relier à l'évolution du climat, mais qu'ils voient davantage comme une conséquence des apports des nutriments par les rivières.

Facteur réel mais moins important : le climat peut avoir un impact à cet égard à travers les régimes pluvieux de printemps ou les orages estivaux.

Changement de distribution des tiques dû aux hivers doux

Différentes espèces de tiques sont vectrices de maladies comme l'encéphalite ou la maladie de Lyme.

Le climat influence directement et indirectement les tiques, leur habitat, les hôtes et animaux réservoirs. Le changement climatique, en particulier le radoucissement des températures minimales, a été mis en lien avec le déplacement de la distribution des tiques vers des régions européennes de latitudes et altitudes plus élevées (Gray, 2009).

Changement de comportement des tiques dû aux printemps et étés chauds

Les épisodes de réchauffement climatique risquent d'être associés à des épidémies de maladies transmises par les tiques. Les rickettsioses sont plus communes et plus graves pendant les étés et printemps très chauds. Les tiques de chien sont majoritairement présentes au printemps et ne piquent habituellement pas les hommes. Sous l'effet de la chaleur, les tiques seraient comme folles et se mettraient à piquer l'homme (Parola 2008).

2.2.12 La cogestion adaptative

La cogestion adaptative est un système de gestion des ressources basé sur les communautés locales, mis en œuvre pour des objectifs spécifiques et travaillant en collaboration avec des agences gouvernementales concernées, des institutions d'éducation, et des ONG. La seule différence entre la gestion adaptative et la cogestion adaptative est que le principal problème d'incertitude à traiter dans le second cas ne concerne pas les interactions écologiques mais les interactions sociales.

La cogestion adaptative se développe sur l'accumulation de l'expérience socio-écologique, et est enrichie à la fois par la pratique et la théorie. Elle repose sur la participation d'un ensemble divers de groupes d'intérêts travaillant à différentes échelles, depuis les usagers locaux, vers les municipalités, puis vers les organisations régionales ou nationales, et parfois les réseaux et représentants internationaux. (Folke et al., 2002).

L'innovation de la cogestion adaptative est issue de la combinaison de la dimension d'apprentissage itératif de la gestion adaptative et de la dimension relationnelle de la gestion collaborative au sein de laquelle les droits et devoirs sont étroitement partagés.

La complémentarité des concepts de la collaboration et de la gestion adaptative encourage une approche de la gouvernance qui englobe la complexité et les relations entre échelles, avec le processus d'apprentissage dynamique.

Les principales caractéristiques de la cogestion adaptative incluent :

- Une attention particulière à l'apprentissage sur le tas (learning-by-doing)
- La synthèse de différents systèmes de connaissance
- La collaboration et le partage du pouvoir entre niveaux locaux, régionaux et nationaux
- La flexibilité dans la gestion

Les stratégies de ce mode de gouvernance évolutive sont attentives au feed-back (à la fois social et écologique) et orientées vers la résilience et la durabilité du système.

De telles stratégies incluent le dialogue parmi les groupes d'intérêt et acteurs depuis le niveau local jusqu'au niveau national, le développement d'institutions complexes, redondantes et multi-niveaux,

ainsi que la combinaison de types institutionnels, de projets et de stratégies qui facilitent l'expérimentation et l'apprentissage à travers le changement.

Les autres thèmes importants au sein de la cogestion adaptative incluent :

- l'amélioration de l'évaluation des procédures et des résultats
- une attention accrue sur les pouvoirs
- le rôle du capital social
- et les interactions significatives sources de confiance mutuelle comme base de la gouvernance des systèmes socio-écologiques (resalliance.org).

2.2.13 Co-construction d'indicateurs

Une des étapes utiles à la mise en œuvre d'une co-gestion adaptative est celle de la construction collective d'indicateurs. Elle permet à la fois l'apprentissage sur le tas, la synthèse des différents systèmes de connaissance, et une meilleure réactivité vis-à-vis aux rétroactions de l'éco-sociosystème.

Points forts des processus de co-construction d'indicateurs (Levrel, 2008) :

1. Une convergence du sens mis par les différentes parties prenantes derrière les concepts utilisés pour décrire les interactions société-biodiversité et les problématiques que ces dernières soulèvent
2. L'identification des zones d'incertitudes et des paramètres structurants qui permettent de décrire les systèmes d'interactions société-biodiversité dans une perspective intégrée et dynamique
3. La construction de questions partagées par les différentes communautés de pratiques en présence et donc finalement l'émergence de communautés d'intérêt
4. La création de boucles d'apprentissage concernant les outils, les méthodes, ou l'organisation du travail collectif

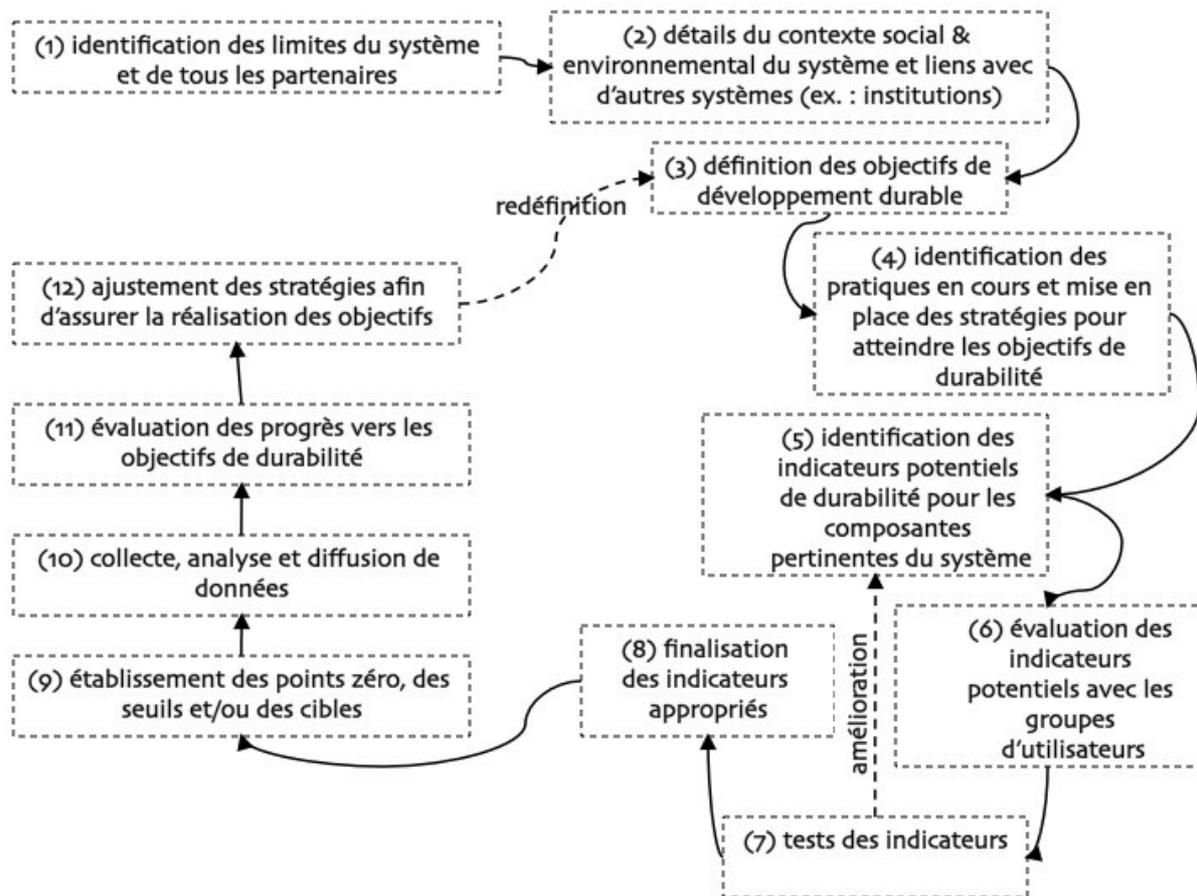


Figure 43 - Processus d'apprentissage d'évaluation de la soutenabilité environnementale employant des indicateurs basés sur les savoirs locaux et scientifiques (Stringer et al., 2006, modifié)

Exemple de Phénoclim

Phénoclim est une initiative consistant à proposer la collecte des indicateurs relatifs aux modifications intervenant au cours de la vie des plantes alpines à des écoliers et collégiens. Cette collecte offre une base de recherche sur l'évolution du climat au laboratoire CRÉA, qui diffuse ensuite les informations valorisées sous forme de graphiques sur le net. Cette structuration, mise en forme et analyse des

données participe à la formation des jeunes partenaires du laboratoire d'une manière semble-t-il nettement plus attrayante et enrichissante qu'un apprentissage classique sur le phénomène du changement climatique.

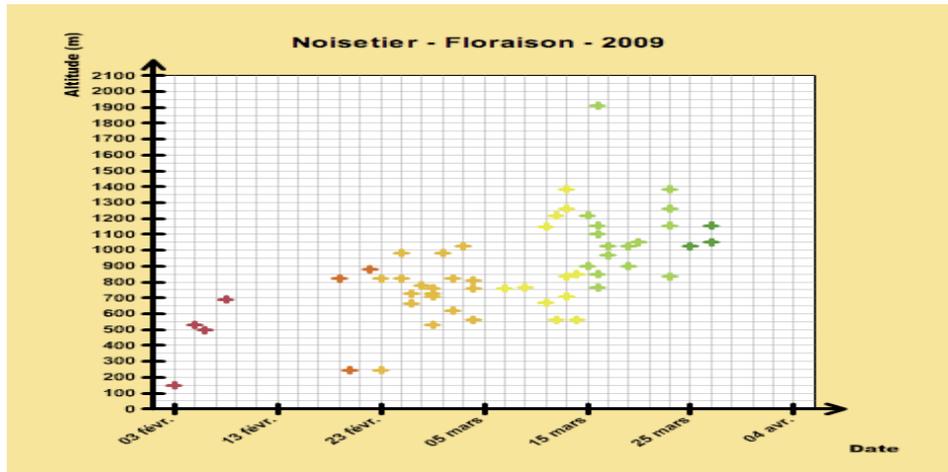


Figure 44 - Dates de floraison du Noisetier en fonction de l'altitude pour 2009 (Phénoclim, 2009)

Exemple de la campagne des hirondelles en 1988

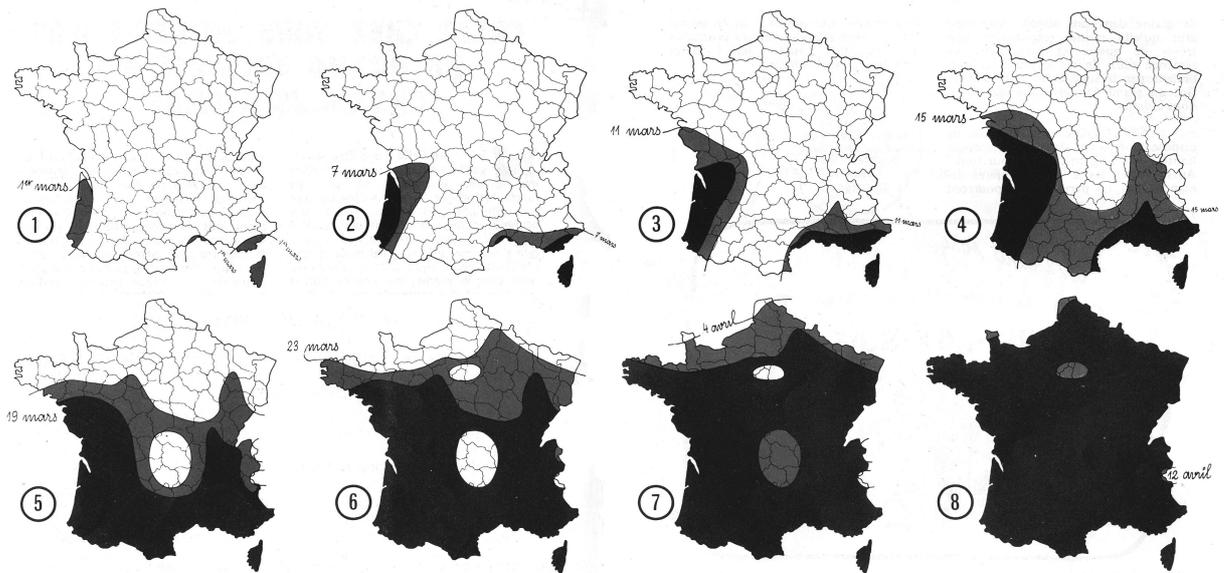


Figure 45 - Suivi de la progression de l'hirondelle du 1^{er} mars au 12 avril 1988, lors d'une campagne d'observation à laquelle ont participées 10500 personnes, à la suite d'une opération conjointe de la LPO, de France culture et du journal la Hulotte (Déom, 1989)

Opération « Le printemps des Hirondelles » (mars-avril 1988)

(Compte rendu rédigé par Claire MENISSIER du journal la Hulotte)

La Hulotte, qui surnomme cette opération « Dakar-Paris des Hirondelles », lance l'opération auprès de la presse, et mobilise ses abonnés lors de la parution du n°60, 2^{ème} épisode d'une saga sur l'Hirondelle de cheminée et qui contient une **fiche d'observation pour noter la date et le lieu d'apparition de la première hirondelle** (à renvoyer au journal).

La Ligue pour la Protection des Oiseaux a organisé en 1987 sa première opération « Le printemps des hirondelles », avec la participation des Clubs Connaître et Protéger la Nature (CPN), incitant ses adhérents à suivre l'avancée du printemps et à communiquer leur première observation de 5 espèces,

dont l'Hirondelle de Cheminée. L'opération est renouvelée en 1988 et annoncée à la presse. Les observations (reçues sur carte postale, par téléphone (permanences) et par l'intermédiaire d'un serveur minitel) sont centralisées par la LPO et traitées par des ornithologues.

La direction et plusieurs producteurs de France Culture sont engagés dans « Le Printemps des Hirondelles » (12 mars - 10 avril) :

- Marie-Hélène Baconnet : son émission du samedi matin « Fréquence Buissonnière » reçoit des spécialistes des hirondelles, fait part des courriers des auditeurs sur leurs liens avec les hirondelles, ... Elle rédige un communiqué quotidien sur la base des données reçues de la LPO
- Le communiqué sur l'avancée des hirondelles est lu tous les matins par Jean Lebrun (« Culture matin »)
- Sont engagés également Claude Mettra (« Les chemins de la connaissance »), André Velter (émission de poésie), Pierre Descargues, Brigitte Delannoy et Emmanuel Lautrentin (« La Tasse de thé »)

L'opération se déroulait dans le cadre de l'Année Européenne de l'Environnement. Elle a été relayée par des émissions de télévision et de radio, et par environ 150 articles de presse. Plus de 10 000 observations ont été reçues.

A noter : le grand public peu averti peut rencontrer des difficultés pour déterminer précisément l'espèce d'hirondelle - ce qui n'est pas compatible avec l'exigence scientifique des ornithologues de la Ligue pour la Protection des Oiseaux.

Il existe actuellement sur Yahoo.fr un groupe de passionnés d'hirondelles et de martinets qui communiquent leurs observations.

3 Synthèse des initiatives actuelles en matière de changement climatique

3.1 Au niveau international

3.1.1 Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)

La mission du GIEC

En 1988, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) ont créé le GIEC, dont peuvent faire partie tous les membres de l'ONU et de l'OMM. La mission du GIEC est d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique nécessaires afin de :

- Mieux comprendre les fondements scientifiques des risques liés au changement climatique d'origine humaine
- Cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement
- Envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation

Le GIEC fonde ses évaluations principalement sur les publications scientifiques et techniques dont la valeur scientifique est largement reconnue. Il n'a pas pour mandat d'entreprendre des travaux de recherche ni de suivre l'évolution des variables climatologiques ou d'autres paramètres pertinents.

Les activités du GIEC

- Évaluation régulière de l'état des connaissances relatives au changement climatique
- Élaboration de rapports spéciaux et de documents techniques sur des sujets qui nécessitent des informations et des avis scientifiques indépendants
- Contribution à la mise en œuvre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) par ses travaux sur les méthodes à appliquer pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.

Les différentes entités du GIEC

Le GIEC se compose de trois groupes de travail et d'une équipe spéciale.

Équipe	Activité
Groupe de travail I	Aspects scientifiques du système climatique et de l'évolution du climat
Groupe de travail II	Vulnérabilité des systèmes socio-économiques et naturels aux changements climatiques Conséquences négatives et positives de ces changements Possibilités d'adaptation
Groupe de travail III	Solutions envisageables pour limiter les émissions de gaz à effet de serre ou atténuer de toute autre manière les changements climatiques
Équipe spéciale pour les inventaires nationaux de GES	Mise en œuvre du programme du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre

Le Groupe II a notamment publié en 2007 un rapport intitulé "Impacts, adaptation et vulnérabilité". Ce rapport est disponible sur le site internet du GIEC : www.GIEC.ch/GIECreports/ar4-wg2.htm.

3.1.2 Les travaux du Programme des Nations-Unies pour le Développement (PNUD)

Selon le PNUD, les effets du changement climatique vont diminuer la capacité des pays en développement à atteindre leurs objectifs de développement durable, définis sur la base des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD).

Étant donné qu'une des missions du PNUD consiste à préserver les OMD, le PNUD soutient les pays en développement dans leur politique d'adaptation de trois manières :

1. En intégrant les risques liés au changement climatique dans les programmes de développement des Nations Unies
2. En intégrant les risques liés au changement climatique dans les politiques, plans et stratégies nationaux de développement
3. En identifiant les initiatives liées à l'adaptation méritant d'être financées

Pour en savoir plus :

- site du PNUD : www.undp.org/climatechange/adapt/
- site des OMD : www.un.org/french/millenniumgoals/

3.2 Niveau européen

3.2.1 Le Livre Blanc sur l'adaptation au changement climatique de la Commission Européenne (CE)

Suite à la publication le 29 juin 2007 d'un Livre vert sur le changement climatique - lequel proposait des possibilités d'action communautaire et lançait jusqu'au 30 novembre 2007 une consultation publique -, la CE a publié le 1er avril 2009 son "Livre blanc : adaptation au changement climatique : vers un cadre d'action européen".

Ce Livre Blanc définit un cadre dans lequel l'UE et les États membres devront diriger leurs actions et propose une stratégie en deux phases :

- Phase 1 (2009-2012) : préparation d'une stratégie communautaire globale d'adaptation
- Phase 2 (à partir de 2013) : mise en œuvre de cette stratégie

La phase 1 s'articulera autour de 4 axes :

1. Édification d'un socle de connaissances solide sur l'incidence et les conséquences du changement climatique
 2. Intégration de l'adaptation dans les domaines d'action clés de l'UE
 3. Articulation de plusieurs instruments pour assurer la mise en œuvre effective de l'adaptation
 4. Renforcement de la coopération internationale en matière d'adaptation

Pour en savoir plus :

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:FR:DOC>

3.2.2 Le projet Future Cities, Urban networks to face climate change

Ce projet s'intègre au programme européen de coopération transnational INTERREG IV B, lancé par la Commission européenne en juillet 2008 auprès des pays situés en bordure de la mer du Nord. Il s'inscrit dans la priorité 1 du programme : "Adaptation aux impacts spatiaux liés au changement climatique".

Il regroupe huit partenaires, issus de cinq États membres de l'UE : Pays-Bas, Allemagne, Angleterre, Belgique, ainsi que la France, représentée par Rouen Seine Aménagement, en coopération avec la Ville de Rouen. Il se poursuivra jusqu'en 2012.

Future Cities vise à mutualiser les compétences afin de combiner des actions sur la gestion de l'eau, l'efficacité énergétique et les espaces végétalisés en milieu urbain, pour adapter les villes aux effets

du changement climatique. Il favorise donc l'échange de connaissances et d'expériences, notamment par l'organisation de séminaires. Le premier a eu lieu à Rouen, le 19 mars 2009.

Il est à noter que la région South East, interviewée dans le cadre de cette étude et menant une étude d'évaluation de sa vulnérabilité face au changement climatique (interview n°13, Jorn Peters, Regional Planner, Région South East), participe à ce projet.

Pour en savoir plus : <http://www.nweurope.eu/>

3.2.3 Channel Arc Manche

L'Arc Manche est un espace géographique qui comprend l'ensemble des territoires français et britanniques de la Manche. Depuis 2003, Arc Manche est aussi devenu un projet politique reposant sur un réseau informel et volontaire de collectivités locales qui échangent des bonnes pratiques, coordonnent des initiatives et développent des idées de projets pouvant être financées par des fonds européens

Pour en savoir plus : www.arcmanche.com/actualites-et-evenements/a-la-une/

L'un des projets porte sur les questions de changements climatiques. Une conférence a d'ailleurs été organisée le 3 décembre à Folkestone, Grande-Bretagne

Deux personnes du Conseil Régional de Basse-Normandie étaient présentes :

- Jérôme Chauvet, chef du service « Port, aéroports et activités maritimes » du CR BN
- Daniel Bosquet, élu vert impliqué dans la direction « Aménagement du territoire - Transports – Communications » du CR BN

Pour en savoir plus : <http://www.arcmanche.com/conferences-arc-manche/conference-2008/>

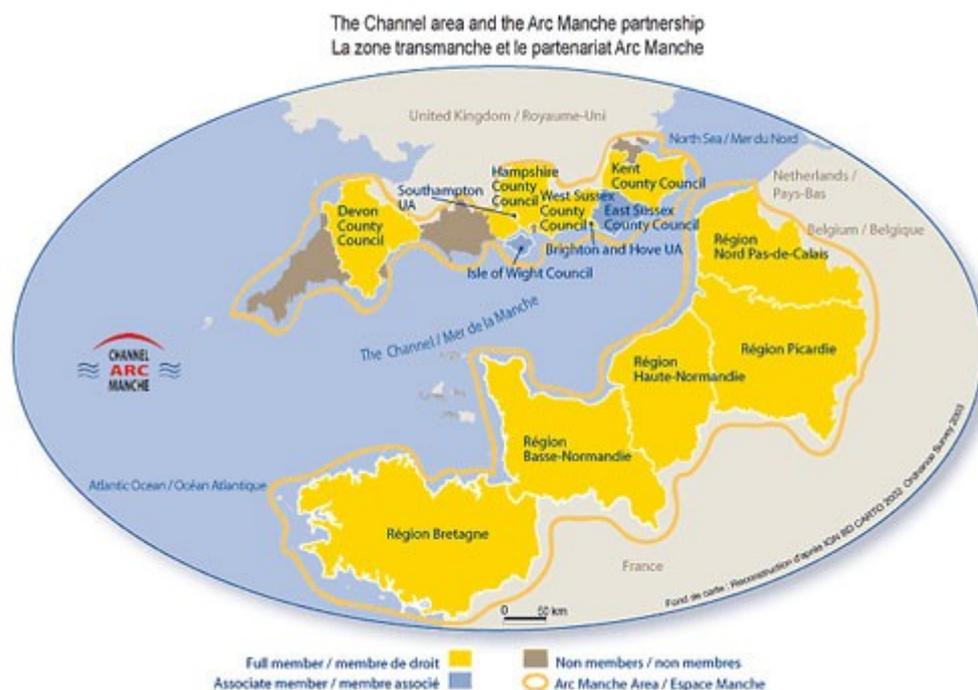


Figure 46 - La zone transmanche et le partenariat Arc Manche

3.2.4 Le programme européen AMICA : combiner politiques d'atténuation et d'adaptation dans les collectivités

AMICA (Adaptation and Mitigation, an Integrated Climate policy Approach) est un programme de coopérations entre collectivités européennes, porté par la Climate Alliance, réseau de 1200

collectivités locales et régionales travaillant sur les politiques locales de lutte contre le changement climatique depuis plus de 10 ans.

Son objectif global est d'identifier de « bonnes » mesures d'adaptation, qui combineront baisse des émissions et baisse de la vulnérabilité locale.

Le projet se déroule de la manière suivante :

- Constitution de groupes de travail thématiques liés aux différents thèmes du changement climatique, visant à aider les collectivités à définir des éléments d'adaptation à combiner avec leur politique de réduction des émissions
- Mise en œuvre par chaque collectivité d'un plan climat local intégré, combinant politiques d'urbanisme, d'énergies et de transport, d'agriculture et gestion forestière, et de la protection de la nature

Le Grand Lyon est partenaire de cette initiative. Son objectif est de « renforcer le volet adaptation de son plan climat, afin de mettre au point une politique locale qui réponde au changement climatique de manière intégrée, en alliant des mesures de court et de long terme, de précaution et de réponse aux impacts, et créant le cadre d'un développement local durable dans le temps ».

Pour en savoir plus :

- Présentation d'AMICA par le Grand Lyon : <http://www.hespul.org/Programme-AMICA.html>
- Site internet de la Climate Alliance : <http://www.klimabuendnis.org/home.html?&L=0>

3.3 Niveau national

3.3.1 La Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique (SNACC)

La SNACC est un document exprimant la position de l'État français en matière d'adaptation au changement climatique. Suite à un processus de concertation piloté par l'Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC) et impliquant les différents secteurs d'activité et la société civile, la SNACC a été validée par le Comité interministériel pour le développement durable réuni le 13 novembre 2006 par le Premier ministre.

La SNACC identifie 4 grands objectifs :

- Agir pour assurer la sécurité et santé publique
- Réduire les inégalités devant le risque
- Limiter les coûts, tirer parti des bénéfices potentiels
- Préserver le patrimoine naturel

La SNACC propose des pistes d'action pour atteindre ces objectifs, afin d'alimenter l'élaboration du futur plan national d'adaptation, lequel définira un ensemble de mesures précises à prendre aux différents niveaux de décision.

Pour en savoir plus : www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Strategie_Nationale_2.17_Mo-2.pdf

3.3.2 Le projet adaptation au changement climatique du groupe interministériel

L'ONERC et la Direction Générale de l'Énergie et du Climat pilotent un groupe de travail interministériel sur l'évaluation des impacts du changement climatique, du coût des dommages et des mesures d'adaptation, répondant à un engagement du Plan Climat.

Ce groupe de travail a publié en juin 2008 un premier rapport qui fixe une méthodologie d'évaluation et dresse un état de la connaissance des vulnérabilités au changement climatique des sept secteurs ou thématiques étudiés :

- Santé

- Énergie
- Urbanisme/cadre bâti/infrastructures de transport
- Tourisme
- Risques naturels et assurances
- Agriculture/forêt/ressource en eau
- Territoires

Suite à ce premier rapport, 7 groupes de travail ont été créés, constitués de responsables des ministères et d'experts associés. Chacun de ces groupes doit rendre ses conclusions pour alimenter le Plan National d'Adaptation (démarche complémentaire au Plan National Climat de 2006), qui doit voir le jour en juillet 2011.

Selon Sylvie de Smedt, responsable du groupe de travail sur "Risques naturels et assurances" (entretien n°15, Sylvie de Smedt, Bureau des risques météorologiques, MEEDDAT), le délai imparti est très court et ne permet pas de mener des recherches scientifiques. Il est plus question de bâtir des hypothèses raisonnables sur la base des informations disponibles, et de jouer la transparence sur le degré d'incertitude inhérent aux prévisions climatiques.

3.3.3 L'initiative de la MEDCIE du Grand Sud-Est : étude des changements climatiques sur 5 régions

La Mission d'Études et de Développement des Coopérations Interrégionale et Européenne (MEDCIE) du Grand Sud-Est, avec le soutien du cabinet Ecofys, réalise sur la période 2008-2009 une étude exploratoire des effets potentiels des changements climatiques, aux horizons 2030 et 2050, sur 5 régions françaises :

- Auvergne
- Corse
- Languedoc- Roussillon
- Provence-Alpes-Côte d'Azur
- Rhône-Alpes

La première étape de cette étude a abouti à la réalisation de rapports de synthèse pour chacune des régions. Ceux-ci proposent, après une introduction générale de la problématique du changement climatique :

- **Une description détaillée des changements climatiques régionaux probables** (évolution des températures et précipitations), à partir d'un travail de simulation réalisé par Météo France
- **Une analyse qualitative des principaux impacts, par secteur, attendus sur le territoire.**

Ces rapports permettent d'identifier les points-clés de sensibilité des 5 régions étudiées, lesquels restent à évaluer de manière plus détaillée dans le cadre de l'élaboration de scénarios prospectifs.

Ces rapports sont disponibles sur le site internet de la préfecture des Bouches-du-Rhône : <http://www.bouches-du-rhone.pref.gouv.fr/dossier/medcie.htm>

La prochaine étape de l'étude, qui est en cours, consiste à définir les stratégies d'anticipation et d'adaptation, les modes d'action et les programmes qu'il conviendrait de mettre en œuvre sur les 5 régions concernées.

3.4 Niveau bas-normand

3.4.1 L'éclatement des initiatives

La réalisation de la première étape de cette étude a permis de mettre en évidence un fort éclatement des initiatives, portées par des acteurs divers :

- recherches scientifiques
- plans climat
- programmes de coopération entre collectivités
- initiatives du monde associatif

Cette situation semble traduire un manque de coordination des acteurs du changement climatique en Basse-Normandie. La suite de ce chapitre vise à présenter quelques initiatives majeures en Basse-Normandie (excepté les projets scientifiques, mentionnés dans les chapitres « Apports scientifiques complémentaires » et « Résultats des entretiens »).

3.4.2 L'action des collectivités : les Plans Climat Énergie Territoriaux (PCET)

Le PCET prévoit l'adaptation

Un PCET peut être défini comme un cadre d'action permettant de mobiliser l'ensemble des partenaires et des acteurs locaux de la collectivité sur la question des changements climatiques.

Élaborer un plan climat énergie territorial, c'est pour une collectivité locale s'engager à :

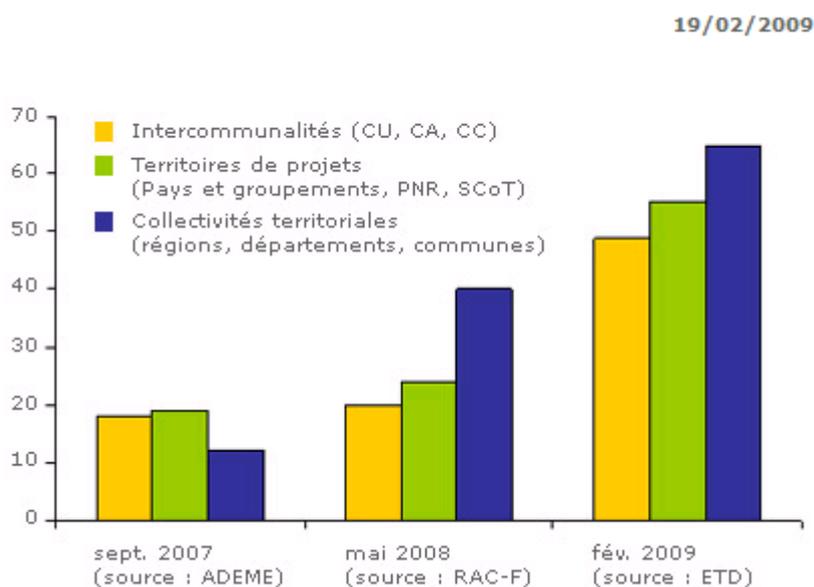
- Réaliser un état des lieux des émissions de GES de son territoire
- Effectuer un travail de prospective visant à dégager les tendances lourdes et les phénomènes émergents
- Fixer des objectifs quantifiés dans le temps, pour ce qui concerne les compétences de la collectivité
- Développer une stratégie et des indicateurs à l'échelle du territoire considéré
- **Elaborer un volet concernant les adaptations aux changements climatiques**

Jusqu'à aujourd'hui, les PCET se concentrent principalement sur l'atténuation, alors que l'adaptation est inscrite dans ses "gènes". La Basse-Normandie ne fait pas exception en la matière. Cet état de fait peut paraître logique : il est cohérent d'agir sur les causes des risques avant de s'attaquer à leurs conséquences. Néanmoins, l'un ne doit pas faire oublier l'autre.

Le PCET sera le support du développement des politiques territoriales d'adaptation. Il est intéressant de dresser un panorama de cet outil de planification.

Le PCET a de l'avenir

ETD (www.projetdeterritoire.com), un portail dédié au développement territorial a, en février 2009, recensé 169 projets de PCET en projet en France. Le graphique ci-dessous montre un accroissement massif des PCET depuis 2 ans.



Ce nombre est amené à augmenter. En effet, le projet de loi Grenelle 2, précise qu'un plan climat territorial devra être adopté par les collectivités (Régions, Départements, les communautés urbaines, les communautés d'agglomération ainsi que les communes ou EPCI de plus de 50 000 habitants) avant le 31 décembre 2012 (alors qu'aujourd'hui c'est une démarche volontaire). Cela équivaut à environ 250 plans climat territoriaux au niveau national, et 8 en Basse-Normandie :

- Région : Basse-Normandie
- Départements : Calvados, Manche, Orne
- Communautés urbaines et d'agglomération : Caen la Mer, Communauté Urbaine de Cherbourg (CUC), Communauté Urbaine d'Alençon
- Communes : Caen et Cherbourg

Les PCET bas-normands

9 PCET ont été identifiés en Basse-Normandie

- La Région
- La Communauté Urbaine de Cherbourg
- Le Pays du Bassin au Virois
- Pays d'Ouche
- Pays de Caen
- Pays du Bocage
- Le Parc Naturel du Marais du Cotentin
- Le Parc Normandie Maine
- Le Parc du Perche

L'appel à projets « Plan Climat Territorial » par l'Ademe Basse-Normandie et la Région

La Région et l'ADEME, avec l'aide des fonds européens FEDER, ont lancé en 2008 un appel à projets « Plan Climat Territorial » en direction des 13 Pays bas-normands. Cet appel à projets est ouvert de mars 2008 à mars 2010. Un comité régional associant l'État, l'ADEME et la Région sélectionne les meilleures propositions au fur et à mesure du dépôt des candidatures dans la limite de 4 Pays par an.

Les candidats sélectionnés sont soutenus sur les éléments suivants :

- Financement à 80% d'un poste d'ingénierie pendant 3 ans
- Soutien financier du programme d'actions
- Aide à l'évaluation de l'empreinte climatique et au plan d'action
- Mutualisation des connaissances et formation

3 Pays ont été sélectionnés pour l'année 2008 :

- Pays d'Ouche
- Pays de Caen
- Pays du Bocage

La sélection 2009 sera effectuée au milieu de l'année.

Pour aller plus loin : site internet d'Énergie Cités, l'association des municipalités européennes pour une politique énergétique locale durable : <http://www.energie-cites.eu/-Dossiers,356>

3.4.3 Les ONG et la société civile

Les acteurs de la société civile - ONG, associations de défense de l'environnement, d'éducation populaire, ... - sont souvent avant-gardistes dans les enjeux qu'ils défendent. Ils jouent un rôle tout particulier d'expertise et de sensibilisation du grand public.

Voici deux exemples d'initiatives

Assises nationales de l'Éducation à l'Environnement vers un Développement Durable - EEDD à Caen (27 au 29/10/2009) : <http://assises-eedd-2009.fr/>

Co-pilotées et co-organisées par le CFEEDD et le Collectif régional d'EEDD bas-normand, ces Assises sont un temps fort d'ateliers et tables-rondes autour de l'EEDD, avec un triple objectif :

1. Montrer l'importance des initiatives comme moteur de changement
2. Renforcer la culture de la gouvernance et la pratique du partenariat
3. Engager collectivement une mise en oeuvre ambitieuse de l'EEDD

Elles s'adressent aux quatre sphères d'acteurs impliqués dans la thématique :

- L'État

- Les collectivités
- La société civile (associations, syndicats)
- Les entreprises

Elles réuniront de 800 à 1000 participants.



Les animations du CPIE de la Vallée de l'Orne : "Réchauffement climatique et biodiversité en Normandie"

L'association « L'Aulne Vert » créée en 1984 par la ville de Caen et le Conseil Général du Calvados, a été labellisée en 1987 « Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement (CPIE) Vallée de l'Orne ».

Le CPIEVO a pour vocation de faire de l'éducation et de la sensibilisation à l'environnement ainsi qu'au développement durable (DD). Le thème des semaines d'animation du CPIE pour 2009, est "Réchauffement climatique et biodiversité en Normandie". Une exposition intitulée "Ca chauffe sous les pommiers !", à la fois ludique et éducative, est ainsi organisée pour permettre de mieux comprendre comment le réchauffement climatique agit sur le monde du vivant en Basse-Normandie.

Pour aller plus loin : réseau Action Climat France, réseau des associations investies dans la lutte contre les changements climatiques : <http://www.rac-f.org/>

3.4.4 Les entreprises et leurs représentants

Nos entretiens ne nous ont pas permis d'identifier des initiatives existant spécifiquement sur ce sujet.

4 Le déroulement de l'étude

4.1 Introduction

Une des préoccupations majeures de cette étude est d'acquérir une première vision du changement climatique tel qu'il se présente et est perçu en Basse-Normandie. La finalité de la mission est d'aboutir à la définition de politiques d'adaptation sur le territoire de la Basse-Normandie.

C'est dans cette optique qu'une cinquantaine d'entretiens sur le changement climatique et l'adaptation ont été menés auprès d'acteurs de trois types :

- Experts thématiques nationaux et régionaux
- Responsables de projets sur l'adaptation
- Acteurs bas-normands promoteurs de politiques ou d'actions sur le territoire

4.2 Liste des acteurs rencontrés (répartition des compétences et territoires)

La sélection des acteurs s'est faite dans un souci de diversité, afin d'appréhender au mieux la complexité de la problématique.

Cette diversité se concrétise en matière de :

- Thématiques environnementales et sociales
- Secteurs économiques
- Types de territoires : 3 départements, urbain/rural, littoral/terre
- Échelles de territoire : ville, communauté d'agglomération, pays, conseil général, conseil régional

Voici la liste des acteurs rencontrés.

Tableau V - Liste des entretiens réalisés pour l'étude sur le changement climatique en Basse-Normandie au 30 juin 2009

N° de l'entretien	Organisme
1	CLIMASTER - Programme de recherche sur les changements climatiques, les ressources agricoles, les ressources naturelles et le développement territorial à l'échelle du Grand Ouest
2	Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) – Mission "Changement climatique et effet de serre"
3	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) - Département Climatologie, Aérodynamique, Pollution et Épuration
4	Muséum National d'Histoire Naturelle - Service du Patrimoine Naturel
5	GEOPHEN, centre de recherche de l'Université de Caen Basse-Normandie
6	Antenne de Port en Bessin de l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER)
7	Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions (CERTU) - Lyon
8	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS),
9	Antenne du Grand Ouest du Centre d'Études Maritimes et Fluviales (CETMEF) - Département Environnement, Littoral et Cours d'eau
10	Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiale (LEGOS) – Toulouse
11	South East England Regional Assembly
12	IDDR - Institut du développement durable et des relations internationales

13	MEEDDAT – Bureau des risques météorologiques
14	Nantes Métropole
15	Cabinet Kaleski
16	Réseau Transport Électricité (RTE)
17	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) - Département économie et sciences humaines - Centre Services, Process, Innovation
18	Conseil Régional de Basse-Normandie, Direction de l'environnement et du développement durable, Service préservation des ressources et gestion des risques
19	Conseil Général de l'Orne, pôle Aménagement – Environnement
20	Conseil Général de la Manche
21	Conseil Général du Calvados
22	Ville de Caen - Communauté d'agglomération et Caen Métropole
23	Communauté Urbaine d'Alençon et ville d'Alençon
24	Communauté Urbaine Cherbourg-Octeville
25	Pays d'Ouche Développement
26	Comité Régional des Pêches Maritimes et Élevages Marins de Basse-Normandie
27	Chambre Régionale de Commerce et d'Industrie
28	Chambre Régionale d'Agriculture
29	Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage
30	Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) - Service nature et paysages - Unité faune, flore, espèces protégées
31	Conservatoire botanique de Brest - antenne de Basse-Normandie
32	Conservatoire du littoral
33	Comité Régional du Tourisme
34	Parc Naturel Régional (PNR) de Normandie Maine, pôle environnement
35	Agence d'urbanisme de la région du Havre et de l'estuaire de la seine
36	Section Régionale de la Conchyliculture
37	Cellule Interrégionale d'Épidémiologie de l'Ouest - antenne de Rennes
38	Société d'investissement et de développement pour les cultures légumières et horticoles en Basse-Normandie (SILEBAN)
39	Ports Normands Associés
40	CPIE Orne
41	Parc Naturel Régional (PNR) des Marais du cotentin et du Bessin
42	Syndicat Caen Métropole
43	Agence d'urbanisme Agglomération Caennaise (AUCAME)
44	Observatoire National sur les effets du réchauffement climatique (ONERC)

4.3 Grille d'entretien utilisée et modalités d'interview

Une grille d'entretien a été développée conjointement par le groupement d'étude et le comité de pilotage.

Son objectif est de proposer un outil d'entretien permettant de :

- Faciliter la réalisation des entretiens
- S'assurer que tous les éléments d'analyse utiles pour l'étude soient abordés
- Homogénéiser l'analyse (analyse comparative) des entretiens

Toutefois, les responsables d'interviews ont pu prendre des libertés par rapport à cette grille, afin de s'adapter à la personne rencontrée

Tableau VI - Grille d'entretien utilisée dans le cadre de l'étude sur l'adaptation au changement climatique en Basse-Normandie

1/ Identification de la personne interrogée
Dénomination et coordonnées de votre structure
Objet, vocation, mission statutaire de la structure
Rôle et statut de l'interviewé
Quels sont vos domaines d'interventions principaux et/ou privilégiés ? Quelles sont les finalités de vos interventions ?
2/ Données et informations sur les phénomènes, enjeux, opportunités et vulnérabilités liés au changement climatique
Pensez-vous que le changement climatique soit déjà manifeste en Basse-Normandie ? Si oui, à partir de quels éléments ?
Possédez-vous des informations qui témoignent de l'évolution du climat ? Pouvez-vous nous transmettre ces informations ?
Pouvez-vous lister les phénomènes impactés par le changement climatique en Basse-Normandie ? • Phénomène n°1 • Phénomène n°2 • etc.
2 a / Phénomène n°1
• Le phénomène
A quelle échelle pensez-vous que ce phénomène soit le plus notable, les conséquences les plus néfastes ?
Quels sont selon-vous les outils de mesure pertinents existants ou à développer pour le suivre et l'évaluer ?
• Les enjeux et opportunités/vulnérabilités liés à ce phénomène
Possédez-vous des informations/données sur les enjeux et opportunités/vulnérabilités concernés par ce phénomène en Basse-Normandie ? Pouvez-vous nous transmettre ces données ?
Pour chaque enjeu, quelle est la couverture territoriale pertinente à considérer : parcelle, quartier, localité, bassin-versant, entité paysagère, région, supra-région ?
Quels sont selon vous les outils de mesure pertinents existants ou à développer pour suivre et évaluer ces enjeux et opportunités/vulnérabilités ?
• Les mesures d'adaptation
Quelles mesures d'adaptation jugez-vous prioritaires de développer ?
Comment mettre en œuvre ces mesures d'adaptation ?
Comment peut-on apprécier l'efficacité de ces mesures d'adaptation ?
• Votre intervention dans le cadre de l'adaptation
Parmi vos domaines d'intervention ou domaines de compétences, lesquels sont concernés ?
Quelles seraient vos priorités d'intervention dans votre domaine ?
Quelles sont les contraintes internes ou externes qui risquent de limiter votre action ?
Qui sont, selon vous, les autres interlocuteurs essentiels ? Quel est leur rôle ?
Avez-vous (allez-vous) développé(er) des partenariats avec ces acteurs ?
2 b / Phénomène n°2
Mêmes questions que pour le phénomène n° 1

2 c / Phénomène n°3

Mêmes questions que pour le phénomène n° 1

3/ Information et perception sur le changement climatique et l'adaptation

Êtes-vous correctement informé sur le changement climatique et d'éventuelles politiques d'adaptation ?

Si non, quels types d'informations souhaiteriez-vous avoir ?

Quelle est votre perception ...

• ... , pour chaque phénomène, de son évolution pour les 20/50/80 prochaines années sur une échelle 'forte diminution/diminution/stable/augmentation/forte augmentation' ?

• ... , pour chaque enjeu, de son évolution pour les 20/50/80 prochaines années sur une échelle 'forte diminution/diminution/stable/augmentation/forte augmentation' ?

Quel est le niveau d'information sur les phénomènes et enjeux considérés (échelle nul/faible/moyen/fort/très fort) ...

• ... (éventuellement) des acteurs concernés et que vous représentez ?

• ... du grand public ?

4/ Création d'un Observatoire Régional du Changement Climatique

Quelle est sa pertinence ?

Quel devrait être son rôle / ses missions ?

Quels acteurs devrait-il rassembler ?

Quel type de structure devrait le porter ?

Souhaiteriez-vous y être associé ?

5 Résultats des entretiens

5.1 Agriculture et sylviculture

Les interlocuteurs du monde agricole ou leurs représentants font mention de plusieurs phénomènes, qui cumulés sont pour le milieu agricole, un indice de changement climatique réel et pas seulement ponctuel.

Ainsi dans l'Orne en 30 ans, les types de maïs plantés sont aujourd'hui ceux du Sud-Ouest, (variété 180 à 160 dans le bocage, 300 plaine d'Alençon) avec des gains de temps équivalent à 1 mois de mai, voire 1 mois de juin. Les rendements sont plus élevés. Cette évolution a d'ailleurs un impact majeur sur les paysages ruraux, notamment dans le Perche où les haies et le bocage de prairie disparaissent au profit de la céréaliculture.

Dans l'Orne toujours, les départs de végétation des prairies sont plus précoces (début février contre 20 février) soit un gain d'une quinzaine de jours

Le thrips du poireau, auparavant situé au niveau de la Loire est aujourd'hui remonté en Basse Normandie. La pyrale venue des pays de la Loire et du Centre, affecte gravement le maïs.

5.2 Bâtiments construction

Le bâtiment est un équipement multifonctions dont l'un de rôles premiers consiste à protéger des événements climatiques. Depuis toujours, au fil des événements, les hommes ont adapté le bâtiment en fonction du climat.

La nouvelle donne climatique et les épisodes de canicule comme 2003 font prendre conscience de la vulnérabilité du bâtiment. Il s'agit, une nouvelle fois, de repenser le bâtiment : les anciens et nouveaux bâtiments sont-ils trop vulnérables face à cette nouvelle donne ?

Pour certains, les bâtiments anciens du fait d'une obligation de s'adapter à l'environnement dans son ensemble (regroupement du bâti, épaisseur des murs, localisation par rapport au risque d'inondation, par rapport aux vents dominants, etc.) présentent la plus grande adaptabilité par rapport au changement climatique. Ce sont les constructions neuves qui depuis les "30 glorieuses" selon un "principe" que la technique supplanterait la nature, qui présentent la moins grande capacité d'adaptation au changement climatique et à ses effets sur l'environnement.

Liens entre adaptation et atténuation

En matière de bâtiment, l'atténuation et l'adaptation sont particulièrement liées. Par exemple, un bâtiment performant en matière thermique offre un meilleur confort face aux aléas de températures (périodes de grande chaleur et de grand froid). L'approche "atténuation" a été développée en premier. Suite au premier choc pétrolier, la première réglementation thermique a été lancée (1974). Néanmoins, il faut avoir à l'esprit que 50% du bâtiment a été construit avant le premier choc pétrolier, donc sans une bonne isolation.

Pour les constructions nouvelles, il faut analyser l'adaptation à divers aléas :

Le vent

Les impacts des tempêtes récentes sur les "toitures casquettes", par exemple, peuvent interroger sur la validité de cette technique selon la disposition des bâtiments, ou encore les revêtements muraux par plaques. A ce sujet, une recherche est actuellement lancée par l'ANR (appel d'offre en cours) intitulée : RIBATEMP - méthodologie pour évaluer les risques de dégâts causés aux bâtiments par les tempêtes.

L'ensoleillement

Il est intéressant de constater que les implantations récentes des pavillons individuels tournés plein sud risquent de s'avérer extrêmement mal choisies en cas de multiplication des épisodes de canicule. Selon certains acteurs, le choix de l'orientation doit aujourd'hui intégrer la capacité d'offrir une façade Nord ou Est pour gérer au mieux l'usage du jardin en cas de grosses chaleurs.

Les toitures et murs végétalisés peuvent, d'une part avoir un impact sur l'atténuation des changements thermiques dans le bâtiment, et donc réduire la production de GES, et d'autre part participer à une diminution de la réverbération de la chaleur dans les rues. Cet effet dit de "rue canyon" exposé plus bas (partie urbanisme).

Plusieurs expériences tentent de mettre en évidence la capacité d'isolation des façades végétalisées tant au regard de la chaleur (réduire l'usage de la climatisation) que vis-à-vis des températures hivernales. Au regard d'une urbanisation en France, plus dense et plus élevée, cette technique demeure à évaluer.

Le retrait-gonflement des argiles

Il est particulièrement impactant (cf. partie géologie et hydrologie)

La gestion de l'eau.

Ce point renvoie tout d'abord à l'inondation qui concerne plus la localisation initiale du bâtiment, puis son adaptation en termes d'habitabilité et de pérennité. Le problème de l'inondation est pris en compte uniquement du point de vue de la poussée du bâtiment (loi d'Archimède). Par exemple, des règles pour ancrer les supports ont été édictées. Pour ce qui est des autres actions de l'inondation sur le bâti, telles que la dégradation des matériaux, aucune règle n'existe.

L'autre point recouvert par la problématique de l'eau concerne sa raréfaction en période estivale ou la venue d'épisodes pluvieux violents, entraînant un fort ruissellement, notamment sur des sols desséchés. En simplifiant, comment gérer trop peu sur quelques mois et de trop fort sur une courte durée ? Plusieurs approches sont étudiées et mises en œuvre par exemple dans les nombreux éco-quartiers ou dans le cadre de l'Approche Environnementale de l'Urbanisme. Ce sont par exemple :

- La réaffectation des eaux grises à l'entretien des espaces verts ou aux usages sanitaires domestiques,
- L'absorption des précipitations par les revêtements végétalisés. L'eau est ralentie, il y a moins de ruissellement au pied du bâtiment. Par ailleurs, le revêtement végétal pourrait permettre une filtration choisie des eaux pour une réintroduction dans le cycle de l'eau.
- la mise en place de modes d'assainissement végétal et autonome en habitat individuel
- etc.

Pour le CSTB, différentes approches restent à mener :

- à l'échelle des matériaux qui recouvrent les bâtiments, peinture, vernis, etc.
- sur le positionnement vis-à-vis de l'extérieur et la dimension du bâtiment
- à l'échelle du quartier dans lequel il s'insère ce qui renvoie à la forme urbaine

5.3 Activités portuaires

Le seul entretien avec un acteur spécifiquement portuaire souligne une préoccupation bien ancrée en ce qui concerne le changement climatique. Celle-ci est semble-t-il essentiellement tournée vers l'élévation du niveau de la mer.

5.4 Faune et flore - biodiversité

Les atteintes à la biodiversité sont d'une ampleur majeure et ne sont pas, pour l'instant, le résultat du changement climatique. Elles sont essentiellement liées aux modes de gestion actuels de l'espace agricole et urbain. Les impacts portent surtout sur la fragmentation des territoires et la création d'isolats. La biodiversité, pour des conditions naturelles comparables, est souvent plus réduite dans les milieux fermés, telles les îles, que dans les milieux ouverts. La défragmentation des habitats est donc une des clefs d'action sur laquelle il conviendra d'agir.

L'élévation des températures en France métropolitaine devrait a priori permettre un accroissement de la biodiversité. Cette opinion ne fait pas l'unanimité dans la communauté scientifique, y compris au sein du MNHN où les points de vue « catastrophistes » s'expriment également. De très grandes différences de diversité biologique existent ainsi actuellement entre les zones chaudes (riches en biodiversité) du globe et les zones froides (pauvres en biodiversité).

La capacité d'adaptation de la biodiversité à la crise climatique sera intimement liée à son état de déstructuration, qui est déjà très avancé en France.

Si l'écocomplexe (ensemble d'écosystèmes locaux interconnectés au sein d'un paysage) est fonctionnel, avec un ensemble des banques de graines diversifié et suffisamment jeune, une plus grande capacité d'expression de la végétation face aux perturbations est facilitée (meilleure résilience). Il est donc important d'avoir une dynamique de cycles alternée au sein de l'écocomplexe. Ces dynamiques décalées des séries de végétation signifient qu'il est souhaitable d'avoir pour des conditions abiotiques analogues, des milieux d'âges variés (pelouses, prairies, hautes herbes, fourrés, taillis, gaulis, perchis, futaies). Le renouvellement des stocks de graines est facilité par l'expression totale des cycles de vie de ces séries de végétation ("jardinage" à grand échelle).

Les espèces invasives pourraient créer la richesse de demain. Certaines espèces que nous intégrons à notre patrimoine naturel se sont révélées avoir été invasives à des périodes données, apportées par migrations humaines et l'agriculture néolithique. On peut citer à titre d'exemple les corbeaux et les coquelicots. Il convient donc d'apprécier les changements actuels à travers une vision plus ouverte qu'on ne le fait actuellement, notamment au plan de la temporalité.

5.5 Géologie, Hydro-géologie

Retrait-Gonflement des sols argileux

Le groupe interministériel sur l'évaluation des impacts du changement climatique, du coût des dommages et des mesures d'adaptation comporte un groupe de travail *Risques naturels et assurances* qui aborde spécifiquement cette thématique.

La température et l'humidité du sol sont les deux facteurs qui influent sur ce risque. Le groupe a déjà avancé sur cette question, et formule certaines recommandations :

- Construire des fondations plus profondes
- Ne pas toucher à la végétation autour du cadre bâti

Le site www.argiles.fr du BRGM offre une cartographie nationale de cet aléa.

5.6 Infrastructure

Réseau d'électricité : impacts mineurs

RTE est actuellement moins impacté par les politiques d'adaptation que par les conséquences politiques et organisationnelles des politiques d'atténuation du changement climatique, comme par exemple :

- Les quotas de CO2 (le prix de l'électricité, le mix énergétique vont changer)
- La promotion forte des énergies renouvelables
- La maîtrise des demandes en énergie
- La superposition des différentes couches de réglementation

Ce sont des impacts lourds et à court et moyen-terme pour RTE : c'est sur ces points que RTE doit être le plus réactif. En ce qui concerne l'adaptation aux impacts du changement climatique, voici quelques éléments d'informations :

- **Influence de la chaleur**

Le réseau de distribution d'électricité est peu influencé par les fortes chaleurs. Le risque de déformation des câbles aériens est mineur, tout comme le risque de fragilisation des câbles souterrains.

Le principal impact lié à l'augmentation de la température est la limitation de la production due au réchauffement des cours d'eau. RTE lutte contre cet aléa en suivant en direct la capacité de transit du réseau.

- **Influence des tempêtes**

Faut-il préconiser l'enfouissement systématique des lignes ? RTE recommande la répartition des risques. Les lignes aériennes ont l'avantage d'être 5 à 10 fois moins chères que les lignes souterraines et très aisément réparables. De plus, elles ont un meilleur bilan environnemental que les lignes souterraines (hors impact sur le paysage). Les lignes souterraines utilisent plus de ressources et augmentent les risques de pollutions.

- **Retrait-gonflement des sols argileux**

C'est un phénomène secondaire qui pourrait influencer sur les postes blindés, équipements concentrés et sous haute tension.

5.7 Littoral

Sur le pourtour littoral de la Manche il y a très peu d'alimentation en sédiments par les rivières qui pourraient être transportés via la houle et les courants. Nous sommes donc en présence d'une situation d'appauvrissement en sédiments.

De plus, les dépôts qui s'effectuent sur les marais maritimes, comme en baie du Mont St Michel, diminuent le stock de sédiments en suspension au large. En conséquence, les agents ont moins de sédiments à remanier, l'énergie de la houle tend à être plus forte quand elle arrive au rivage.

L'action de la houle devient donc très côtière, elle épuise son énergie sur le littoral, alors qu'avant cette énergie s'épuisait davantage en mer du fait d'une charge sédimentaire plus importante. Ces sédiments sont issus de la dernière transgression où ils furent amenés depuis la plateforme vers le rivage.

La hausse du niveau des océans est-elle en train de s'accélérer ?

Rien n'est actuellement visible. La hausse actuelle est très linéaire (3,5 mm par an), et ce depuis 16 ans. Elle a cependant doublé par rapport aux 50 dernières années. Les variations non linéaires récemment observées sont liées à des phénomènes particuliers tels qu'El Niño en 1997-1998 et la Niña en 2007.

Que penser des travaux de Stefan Rahmstorf qui prévoit une surélévation de 0,75 m à 1,9 m à l'horizon 2100, soit des niveaux beaucoup plus pessimistes que ceux proposés par le GIEC dans son dernier rapport (2007) ?

Les prévisions du GIEC reposent sur des modèles couplés, non forcés par des observations de terrain dont le développement permet de représenter les phénomènes observés. La surfonte des inlandis et l'importance de son rôle dans la surélévation des océans n'ont été que récemment démontrés et les experts du GIEC n'ont pu modéliser ce phénomène pour en intégrer les résultats dans le rapport de 2007. **Il est donc probable que le GIEC revoit à la hausse ses prévisions et que les scénarios de surélévation de la mer soit plus pessimistes à l'avenir.**

Stefan Ramtorf a quant à lui développé une approche plus naturaliste, consistant à analyser le lien existant entre la température moyenne du globe et les variations de vitesse de la surélévation de la mer au XXème siècle. La corrélation lui permet de dresser des hypothèses plus pessimistes mais qui semblent assez fondées. **Certains experts pensent que 70 cm est la partie basse de la fourchette à laquelle il faut s'attendre.**

5.8 Pêche et Conchyliculture

Il faut souligner en premier lieu que la Manche est une zone de transition pour beaucoup d'espèces est qu'elle est de ce fait intrinsèquement sensible, voire vulnérable. Bien qu'aucune certitude

scientifique ne soit disponible, les effets du changement climatique semblent bien réels (les apports sédimentaires et autres des bassins versants ne sont toutefois pas à négliger).

Données physiques : température de l'eau

Le SMEL (Syndicat mixte pour l'équipement du littoral) et la SATMAR (Société Atlantique de MARiculture) possèdent des séries de mesures qui semblent attester une augmentation de la température de l'eau

Données biologiques

Le CRPMEM et de nombreux partenaires suivent des espèces pour lesquelles les évolutions constatées ne sont sans doute pas totalement déconnectées du changement climatique :

- CRPMEM : bulots
- INTECHMER : saumon en rade de Cherbourg
- IFREMER : moules et coquilles Saint-Jacques
- GEMEL (Groupe D'Étude des Milieux Estuariens et Littoraux) : coques

Par ailleurs, des observations visuelles semblent étayer une réelle évolution dans la répartition des espèces : baliste, espadon, maigre, dorade royale, dorade rose...

Les inquiétudes sont réelles pour les espèces qui se situent déjà en limite sud de leur répartition (bulots, saumons).

Conchyliculture

L'élévation de la température de la mer se constate par la reproduction d'huîtres et le développement de naissain en Basse-Normandie, où il n'avait auparavant pas lieu. Pour les conchyliculteurs, le problème prioritaire est celui des mortalités estivales, dont l'origine est multifactorielle, mais où les hivers doux et les printemps pluvieux sont des facteurs déterminants, qui s'accroîtront avec le changement du climat.

Viennent ensuite les blooms de microalgues toxiques, dont le lien avec le changement climatique n'est pas démontré, et qui sont surtout induits par les apports de nutriments des bassins-versants.

La question des espèces invasives est une préoccupation de troisième ordre, à travers la prédation actuelle des macreuses, puis celle redoutée des dorades royales.

L'érosion littorale, même si elle est frappante pour les conchyliculteurs installés sur le site d'activité de Blainville (érosion du cordon dunaire), est un processus qui à l'origine est indépendant du changement climatique, et auquel les conchyliculteurs s'adapteront plus facilement en déplaçant leurs équipements.

5.9 Risques

Évaluer les coûts est difficile

Il semble que nous en sommes aux balbutiements de la méthodologie d'évaluation du coût de l'adaptation au changement climatique.

De plus, les évaluations sont plus ou moins difficiles selon les types de risques naturels. Par exemple, le groupe de travail "Risques naturels et assurances" adapte sa méthodologie aux risques qu'il étudie, en fonction de la difficulté :

- Littoral : travail sur le littoral de Languedoc-Roussillon
- Inondations : étude uniquement sur certains bassins versants
- Aléas gravitaires : difficile à aborder
- Retrait-Gonflement des sols argileux : données riches, notamment grâce aux travaux du BRGM

Trouver un juste équilibre entre risques et investissements

En ce qui concerne la réduction de la vulnérabilité du bâtiment, il paraît évident que l'investissement doit être plus important. Néanmoins, il faut trouver un juste équilibre en matière d'assurance car l'investissement pour atteindre le risque Zéro serait colossal.

Les améliorations organisationnelles peuvent être plus importantes que les investissements techniques. C'est le cas avec le plan canicule de 2004, dont les simples mesures organisationnelles ont permis une surmortalité insignifiante aux étés 2005 et 2006 - les mesures sur le bâti (pièces froides etc.) n'étant pas encore entrées en application.

Il est difficile, voire même trop coûteux pour un risque aujourd'hui mal évalué, de modifier tous les paramètres de construction et des modes de vie actuels.

Pour autant, tous ont en tête le rapport Stern qui a mis en évidence que faute d'un investissement équivalent à 1 % du PIB mondial à la lutte contre le changement climatique, le coût final pourrait être équivalent à 5% du même PIB.

Les orientations en matière de gestion des risques sont donc parfois très importantes et impliquantes sur le projet. Par exemple en matière de risque d'inondation par ruissellement, on recommande un certain surdimensionnement des ouvrages hydrauliques. Idem pour les digues ou les aménagements portuaires qui au Canada intègrent les élévations possibles du niveau de la mer.

Il s'agit dans tous les cas de faire le bilan entre les risques attendus et les coûts induits par ces politiques d'adaptation.

Pour certains, il serait déjà intéressant et très positif de s'adapter au changement de rythme saisonnier actuel et de mieux gérer les événements climatiques habituels plutôt que d'imaginer des plans d'adaptation démesurés. Ces pratiques faciliteront l'adaptation à un éventuel changement climatique. Cet avis renvoie à la perception de l'adaptabilité de l'habitat ancien.

5.10 Santé

Bien que la canicule de 2003 ait affecté la région, elle n'est pas, par manque de recul permettant une analyse statistique, considérée comme une manifestation du changement climatique par certains observatoires. Cependant, cet événement fait partie de ceux dont les modèles de Météo-France prévoient une recrudescence.

Le point focal de la CIRE OUEST concerne les activités de pêche et de tourisme liées au littoral, dans la mesure où les toxines liées aux microalgues pourraient présenter une plus forte récurrence avec l'élévation des températures.

Les pathogènes évoqués sont ceux d'autres régions éloignées dont les systèmes d'alerte seront déclenchés avant ceux de Basse-Normandie, comme le virus du West Nile en Méditerranée.

Cependant la maladie de Lyme, véhiculée par la tique, est sous surveillance dans la cellule voisine des Pays de la Loire.

5.11 Tourisme

L'attractivité touristique de la Basse-Normandie repose sur plusieurs piliers : le littoral, les paysages et sites ruraux, le tourisme urbain et historique.

Les impacts attendus sur ces différents domaines sont contrastés.

Par rapport au littoral, des impacts globalement négatifs

L'élévation du niveau de la mer et l'accroissement des risques de submersions marines impliquent une fragilisation du bâti existant sur le front de mer. La question de sa destruction au cours de tempêtes ou par effondrement de falaise est réelle (cf. chapitre sur le littoral).

Même si cet aspect rejoint le thème de l'urbanisme il participe de la qualité et de la permanence de l'offre touristique du territoire notamment pour l'hébergement via les résidences secondaires ou

hôtelières. Un tel phénomène impliquera un traumatisme énorme, tant psychologique que financier auprès des résidents et propriétaires, autant par la perte de leur patrimoine que le recours aux assurances (si celles-ci maintiennent leur police en l'état) ne saura compenser, que par l'abandon d'un projet de vie (ancienneté de la propriété transmise par héritage, installation pour la retraite, capacité d'accueil de la famille au cours de la belle saison, etc.).

D'un point de vue de l'occupation de l'espace, la destruction de bâtiment ou leur simple fragilisation pourrait entraîner à long terme un report de la construction sur des espaces rétro-littoraux aujourd'hui voués à l'agriculture. Les espaces agricoles se verraient encore diminuer, le conflit d'usage et l'étalement urbain se verraient renforcés.

Les activités économiques directes ou indirectes comme l'implantation de casinos, l'aménagement des plages et équipements balnéaires divers, les ports, la baie du Mont Saint Michel, ...

Enfin, les plages du débarquement et notamment dans leur dimension de symbole historique, courent le même risque. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si des fonds nord-américains se portent aujourd'hui au secours de certaines plages emblématiques.

Le réchauffement estival impliquera un renforcement de la fréquentation touristique. La période caniculaire de l'été 2003 en a déjà donné un aperçu, elle a cependant été vécue de façon positive, comme une bonne nouvelle par les acteurs économiques.

Dans un contexte d'épisodes caniculaires plus fréquents et d'une élévation globale des maximums saisonniers, plusieurs impacts sont à attendre.

D'une part, les migrations saisonnières seront accrues non pas tant du fait d'une température estivale "idéale", que du fait d'une offre agréable réduite sur les autres littoraux et notamment sur la côte d'Azur où la chaleur caniculaire dissuadera de nombreuses personnes de prendre leurs congés. Un afflux de touristes suscitera un renforcement de l'offre d'hébergement et d'activités d'accueil dont on a vu plus haut que leur localisation sur le littoral ou sur les espaces rétro-littoraux posera problème à terme.

Pour certains, les phénomènes chauds en entraînant une élévation des pics de pollution dans les grandes agglomérations proches, dont Paris, font craindre une sorte de fuite des citadins en quête de fraîcheur et de bon air, vers le littoral dès les premiers beaux jours.

Cet accroissement de la fréquentation impliquera une saturation des équipements et infrastructures du territoire littoral (déchets, eau, assainissement, déplacements, etc.) qu'il faudra donc repenser, redimensionner, délocaliser, etc. Ceci ne sera pas sans effets induits. Par exemple, l'accroissement de la consommation d'eau induit devra être compensé par un approvisionnement renforcé et organisé, et ce dans un contexte de conflit d'usage renforcé (agriculture, autre économie, population) et de réduction de la ressource (cf. la réduction de la pluviométrie estivale et la faiblesse de la ressource en eau issue des nappes phréatiques).

Quelques impacts positifs

Comme vécu au cours de l'été 2003, la hausse de la fréquentation fait rêver certains acteurs économiques grâce au développement économique induit que ce soit pour le bâtiment et travaux publics, la restauration et les services hôteliers, l'offre d'activités de loisirs, l'animation ou les événements culturels.

Par exemple, la consommation de cidre est liée à la température estivale. Les deux derniers étés ont ainsi été mauvais pour cette consommation.

On peut cependant s'interroger sur la validité de cette perception positive. En effet, si le changement climatique est celui d'un scénario pessimiste, il n'est même pas certain que la production de pommes à cidre puisse être maintenue dans ses conditions actuelles.

Des impacts négatifs par rapport aux sites et paysages

Selon les données fournies par la chambre d'agriculture de l'Orne, le changement climatique en influant sur les types de productions agricoles impacte fortement certains paysages emblématiques de la Basse Normandie et notamment le bocage. Par exemple, la mise en culture intensive de maïs des prairies fourragères du bocage du Perche transforme rapidement et de façon irrémédiable un paysage ancré dans l'histoire locale et acteur de l'écosystème. En dehors du maintien de la biodiversité et des changements affectant l'agriculture, c'est tout un mode de fréquentation touristique rurale qui sera remis en cause par ces changements de paysage.

Le maintien de la filière équine dans ses conditions actuelles d'activité n'est pas assuré dès lors que le facteur climat considéré comme essentiel à sa qualité (cf. "en direct du CG la Manche" n°44) n'est plus adapté. La présence des haras et des courses contribuent pourtant à la fréquentation et à la notoriété de la Basse Normandie. La richesse de l'offre des centres équestres proposant balades et randonnées sur de nombreux itinéraires adaptés et de qualité dans un contexte paysager particulièrement riche pourrait être affectée.

Des craintes émergent également sur le devenir de certains sites majeurs comme la pointe du Hoc, l'aiguille d'Étretat, la baie du Mont Saint Michel ou encore les marais côtiers affectés par les rentrées d'eau salée ou par les dysfonctionnements des portes à flots. Affectés par l'élévation du niveau de la mer et les impacts des événements extrêmes comme les tempêtes, ces sites peuvent soit disparaître, soit avoir un mode de fonctionnement totalement bouleversé.

5.12 Urbanisme

Le développement urbain récent des territoires de Basse Normandie se caractérise pour l'essentiel par un développement autour des grandes agglomérations et plus particulièrement par une forte périurbanisation, notamment autour de Caen et Cherbourg selon le diagnostic territorial de la DDREA. Il s'accompagne d'un mitage des espaces ruraux et littoraux à partir des bourgs et villages.

Les 3 grandes agglomérations sont regroupées en collectivités territoriales : Communauté Urbaine de Cherbourg Octeville, Communauté d'agglomération de Caen-la-Mer, Communauté Urbaine d'Alençon. Chacune d'entre elles a des niveaux d'intégration urbaine différents mais elles ont toutes un SCoT en cours de réalisation.

A notre connaissance, et comme les autres SCOT, en cours ou approuvés, consultés, ils ne traitent pas de l'adaptation au changement climatique ni de la réduction des Gaz à Effets de Serre.

Le SCOT du pays du Cotentin intégrant 5 intercommunalités pour Cherbourg Octeville, en est à la phase d'élaboration du PADD. Pour l'heure les notions relatives au climat ne sont pas intégrées dans la réflexion. Ceci étant, les effets du Grenelle et notamment l'instauration d'un volet sur les énergies renouvelables impliquera que cette partie soit désormais abordée et traitée.

A l'échelle de la Communauté Urbaine, la priorité est donnée à la politique énergétique via l'agenda 21 adopté par la collectivité et qui recense plusieurs actions relatives à la maîtrise des GES (politique énergétique, déplacement, chaufferie bois, bilan carbone, etc.).

D'un strict point de vue de la forme urbaine des agglomérations de la Basse Normandie, à l'exception de certains quartiers plus denses, l'impact du changement climatique n'apparaît pas comme le plus problématique en termes de chaleur. En effet, il semble aujourd'hui que c'est plutôt la ville qui entraîne des phénomènes d'îlot de chaleur urbain qui accélèrent certains effets du réchauffement (voir groupe de travail au sein de l'AMICA, "Végétaliser les villes pour atténuer les îlots de chaleur urbains" par BOUTEFEU Emmanuel - CERTU sur ce thème).

Il existe notamment aujourd'hui 3 campagnes de mesure en France : Esquif sur Paris, Escompte sur Marseille, Capitoul à Toulouse. Leur objectif est d'étudier les flux de température/ chaleur/pollution en milieu urbain.

En effet, dans les zones urbaines denses, les températures d'air sont plus importantes que dans les zones rurales périphériques. La différence entre le maximum de température en ville et la température de référence à l'extérieur est définie comme l'intensité d'îlot de chaleur (voir travail TAREB "Énergie dans l'environnement urbain").

Dès lors, compte tenu de la forme du développement urbain local, la problématique concernerait plutôt le secteur péri urbain.

Le développement pavillonnaire, le mitage de l'espace et l'urbanisation périurbaine, concourent fortement à l'accroissement des GES, que ce soit par l'augmentation des déplacements en lien avec la faible densité, la perte énergétique liée aux implantations individuelles des logements, l'éloignement des zones d'emploi et de commerces, etc.

En revanche en matière d'adaptation au changement climatique, compte tenu de la prédominance du couvert végétal et de leur faible densité, ils ne connaissent pas les effets renforcés par le changement climatique que vont subir les villes.

Que ce soit dans les quartiers anciens que pour les nouvelles opérations dans les villes et bourg, il y est indispensable de travailler sur les réseaux de chauffage, l'amélioration des transports collectifs, le développement des itinéraires doux, l'orientation des bâtiments, la récupération de l'eau par des modes naturels (noues, mares, ...), etc. C'est ce que s'efforcent de proposer par exemple de nombreux conseils aux collectivités, avec quelque fois le soutien de l'ONERC.

D'autres interventions sont à envisager en milieu urbain, tant pour les effets sanitaires (les villes denses sont plus vulnérables aux fortes chaleurs que les villes vertes au regard des données de l'Institut de veille sanitaire (INVS) dans une étude des facteurs de risques de décès des personnes âgées résidant à domicile durant la vague de chaleur d'août 2003.) que pour les effets d'îlot de chaleur urbain.

Il apparaît donc essentiel dans un premier temps d'identifier les éventuels îlots urbains suffisamment denses, peu plantés et peu aérés qui seraient susceptible d'un tel phénomène. Compte tenu de la proximité de la mer, il semble que Caen et Cherbourg ne soient pas immédiatement des secteurs de risque. Bien que de plus petite taille, la ville d'Alençon pourrait être plus concernée.

Par la suite, plusieurs modalités de rafraîchissements sont à étudier.

Le premier outil actuellement utilisé, et ce notamment depuis l'été 2003, est l'installation de climatiseurs dans les espaces privés et publics. S'ils contribuent à court terme à rafraîchir l'atmosphère, leur généralisation ne ferait que renforcer la production de GES et au final contribuer au changement climatique.

Les modes d'adaptation et d'atténuation proposés en milieu urbain sont d'introduire, selon des spécialistes, de façon massive et en priorité des espaces verts et arbres.

Des plans de verdissement, campagnes de plantation, aides à la création de parcs et de squares sont des mesures efficaces pour rafraîchir les îlots de chaleur urbains et atténuer les conséquences humaines des canicules à venir. L'idée est de compenser l'absorption de chaleur effectuée par l'asphalte, et les matériaux tels que granit et béton.

5.13 La gestion de l'incertitude

Le premier élément concerne effectivement la réalité du risque, variable selon l'évolution du climat sous nos latitudes. D'ailleurs, dans les hypothèses formulées par Météo France, les évolutions à attendre en matière de température sont globalement fiables alors que celles en matière de précipitations ne le sont pas autant. Pour le vent et les épisodes extrêmes comme les tempêtes, l'absence de références longues sur le passé, empêchent la formulation d'une quelconque hypothèse fondée scientifiquement.

Dès lors, il est parfois très délicat d'aborder des politiques d'adaptation, éventuellement très onéreuses, face à un risque mal identifié, variable, et survenant à une échelle de temps qui dépasse celle de l'activité professionnelle ou élective d'une personne.

Selon l'IDDRI, les modèles climatiques n'arriveront pas (en tout cas pas avant longtemps) à donner de la certitude. Dans quelle mesure les acteurs sont-ils prêts à accepter l'incertitude et à réajuster leur politique en fonction des évolutions du climat et de l'affinage des données climatiques ? L'incertitude ne doit pas être un frein à l'action.

Apprendre à travailler dans un univers incertain est une des conclusions des programmes de recherches sur les problématiques de crues et d'étiages des bassins versants de la Seine et de la Somme, financés grâce aux appels à projets « Gestion et Impacts du Changement Climatique ».

Pour conclure, il paraît important que l'État adopte une position forte vis-à-vis de cette question de l'incertitude, afin de faciliter la prise de décision des acteurs régionaux et locaux sur ce sujet éminemment complexe.

On peut citer comme exemple la politique adoptée par l'UKCIP, département du gouvernement britannique spécialisé dans la question du climat. Celui-ci promeut la transparence totale en matière de gestion de l'incertitude, et responsabilise les pouvoirs décideurs au niveau local : « Vous avez accès à des informations scientifiques. Ces informations, qui ont une part d'incertitude, vous permettent néanmoins d'évaluer le risque auquel vous pouvez être confronté. A vous de juger si vous êtes prêts à courir ce risque. »

5.14 La perception du changement climatique

Le changement climatique n'apparaît pas perceptible en tant que tel, que ce soit pour les professionnels ou pour les élus et acteurs locaux. Si un sentiment d'avancement de la saison printanière est parfois perceptible, il relève plus de la vision portée par chacun dans son domaine. Ainsi, pour certains, depuis 2003, la climatisation est apparue sur le littoral, signe de réchauffement climatique maintenu malgré des étés moins radieux ces deux dernières années.

Par ailleurs, la distance à parcourir pour rejoindre l'eau est plus courte qu'il y a des années, ce qui relève de la perception d'une élévation du niveau de la mer.

Pour d'autres, le ressenti s'opère vis-à-vis de la pluie, qui vient contrarier ou non l'activité (pas assez pour l'agriculture ou au mauvais moment, trop pour le tourisme, ...).

A noter que le monde économique en général n'a pas de proximité avec le changement climatique et ne ressent pas d'évolution. Le monde de l'entreprise, en étant centré sur des objectifs d'activité à court et moyen terme, semble peu concerné par les questions environnementales et par le climat en général.

Globalement les variations ressenties relèvent donc plutôt des phénomènes météorologiques, donc du "temps qu'il fait", que d'un changement du climat.

C'est dans le monde agricole que la perception est la plus forte, détaillée et précisée.

A noter, dans les villes, la perception d'un changement climatique est très modeste.

En tant que tel, il n'y a pas de ressenti d'un éventuel changement climatique ou alors il est délicat de le relier à un phénomène global. Par exemple certaines arrivées d'espèces végétales ou animales peuvent être tout autant liées à la mondialisation (achat d'animaux, etc.) qu'à leur arrivée "naturelle". De plus, la douceur du climat a toujours permis l'implantation d'espèces végétales du Sud (voir les parcs et jardins du Calvados ou les végétaux implantés dans le site des studios où sont installés des services de la Communauté Urbaine de Cherbourg).

Pour d'autres, la perception du changement climatique repose sur le ressenti de vivre des aléas climatiques plus réguliers et plus forts, un avancement de la floraison.

Pour les acteurs en charge de l'aménagement du territoire et notamment du littoral, en l'absence de lien fondé entre des évolutions récentes et le changement climatique, il n'en demeure pas moins que l'évolution du trait de côte constitue une réalité et une préoccupation constantes.

Cette évolution est sensible pour les services et élus du Conseil Général de la Manche citant par exemple le cas de Port Louis à plus d'un km de la mer il y a 7-8 ans, et qui en est maintenant à 300 m.

Pour d'autres, elle est liée à une perception fine des événements extrêmes avec des impacts de tempêtes fortement ressentis avec inondations marines (marée 2008 + surcote tempête : eau au ras des quais de Granville), submersion de digues dans les ports, altération de dunes (dune de Blainville), etc.

Certains d'entre eux s'associent avec le milieu scientifique pour apprécier l'évolution du trait de côte et les risques induits. Par exemple, l'agence d'urbanisme du Havre se met en relation avec les universités : le laboratoire au Havre qui s'occupe des questions de géologie, le CNRS de Caen, le laboratoire de morphodynamique continentale et côtière, GEOPHEN ainsi que le BRGM. Elle lance une étude sur les risques sur l'estuaire à l'AURH, avec le BRGM et l'ECT.

Le Conseil Général de la Manche est en contact avec le GRESARC (université de Caen) qui assure le suivi et donne des conseils pour le maintien de la dynamique des havres.

6 L'Observatoire Bas-Normand du Changement Climatique

La grande majorité des acteurs rencontrés a montré un vif intérêt pour le projet d'Observatoire. En effet, ce projet pourrait répondre à de nombreuses attentes non traitées à ce jour.

Cependant, des acteurs ont également attiré l'attention sur certaines contraintes, erreurs et difficultés qui pourraient influencer ce projet d'Observatoire.

Il est intéressant d'observer les initiatives en cours sur d'autres territoires, tels que le Climate South East en Grande-Bretagne ou l'Observatoire Pyrénéen

6.1 Les attentes des acteurs interviewés

6.1.1 Regrouper les divers acteurs investis dans le changement climatique

Alors qu'il est difficile de développer des projets autour du changement climatique, et particulièrement autour de l'adaptation, le besoin de se regrouper, de se coordonner et de mutualiser des moyens se fait sentir. L'Observatoire pourrait être une boîte à outils pour les divers acteurs du changement climatique.

6.1.2 Un outil de suivi scientifique du changement climatique

Disposer d'une base de données mutualisée et harmonisée

Les projets de recherche sont nombreux mais éparpillés. Il manque un travail de synthèse de l'ensemble de ces approches et d'information sur leurs résultats.

Transversalité des thématiques scientifiques

Le changement climatique a des conséquences sur de nombreuses activités humaines et naturelles. Il concerne une pluralité d'acteurs dont les niveaux de compétences scientifiques ne sont pas équivalents. L'Observatoire devrait donc adopter une approche scientifique globale et multithématique de manière à disposer de données fiables et vérifiées. Pour autant, il doit pouvoir se mettre au niveau de ses différents utilisateurs et disposer par exemple d'un vocabulaire ou de thèmes d'études compréhensibles.

Mener un travail en profondeur sur les thématiques

En plus de fournir des données actualisées, permettant de mesurer des évolutions à partir d'une base Zéro, l'Observatoire serait le lieu idéal de rassemblement de divers acteurs scientifiques autour d'une thématique précise, afin de l'approfondir.

Réflexion sur indicateurs

Pour encourager la prise de décisions, notamment des élus de collectivités territoriales, il est constaté un manque d'éléments concrets. Le travail de coélaboration d'indicateurs permettrait de donner des éléments aux acteurs cherchant à convaincre les élus que l'atténuation et l'adaptation au changement climatique sont des enjeux majeurs pour les collectivités territoriales.

Donner du « aussi local que possible »

Parler de la fonte des banquises et de la disparition des ours polaires n'intéresse pas les décideurs ou leur donne une impression d'impuissance face à un risque aussi lointain. Pour convaincre les acteurs et les faire adhérer, il faut des données aussi locales et concrètes que possibles.

6.1.3 Un outil pour rendre visibles le changement climatique, l'atténuation et l'adaptation

Rendre possible la « transparence »

C'est le maître mot de l'United Kingdom Climate Impacts Programme (UKCIP) et un principe relayé par des régions comme le South East (interview n°13, Jorn Peters, Regional Planner, Région South East). Pour responsabiliser les décideurs, il faut leur faire état des connaissances actuelles, mais aussi du manque d'information lié à l'incertitude. En mutualisant toutes les données disponibles, l'Observatoire permet de répondre à cet objectif.

Communiquer de manière adaptée et pédagogique

- De manière adaptée : en utilisant un discours et des moyens différents selon qu'il s'agisse du grand public, de professionnels ou d'élus
- De manière pédagogique : en faisant attention, par exemple, à ne pas véhiculer de messages catastrophistes

Publier des outils de communication et de sensibilisation, par exemple :

- Guides de bonnes pratiques
- 3 ou 4 cours pour les enseignants

6.1.4 Un outil de travail pour les acteurs de l'adaptation

Favoriser les échanges d'expériences (expérimentations et pratiques)

Les acteurs de l'adaptation, souvent isolés, trouveraient dans cette structure un lieu idéal pour se rencontrer et tenter de trouver des solutions à leurs difficultés. On peut imaginer la création de groupes de travail, l'organisation de séminaires ou d'ateliers, la mise en ligne de fiches méthodologiques et d'expériences.

Être un outil de gouvernance

De possibles conflits autour des impacts du changement climatique (autour de la gestion de l'eau, par exemple) sont attendus par de nombreux acteurs. L'Observatoire pourrait être un espace de concertation pour des acteurs aux intérêts différents.

6.2 Les points d'attention

6.2.1 Gérer l'incertitude : besoin d'infos locales et précises versus impossibilité de les obtenir

De nombreux acteurs interviewés expriment leur besoin de disposer d'informations aussi locales que possible. Cependant, certains experts attirent l'attention sur le fait qu'il est impossible de répondre à cette attente, étant donnée l'incertitude actuelle en matière de changement climatique. En effet, les phénomènes locaux sont très aléatoires. De plus, les effets du changement climatiques seront sensibles uniquement d'ici 20-50 ans.

6.2.2 S'insérer dans les réseaux et initiatives existants

Il paraît important de rechercher la complémentarité avec les réseaux existants, ce qui favorise également la capitalisation d'expériences. L'Observatoire devrait également être cohérent avec les initiatives nationales et internationales.

6.2.3 Ne pas créer une usine à gaz

- Créer une structure dédiée, légère et spécialisée
- Investir dans le travail d'animation de réseau

- Rassembler un éventail large de membres mais apporter des réponses ciblées qui sont utiles à des acteurs aux besoins divers

6.3 L'exemple du Climate South East



ONG créée en 1998, le Climate South East est un réseau multiacteurs de 65 organisations publiques, privées et de la société civile de la région du South East du Royaume-Uni.

Ses activités :

- Réunions d'échanges d'expériences
- 6 groupes de travail thématiques : économie et business, collectivités, planification, gestion des émissions, biodiversité, tourisme
- Publication de fiches valorisant des expériences réussies : les « Cases Studies »
- Modération entre acteurs
- Lobbying : représentation de l'intérêt de ces membres auprès des instances gouvernementales

Pour en savoir plus : www.climatesoutheast.org.uk/

6.4 L'Observatoire du Changement Climatique dans les Pyrénées (OCCP)



Faisant le constat du manque de données locales en matière de changement climatique, nécessaires pour impulser la prise en compte de ce problème dans les politiques, l'Agence Régionale Pour l'Environnement de Midi-Pyrénées (ARPE) a créé l'OCCP en 2008.

L'OCCP est un des projets de l'Observatoire Socio-Économique des Pyrénées, qui regroupe d'autres projets autour de thématiques telles que la forêt, l'aménagement, l'artisanat, l'agriculture-pastoralisme, etc. Chaque projet a un responsable. L'OCCP est géré par l'association APEM (www.apem.asso.fr).

L'OCCP regroupe l'ARPE, l'APEM, Météo-France et des collectivités.

Les volets d'activité de l'OCCP sont :

- La capitalisation et la mutualisation des connaissances (volet État des connaissances), afin de donner une image plus claire et plus précise de l'évolution du climat et de ses conséquences
- L'amélioration de la lisibilité des politiques et des projets pyrénéens - déjà réalisés, en cours ou à venir - qui prennent en compte le changement climatique (volet Engagement des acteurs)
- Le développement d'un échange constructif d'expériences, de bonnes pratiques et de méthodes entre les administrations, les collectivités territoriales, les autorités techniques, les porteurs de projets et les scientifiques

7 Acronymes

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

CBB : Conservatoire Botanique de Brest

CERTU : Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les Constructions

CPER : Contrats de Plan/Projets État Région

CIRE : Cellule Interrégionale d'Épidémiologie de l'Ouest

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

CRA : Chambre Régionale d'Agriculture

CRCI : Chambre Régionale du Commerce et de l'Industrie

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

DTA : Directive Territoriale d'Aménagement

EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale

GES : gaz à effet de serre

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

ICU : Ilot de chaleur urbain

IDDDRI : Institut du Développement Durable et des Relations Internationales

IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

IIC : Indicateur d'Impact Climatique

INRA : L'Institut National de la Recherche Agronomique

LPO : Ligue de Protection des Oiseaux

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle

NAO : Oscillation Nord Atlantique

OCCP : Observatoire du Changement Climatique des Pyrénées

RTE : Réseau de Transport d'Électricité

SCOT : Schéma de Cohérence Territoriale

SILEBAN : Société d'investissement et de développement pour les cultures légumières et horticoles en Basse-Normandie

SNACC : Stratégie Nationale d'Adaptation au Changement Climatique

SRC : Section Régionale de la Conchyliculture

UKCIP : United Kingdom Climate Impacts Programme

8 Bibliographie

Ablain M., Cazenave A., Guinehut S., Valladeau G., (submitted for publication), A new assessment of global mean sea level from altimeters highlights a reduction of global slope from 2005 to 2008 in agreement with in-situ measurements, submitted to Ocean Sciences.

Alley Richard B. 2000. The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland. *Quaternary Science Reviews*, 19, 1, 213-226.

Araújo M. B., W. Thuiller and R. G. Pearson, 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography* 33, 1712–1728.

Berkes F and Folke, C. 2002. Back to the future: Ecosystem dynamics and local knowledge. In: Gunderson, LH and Holling CS (eds.) *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press, Washington DC.

BRUNEL T., 2006. Analyse des déterminants environnementaux de la variabilité du recrutement - Approche macroécologique appliquée aux populations exploitées du Nord-Est Atlantique. Thèse de Doctorat Halieutique, Ensa-Rennes.

Brunel & Boucher, 2007. Long-term trends in fish recruitment in the north-east Atlantic related to climate change. *Fisheries Oceanography* (Blackwell science), 2007/07, Volume 16, Issue 4, Pages 336-349

Cantat O., 2004. L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps, in *Les types de temps, Actes des "Journées de climatologie" de la Commission "Climat et Société" du Comité National Français de Géographie*, Norois, n°191, 2004/2, p. 75-102.

Cantat Olivier et Edwige Savouret, 2008. Identification et spatialisation des bioclimats bas-normands à partir d'un inventaire de la flore vasculaire régionale. *Climat et Société*, Nantes.

Cassou Christophe et Laurent Terray, 2003. L'Oscillation Nord Atlantique. *La Lettre du Changement global*, 15. CNRS.

Cassou Christophe, 2004. Du changement climatique aux régimes de temps : l'oscillation nord-atlantique. *La Météorologie*, 45.

Cazenave, A ; Nerem, RS 2004. Present-day sea level change: Observations and causes. *REVIEWS OF GEOPHYSICS*, 42-3, RG3001.

Cazenave Anny, Alix Lombard, William Llovel, 2008. Present-day sea level rise : A synthesis. *C. R. Geoscience* 340 (2008) 761–770

Cochard Pierre-Olivier et Michel Barrioz, 2004. Atlas des amphibiens et reptiles de Normandie. *Lettre de liaison*, 6.

Chuine Isabelle et Wilfried Thuiller, 2005. Impact du changement climatique sur la biodiversité. *Le Courrier de la Nature*, N°223.

Cloppet E., 2004. Impact agronomique et sylvicole du changement climatique. *La Météorologie* N°45.

CNRS, 2008. Influence du réchauffement climatique sur l'augmentation des maladies transmises par les tiques. Communiqué. <http://www2.cnrs.fr/presse/communiquel1460.htm>

CNRS, 2008. Le climat a basculé de façon extrêmement brutale à la fin de la dernière période glaciaire. Communiqué de presse. <http://www2.cnrs.fr/presse/communiquel1363.htm>

CNRS, 2009. Les feux de végétation étroitement liés aux changements climatiques. Communiqué de presse. <http://www2.cnrs.fr/presse/communiquel1508.htm?&theme1=3>

Déom Pierre, 1989. L'invasion de la France par les hirondelles. La Hulotte, 62.

Elmqvist, T., Folke, C., Nyström, M., Peterson, G., Bengtsson, J., & Walker, B. (2003) Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 488-494.

Folke Carl, Steve Carpenter, Thomas Elmqvist, Lance Gunderson, CS Holling, Brian Walker, Jan Bengtsson, Fikret Berkes, Johan Colding, Kjell Danell, Malin Falkenmark, Line Gordon, Roger Kasperson, Nils Kautsky, Ann Kinzig, Simon Levin, Karl-Göran Mäler, Fredrik Moberg, Leif Ohlsson, Per Olsson, Elinor Ostrom, Walter Reid, Johan Rockström, Hubert Savenije and Uno Svedin, 2002. Resilience and Sustainable Development : Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. Scientific Background Paper on Resilience for the process of The World Summit on Sustainable Development on behalf of The Environmental Advisory Council to the Swedish Government

Folke C, Colding J and Berkes F. 2002. Building resilience for adaptive capacity in social-ecological systems. In: Berkes F., Colding J and Folke, C. editors. *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge University Press, Cambridge.

Fraser Evan D.G. 2006. Food system vulnerability: Using past famines to help understand how food systems may adapt to climate change. *Ecological Complexity*, 3, 328 – 335.

GONm, 1992. Atlas des oiseaux nicheurs normands et des îles anglo-normandes. Caen : 247 p.

Gray J. S., H. Dautel, A. Estrada-Peña, O. Kahl, and E. Lindgren 2009. Effects of Climate Change on Ticks and Tick-Borne Diseases in Europe. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases* Volume 2009, Article ID 593232, 12 pages

GIEC, 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat .Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A., Genève, Suisse, 103 pages.

Guisan Antoine & Wilfried Thuiller, 2005. Predicting species distribution : offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* (2005) 8: 993–1009.

Gunderson LH and Holling CS. editors. 2002. *Panarchy : Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press, Washington, DC.

Hansen, J.E., 2007a. Climate catastrophe. *New Scientist*, 195, no. 2614 (July 28), 30-3

Hansen, J.E., 2007b. Scientific reticence and sea level rise. *Environ. Res. Lett.*, 2

Hoegh-Guldberg, O.Hughes, L.McIntyre, S.Lindenmayer, D.B.Parmesan, C.Possingham, H.P.Thomas, C.D. 2008. Assisted Colonization and Rapid Climate Change. *Science* Vol. 321. no. 5887, pp. 345 – 346.

Jiguet, 2009. Premier indicateur d'impacts des changements climatiques sur la biodiversité en Europe. MNHN, Communiqué de presse.

Julliard Romain, Frédéric Jiguet, Denis Couvet, 2004. Evidence for the impact of global warming on the long-term population dynamics of common birds. *Proc. R. Soc. Lond. B (Suppl.)* 271, S490–S492

Lachiver Marcel, 1991. Les années de misère. La famine au temps du Grand Roi. Fayard,

Lambert Roger, 1996. Géographie du cycle de l'eau. PUM.

http://www.legos.obs-mip.fr/fr/equipes/gohs/resultats/b2_nivmer_bilan

Benoît Marc, 2007. Évolution des pratiques agricoles. INRA. Fiche Indicateur ONERC.

Le Gouée P. & Delahyae D., 2008. Modélisation et cartographie de l'aléa érosion des sols et des espaces de ruissellement dans le Calvados. Rapport.

Le Gall, 1928. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes (ISTPM), 1928/06, Volume 1, Issue 2, Pages 11-26.

Le Roy Ladurie, 2004. Histoire humaine et comparée du Climat. Vol.I. Fayard.

Levrel Harold, 2008. La coconstruction des systèmes d'information sur les interactions société-biodiversité. La jaune et la rouge. 08-09 2008, 20-24.

Marlon J.R., Bartlein P.J., Carcaillet C., Gavin D.G., Harrison S.P., Higuera P.E., Joos F., Power M.J. & Prentice I.C. (2008) Climate and human influences on global biomass burning over the past two millennia. *Nature Geoscience* 1, 697 - 702 (2008), doi :10.1038/ngeo313.

Morzadec-Kerfourn, MT 2005. Interaction between sea-level changes and the development of littoral herbaceous vegetation and autotrophic dinoflagellates. *QUATERNARY INTERNATIONAL*, 133, 137-140.

National Snow and Ice Data Center (NSIDC), 2008. Arctic Sea Ice Down to Second-Lowest Extent; Likely Record-Low Volume. NSIDC Press Room: Sea Ice Minimum. 10/2/08.

Parola P, Socolovschi C, Jeanjean L, Bitam I, Fournier P-E, et al. (2008) Warmer Weather Linked to Tick Attack and Emergence of Severe Rickettsioses. *PLoS Negl Trop Dis* 2(11).

Phénoclim, 2009. <http://www.crea.hautsavoie.net/phenoclim/page.php?id=4&m=2>

Pirazzoli Paolo Antonio, Hervé Regnaud, Loïc Lemasson, 2004. Changes in storminess and surges in western France during the last century. *Marine Geology*, Volume 210, Issues 14, 15, Pages 307-323.

PIRAZZOLI, P.A., 2004. Recent changes in surface air pressure and wind activity on the Atlantic coasts of France and Ireland. *Journal of Coastal Research*, SI(42), 000–000.

Pirazzoli Paolo Antonio, Stéphane Costa, Uwe Dornbusch and Alberto Tomasin, 2006. Recent evolution of surge-related events and assessment of coastal flooding risk on the eastern coasts of the English Channel. *OCEAN DYNAMICS* 56, 5-6, 498-512.

Pirazzoli & Tomasin, 2008. Tentative estimation of extreme sea levels in the English Channel by the year 2050. *Z.Geomorph.N.F.* 52 Suppl. 3, 229-237

Pont Didier, 2006. Impacts potentiels du changement climatique sur la faune piscicole des cours d'eaux français. *La Lettre du Changement global*, 19.

Rahmstorf, S ; Cazenave, A ; Church, JA, et al 2007. Recent climate observations compared to projections. *SCIENCE*, 316 -5825 : 709-709.

Rasmussen, R. Rothlisberger, U. Ruth, B. Stauffer, M.-L. Siggaard-Andersen, A.E. Sveinbjörnsdóttir, A. Svensson, J.W.C. White, 2008. High resolution Greenland ice core data show abrupt climate change happens in few years. *SCIENCE*, 321, 5889, 680-68.

Regnaud, H; Mauz, B; Morzadec-Kerfourn, MT, 2003. The last interglacial shoreline in northern Brittany, western France. *MARINE GEOLOGY*, 194, 1-2, 65-77.

Réseau Resalliance : <http://www.resalliance.org/2448.php>

Sala OE, Chapin FS, Armesto JJ, Berlow E, Bloomfield J, Dirzo R, Huber-Sanwald E, Huenneke LF, Jackson RB, Kinzig A, Leemans R, Lodge DM, Mooney HA, Oesterheld M, Poff NL, Sykes MT, Walker BH, Walker M, Wall DH, 2000. Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* Vol. 287. no. 5459, pp. 1770 – 1774.

Scheffer, M., and Carpenter, S.R. (2003) Catastrophic regime shifts in ecosystems : linking theory to observation. *Trends Ecol. Evol.* 18: 648-656.

Speakman, 2001. Energetic and Fitness Costs of Mismatching Resource Supply and Demand in Seasonally Breeding Birds. *Science* 291 (5513), 2598.

Steffensen J.P., K.K. Andersen, M. Bigler, H.B. Clausen, D. Dahl-Jensen, H. Fischer, K. Goto-Azuma, M. Hansson, S.J. Johnsen, J. Jouzel, V. Masson-Delmotte, T. Popp, S.O. Palmer Tim, 2008. Edward Norton Lorenz. *Météo Monde*.

http://www.wmo.int/pages/publications/meteoworld/archive/june08/lorenz_fr.html

Stringer, L. C., A. J. Dougill, E. Fraser, K. Hubacek, C. Prell, and M. S. Reed. 2006. Unpacking “participation” in the adaptive management of social–ecological systems: a critical review. *Ecology and Society* 11(2): 39. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art39/>

Tamisier A. (1981). L'existence d'unités fonctionnelles démontrées chez les sarcelles d'hiver en Camargue par la biotélémétrie. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, vol. 35 : 563-577.

Thomas Donald W., Jacques Blondel, Philippe Perret, Marcel M. Lambrechts, and John R., 2001. Energetic and Fitness Costs of Mismatching Resource Supply and Demand in Seasonally Breeding Birds. *Science* 291, 2598,

USGS, 2000. The Sun and Climate. Fact Sheet FS-095-00

Thuiller Wilfried, 2003. Impact des changements globaux sur la biodiversité en Europe : projections et incertitudes. Thèse, Université de Montpellier II.

Tomasin Alberto and Paolo Antonio Pirazzoli, Extreme Sea Levels in the English Channel: Calibration of the Joint Probability Method *Journal of Coastal Research* 24 4C 1–13 West Palm Beach, Florida July 2008

Vermeer & Rahmstorf, 2009. Stefan Rahmstorf slide presentation, Copenhagen Climate Change Congress, 10-12 march 2009.

Walker, B., C. S. Holling, S. R. Carpenter, and A. Kinzig. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society* 9(2): 5. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>

Walker, B. H., L. H. Gunderson, A. P. Kinzig, C. Folke, S. R. Carpenter, and L. Schultz. 2006. A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and Society* 11(1): 13. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art13/>

9 Sommaire des figures

Cartes illustrant la variabilité pour un même scénario des résultats des différents modèles utilisés par le GIEC.....	20
Figure 1 -Température et accumulation de neige calculées à partir du carottage glaciaire groenlandais GISP2 (Alley, 2000).....	21
Figure 2 - Accroissement rapide des feux de végétation après la fin de ce Dryas Récent vers 11700 BP, (© Marlon modifié par Richard, CNRS 2009).....	22
Figure 3 -Comparaison des variations de la température en surface observées à l'échelle du globe et des continents avec les résultats simulés par des modèles climatiques intégrant les forçages naturels seulement ou les forçages naturels et anthropiques.	23
Figure 4 -Schéma récapitulatif des impacts associés aux deux phases de la NAO (Cassou& Terray, 2003).....	24
Figure 5 -Indice NAO moyenné sur les mois d'hiver (mois de décembre à février) et calculé pour les stations de Lisbonne (Portugal) et Stykkisholmur (Islande).	24
Figure 6 -Conditions atmosphériques schématiques en période de forts (A) vents de sud, (B) vents de nord et (C) vents d'est au-dessus des côtes françaises de la manche et de l'atlantique (Pirazzoli, 2004).....	25
Figure 7 -Courbe d'évolution du niveau moyen de la mer par altimétrie spatiale (1993-2008 - Topex/Poseidon et Jason-1).....	26
Figure 8 -Contributions climatiques et observation du niveau de la mer pour la décennie 1993-2003.....	26
Figure 9 -Hausse observée du niveau de la mer comparée aux modèles de projections du GIEC.....	27
Figure 10 -Histoire du niveau de la mer au quaternaire récent (http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/ctl/clisci100k.html , modifié).....	28
Figure 11 -Étendue de la glace arctique en sept. de 1979 à 2008 : déclin de 11,7% par décennie (NSIDC, 2008).....	29
Figure 12 -Comparaison de l'âge de la glace arctique à la fin des saisons de fonte, en septembre 2007 (gauche) et septembre 2008 (droite) montrant l'accroissement de glace fine de première année (rouge) et le déclin de la glace épaisse de plusieurs années (orange et jaune) ; le blanc indique les secteurs de glace inférieurs à 50%, pour lesquels l'âge ne peut être déterminé.	29
Figure 13 -Projection d'élévation du niveau de la mer basée sur l'étude des climats du passé proposant de lier l'accélération du niveau de la mer avec l'augmentation de la température(Vermeer & Rahmstorf, 2009).....	30
Figure 14 -Estimation des niveaux extrêmes de la marée pour 2050 et 2100 dans deux stations de la Manche, à partir de la supposition (GIEC 2001) que les tendances climatiques récentes soient maintenues au même niveau, et que l'élévation du niveau de la mer global atteigne 17 cm en 2050 (d'après Pirazzoli, 2008), ainsi que l'estimation des niveaux extrêmes recalculée d'après la	

formule de Pirazzoli (2008) à partir de la récente réévaluation de l'élévation du niveau de la mer proposée par Vermeer et Rahmstorf (2009).....	32
Figure 15 -Variation du niveau marin depuis 9000 BP d'après les sondages du marais de Dol (Morzadec, 2002).....	33
Figure 16 -Schéma simplifié de l'évolution d'un marais littoral confronté à l'élévation du niveau de la mer en fonction du budget sédimentaire et de la pente supralittorale (les dépôts sédimentaires consécutif à cette élévation sont figurés en noir, modifié d'après Brinson et al. 1995).....	34
Figure 17 -Prédisposition aux submersions marines : de l'actuel au long terme (DIREN BN 15 décembre 2008).....	36

36

Figure 18 -Carte des territoires sous influence du niveau de la mer à Bretteville-sur-Ay pour une pleine mer de coefficient 120 (DIREN BN état des connaissances en janvier 2009).....	36
Figure 19 -Fort îlot de chaleur urbaine – ICU) (maxi : +11,4°C) à Paris le 30/09/97 (Cantat, 2004).....	37
Figure 20 -Climat subméditerranéen : océanique dégradé ou à influence méditerranéenne, période sèche d'environ un mois (exemple de Toulouse, source worldclimate.com).....	38
Figure 21 -Climat méso-méditerranéen atténué : période sèche comprise entre deux et trois mois (exemple de Marseille, source worldclimate.com).....	38
Figure 22 -Diagramme ombrothermique de Caen horizon 2030-scénario B1 (Météo-France).....	39
Figure 23 -Diagramme ombrothermique d'Alençon horizon 2080-scénario A1B (Météo-France).....	39
Figure 24 -Aires bioclimatiques issues du croisement des données de l'Atlas de la flore normande (Cantat 2008, modifié).....	40
Figure 25 -Densité spécifique d'amphibiens en Normandie (Cochard, 2004)....	40
Figure 26 -Modèle général illustrant les facteurs interagissant dans la réalisation locale d'une distribution au sein d'une aire bioclimatique potentielle (d'après Guisan et Thuiller, 2005, modifié).....	42
Figure 27 -Simulation des modifications de distribution de la truite (<i>Salmo trutta fario</i>) dans les cours d'eau français. Mod.INIT : distribution actuelle (en faisant abstraction des altérations induites par les dégradations de qualité des cours d'eau). Mod. LMD : distribution avec une anomalie annuelle moyenne positive de 1,5°C. Mod. METEO : distribution avec une anomalie annuelle moyenne positive de 3,6°C (Pont, 2006).....	43
Figure 28 -Modélisation du turnover des plantes à l'horizon 2080 selon le scénario A1F1 (mise en forme de données confiées par Wilfried Thuiller).....	44
Figure 29 -Modélisation du turnover des oiseaux à l'horizon 2080 selon le scénario A1F1 (mise en forme de données confiées par Wilfried Thuiller).....	45
Figure 30 -Modélisation du turnover des mammifères à l'horizon 2080 selon le scénario A1F1 (mise en forme de données confiées par Wilfried Thuiller).....	45

Figure 31 -Modélisation du turnover des batraciens & reptiles à l’horizon 2080 selon le scénario A1F1 (mise en forme de données confiées par Wilfried Thuiller) 46	
Figure 32 -La mémoire est présente au sein des relations emboîtées entre les cycles adaptatifs (croissance, maturité, désagrégation, réorganisation) à différentes échelles). À l’échelle du paysage, ou d’un bassin-versant, la présence de différents ensembles présentant des stades de succession différents, permet de maintenir la mémoire écologique (d’après Berkes et Folke, 2002).....47	47
Figure 33 -Capacité des cours d’eau de Basse-Normandie à résister aux sécheresses (DIREN BN).....49	49
Figure 34 -Difficultés d’approvisionnement en eau potable pour le futur (DIREN BN) 50	
Figure 35 -Activité solaire depuis l’an 900, mesurée par la variation de quantité de carbone 14 par rapport à l’actuel, dans le bois : plus il y a d’activité solaire et moins il y a de carbone 14 produit dans l’atmosphère et le bois de l’époque, car les vents solaires dévient les rayons cosmiques qui produisent le carbone 14 (USGS, 2000).....51	51
Figure 36 -Évolution des dates de semi du maïs au sein de l’Unité d’exploitation du Pin au Haras (Benoît, 2007 modifié).....52	52
Figure 37 -Aire potentielle de répartition du chêne vert et du hêtre en fonction des paramètres climatiques qui pourraient exister en 2100 scénario T°+ 2,5 ° C (INRA-CARBOFOR).....52	52
Figure 38 -Carte des réserves utiles maximales des sols du Calvados (Le Gouée, 2009).....53	53
Figure 39 -Carte de l’aléa moyen d’érosion des sols dans le Calvados à l’échelle de l’îlot PAC53	53
Figure 40 -Identification du niveau d’influence des dessalures en Avril 2008 (ligne rouge) par rapport au même indicateur les années antérieures, au regard des niveaux de mortalités estivales observées en baie des Veys au cours de l’été suivant (Rorpert, 2008).....54	54
Figure 41 -Schéma conceptuel de la mortalité estivale d’huîtres en 2008 (Rorpert, modifié).....55	55
Figure 42 -Deux manières de glisser entre états stables alternatifs (Sheffer et al. 2003). 57	
Figure 43 -Processus d’apprentissage d’évaluation de la soutenabilité environnementale employant des indicateurs basés sur les savoirs locaux et scientifiques (Stringer et al., 2006, modifié).....60	60
Figure 44 -Dates de floraison du Noisetier en fonction de l’altitude pour 2009 (Phénoclim, 2009).....61	61
Figure 45 -Suivi de la progression de l’hirondelle du 1er mars au 12 avril 1988, lors d’une campagne d’observation à laquelle ont participées 10500 personnes, à la suite d’une opération conjointe de la LPO, de France culture et du journal la Hulotte (Déom, 1989).....61	61

Figure 46 -La zone transmanche et le partenariat Arc Manche.....65