



Etude sur les impacts, la vulnérabilité et l'adaptation du Calvados au changement climatique

Rapport Final

25 juin 2011.

CLIMPACT



Ce document est le rapport complet de l'étude sur les impacts, les vulnérabilités et les stratégies d'adaptation du Calvados au changement climatique.

CLIMPACT

Résumé

L'objectif de cette étude est d'identifier les impacts, les vulnérabilités et les stratégies d'adaptation du Calvados face au changement climatique, dans le cadre de l'élaboration du Plan Climat Energie Territorial (PCET) mené par le Conseil Général du Calvados.

La caractérisation et l'analyse systémique du territoire ont permis de mettre en valeur les enjeux et les dynamiques actuels du Calvados : une capacité d'adaptation élevée, des activités économiques essentiellement basées sur l'agriculture, l'élevage, le tourisme et les activités industrielles. Par ailleurs, l'artificialisation croissante des terres amplifie la spéculation foncière et la pression sur les terres agricoles et les ressources naturelles. Enfin, le territoire présente une très forte hétérogénéité spatiale de ses enjeux (gradients terre-littoral et est-ouest).

L'étude des vulnérabilités passées révèle une exposition récurrente aux événements extrêmes et aux risques naturels, et des impacts forts sur les ressources naturelles, le secteur primaire, les infrastructures, l'accès aux réseaux et services, et le tourisme. Ces impacts sont accentués par une occupation du sol tendue, des terrains fragiles et une densité de population élevée. Les capacités d'adaptation du territoire sont importantes. Par exemple, il bénéficie de la présence d'écosystèmes offrant de nombreux services de régulation et de protection. Enfin, la forte hétérogénéité spatiale des enjeux implique des sensibilités très spécifiques à chaque site.

Les scénarios prospectifs existants suggèrent une démographie, une urbanisation et une pression sur les ressources naturelles croissantes, des ressources en eau en équilibre fragile et une sécurité alimentaire assurée. En ce qui concerne le climat du Calvados, les projections indiquent un phénomène de méditerranéisation : une augmentation de la température tout le long de l'année, une période de déficit hydrique en été, des précipitations plus intenses, des vents et un rayonnement solaire plus élevés.

L'étude des impacts futurs indique que le littoral est sujet à un accroissement des risques de type inondations, mouvements de terrain, submersions marines et tempêtes. Les infrastructures et les écosystèmes littoraux et marins sont très vulnérables au climat futur. Enfin, de nouvelles opportunités semblent se présenter pour le tourisme et l'agriculture. En milieu urbain, le changement climatique projeté semble accroître les vulnérabilités liées aux risques, à la qualité du cadre de vie (air, îlot de chaleur), et à l'état des infrastructures. Le milieu rural sera plus influencé par les activités humaines. En outre, les nouvelles données climatiques pourraient impacter l'agriculture (bénéfice lié au profil climat mais sujet à des irrégularités), l'état des infrastructures et l'intensité des risques naturels.

Le coût de certains des impacts projetés a été estimé. Il représente le coût de l'inaction à économie constante. Il ressort que l'impact du profil climat projeté pour 2050 impliquerait des bénéfices globaux cumulés pour l'agriculture compris entre 198 et 475 millions d'euros constants (céréales, oléagineux et pâtures), mais sans prendre en compte les dommages dus à l'occurrence des événements extrêmes. La montée du niveau de la mer de +50 cm en 2050 impliquerait un coût compris entre 5 et 5,6 milliards d'euros

(terres perdues, infrastructures et bâtiments). Enfin, l'augmentation des températures induirait un bénéfice global cumulé en 2050 pour le tourisme de 1 à 1,5 milliards d'euros constants.

Face aux politiques de gestion et de développement actuelles dans le Calvados, le changement climatique demande un renforcement des réflexions socio-économiques prospectives transversales (urbanisation, agriculture, ressources, eau). Il ressort également que les risques du littoral, l'état des infrastructures et l'évolution des écosystèmes ont besoin d'être mieux appréhendés. La dernière partie dresse donc un panorama des stratégies d'adaptation possibles et prioritaires. A l'aide de critères de sélection définis avec la participation des acteurs du territoire (poids économique, sans regret, flexibilité, anticipation, cohérence avec les objectifs d'atténuation et acceptabilité), 20 stratégies principales puis 5 stratégies prioritaires ont été sélectionnées. Elles concernent la biodiversité, les infrastructures, l'agriculture et les milieux urbain et littoral.

Sommaire

Résumé.....	3
Sommaire	5
Table des illustrations	8
1.0 Introduction et contexte de l'étude	12
2.0 Caractérisation du territoire et vulnérabilités actuelles	14
1. Les éléments naturels.....	14
1.1. Les éléments statiques de l'environnement	14
1.2. Les enjeux dynamiques de l'environnement	16
1.3. L'air	19
1.4. Le climat.....	19
1.5. L'eau.....	25
1.6. Biodiversité et milieux naturels	30
2. Le développement des activités humaines	33
2.1. Population, occupation du sol et paysages	33
2.2. Mobilité, réseau et cadre de vie.....	39
2.3. Activités économiques	43
2.4. Les politiques de développement et de gestion de l'environnement	50
2.5. Dépendance en énergie et en ressources premières énergétiques	58
2.6. Les enjeux et dynamiques face au climat.....	60
3. Vulnérabilités actuelles au climat.....	61
3.1. Expositions passées et perspectives	61
3.2. Synthèse des vulnérabilités actuelles du Calvados aux changements climatiques	71
3.0 Scénarios de vulnérabilités futures au changement climatique	72
1. Scénarios de perspectives socio-économiques.....	72
1.1. Démographie	72
1.2. Urbanisation et pressions sur les ressources	73
1.3. Raréfaction du pétrole	77
1.4. Prospective économique	81
2. Scénarios climatiques	82
2.1. Méthodologie pour la projection des données climatiques futures	82
2.2. Résultats.....	85
2.3. Analyse des projections et notion d'analogie	88
2.4. Autres résultats.....	90
3. Analyse des vulnérabilités futures	92

3.1.	Méthode	92
3.2.	Résultats.....	92
3.3.	Synthèse des résultats par milieu	108
3.4.	Synthèse des résultats par pays	113
4.	Evaluation économique des impacts du changement climatique	116
1.	Objectifs de l'évaluation économique	116
2.	Méthode et enjeux.....	116
2.1.	Concepts et méthodologie.....	116
2.2.	Limites des hypothèses de travail	117
3.	Résultats à l'échelle du territoire	118
3.1.	Agriculture et élevage	118
3.2.	Pêche et conchyliculture	120
3.3.	Ecosystèmes et biodiversité.....	120
3.4.	Submersion	121
3.5.	Tourisme	123
3.6.	Risques : inondation, sécheresse et tempête	124
3.7.	Population et santé	125
4.	Synthèse	126
4.0	Identification des stratégies d'adaptation	128
1.	Analyse prospective : les enjeux prioritaires du Calvados face au changement climatique ..	128
2.	Méthodologie pour l'élaboration de stratégies futures	128
2.1	Concepts généraux	129
2.2	Déclinaison thématique et spécificités	131
2.3	Application pour le territoire du Calvados	133
3.	Identification des stratégies d'adaptation possibles	133
3.1	Stratégies transversales générales	133
3.2	Agriculture et élevage	134
3.3	Ecosystèmes.....	136
3.4	Ressources en eau	137
3.5	Risques et événements extrêmes	138
3.6	Sylviculture.....	140
3.7	Pêche et aquaculture.....	140
3.8	Infrastructures et habitat	141
3.9	Energie	142
3.10	Tourisme	142
3.11	Accès aux réseaux et services	143
3.12	Population et Santé	144
3.13	Littoral.....	144

3.14	Urbain.....	145
3.15	Politiques et acteurs	146
4.	Les stratégies d'adaptation prioritaires.....	147
4.1	Identification des 20 stratégies principales	147
4.2	Sélection des 5 stratégies prioritaires	149
4.3	Présentation des stratégies prioritaires.....	151
5	Conclusions et perspectives	159
	Bibliographie	160
	Annexes.....	172
	Annexe 1 : Entretiens et personnes contactées	172
	Annexe 2 : Méthodologie pour l'étude des vulnérabilités d'un territoire au changement climatique	174
	Annexe 3 : Méthodologie pour l'élaboration des scénarios prospectifs et résultats des projections climatiques.....	180
	Annexe 4 : Caractérisation par pays : Pays d'Auge, Pays Sud Calvados, Pays de Caen Métropole et Pays du Bessin au Virois.....	190

Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Carte Géologique simplifiée du Calvados (A partir de « La pierre de Caen. Des dinosaures aux cathédrales. », Dugué O., Dujardin L., Leroux P., Savany, X., 2010. Musée de Normandie-Ville de Caen).	15
Figure 2 : Les grands ensembles géomorphologiques du littoral du Calvados (Le Berre et al., 2009)	16
Figure 3 : Falaises du Calvados (gauche: Arromanches, Denise Chery; droite: Longues sur Mer, photo-paysage.com).	17
Figure 4 : Températures maximum, minimum et précipitations annuelles (Ifremer, 2006).	20
Figure 5 : Diagramme ombrothermique de Caen (Cantat et al., 2009)	21
Figure 6 : Amplitude et variation des températures à Caen depuis 1971 (Cantat, 2006).	22
Figure 7 : Evolution des extrêmes de températures à Caen (Cantat, 2006)	24
Figure 8 : Evolution des précipitations depuis 1901 en France (ONERC, 2009).	25
Figure 9 : La Baie de Sallenelles (S.Guichard), et la Seules en crue (DIREN).	25
Figure 10 : Carte simplifiée de l'hydrogéologie du Calvados (A partir de CG14, 2004).	27
Figure 11 : Dynamique pluriannuelle des nappes calcaires (Agences de l'eau).	29
Figure 12 : Aires bioclimatiques issues du croisement des données de l'Atlas de la flore normande (Cantat et al., 2008 modifié dans DREAL, 2010).	30
Figure 13 : Densité de population dans le Calvados (Le Berre et al., 2009).	34
Figure 14 : Diversité de l'agriculture du Calvados (Brunet repris dans Cantat et al., 2009).	38
Figure 15 : Le captage de l'eau en fonction de la nature de l'eau et du débit (ARS, 2010).	42
Figure 16 : Les différents systèmes agricoles du Calvados (Gain, 2007 repris dans Cantat et al., 2009).	44
Figure 17 : Articulation des outils de planification intégrant le climat (Agence Locale de l'Energie de l'Agglo Lyonnaise, 2009).	52
Figure 18 : Etat d'avancement des outils de planification de l'urbanisme (Extrait de Cartélie, DDTM, 2010).	53
Figure 19 : PPR littoraux prioritaires à réaliser à l'horizon 2014 (Extrait de MEDTL, 2011).	56
Figure 20 : Inondations de Février/Mars 2010 : Aqua-barrières à Louvigny (ouest France).	61
Figure 21 : Tempête et marée haute à Vers sur mer en mars 2010 (Source AFP).	67
Figure 22 : L'inondation du 31 décembre 1925 à Caen.	70
Figure 23 : Pyramide des ages pour le Calvados en 2006 et 2021 (INSEE BN, 2010).	72
Figure 24 : Evolution de l'aire urbaine de Caen (Caen Normandie, 2010).	74
Figure 25 : Evolution de l'alimentation en Normandie en 2020 (CA Normandie, 2006).	76
Figure 26 : La répartition sectorielle des consommations énergétiques par pays (Ademe, Région Basse Normandie, Biomasse Normandie, 2005).	78
Figure 27 : Evolution des consommations d'énergie de la ferme "France" (MAAPRAT, 2011).	79
Figure 28 : Evolution du degré de complexité des modèles depuis leurs débuts, mise en parallèle des différents rapports du GIEC (GIEC, 2007).	83
Figure 29 : Les variations de température selon les scénarios du GIEC, enveloppe des résultats des modèles (GIEC, 2001).	84
Figure 30 : Projections d'indicateurs climatiques: température moyenne selon 3 scénarios et 3 horizons (DREAL à partir de Météo France).	85
Figure 32 : Diagrammes ombrothermiques d'Ajaccio présent et Caen en 2080 avec le scénario A1B (profil d'Ajaccio :educorsica.fr, et Météo France pour Caen).	89
Figure 33 : Evolution du niveau de la mer à Brest depuis 1860 (Lenôtre et al., 2009).	90

Figure 34 : Scénarios d'émissions de GES pour 2000-2100 et températures de surface (GIEC, 2007).	91
Figure 35 : Les vulnérabilités futures du littoral du Calvados au changement climatique.	108
Figure 36 : Les vulnérabilités du milieu urbain du Calvados au changement climatique.	110
Figure 37 : Les vulnérabilités futures de l'agriculture du Calvados.	111
Figure 38 : Les vulnérabilités futures du milieu rural du Calvados.	112
Figure 39 : Les différents types de coûts associés à l'adaptation au changement climatique.	117
Figure 39 : Evolution des jours favorables au tourisme (CGDD, 2010).	123
Figure 40 : Les horizons de planification pour différentes mesures d'adaptation (A partir de Jones et al., 2004 ; PNUD, 2010).	130
Figure 41 : L'importance d'être spatialement explicite (ONEMA, 2010).	132
Figure 42 : Vue aérienne de l'embouchure de la Seulles à Courseulles (DREAL, 1999).	152
Figure 43 : Jachères fleuries à Epaney (DREAL, 1999).	153
Figure 44 : Vue aérienne de la région de Balleroy (DREAL, 1999).	155
Figure 45 : Tramway, voie végétalisée et piste cyclable à Nantes (Nantes Métropole, 2010)	156
Figure 46 : Dignes fragilisées à Asnelles (ouest France).	157
Figure 47 : Cadre conceptuel et articulation entre composantes (CLIMPACT, 2011).	175
Figure 48 : Processus méthodologique (CLIMPACT, 2011).	176

Tableaux

Tableau 1 : Les chiffres clés du territoire économique du Calvados (INSEE, 2010 ; CG14, 2008).	33
Tableau 2 : Les principales villes dans le Calvados (INSEE et CG14).	35
Tableau 3 : Déplacements entre travail et résidence dans le Calvados (CG14, 2008).	35
Tableau 4 : Occupation du sol dans le Calvados (A partir de Agreste Basse-Normandie, 2011).	37
Tableau 5 : Evolution du prix des terres (CG14, 2008 ; CRA, 2010).	38
Tableau 6 : Valeur ajoutée brute et PIB par département (Dragos IOAN – INSEE, 2005).	43
Tableau 7 : Structure de la valeur ajoutée par département (Dragos IOAN – INSEE, 2005).	43
Tableau 8 : Production agricole du Calvados (Chambre d'Agriculture, 2007).	44
Tableau 9 : Les chiffres clés des exploitations agricoles du Calvados (CRA, 2010 ; CG14, 2008).	45
Tableau 10 : Consommation énergétique du Calvados par habitant (Ademe, Région Basse Normandie, Biomasse Normandie, 2005 et 2007)	58
Tableau 11 : Vulnérabilités passées du Calvados aux événements de grand froid.	62
Tableau 12 : Vulnérabilités passées du Calvados aux événements de sécheresse et canicule.	64
Tableau 13 : Vulnérabilités passées du Calvados aux événements de tempêtes.	66
Tableau 14 : Vulnérabilités passées du Calvados aux inondations.	69
Tableau 15 : Les scénarios de prospective territoriale les plus réalistes (DATAR, 2010).	74
Tableau 16 : Les quatre scénarios prospectivistes Agriculture-Energie (MAAPRAT, 2011).	79
Tableau 17 : Vulnérabilités futures des écosystèmes du Calvados au changement climatique.	95
Tableau 18 : Vulnérabilités futures des ressources en eau du Calvados au changement climatique.	97
Tableau 19 : Vulnérabilités futures des réseaux et services du Calvados au changement climatique.	98
Tableau 20 : Vulnérabilités futures des risques du Calvados au changement climatique.	99
Tableau 21 : Vulnérabilités futures des infrastructures et habitat du Calvados au changement climatique... ..	100

Tableau 22 : Vulnérabilités futures des industries, économies et de l'emploi du Calvados au changement climatique.	101
Tableau 23 : Vulnérabilités futures de la population du Calvados au changement climatique.....	102
Tableau 24 : Vulnérabilités futures de l'agriculture et de l'élevage du Calvados au changement climatique.	104
Tableau 25 : Vulnérabilités futures de la pêche et de la conchyliculture du Calvados au changement climatique.	105
Tableau 26 : Vulnérabilités futures de la sylviculture du Calvados au changement climatique.....	106
Tableau 27 : Vulnérabilités futures du tourisme du Calvados au changement climatique.....	107
Tableau 28 : Synthèse des vulnérabilités futures des pays du Calvados face au changement climatique.	113
Tableau 29 : Résultats des simulations climatiques sur l'agriculture.	119
Tableau 30 : Linéaire d'infrastructures submergées dans le littoral du Calvados (ONERC, 2009).....	122
Tableau 31 : Enjeux situés dans les zones basses du Calvados (DREAL, 2010).....	122
Tableau 32 : Coûts et bénéfices du changement climatique pour le Calvados.....	126
Tableau 33 : Des acteurs aux rôles différents (A partir de ADAM, 2009).	131
Tableau 34 : Tableau récapitulatif des priorités ou approfondissements nécessaires (Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007).....	139
Tableau 4 : Evaluation des actions prioritaires suivant les critères de développement durable.	150

1.0 Introduction et contexte de l'étude

Dans le cadre de l'Agenda 21 et du futur Plan Climat Energie Territorial (PCET) départementaux, le Conseil Général du Calvados a lancé une étude sur la vulnérabilité et les impacts du changement climatique sur son territoire, en vue d'identifier les stratégies prioritaires d'adaptation au changement climatique. Ce panel de stratégies constituera une base importante pour l'élaboration du volet adaptation du PCET.

Au niveau national, les volets atténuation des plans climat sont plus souvent développés que les volets adaptation. Ainsi, les guides méthodologiques sont économes en illustrations territorialisées. Cela est en partie imputable aux enjeux propres à l'adaptation. Une incertitude certaine, des horizons lointains, des connaissances rarement locales, une approche nécessairement transversale et des concepts nouveaux entravent l'initiation de projets de réflexion et d'élaboration de stratégies d'adaptation des territoires.

Il est pourtant urgent d'anticiper l'adaptation au changement climatique compte tenu de l'inertie des secteurs exposés. Par ailleurs, cette réflexion est d'autant plus bénéfique que certaines actions d'adaptation contribuent à renforcer la résilience du territoire, quelles que soient les projections climatiques et leurs incertitudes. En outre, de nombreuses études internationales montrent qu'il est très souvent plus rentable de mettre en œuvre des actions d'adaptation plutôt que de faire face aux impacts, autrement dit que l'inaction engendre à terme des coûts plus importants que ceux de l'action.

C'est donc dans ce contexte que le Conseil Général du Calvados a lancé la réalisation d'une étude sur les vulnérabilités, les impacts et les stratégies d'adaptation de son territoire. Il est à ce titre précurseur et cette volonté témoigne également de la place importante que tient l'environnement et les relations avec la société dans le Calvados. Cette étude a pour but de fournir des éléments permettant d'éclairer la décision publique et de sensibiliser l'ensemble des acteurs du territoire.

L'analyse de la vulnérabilité d'un territoire s'appuie sur les concepts comme définis par le GIEC (www.ipcc.ch). La vulnérabilité est fonction de l'exposition à un aléa climatique, la sensibilité et les capacités d'adaptation du territoire. Cette étude s'appuie donc sur les études existantes au niveau du territoire et aux niveaux supra territoriaux. Après avoir analysé les vulnérabilités actuelles au changement climatique, l'analyse des projections climatiques permet de dégager les principaux impacts futurs potentiels sur le territoire, en termes de risques, de coûts et de bénéfices. Ce diagnostic est accompagné d'une évaluation économique de certains de ces impacts afin de fournir des données de sensibilisation quantifiées. Enfin, la dernière partie constitue une analyse des stratégies d'adaptation possibles et prioritaires pour le territoire.

Ce document de travail constitue le rapport final de l'étude. Il est destiné à fournir une vision des impacts du changement climatique sur le Calvados. Il propose également une liste de stratégies d'adaptation principales et prioritaires qui pourrait contribuer à l'élaboration du Plan Climat du Calvados.

2.0 Caractérisation du territoire et vulnérabilités actuelles

Le Calvados est un des trois départements qui composent la Région Basse Normandie. Il compte près de 670 000 habitants sur plus de 5500 km², pour une densité de 121 habitants par km², légèrement supérieure à la moyenne nationale. Bordées au nord par la mer de la Manche sur près de 120 kilomètres, ses plaines de littoral au nord accueillent une activité économique largement dominée par le tourisme, l'agriculture et l'élevage, et des activités industrielles spécifiques telle que l'électronique ou l'automobile. Caen, le chef lieu du département, est également la capitale régionale et de ce fait attire une population active toujours plus nombreuse. A cet égard, l'agglomération de Caen-la-Mer accueille près de 220 000 habitants et la majorité des activités industrielles et commerciales. Plus à l'ouest du département, le relief s'élève et laisse place à des collines et au paysage typique de bocage bas-normand, dominé par l'agriculture et l'élevage. A l'est, le Pays d'Auge composé de plaines et côtes vallonnées et de marais accueille des prairies d'élevage. Enfin, son réseau hydrographique dense structure le département du sud au nord. Le Calvados est marqué par une forte hétérogénéité environnementale, sociale et économique liée d'une part à la présence du littoral (double identité « terre et mer ») et d'autre part à la diversité des paysages bioclimatiques (bocage bas-normand et plaine).

1. Les éléments naturels

Avant d'analyser les activités humaines présentes sur le territoire du Calvados, il est nécessaire de comprendre les éléments naturels qui le composent.

1.1. Les éléments statiques de l'environnement

La géologie et la pédologie sont essentielles à la compréhension de l'organisation des paysages qui composent le département du Calvados. L'échelle de temps de ces éléments leur confère une certaine staticité vis-à-vis de l'environnement et du changement climatique projeté.

1.1.1. Géologie

Le Calvados correspond à la rencontre de deux domaines géologiques (BRGM, 2008 ; Ifremer, 2006 ; Diagnostic des Pays):

- le Massif Armoricaire à l'ouest composés de terrains du Primaire,
- et le Bassin Parisien à l'est, composé essentiellement de terrain du Secondaire.

Parmi les terrains du Primaire se rencontrent des grès, des schistes et quelques formations intrusives granitiques. Les terrains du Secondaire de type marne et calcaire sont originaires des dépôts sédimentaires successifs propres à l'histoire du Bassin Parisien. Ces deux formations affleurent dans certaines parties du Calvados. Les formations du Quaternaire se présentent sous forme de dépôts sédimentaires.

Enfin, de nombreux types d'argiles sont présents : les argiles à silex, les argiles sableuses et les argiles à galets roulés.



Figure 1 : Carte Géologique simplifiée du Calvados (A partir de « La pierre de Caen. Des dinosaures aux cathédrales. », Dugué O., Dujardin L., Leroux P., Savany, X., 2010. Musée de Normandie-Ville de Caen).

De manière synthétique, le sud ouest est granitique, le Bessin et la plaine de Caen sont calcaires, l'est plutôt marneux et les plateaux orientaux crayeux recouverts d'argile à silex et de loess.

1.1.2. Orographie

L'orographie est modeste depuis les bords littoraux jusqu'au bocage, atteignant 365 m au mont Pinçon. Selon le BRGM (BRGM, 2008), quatre ensembles morphologiques se distinguent au sein du Calvados :

- le Bocage Virois, à l'ouest/sud-ouest correspondant à des collines de bocage présentant quelques lignes de crêtes culminantes liées au massif granitique et drainé par de nombreux ruisseaux de faible longueur ;
- la plaine de Caen- Bessin, centrale, composée de plaines relativement peu accidentées se transformant en colline vers l'ouest ;
- le Pays d'Auge, à l'est, alternance de plateaux et de vallées larges et dissymétriques ;
- le sud du Pays d'Auge, prolongement du Pays d'Ouche plus au sud correspondant à un plateau régulier.

Enfin, la faible résistance du substrat rocheux (argiles, marnes et calcaires marneux) explique le dessin relativement souple de la côte du Calvados. Composée d'ondulations concaves et convexes, les différents aspects du rivage sont directement liés à la nature géologique des formations littorales (falaises marneuses ou calcaires, cordons dunaires, platier rocheux, estuaire envasé).

Les apports détritiques des fleuves en sédiments fins expliquent les parties avec un faciès sableux, les dunes formant un cordon entre l'estran qui les précède et les zones humides ou prairies qui les prolongent. De plus, le littoral du Calvados est soumis à l'influence des estuaires de la Seine et de l'Orne, des courants côtiers et de la dérive littorale.



Figure 2 : Les grands ensembles géomorphologiques du littoral du Calvados (Le Berre et al., 2009)

1.1.3. Pédologie

Les sols du Calvados peuvent être classés en cinq types dominants (CERVIR, 1995 ; BRGM, 2008 ; Diagnostic des Pays):

- les sols profonds sur limon éolien, qui constituent une partie des plaines du nord, proches des plaines de Caen, généralement bien drainés, présentant un potentiel de production végétale important (considérées comme parmi les meilleures terres de Vis-à-vis), mais soumis au phénomène de battance et sensible à l'érosion par ruissellement ;
- les sols argileux et argilo-limoneux constituant la plaine sud de Caen, reposant sur un substrat calcaire au taux de lessivage important, mais présentant un bon potentiel de production agricole en relation avec une bonne gestion du déficit hydrique ;
- les sols argilo et sablo-argileux constituant le nord du Pays du Bessin au Virois et une partie significative du Pays d'Auge, dont la perméabilité donne lieu à des paysages humides allant jusqu'au marais, et dont la plasticité (gonflement, dessiccation) provoque des dégâts importants ;
- les sols limoneux sur alluvions fines dérivent des alluvions fluviales récentes et sont composés de limon et d'argile, parfois de tourbe, relativement riches mais sujets à des excès d'eau.
- les sols sur roches siliceuses composant le sud ouest du département sont des sols acides et relativement pauvres.

1.2. Les enjeux dynamiques de l'environnement

Certains de ces éléments naturels présentent des dynamiques plus rapides. Il s'agit de l'évolution du trait de côte, de l'érosion des sols et des mouvements de terrains.

1.2.1. Côtes et géomorphologie

Le littoral du Calvados est soumis au phénomène d'érosion et de submersion (Ifremer, 2006 ; GRESARC/CREC, 2010 ; Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007).

En Manche et Mer du nord, 30% du linéaire côtier subit une érosion confirmée dont 50% correspondent à des plages et 28% à des côtes rocheuses. En Basse-Normandie, 38% du rivage est en recul. (IFEN, 2007). Ces

phénomènes sont provoqués par une palette de paramètres dont les principaux sont les types de formations, les transports sédimentaires, les vents, la houle, le niveau de la mer, les précipitations, et les pressions anthropiques. Ce phénomène prend la forme d'effondrement ou glissement de falaises et d'érosion des côtes sableuses.

La côte du Calvados apparaît comme rectiligne avec une orientation est/ouest. Elle est soumise à une dynamique allant de l'ouest vers l'est, avec aux embouchures des principaux fleuves, des dynamiques plus particulières. Le fonctionnement sédimentaire suit une dynamique marine en grande partie et concerne surtout des sédiments fins. Ainsi le transport de sédiments est de type longitudinal, dépendant des vagues plus que des courants. De plus, peu de sédiments sont apportés par les fleuves côtiers (sauf en cas de crues). Cette particularité permet aux côtes de s'adapter à des aménagements durs. Cette relative réversibilité des côtes peut être illustrée par les aménagements proches de Ouistreham où, malgré l'artificialisation d'une partie de la plage, le transport sédimentaire a tout de même permis de contourner cet obstacle et de recharger les plages situées à l'est de l'ouvrage. Par ailleurs, le dragage de certaines zones d'accumulation des sédiments est très fréquent (GRESARC, Entretien). Les côtes rocheuses sont soumises à des dynamiques moins régulières. Leur contribution au transport sédimentaire est généralement liée à des événements ponctuels de mouvements de terrain ou éboulements. L'évolution du trait de côte dans le Bessin est de l'ordre de 5 à 10 cm/an. Ces phénomènes de perte de terrain sont accentués par le niveau élevé des nappes d'eau souterraine, les précipitations, et plus ponctuellement et plus intensément par les tempêtes. Le froid fragilise également les roches. Ainsi, le trait de côte est particulièrement sensible aux variables climatiques. Suivant les terrains, il peut se matérialiser par un recul ou une avancée des terres sur la mer.

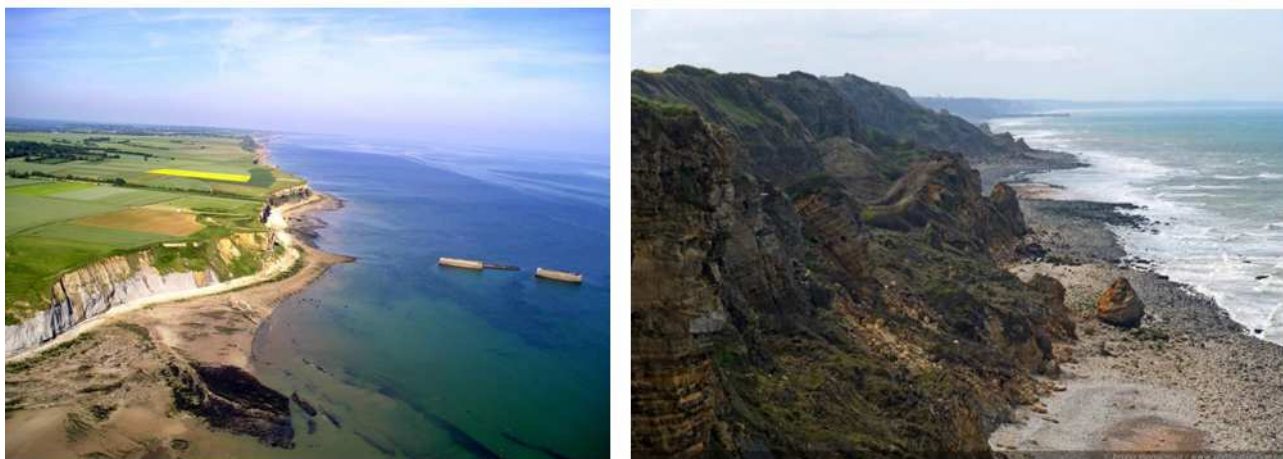


Figure 3 : Falaises du Calvados (gauche: Arromanches, Denise Chery; droite: Longues sur Mer, photo-paysage.com).

Le suivi du littoral du Calvados a débuté en 1995, en particulier au niveau des côtes sableuses. Il met en valeur la modification progressive du trait de côte avec des spécificités très locales allant d'un retrait de -17 mètres à une progression de +8,4 mètres sur 10 ans (CG14, Suivi de l'évolution du littoral ; GRESARC, 2010).

En matière de submersion, l'estimation de la population située sous le niveau des hautes mers (coefficient de 120 théorique) réalisée par la DIREN en 2006 (dans Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007) montre l'importance de l'impact de ce phénomène dans le Calvados, en particulier dans l'estuaire de l'Orne, la Dives, la Vire et la Touques.

Aux phénomènes naturels d'évolution du trait de côte s'ajoute l'influence significative des ouvrages de protection (digues) ou de maîtrise hydraulique (déviation des cours d'eau, régulation des débits) qui impactent visiblement les transports de sédiments marins et ceux charriés par les fleuves côtiers (IFEN, 2007).

1.2.2. Ruissellement et érosion des sols

En milieu urbain, le ruissellement résulte avant tout de l'imperméabilisation des sols et d'une mauvaise gestion des eaux pluviales. Il peut alors entraîner avec lui une partie du substrat composant le sol. (Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007).

En milieu rural, l'érosion des terres est un phénomène prépondérant. Il dépend de plusieurs paramètres : la nature du sol, la pente et l'ensoleillement. En 2009 ont été publiés les résultats d'une étude de cartographie fine des risques d'érosion des sols dans le Calvados (Le Gouée et al., 2008). Le sud ouest du Bessin au socle granitique, aux pentes fortes et au rayonnement solaire élevé apparaît comme le plus sensible ; le Pays d'Auge aux versants exposés le sont également, dans une moindre mesure. Parmi les facteurs aggravant, le déboisement ou la mise à nu des terres augmente la sensibilité aux risques d'érosion. Les fortes précipitations peuvent également exacerber les phénomènes ou les déclencher. Enfin, l'étalement urbain a généré une augmentation des « surfaces à risque important d'érosion hydrique de l'ordre de 850 ha » (Le Gouée et al. 2010).

1.2.3. Mouvements de terrain

Plusieurs ensembles de paramètres prédisposent les mouvements de terrain dans le Calvados (BRGM, 2008 ; BRGM, 2011 ; DRIRE, 1998 ; DREAL, 2010 ; Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007 ; INSEE, 2008 ; DDTM, 2010). Ces mouvements peuvent être accentués par l'artificialisation des terres en amont.

Les argiles, très nombreuses dans le Calvados, sont des matériaux très plastiques, notamment sensibles à l'eau, provoquant gonflement, retrait et tassement. Ces mouvements peuvent être importants et provoquent des sinistres au niveau des éléments présents sur ces formations.

Certains autres sols compressibles peuvent se tasser et s'affaisser sous l'effet de surcharge ou en cas d'assèchement (drainage). Enfin, la forte saturation des sols en eau peut provoquer des glissements le long des pentes, accompagnées ou non de coulées de boues ou de blocs (notamment sur les pentes du Pays d'Auge).

D'autres mouvements de terrain peuvent être signalés, liés aux nombreuses cavités souterraines : d'origine naturelle type karstique (Bessin, Pays d'Auge) et anthropique (carrière à pierre de Caen, marnière du Pays d'Auge), à l'écroulement et la chute de blocs des falaises et autres versants rocheux.

Enfin, la zone de Caen a connu des séismes de faible importance, dont le principal en 1775. Le risque existe donc mais reste relativement faible.

1.3. L'air

L'évaluation de la qualité de l'air est assurée par Air Com et Air Normand qui disposent d'un réseau de stations de mesures et de modèles de prévision. Les molécules présentes dans l'atmosphère et influençant la qualité de l'air peuvent être classées en 5 catégories (CITEPA, 2005): ceux contribuant à l'acidification, l'eutrophisation et la pollution photo chimique (SO₂, NO_x, COVNM, CO, NH₃), les gaz à effet de serre (CH₄, CO₂, N₂O, PFC et SF₆), les particules (TsP, PM₁₀, PM_{2,5}), les métaux lourds, et les contaminants par les polluants organiques persistants (HCB, Dioxines et furannes, HAP et PCB). Les zones industrielles et urbaines sont plus sujettes à atteindre les seuils maximums de certaines de ces molécules, notamment NO₂, NO_x, PM₁₀, Ozone, Benzène (DIREN Basse Normandie, 2006).

De plus, en Basse-Normandie, « plus de 140 molécules chimiques différentes sont régulièrement utilisées, que ce soit par le monde agricole, les services publics, les collectivités ou encore les particuliers » qui contribuent à l'exposition des populations aux pesticides (DIREN Basse Normandie, 2006).

L'ozone est une molécule présente en quantité non négligeable dans l'air normand et a des conséquences considérables sur la santé et l'environnement. (Air Com, Air Normand, 2010). Fortement tributaire de la température et du rayonnement solaire, la concentration d'ozone est également dépendante de la concentration de NO, de NO₂ et en composés carbonés volatils CO_{cvm}.

1.4. Le climat

Le climat dominant du Calvados est de type océanique tempéré : le courant atlantique conditionne fortement les précipitations, les températures ainsi que le régime de vent. Les pluies sont abondantes, réparties sur l'ensemble de l'année, et les températures « jamais excessives » quelque soit la saison (température moyenne annuelle comprise entre 9 et 11°C). Cependant, les disparités sont importantes entre les régions littorales et l'intérieur des terres. De plus, l'influence du relief, même si les altitudes entrant en jeu sont modestes, est significative (Ifremer, 2006 ; BRGM, 2008). « Ces facteurs géographiques favorisent l'émergence de subdivisions régionales (échelles sub-régionale) : des « pays » climatiques » (Cantat et al., 2001). Ainsi les collines du Bocage et du pré-Bocage recueillent plus de 1100 millimètres de pluie dans une année, répartis sur 150 jours en moyenne. Plus à l'est et toujours en relation avec l'orographie, le cumul annuel sur les plateaux du Pays d'Auge atteint 900 millimètres. A l'opposé, la région de plaine s'étendant de l'estuaire de l'Orne jusqu'au Pays d'Argentan, reçoit moins de 700 millimètres par an. (DREAL Basse Normandie, 2010). Enfin, le climat du sud du département est plus rude (plus froid en hiver et plus chaud en été).

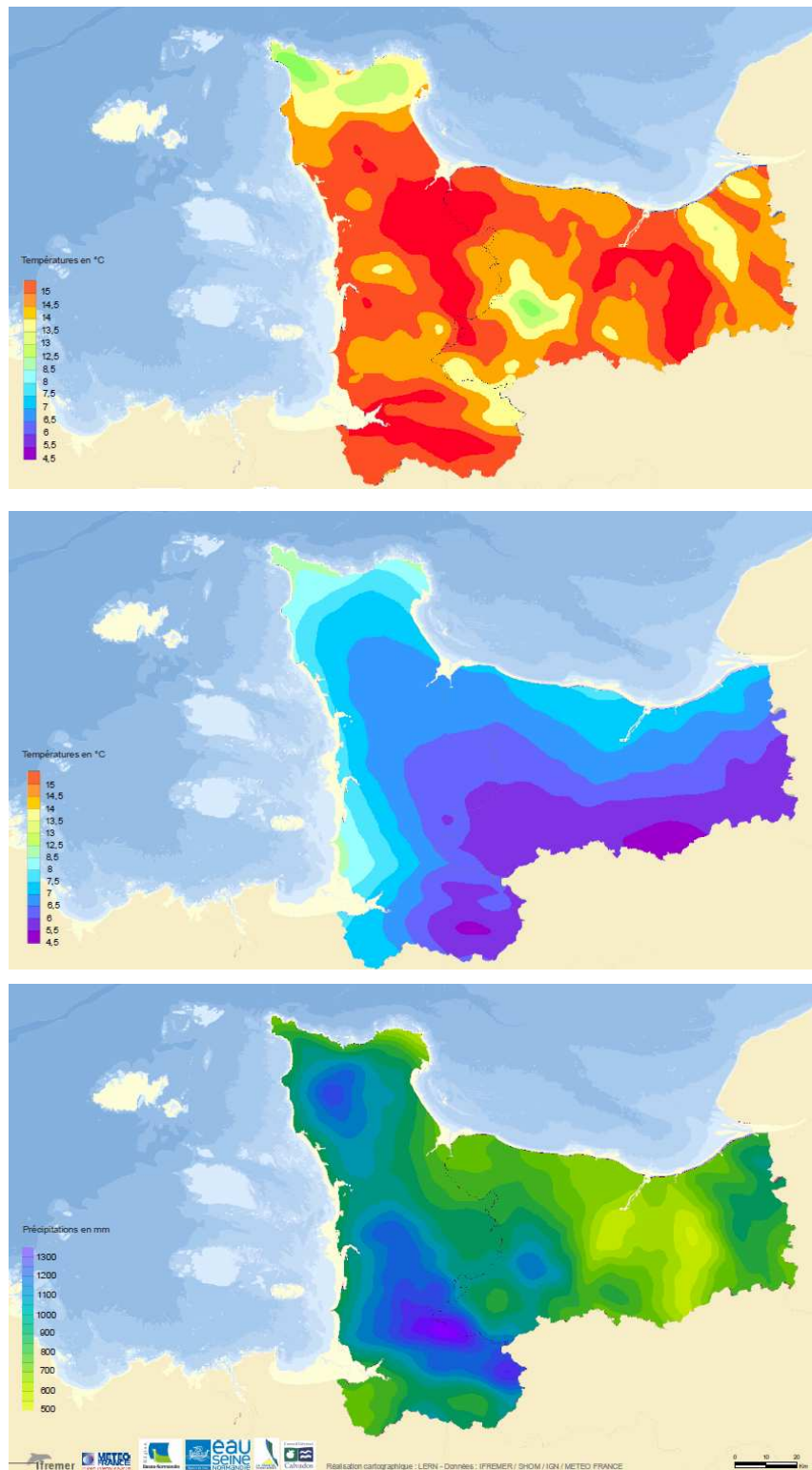


Figure 4 : Températures maximum, minimum et précipitations annuelles (Ifremer, 2006).

Le diagramme ombrothermique pour Caen (Figure 5) illustre la douceur humide normande et sa saisonnalité. Les températures moyennes mensuelles passent de 5,2 à 17,5°C de l'hiver à l'été et les pluies sont plus abondantes d'octobre à janvier. Un fait remarquable est également la présence de précipitations relativement importantes en été.

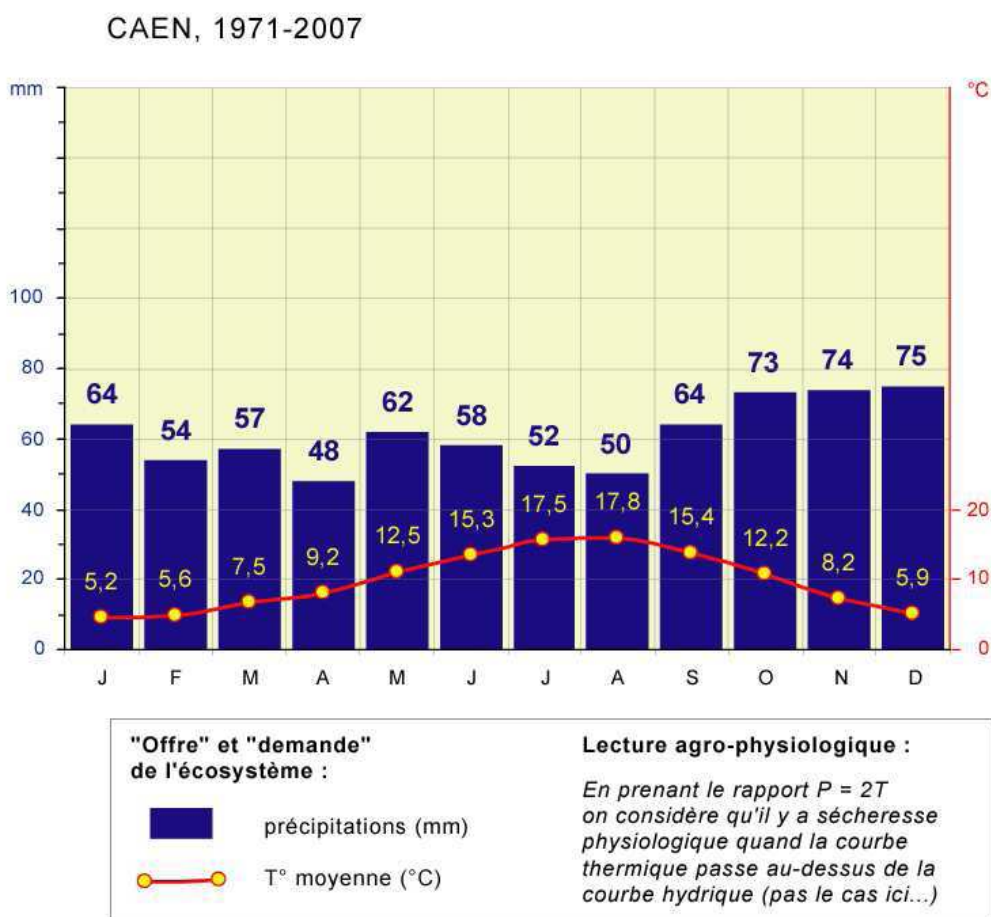
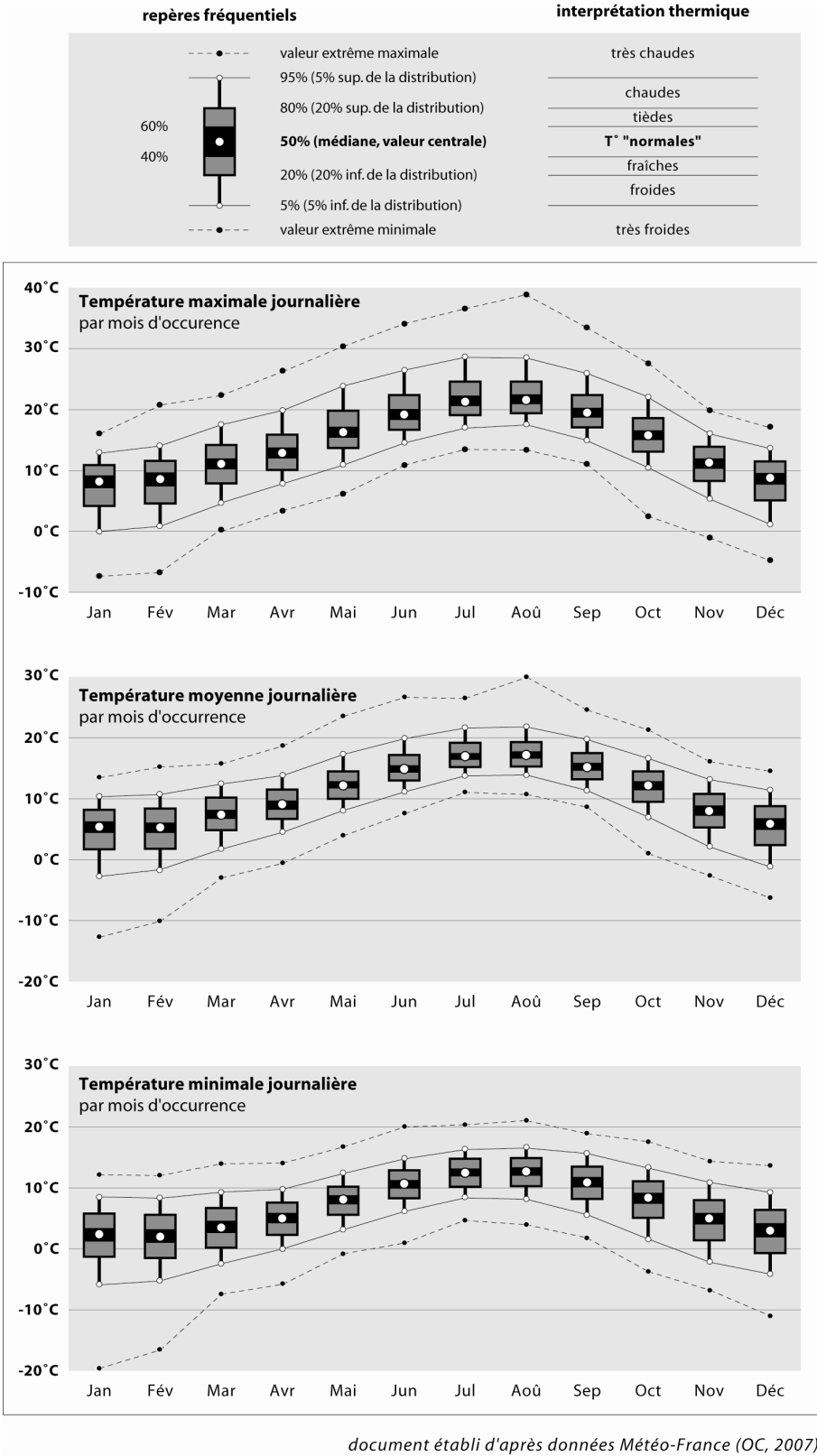


Figure 5 : Diagramme ombrothermique de Caen (Cantat et al., 2009)

Au-delà de cette variabilité mensuelle relative, le climat normand se définit également « par ses possibles excès. La variabilité temporelle est d'ailleurs l'autre trait marquant de ce climat où peuvent se succéder sécheresses (1976, 1990, 1996...) et inondations catastrophiques (1995, 2001...), vagues de froid (1956, 1963, 1979, 1985- 1987...) et fortes chaleurs passagères (1959, 1976, 1990...), et quelquefois des tempêtes dévastatrices comme celles d'octobre 1987 ou plus récemment de décembre 1999... » (Cantat et al., 2001). Ce phénomène est illustré par la Figure 6 qui montre l'amplitude de l'enveloppe des températures minimales et maximales mensuelles sur la période 1950-2000.



Température maximale journalière
par mois d'occurrence



Température moyenne journalière
par mois d'occurrence



Température minimale journalière
par mois d'occurrence



document établi d'après données Météo-France (OC, 2007)

Figure 6 : Amplitude et variation des températures à Caen depuis 1971 (Cantat, 2006).

Par ailleurs, le nombre de jours de gel est très variable d'une année à l'autre (CG14, 2008) et oscille entre 10 et 50 jours par an. Le nombre d'heures d'ensoleillement est élevé et se situe entre 1500 et 2000 heures d'insolation.

Evolution du climat de 1950 à nos jours

Observations actuelles du changement climatique au niveau mondial (ONERC, 2009).

- « Elévation des températures : la température moyenne de l'air a augmenté de +0,6°C sur la période 1901-2000 (+0,74°C sur la période 1906-2005). Si l'ensemble du globe a connu une augmentation des températures, celle-ci était plus importante dans les latitudes hautes et l'hémisphère nord. Sur la période 1995-2006, onze années figurent parmi les douze années les plus chaudes depuis 1850.
- Elévation du niveau de la mer : le niveau moyen de la mer s'est élevé de +1,8mm par an depuis 1961. Une accélération de cette tendance est également observée (+3,1mm depuis 1993), mais la part de variabilité climatique / changement climatique est difficile à évaluer.
- Fonte des neiges et glaces : l'étendue annuelle des glaces a diminué de 2,7% par décennie depuis 1978 dans l'océan Arctique.
- Précipitations : les observations concernant les précipitations sont plus hétérogènes. Une hausse des précipitations est observée dans l'est de l'Amérique du nord et du sud, le nord de l'Europe et le centre de l'Asie ; tandis que le Sahel, les zones méditerranéennes, l'Afrique Australe et l'Asie du sud ont vu le niveau des précipitations diminuer.
- Evénements extrêmes : au cours du XXIème siècle, on a observé une hausse de fréquence et d'intensité des sécheresses et des canicules ; ainsi qu'une multiplication des épisodes de pluies intenses (même dans les régions qui ont vu le niveau de précipitations total diminuer). Les vagues de froid ont diminué. Si une augmentation de l'activité cyclonique intense dans l'Atlantique nord est observée depuis 1970 environ, de manière générale, aucune tendance claire ne se dégage quant au nombre de cyclones tropicaux qui se forment chaque année. »

L'étude des températures maximales et minimales moyennes depuis 1950, montre clairement un réchauffement, accéléré dès 1970 (+0,8°C entre la période 1950-1975 et 1975-2000 selon Cantat (Cantat, 2006), +0,95°C entre 1901 et 2000 au niveau national selon l'ONERC (ONERC, 2009)).

De plus, le nombre de jours de chaleur semble également en hausse, en particulier à partir de 1981 où le nombre de jours de chaleur n'a jamais été inférieur à 18,6 par an. Le nombre de jours de froid semble plutôt en baisse, en particulier à partir de 1991 où le nombre de jours de froid n'a jamais été supérieur à 32,3 par an. (Figure 7)

La période de gelée (Figure 7) semble de plus en plus courte. Les premières gelées apparaissant plus tardivement dès 1970 (par rapport à la médiane du 7 novembre issue de la période 1950-2005) et les dernières gelées apparaissant plus tôt dès 1990 (médiane du 9 avril).

En ce qui concerne les précipitations, l'ONERC indique que les tendances dégagées sont moins significatives que pour les températures. Les observations mettent en avant une augmentation du volume des précipitations (+7%), mais également une accentuation des contrastes saisonniers et régionaux (ONERC, 2009). Dans le Calvados, elles semblent sensiblement en augmentation sur la période 1901-2000.

Enfin, la température moyenne de la mer a globalement augmenté de 1,5°C dans la Manche au cours des 50 dernières années (CPIE, Entretien).

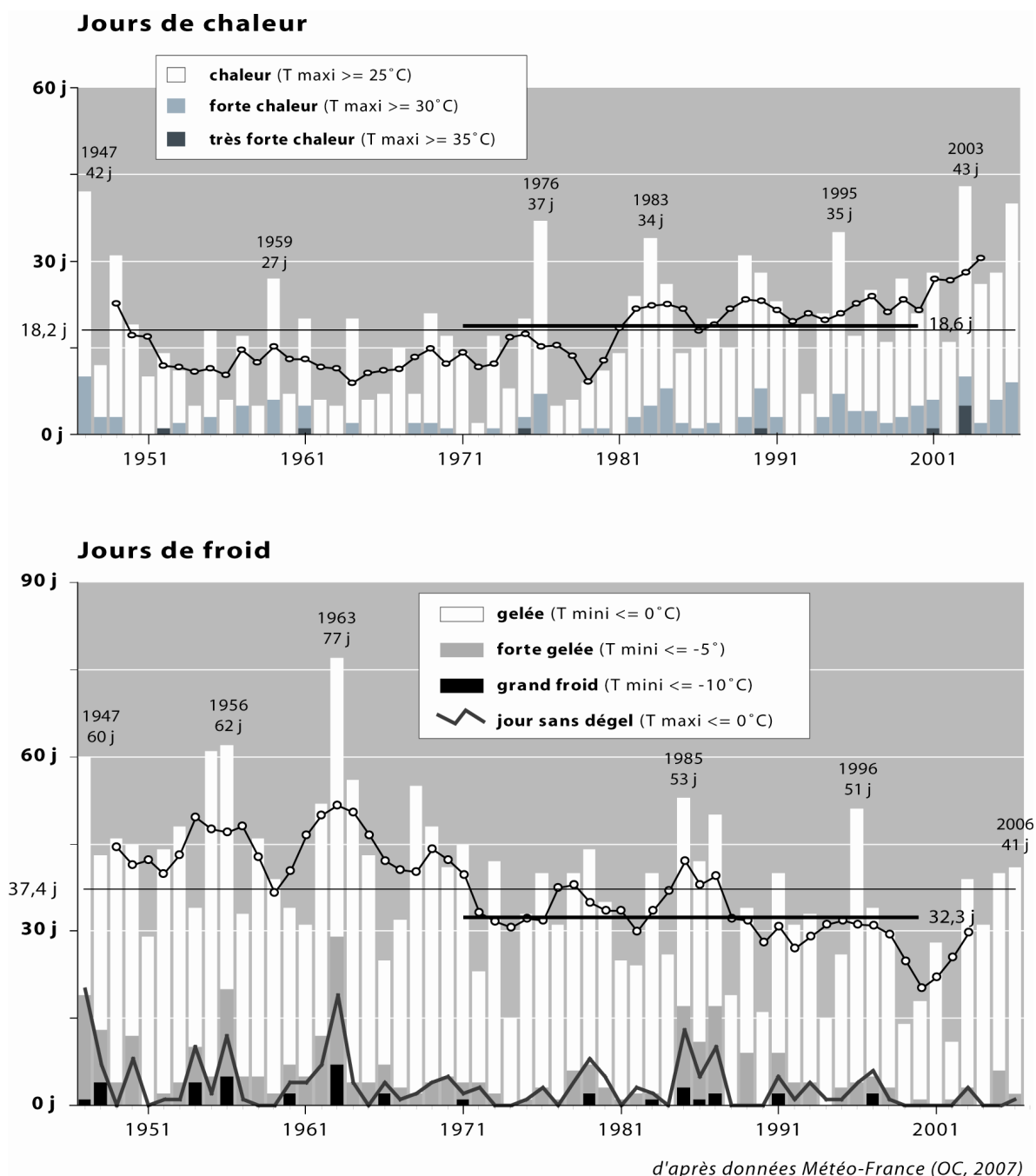
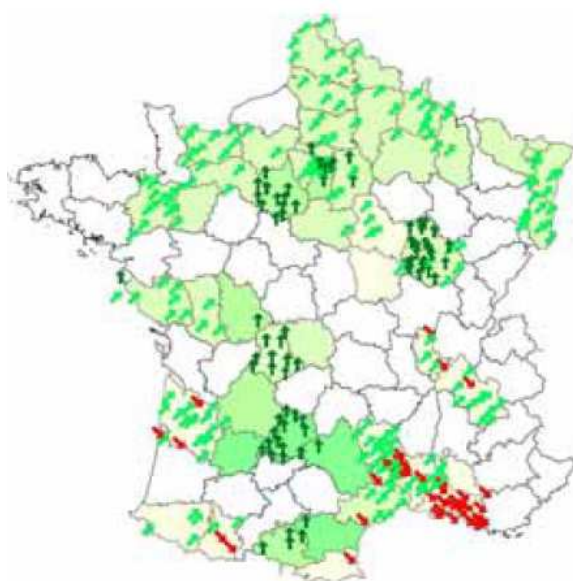


Figure 7 : Evolution des extrêmes de températures à Caen (Cantat, 2006)



Chaque flèche représente une série de mesure. Les baisses sont en rouge, les hausses en vert. Les évolutions les plus significatives sont représentées par une flèche verticale. La carte montre également les départements pour lesquels il n'existe pas encore de diagnostics concernant l'évolution des précipitations sur une longue période.

Figure 8 : Evolution des précipitations depuis 1901 en France (ONERC, 2009).

1.5. L'eau

Le relief, la nature des formations géologiques et des sols, et le climat expliquent en partie les importantes ressources en eau du Calvados.

1.5.1. Le réseau hydrographique

Les 6 principaux bassins versants sont, d'est en ouest : La Touques, la Dives, l'Orne, la Seulles, l'Aure et la Vire plus au sud ouest. Ils appartiennent au bassin Seine Normandie (AESN, 2009 ; DREAL, 2010 ; Ifremer, 2006 ; DIREN, 2004 ; Diagnostic des Pays ; Université de Caen, Laboratoire Geophen, 2005 ; Cador, 2005 ; CG14, 2004 ; AAPPMA, 2010).

A l'arrière des plaines du littoral (Bessin et plaine de Caen), le relief s'élève rapidement jusqu'à atteindre 200 à 300 mètres à quelques kilomètres de la mer. Les rivières du Calvados présentent donc des écoulements relativement rapides, notamment à l'est du département (jusqu'à 24 m³/s pour le débit moyen annuel de l'Orne). Plus à l'est des plaines de Caen, les pentes sont beaucoup plus faibles et les débits aussi (jusqu'à 1m³/s pour le débit moyen annuel de la Dives et 6m³/s à l'embouchure de l'Orne).



Figure 9 : La Baie de Sallenelles (S.Guichard), et la Seulles en crue (DIREN).

Description des principaux fleuves côtiers

La Touques, longue de 108 km, naît dans l'Orne et a un débit moyen annuel relativement faible de 6 m³/s mais des crues relativement rapides. Sa vallée est bien marquée jusqu'à Pont l'Evêque. A partir de Lisieux, elle se transforme en rivière puissante de plaine à larges méandres et se jette dans la mer entre Deauville et Trouville. Plusieurs aménagements hydrauliques sont présents, notamment le barrage de Breuil en Auge. Elle structure le Pays d'Auge.

La Dives prend sa source dans le département de l'Orne et se jette à Cabourg dans la mer de la Manche après avoir traversé le département sur 100km. Elle forme une plaine marécageuse du fait de son faible débit (moyenne annuelle de 1,65m³/s). Elle reçoit également l'eau des canaux drainant les nombreux marais. De plus, la Dives dispose de crues relativement lentes, mais qui peuvent durer dans le temps.

L'Orne est le fleuve le plus important de Basse Normandie de par sa longueur, la taille de son bassin et son débit. Après avoir pris sa source dans le département de l'Orne, dans le Bassin Parisien, il rejoint les terrains du Massif Armoricaïn, pour rejoindre de nouveau les terrains plus souples du Bassin Parisien à partir de Caen. De Caen à la mer où il se jette au niveau de Ouistreham, il est longé par un canal. Son débit moyen de 24 m³/s peut atteindre 600m³/s au moment des crues. Plusieurs ouvrages mobiles de régulation du débit et du niveau existent : déversoir et barrage de Montalivet et écluses à Ouistreham.

La Seulles prend sa source à 286 mètres d'altitude dans le centre du département du Calvados, traverse le pré bocage et le Bessin et se jette dans la mer de la Manche à Courseulles-sur-Mer. Elle s'écoule avec une pente moyenne de 6% relativement modeste, d'abord enserré dans des coteaux calcaires puis décrivant de nombreux méandres dans sa basse vallée. Son débit moyen est de 2,50 m³/s.

L'Aure est un des affluents de la Vire de débit moyen annuel de 1m³/s. Elle est l'une des seules rivières dont l'orientation principale est est-ouest. Passant par Bayeux, elle se jette dans la Vire à Isigny la Mer et donne naissance au marais de la plaine du nord.

La Vire est longue de 128 km. Elle traverse les départements du Calvados et de la Manche et se jette dans la mer de la Manche au niveau de la baie de Veys. Elle a un débit moyen annuel de 13 m³/s mais une saisonnalité forte. Dans un premier temps, le fleuve coule dans une vallée sinueuse et encaissée, avec deux ruptures de pentes marquées, puis la vallée s'élargit dans les marais d'Isigny et la baie des Veys. Le cours final de la Vire a été canalisé et rencontre son principal affluent l'Aure 3 kilomètres avant l'estuaire. Plus de 24 aménagements majeurs sont présents, dont 10 dans le Calvados.

Les plus importantes zones inondables se situent sur les bassins versants de la Touques, de la Dives, de l'Orne (en amont de Caen) et dans les marais du Bessin. Ainsi sur les 705 communes du Calvados, 358 se situent en zones inondables (Ifremer, 2006).

Dynamique des cours d'eau

Le réseau des petites vallées et des hydro systèmes est un caractère fondamental des paysages du Calvados. Depuis longtemps façonnés par l'homme à travers des aménagements hydrauliques ou paysagers (Germaine, 2009), les cours d'eau et leurs plaines associées ont évolué au cours des temps pour se diriger vers une certaine stabilisation de leur lit depuis quelques années. Quelques événements ponctuels de destockage des berges ou de glissement ou érosion de versants participent au stock de sédiments charriés par les cours d'eau. Ce volume de sédiment reste relativement faible et peut être largement augmenté lors des épisodes de crues.

Leur régime pluvial océanique est marqué par des étiages estivaux très prononcés et des possibilités de crues importantes (DRASS, 2005 ; Syndicat Mixte du Val de Vire, 2009 ; DREAL Basse Normandie, 2010). Cependant la nature des terrains et la dynamique des nappes qui les alimentent jouent également un rôle

important. Ainsi, les débits d'été sont notables dans l'est en raison de la présence de nappes puissantes alors que les tarissements sont beaucoup plus prononcés dans la partie ouest. De plus, les débits hivernaux sont plus importants dans le Massif Armoricain. En effet, le Massif Armoricain ruisselle fortement en hiver, « 60 à 70% de la pluie tombée peuvent y ruisseler » alors que dans la plaine de Caen, même sur forte pluie, « les coefficients de ruissellement supérieurs à 10% sont rares » (DREAL Basse Normandie, 2010).

La qualité de ces eaux superficielles dépend donc principalement du ruissellement et drainage des polluants dans l'ouest durant l'hiver et le printemps, ainsi que du fort taux de concentration lié au stress hydrique durant l'été. Au contraire, l'infiltration des polluants et la pollution diffuse dans la plaine de Caen et le Pays d'Auge concerne plus directement les nappes phréatiques.

1.5.2. Les eaux souterraines et les aquifères

Le département accueille de « nombreux aquifères d'âge et d'intérêt variés » dont le plus notable est celui du Bathonien de la plaine de Caen.

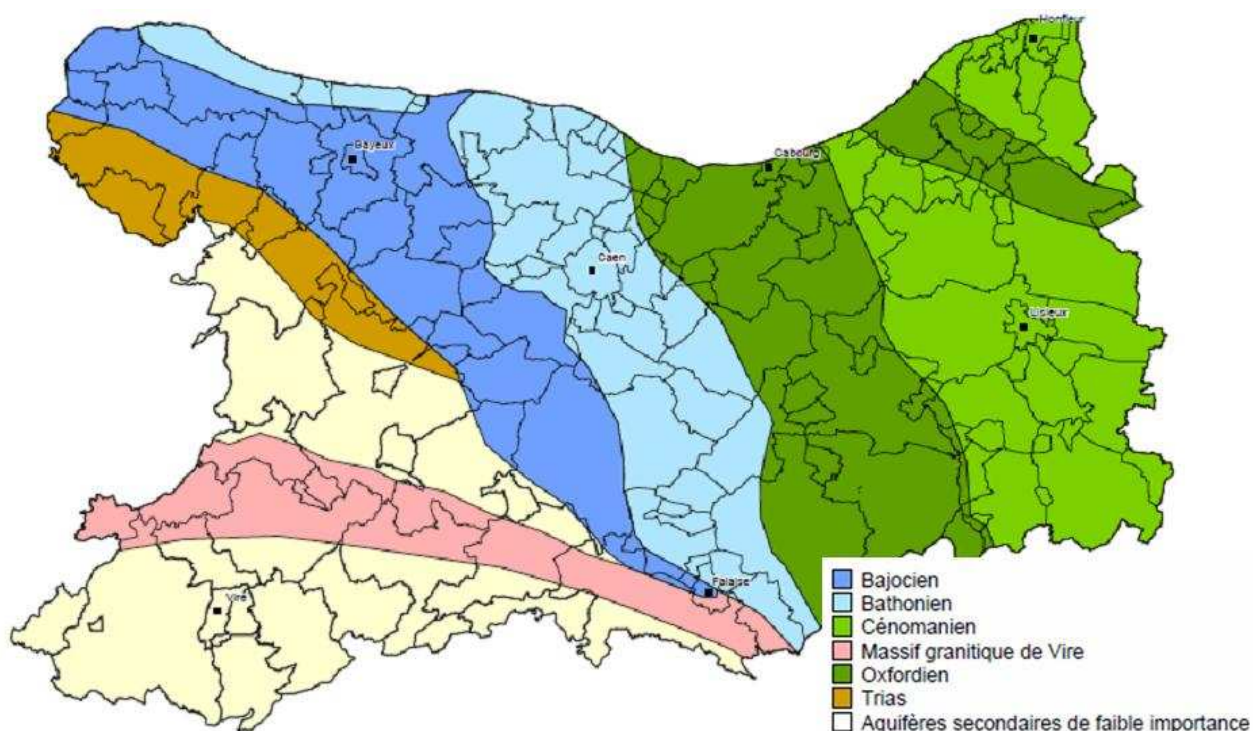


Figure 10 : Carte simplifiée de l'hydrogéologie du Calvados (A partir de CG14, 2004).

Description des masses d'eaux souterraines

Dans le Bassin Parisien, les aquifères crayeux fracturés offrent des volumes d'eau considérables garantissant aux rivières un soutien d'étiage remarquable. Les terrains calcaires présentent une bonne perméabilité liée notamment à leur fissuration. Les « drains karstiques mettent en relation directe les écoulements de surface avec la nappe de la craie » (AESN, Système d'Information et de Gestion - Eaux Souterraines). Elles sont donc très vulnérables aux pollutions superficielles. (AESN, Système d'Information et de Gestion - Eaux Souterraines, DREAL Basse Normandie, 2010 ; Aucame, 2008). Lors des périodes pluvieuses, les phénomènes de turbidité et de pollution bactériologique associée y sont fréquents.

L'aquifère des calcaires oxfordiens, sur lesquels se retrouve la vallée de la Touques offre une bonne productivité. Les calcaires du bathonien ont une grande extension géographique et leur aquifère, très productif, « est exploité le long d'un axe allant de Caen à Alençon ». (DREAL Basse Normandie, 2010). Le bassin de l'Orne est situé principalement sur ces terrains (AESN, Système d'Information et de Gestion - Eaux Souterraines). De plus, alors que l'aquifère du Pays d'Auge est captif et relativement piégé par les couches d'argiles en surface limitant son alimentation et la remontée des nappes, la nappe de la plaine de Caen présente des battements importants et une exploitation plus facile. Il faut noter également qu'une zone de l'aquifère du Bathonien située dans le sud-Calvados possède des propriétés de dénitrification naturelle (CG14, 2004).

Les principaux aquifères du Bassin Parisien demeurent alimentés par une forte infiltration. Ainsi, 20% de la pluie annuelle s'infiltre dans la plaine de Caen-Argentan ainsi qu'en Pays d'Auge (DREAL Basse Normandie, 2010). Les périodes de recharge sont donc souvent situées en automne et hiver. Leur vidange s'effectue par drainage gravitaire « offrant ainsi aux cours d'eau des fonds de vallée une bonne partie de leur alimentation » (CG14, 2004). Cette caractéristique implique une situation de hautes eaux entre février et mai et de basses eaux entre octobre et décembre. Cependant, dans le Pays d'Auge où les aquifères sont plutôt captifs ou semi-captifs leur alimentation est plus amortie et en partie déconnectée des fluctuations périodiques saisonnières ou pluriannuelles (CG14, 2004). Cela implique que les cours d'eau alimentés par les nappes puissantes du Pays d'Auge ne sont pas réellement sujets au stress en été.

Au contraire, dans le Massif Armorica à l'ouest, d'après l'AESN et la DREAL, (AESN, Système d'Information et de Gestion - Eaux Souterraines ; DREAL Basse Normandie, 2010), les formations gréseuses ou schisto-gréseuses fracturées n'offrent qu'une faible capacité aquifère. De plus, elles sont très sensibles aux sécheresses climatiques (notamment celle correspondant au bassin versant de la Seulles). Cependant, elles ont une grande « importance écologique pour le fonctionnement de nombreuses zones humides du bocage » (DREAL Basse Normandie, 2010). Dans le Bessin, l'aquifère des calcaires bajociens, karstique, est de productivité variable. Vers Falaise, les « terrains triasiques recèlent des aquifères très productifs » sous une protection argileuse hétérogène (DREAL Basse Normandie, 2010).

Dynamique des masses d'eaux souterraines

La nappe de Caen bénéficie de cycle de recharge efficace et de ce fait, offre des ressources hydriques importantes. Cette aquifère libre est très exploitée mais ne semble pas menacée. Le Pays d'Auge accueille une aquifère captive qui, protégée par les argiles à silex, alimente les principaux cours d'eau du pays. Le Bocage et le Virois sont plus souvent soumis à des stress hydriques significatifs en été. A la suite de plusieurs années pluvieuses, la remontée des nappes peut provoquer des inondations sur les terrains mal drainés ou bas (Université de Caen, Laboratoire Geophen, 2005 ; Cantat et al., 2002). Les territoires les plus sensibles à ce phénomène sont situés dans le nord de la plaine de Caen et dans une moindre mesure à certains endroits du Pays d'Auge.

En plus des cycles annuels à forte saisonnalité, le BRGM a mis en évidence l'existence de cycles pluri annuels, caractérisés par des recharges excédentaires de plus en plus marquées (CG14, 2004). La situation 2000-2001 constitue la nouvelle référence historique de très hautes eaux avec des débordements de la plupart des aquifères (principalement le Bathonien dans la plaine de Caen) atteignant une ampleur encore jamais observée (AESN, 2004 ; BRGM, 2006 ; AESN, Système d'Information et de Gestion - Eaux Souterraines).

En plus de la rythmicité des phénomènes climatiques, le comportement non linéaire de l'alimentation des aquifères crayeuses s'explique également par la nature des infiltrations: à la fois via une composante lente liée à la porosité très fine et une composante rapide via le réseau de fractures bien organisé (Pinault, 2006).

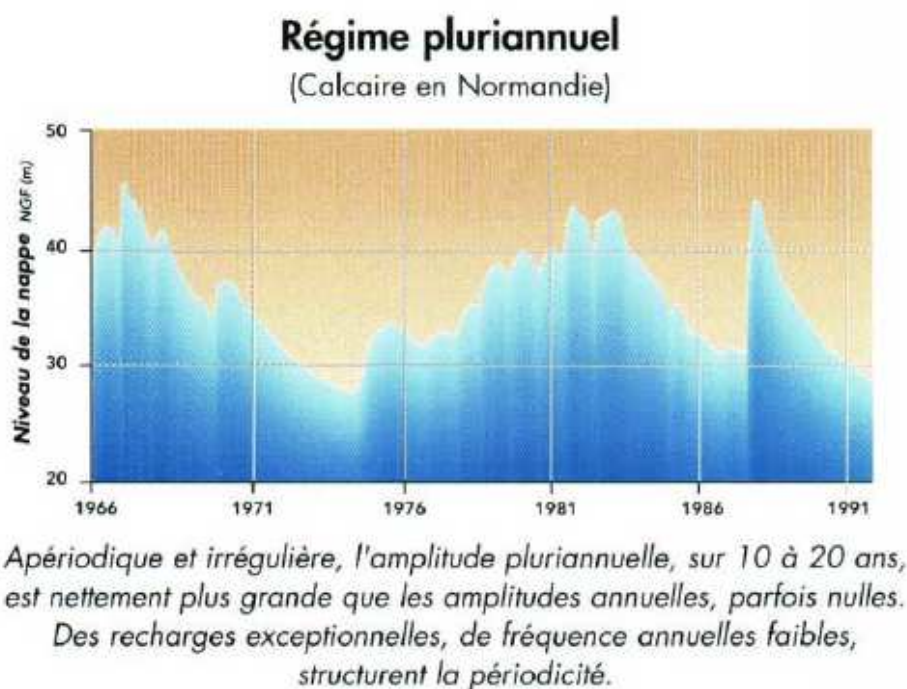


Figure 11 : Dynamique pluriannuelle des nappes calcaires (Agences de l'eau).

Cependant, la saisonnalité des périodes de recharge semble déréglée depuis les vingt dernières années : les pluies hivernales et printanières deviennent insuffisantes pour effectuer les recharges d'hiver, et des nappes se rechargent parfois plus en été lors des orages violents.

1.5.3. Les eaux littorales

Les eaux littorales sont issues de la rencontre entre les cours d'eau et les marées et courants de la mer de la Manche. Leur état dépend donc également des multiples cours d'eau du bassin versant. Le relief peu important des plaines du littoral permet une transition lente entre eaux douces et eaux salées.

La qualité des eaux littorales est plutôt qualifiée de moyenne, notamment imputable à une mauvaise gestion des eaux usées (mauvais raccordements) et des eaux pluviales (phénomènes de lessivage) (DDASS).

Par exemple, en 2008, 25 sur 37 plages contrôlées présentaient des eaux conformes de qualité moyenne (DDASS, 2008). Durant l'été 2008, 2 plages ont été signalées interdites de baignade (Trouville, Villerville) et 4 analyses d'eaux de baignade se sont retrouvées non conformes à la Directive européenne sur un total de 748 (Tracy sur mer, Ouistreham, Villers sur mer, Trouville).

De manière plus générale, selon l'AESN (AESN, 2004), les masses d'eau côtières sont « fortement modifiées par

- Dragage et rejets de matériaux, extraction de granulats ;
- Ouvrages d'aménagements : endiguements simples, villes côtières, ports et chenaux d'accès, estuaires, havres et baies aménagées ;
- Centrale électrique (important rejet d'eau) ;
- Cultures marines à l'origine de dépôts (myticulture et ostréiculture) ;
- Pêche par arts traînants (chalutage et dragage). » (Ifremer, 2006)

1.6. Biodiversité et milieux naturels



Figure 12 : Aires bioclimatiques issues du croisement des données de l'Atlas de la flore normande (Cantat et al., 2008 modifié dans DREAL, 2010).

La Figure 12 illustre l'organisation spatiale des bioclimats en Basse Normandie. Leur répartition est largement tributaire des précipitations, de la nature des sols et de leur capacité à « retenir ou évacuer l'eau. (...) Les caractères énergétiques interviennent relativement peu dans cette organisation car, si l'effet orographique induit par les collines est remarquable sur les précipitations, leurs altitudes modestes (points culminants entre 250 et 400 m) n'entraînent pas des différences thermiques notables. » (Cantat et al., 2008)

A l'échelle du Calvados, l'étude des formations géologiques, de la géomorphologie, de la nature des sols, du réseau hydrographique et du climat permet de mettre en valeur cinq ensembles bio-climatiques relativement distincts :

- Le Pays d'Auge, humide sur terrains imperméables comprenant notamment les marais très humides de la Dives et de la Touques ;
- L'ouest et le sud-ouest, un peu moins humide, correspondant aux bocages (entrecoupés de versants plus chauds et plus secs sur des sols bien drainés) ;
- La partie centrale, plaine de Caen et nord du Bessin, plus tempéré voire sec sur terrains perméables très fertiles et sujets à assèchement ;
- Les marais de la Baie des Veys au nord ouest du département ;
- Les dunes et falaises du littoral au climat sec.

Les milieux artificialisés sont très dominants dans ce département, augmentant les disparités paysagères entre littoral domestiqué et vallées aménagées. Cependant, le Calvados présente des milieux naturels très remarquables et conservés parmi lesquels :

- les bocages typiques et leurs boisements dispersés ;
- des marais et tourbières ;
- des estuaires, havres et baies ;
- des cordons et massifs dunaires ;
- des falaises marnières ou calcaires ;
- de longues vallées humides.

Ainsi, en 2008, 3 Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope, une partie d'une zone de protection RAMSAR, 3 sites classés et 31 sites inscrits et 21 sites Natura 2000 sont à noter dans le Calvados (Ifremer, 2006).

1.6.1. Les milieux humides

La forte présence de l'eau explique les milieux remarquables très variés associés (Conseil Général du Calvados, 2004) : étangs, mares, lacs, prairies inondées, cours d'eau, marais et tourbières. Ils sont caractérisés par la présence de plantes aptes à supporter des submersions hivernales. Ces espaces sont des zones essentielles de refuge, d'alimentation et de nidification de l'avifaune, d'amphibiens, des insectes et de poissons. Ils offrent également des services de régulation non négligeable, notamment en période de crues.

Les principales zones humides se localisent à proximité des plus importantes rivières: Marais de la Dives, Marais de l'Orne, Marais de la Touques, Marais de l'Aure (la partie orientale du marais du Cotentin). Quelques zones humides boisées peuvent se présenter sous forme de landes humides ou des bois tourbeux. Les forêts ripariennes, dominées par l'Aulne et le Frêne, sont encore fréquentes le long des cours d'eau, mais la surface qu'elles occupent est généralement restreinte. Ces milieux sont très sensibles aux aménagements des rivières et aux conversions en plantations de peupliers.

1.6.2. Les milieux forestiers et bocagers

Le couvert forestier représente 9% du territoire (contre 28% au niveau national) (IFN, 2000 et 2008). Il est dominé par les chênaies et les hêtraies (plus à l'est). En bas de pentes, s'installent également l'Aulne et le Saule et plus rarement le Frêne et l'Orme.

Paysage typique du Calvados, le bocage se caractérise par un maillage serré formé de haies de frênes et de chênes alternant avec des vergers et des prairies pâturées (DREAL, 1999. L'inventaire régional des paysages (tomes 1 et 2) par Pierre Brunet en collaboration avec Pierre Girardin). Les haies jouent un rôle essentiel au point de vue écologique et de maintien du sol.

1.6.3. Les prairies

Sur les coteaux calcaires ou siliceux où l'exposition et la pente sont parfois importantes, des milieux caractérisés par une flore rase se sont installés (Conseil Général du Calvados, 2004). Elles correspondent notamment aux petites prairies « pelouses » qui ont été entretenues par la pratique du pâturage jusqu'au XXème siècle.

Evolution historique des prairies de Basse Normandie (Extrait de LECONTE D., SIMON J-C., DIQUELOU S., STILMANT D., 2002. «Diversité floristique de la prairie permanente normande», *Prairiales Normandie*, Colloque du Robillard, 21 novembre 2002).

« Avant le 17ème siècle, la Basse Normandie était une région où dominaient les cultures comme les céréales ou le colza. Ce n'est que vers la fin du 17ème que la prairie permanente commence à se développer. Elle amorce son extension en basse Vallée d'Auge et dans la Vallée de la Touques. (...) Vers 1870, avec l'arrivée à des prix très compétitifs des céréales provenant des pays neufs d'outre atlantique, la prairie permanente accroît son domaine d'extension. Enfin, avec la guerre de 1914 et la raréfaction de la main d'oeuvre masculine qui s'ensuit, l'essor de la prairie permanente s'accélère (Calmès et al, 1995). Les prairies permanentes de Normandie ne peuvent donc être qualifiées de « naturelles », puisqu'elles ont été en grande majorité semées sur des terres précédemment cultivées. »

1.6.4. Les milieux littoraux

Le littoral présente des milieux divers selon l'altitude, la nature des roches et l'action de la mer. Les espaces qui le composent présentent un intérêt patrimonial fort de par leur multifonctionnalité écologique (diversité spécifique, frayère, nurseries de poissons, hébergement de l'avifaune...), la présence d'espèces végétales et animales rares, et leur intérêt dans la régulation des crues (Conseil Général du Calvados, 2004 ; Ifremer, 2006). Ainsi, les vastes vasières et étendues de sables au gradient de salinité varié, hébergent de nombreux oiseaux marins et une faune spécifique. Les cordons dunaires isolent derrière eux une région déprimée où les eaux vont stagner et s'accumuler en formant un marais arrière dunaire. Au printemps et en été, certaines espèces remarquables s'y réfugient. Le milieu dunaire héberge également des mammifères ainsi que des reptiles et des batraciens dans les dépressions humides. Vers l'ouest, la côte présente un relief plus important avec des falaises pouvant s'élever à plus de 50 mètres au-dessus du niveau de la mer, de nature calcaire ou marneux. Ces milieux quasi verticaux présentent différents habitats, corniches et replats étroits, permettant aux végétaux de se développer (lichens, plantes, pelouses, avifaune et reptiles). Ces milieux subissent de fortes pressions anthropiques qui peuvent menacer leur équilibre ou leur dynamique.

2. Le développement des activités humaines

Les conditions climatiques tempérées douces, les importantes ressources en eau et la diversité des paysages du Calvados ont attiré et permettent d'accueillir une population nombreuse et des activités diversifiées. L'homme depuis longtemps présent sur ce territoire, a largement façonné ses paysages.

2.1. Population, occupation du sol et paysages

Au XIII^{ème} siècle, la Normandie est la province la plus densément peuplée du royaume (Arnoux et al., 2003). De grandes disparités sont déjà observées : le Pays d'Auge possède un habitat dispersé ancien alors que la plaine de Caen présente une forte concentration d'habitants en habitat plutôt groupé. Aujourd'hui, le Calvados est un département plus densément peuplé que la moyenne nationale, mais avec une population et des services inégalement répartis entre zones urbaines, zones littorales et terres rurales.

2.1.1. Démographie

	Calvados	France
Population (2009)	687 348 hab	64 223 000 hab
Superficie	5 547,92 km ²	543 965 km ²
Densité de population (2009)	123 hab / km ²	118 hab / km ²
Taux de chômage (1999)	13,72%	12,9%
Revenus moyens par ménages (2004)	15 923,5 € / an	15 027 € / an
Taux d'urbanisation (1999)	62,3%	75,5%

Tableau 1 : Les chiffres clés du territoire économique du Calvados (INSEE, 2010 ; CG14, 2008).

L'augmentation des naissances (+3,4% en 2006), la réduction des décès (-4,6% en 2006) et les flux migratoires excédentaires expliquent la croissance démographique positive du département (CG14, 2008). Cependant, selon l'INSEE, le Calvados est et sera victime du vieillissement de sa population, notamment imputable à l'allongement de l'espérance de vie, au départ des jeunes diplômés et à l'installation de nouveaux retraités.

Cela étant, le Calvados présente une dynamique démographique très contrastée, liée en particulier à la forte attractivité du littoral et à l'activité des zones urbaines (Diagnostic de Pays).

- Le Pays de Caen rassemble l'essentiel de la population de l'aire urbaine de Caen (340 000 habitants, soit près de 60% de la population du département). La forte densité de 369hab/km² est expliquée par une périurbanisation très étendue et la concentration des activités économiques, sociales et culturelles.
- De par sa position géographique stratégique (à 2 heures de Paris), le Pays d'Auge accueille 23% de la population du Calvados (soit environ 155 000 habitants), selon un gradient nord-sud (densité de 100hab/km² sur le littoral et 78hab/km² au sud). En 2005, l'espace périurbain occupait 56% du territoire du Pays d'Auge et accueillait 32% de la population. Cela étant, 32% des propriétaires et acquéreurs de maisons ou appartements sont originaires d'Ile de France.

- Le Pays du Bessin au Virois accueille 138 123 habitants, avec une densité de 78 hab/km². Cette faible densité cache pourtant un territoire très urbanisé puisque 70% de la population vit dans les deux aires urbaines de Vire et Bayeux.
- Enfin, le Pays Sud Calvados accueillait 46 727 habitants en 2005 (soit 7 % de la population du département). Avec une densité moyenne de 56 hab/km², le Pays est un territoire à dominante rurale.

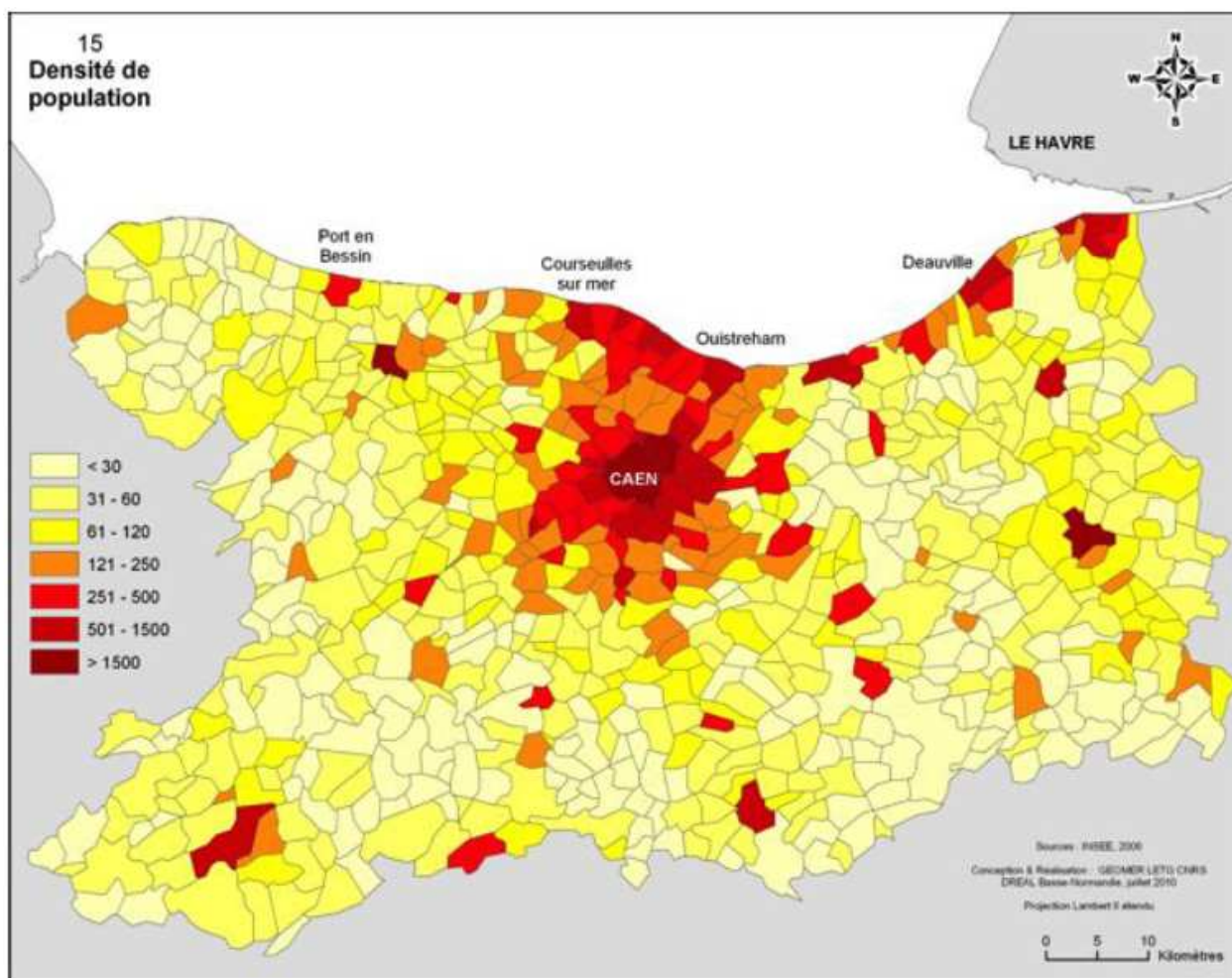


Figure 13 : Densité de population dans le Calvados (Le Berre et al., 2009).

2.1.2. Les villes principales et attraction économique

Caen, capitale départementale et régionale, concentre une majeure partie de la population et des activités économiques. Ainsi, « l'aire urbaine de Caen est la 21^{ème} aire urbaine française en terme de nombre d'emplois, avec 165 900 emplois en 2007. Avec Caen, sept aires urbaines françaises se situent dans la catégorie de 150 000 à 180 000 emplois. Il s'agit par ordre décroissant de : Nancy, Tours, Orléans, Douai-Lens, Caen, Dijon et Angers. Avec 385 500 habitants en 2007, l'aire urbaine de Caen est également la 21^{ème} aire urbaine française en terme de population. Avec Caen, quatre aires urbaines françaises se situent dans la catégorie de 350 000 à 400 000 habitants. Il s'agit par ordre décroissant de : Valenciennes, Tours, Caen et Orléans. » (Synergia, 2010). Le Calvados est aussi caractérisé par un maillage de villes moyennes assez développé.

	Nombre d'habitants en 2007		
	Aire urbaine	Agglomération urbaine	Commune
Caen	385 488	195 347	109 630
Lisieux	46 672	27 258	22 700
Hérouville-Saint-Clair			22 590
Bayeux	25 870	16 831	13 911
Vire	26 753	15 850	12 385
Iffs			10 738
Mondeville			10 124
Ouistreham		16 737	9 248
Falaise		8 456	8 456
Honfleur (partie Calvados)	14 770	13 416	8 163
Dives-sur-Mer		12 604	5 890
Colombelles			5 771
Condé-sur-Noireau (partie Calvados)		5 621	5 621
Blainville-sur-Orne		5 541	5 541
Trouville-sur-Mer	22 888	20 795	4 928
Mézidon-Canon		5 182	4 683
Pont-l'Évêque		4 596	4 137
Argences		5 182	3 495
Luc-sur-Mer		13 994	3 172

Tableau 2 : Les principales villes dans le Calvados (INSEE et CG14).

Ces villes accueillent des activités économiques (industrielles ou de services). La population active, pourtant, semble être de plus en plus disposée à travailler loin de son domicile.

	1990	1999
Distance parcourue pour se rendre au travail	7.8 km	9.7 km
Distance moyenne parcourue par les actifs ayant un emploi hors de leur commune de résidence	12.9 km	14.2 km
Part des actifs ayant un emploi travaillant dans leur commune de résidence	45.1%	35.4%
Part des actifs ayant un emploi travaillant hors de leur commune de résidence	54.8%	64.5%
Dont part des actifs travaillant dans l'unité urbaine de leur domicile	25.6%	22.6%

Tableau 3 : Déplacements entre travail et résidence dans le Calvados (CG14, 2008).

Le déplacement des actifs dans le Calvados se fait à 73% en voiture particulière (données de 1999). En 10 ans, la distance entre les domiciles et les lieux de travail a augmentée de 11%. Et 7% des actifs travaillent à domicile. Les transports en communs sont utilisés par seulement 4% de la population, principalement dans les aires urbaines. Les transports interurbains sont cependant en augmentation. Enfin, les deux roues et marches à pieds représentent 11% des transports utilisés (CG14, 2008).

2.1.3. Dynamique du logement et occupation du sol

Sur les 340 000 résidences recensées en 1999 dans le Calvados, 76% sont des résidences principales, 18% secondaires, et 5% sont vacants. Dans le Pays d'Auge, 37% des résidences sont secondaires et le parc immobilier de quatre communes du littoral comporte jusqu'à 70% de résidences secondaires. 31% des logements ont été construits avant 1949 (50% pour le Pays Sud Calvados). Sur les résidences principales, 62% sont des maisons individuelles ou des fermes, en partie dû à la forte périurbanisation de l'agglomération de Caen et l'occupation du sol historiquement dispersé dans les bocages et Pays d'Auge. Les logements collectifs sont cependant développés dans la périphérie de Caen. (CG14, 2008 et Diagnostic Pays)

Une grande partie des nouvelles constructions est destinée à la location ou à l'offre touristique. Le marché immobilier est très dynamique dans le Calvados, puisque le niveau des ventes du Calvados a augmenté de 35% entre 2006 et 2007. Au niveau des tendances, le collectif s'est fortement développé jusqu'en 1996 pour laisser progressivement la place à l'individuel pur, pour reprendre depuis 2005 une place plus importante.

Enfin, malgré la dynamique du parc immobilier, les populations les plus vulnérables rencontrent des difficultés à se loger. Le Calvados est le « département bas-normand avec le taux le plus bas de logements inconfortables et le taux le plus élevé de logements sur-occupés » (CG14, 2008).

Trois enjeux liés à trois milieux distincts sont à noter: le maillage en milieu rural, le littoral très urbanisé et l'étalement en milieu périurbain.

L'espace rural est structuré autour d'un « maillage équilibré de villes moyennes et de bourgs, bien reliés, qui génèrent de véritables bassins d'emplois et de services » (DREAL, 2010). L'étalement urbain, lorsqu'il existe concerne davantage le mitage le long des axes routiers.

Le littoral du Calvados est fortement artificialisé (CG14, 2008 ; Calvados Littoral Espaces naturels, 2005), surtout sur la frange du premier kilomètre (23,5 % de la surface bâtie du département) : 74.3% de la bande du premier km de terres du département est artificialisé (48,3% sur une bande de 100m). L'urbanisation balnéaire et le poids de la région parisienne ont fortement marqué le rivage du Calvados, en particulier à l'est, au Pays d'Auge. Le Bessin se caractérise de façon particulière au sein du littoral du Calvados : il est presque exclusivement constitué d'un rivage naturel.

Le phénomène d'étalement urbain qui s'est amorcé dès 1947, s'est surtout produit dans la période 1972–2001. Il se traduit de 2 façons (Calvados Littoral Espaces naturels, 2005) : l'étalement urbain sur les communes où la pression foncière a été plus forte, et le mitage le long des axes routiers où la pression foncière est moins forte. Il y a lieu de noter que ce phénomène ne s'accompagne pas toujours d'évolution significative de la population mais qu'il peut, dans certains cas, être lié au développement des résidences secondaires.

Exemple d'étalement urbain: Caen la Mer (Synergia, 2010).

« A Caen la mer, en 2009, les surfaces autorisées pour la construction de commerces sont multipliées par 4,4 par rapport à la moyenne annuelle entre les années 2000 et 2008, soit 124 000 m² au total. Trois grands projets commerciaux expliquent cette très forte augmentation : Ikéa-InterIkéa, les Rives de l'Orne et le Val Saint Clair. (...) Avec 77 000 m², les surfaces autorisées pour la construction de bureaux à Caen la mer doublent en 2009, par rapport à la moyenne 2000-2008. Au global, les surfaces autorisées pour des locaux professionnels progressent de 85% entre 2008 et 2009 à Caen la mer. »

Ce développement est à mettre en relation avec l'occupation du sol. L'activité agricole et la topographie expliquent une partie de l'évolution de l'urbanisation du littoral. En effet, la Surface Agricole utile (SAU) représente 80% du territoire (contre 54% au niveau national) et près de la moitié correspond à des prairies toujours en herbe (STH). Mais le Pays d'Auge a une SAU de 53% en décroissance rapide alors que la SAU du nord du Pays du Bessin au Virois atteint 90%. (CG14 ; Diagnostic Pays)

Ainsi, en 10 ans, entre 1996 et 2005, 8 244 ha ont été artificialisés (urbanisation, zones commerciales et d'activités, parking et aménagements routiers) ce qui représente un prélèvement de 1,85 % de surface agricole (10% dans les communes de l'Agglomération de Caen) (Chambre d'Agriculture, 2009). L'étude Demeter (Le Gouée et al., 2010) a montré qu'« entre 1998 et 2006, l'étalement urbain dans le Calvados a consommé un peu plus de 5100 ha de terres agricoles, ce qui représente l'équivalent de la surface de 6 communes du département, 7285 terrains de football ou encore l'emprise au sol d'une autoroute longue de 500 km. L'urbanisation s'est produite au détriment principalement des prairies (2940 ha consommés) et des cultures (1692 ha). (...) Par ailleurs, les terres de qualités bonne, très bonne et excellente qui ont été consommées par l'urbanisation correspondent à 45% de la totalité des surfaces agricoles perdues. Enfin, l'étalement urbain a généré une augmentation des surfaces à risque important d'érosion hydrique de l'ordre de 850 ha. »

	En hectares	En % de la surface totale
Sols bâtis	11 589	2
Sols artificialisés non bâtis	53 238	9
Sols cultivés	209 510	37
Sols boisés	76 416	14
Surfaces toujours en herbe	195 566	35
Autres	14 124	3

Tableau 4 : Occupation du sol dans le Calvados (A partir de Agreste Basse-Normandie, 2011).

La pression de l'artificialisation (urbain, infrastructures, routes, parkings, chantiers, zones d'activités) sur la Surface Agricole utile (SAU) du département explique l'augmentation du prix du foncier non bâti (CG14, 2008) et la tendance forte à la spéculation foncière.

	2005	2008
Prix moyen par hectare des terres agricoles calculé sur les trois dernières années	6 250 euros/ha	6410 euros/ha
Evolution du prix moyen par hectare des terres agricoles par rapport à l'année n-10	+72%	

Tableau 5 : Evolution du prix des terres (CG14, 2008 ; CRA, 2010).

En outre, les prix des terrains à bâtir de moins de 1 ha (non viabilisés) sont particulièrement élevés dans le Calvados, avec un prix moyen supérieur à 12,5€/m². A titre d'exemple, la moyenne du prix d'un terrain constructible dans le département est de 64 €/m². Les acquéreurs de ces terrains sont essentiellement des franciliens dans le Pays d'Auge, tandis que les britanniques se concentrent dans le bocage Virois.

2.1.4. Habitat et paysage

Les paysages façonnés par l'homme à travers ses activités agricoles et ses habitats font partie du patrimoine du Calvados (DREAL, 1999. L'inventaire régional des paysages (tomes 1 et 2) par Pierre Brunet en collaboration avec Pierre Girardin)¹.



Figure 14 : Diversité de l'agriculture du Calvados (Brunet repris dans Cantat et al., 2009).

Dans le Pays du Bessin au Virois au sud ouest du département, le paysage de bocage a été très éclairci dès 1960: les parcelles agrandies, les haies sévèrement traitées où ne subsistent que quelques arbres au profit d'arbustes type noisetier, aubépine et prunellier. L'habitat est très dispersé autour des centres villageois et existent encore les bâtiments de schistes et granite aux toits d'ardoise ou de tôle. Quelques chênes isolés accompagnent les pommiers entourant encore quelques fermes. A côté des prairies vertes, les espaces agricoles sont principalement les céréales et maïs.

Dans la Suisse normande, au centre sud du département, l'Orne a creusé une vallée sur des terrains variés. Ainsi, les versants raides laissent rapidement place à des méandres irréguliers, des escarpements rocheux et à des terrasses inclinées en culture. Les remembrements ont simplifié le paysage, « rendu incohérent le réseau de haies ». Les villages et hameaux sont toujours entourés de vergers de pommiers.

¹ Les paragraphes suivants ont été construits à partir de DREAL, 1999. L'inventaire régional des paysages (tomes 1 et 2) par Pierre Brunet en collaboration avec Pierre Girardin.

La plaine de Caen se caractérise par de grandes plaines agricoles entourant des zones urbaines et des routes rectilignes. L'abandon de la polyculture a conduit à la disparition des prés qui entouraient les villages. Du passé industriel subsistent des bâtiments importants et de vieux chemins de fers. Enfin, les bâtisses en calcaire détruites durant la Seconde Guerre Mondiale ont laissé place à des lotissements de pavillons.

Le paysage du Pays d'Auge se caractérise par son plateau incliné aux champs labourés et aux haies pauvres, et à ses vallons et pentes où les prairies et ses enclos de haies occupent près de 90% des superficies. Les prés-vergers de pommiers qui occupaient 60% de la surface en 1955 n'en couvrent plus que 20%. Enfin, l'habitat se localise sur les rebords, les villages sur les carrefours, les fermes relativement isolées. La « périlbalnéarisation » de la Côte Fleurie explique en partie la conservation du type d'habitat à colombage.

Au Bessin, des masses forestières s'inscrivent dans la trame du découpage bocager. L'habitat est en schiste et ardoise. Les proches plaines de Caen tendent à y inciter le remplacement des prairies et la diminution des haies, menaçant l'équilibre du bocage du Bessin.

Sur le littoral, alors que les vieux villages tournaient le dos à la mer, les nouvelles constructions se sont développées au départ sans réel plan d'urbanisme. Seuls certains sites très humides (méandres, marais) persistent. De plus, l'exploitation agricole conduisant à l'assèchement des terrains et l'utilisation excessive par les loisirs de type camping, semblent menacer ces derniers morceaux d'espaces naturels.

2.2. Mobilité, réseau et cadre de vie

Le Calvados accueille une population nombreuse répartie de manière inégale sur le territoire. L'accès aux réseaux et aux services ainsi que la qualité du cadre de vie est également hétérogène.

2.2.1. Transports et déplacements

Le Calvados dispose d'un bon réseau de transport. Cependant, les zones urbaines et littorales sont beaucoup mieux reliées que le sud du département.

Le Calvados dispose d'un très bon réseau de transport routier, lui permettant de rallier les grandes villes de l'ouest et s'intégrant à l'axe Bénélux-Espagne. En 2006, 96,3% du trafic de marchandises du département est effectué par la route.

Le transport ferroviaire est quand à lui faible et en diminution (3,6%). Au niveau international, il concerne davantage les importations que les exportations (92% contre 8%) et est à 80% composées de transports de matières premières (minéraux et matériaux de construction). Par contre au niveau interrégional, 91% des mouvements concernent des expéditions vers la région ou l'Ile de France (CG14, 2008)

Le transport aérien s'appuie sur deux aéroports internationaux (Caen et Deauville). Il est en légère diminution depuis 2001 d'un point de vue général mais en hausse quant au nombre de passagers (en particulier Deauville). Ces deux aéroports concentrent 90% du trafic de voyageurs par avion de Basse-Normandie concentre 90% des trafics de voyageurs de Basse Normandie.

Le transport maritime est basé sur deux ports : Caen-Ouistreham et Honfleur (DRE Basse Normandie, 2006, CG14, 2008). En 2006, ces deux ports concentrent 73% du transport international maritime de marchandises de Basse Normandie. Le port de commerce de Caen –Ouistreham est le 3ème port pour le trafic de produits ferreux et le 10ème port français avec un transit de 3,9 millions de tonnes de marchandises en 2007 (progression de 49,4 % entre 2000 et 2007, « imputable à l'augmentation de l'activité poids lourds du trafic transmanche (+ 91,2 % sur la période en cause », CESR, 2008)). Le trafic de voyageurs par voie maritime se maintient. Il présente un fort potentiel de développement sur le fond mais déjà contraint en terme d'espaces de stockage. (CESR, 2008).

Les chiffres clés du transport dans le Calvados (Source : Calvados Stratégie, 2010).

Transport maritime

- Fret : 3 à 4 liaisons transmanches/jour
- Port de commerce de Caen-Ouistreham (10e port français / 3,25 millions de tonnes en 2009) : « céréales 270 000 tonnes, ferrailles 125 000 tonnes, bois exotiques 110 000 tonnes, engrais 105 000 tonnes, clinker 45 000 tonnes. Cette stratégie de diversification, de niches, ainsi qu'une fiabilité et une qualité de services reconnues ont permis au port de Caen-Ouistreham de surmonter le choc de la fermeture début des années 1990 d'Unimétal-Normandie, qui était à l'époque sa raison d'être économique. » (CESR, 2008)
- Port de commerce de Honfleur (0,5 million de tonnes en 2008) : « hydrocarbures (152 000 tonnes), granulats (88 000 tonnes) et 333 000 tonnes d'autres marchandises (bois, engrais et atapulgite) » (CESR, 2008).

Transport routier

Total du trafic intra-départemental (13 972 047), inter-départemental (5 849 036), inter-régional (14 875 319) et international (1 044 927) : 35,8 millions de tonnes en 2006

Transport aérien

- Aéroport de Caen/Carpiquet : 18,6 tonnes en 2008
- Deauville Saint-Gatien : 38 tonnes en 2008

Transport ferroviaire

Trafic international : 1 145 tonnes de fret en 2006
1 053 tonnes exportées et 92 tonnes importées.

2.2.2. L'accès aux services et réseaux et le cadre de vie

L'offre de services est étroitement liée aux caractéristiques démographiques et économiques du territoire. Elle est plus fragile dans les territoires qui se trouvent éloignés des deux pôles urbains, en particulier dans le Pré-Bocage et dans le sud du Bessin au Virois, et dans le sud du Pays d'Auge.

L'accès aux services de santé et aux services administratifs est très bon dans le département du Calvados, en témoigne le nombre d'actifs travaillant dans ces secteurs. Cependant, comme l'illustre la cartographie du territoire en dotation en médecins généralistes (CESR BN, 2009), le sud du Département est beaucoup moins doté (voire mal doté) que le littoral ou l'Agglomération Caen-la-Mer.

Les réseaux de communication, tel le réseau ADSL, sont plus denses sur le littoral et le Pays d'Auge que dans le reste du département. Cependant, 97% des lignes sont éligibles à l'ADSL. Parmi les lignes non accessibles, la majorité se trouve en zones urbaines (CG14, 2008).

Le réseau des lignes électriques est très ramifié. Cela est en partie dû à la dissémination de l'habitat bocager. De plus, l'absence de grande centrale de production électrique explique que le réseau soit composé en majorité de lignes basses tensions (SDEC Energie, 2009). Par ailleurs, le réseau est relativement âgé. Ainsi la moyenne d'âge du réseau basse tension est de 32 ans avec 35% du linéaire départemental de plus de 60 ans

et 52 % du linéaire en zone urbaine de plus de 60 ans. Cela accentue les risques de coupures et autres irrégularités dans la livraison de l'énergie. A cet égard, les nouvelles lignes souterraines sont moins sujettes à ces problématiques. Au niveau public, de nombreuses communes s'engagent dans une gestion plus raisonnée de l'énergie électrique, notamment avec le dispositif Conseil en Energie Partagé, permettant à la commune d'illustrer des démarches de réduction des consommations auprès de ces citoyens (Ademe, CRBN, 2011).

Le réseau de collecte des ordures ménagères est très développé (DDASS). La collecte des matériaux recyclables concerne quasiment 100% de la population dès 2003. Les déchets présentant un potentiel fermentescible et les déchets encombrants sont collectés à travers les déchetteries, bennes ou au porte à porte. Les déchets compostables végétaux sont rassemblés dans 8 plateformes de compostage. 5 centres de tri pour les déchets ménagers existent et alimentent 5 installations de traitement dont 1 usine d'incinération (agglomération caennaise) et 4 centres d'enfouissement.

La distribution publique d'eau potable du Calvados est assurée par environ 143 communes et syndicats ou structures intercommunales. Un tiers de ces collectivités exploitent leur installation en régie directe (Sources : DDASS ; CG14 ; ARS), les autres ont délégué l'exploitation à des sociétés privées. Les besoins unitaires moyens en eau potable est de 0,2 m³/hab/jour, soit 73 m³/hab/an (contre 55 au niveau national) (CG14, 2004). Le débit moyen prélevé par jour dans le Calvados est de 168 000 m³ (ARS, 2010). 85% du volume d'eau est produit à partir de 303 captages souterrains (forages, puits et captages de sources) environ et les 15% restant le sont à travers des captages des eaux superficielles (rivières). Les formations aquifères calcaires de la plaine de Caen et les aquifères du Pays d'Auge permettent en effet de fournir une grande partie des eaux potables. A l'ouest, les eaux superficielles sont plus fortement sollicitées. (ARS, 2010). 176 stations de traitement fonctionnent dans le Calvados. La qualité des eaux prélevées est liée à la nature des terrains, des gîtes géologiques et des activités humaines. 60% de l'eau est classée comme dure à très dure, notamment dans l'est et la plaine de Caen. De plus, le taux d'infiltration ou de ruissellement et les périodes de précipitations exacerbent la vulnérabilité aux pollutions. Dans le Calvados, dans le cadre des procédures de définition des périmètres de protection (DPU), 13 captages ont été déclarés à abandonner (ARS, 2010). Chaque année un peu plus de 9200 prélèvements sont réalisés sur l'ensemble des installations de captages, de traitement ou de distribution. D'un point de vue microbiologique, seul 1% des prélèvements a été classé comme de bonne qualité, 99,9% de très bonne qualité. Au niveau de la présence de nitrates, 50% des prélèvements ont relevé des teneurs moyennes supérieures à 25mg/L et 1% supérieures à 50mg/L (valeur limite définie par l'OMS). Ces phénomènes d'enrichissement des eaux en nitrate se localisent dans le Bessin et dans le nord de la plaine de Caen. Il résulte d'apports liés aux activités humaines tels les rejets urbains, agricoles et industriels et du lessivage des sols entraînant les fertilisants azotés excédentaires (DDASS ; ARS). En parallèle, l'interdiction de l'utilisation de l'atrazine comme pesticides (herbicide) en 2003 a permis de réduire l'exposition de la population au pesticide via la consommation d'eau. Cependant, encore 10% des eaux présentent des teneurs moyennes supérieures à 0,1 g/L (ARS, 2010) (30 % des points d'eau du Calvados dépassent la norme fixée pour les triazines selon l'AESN, 2005).

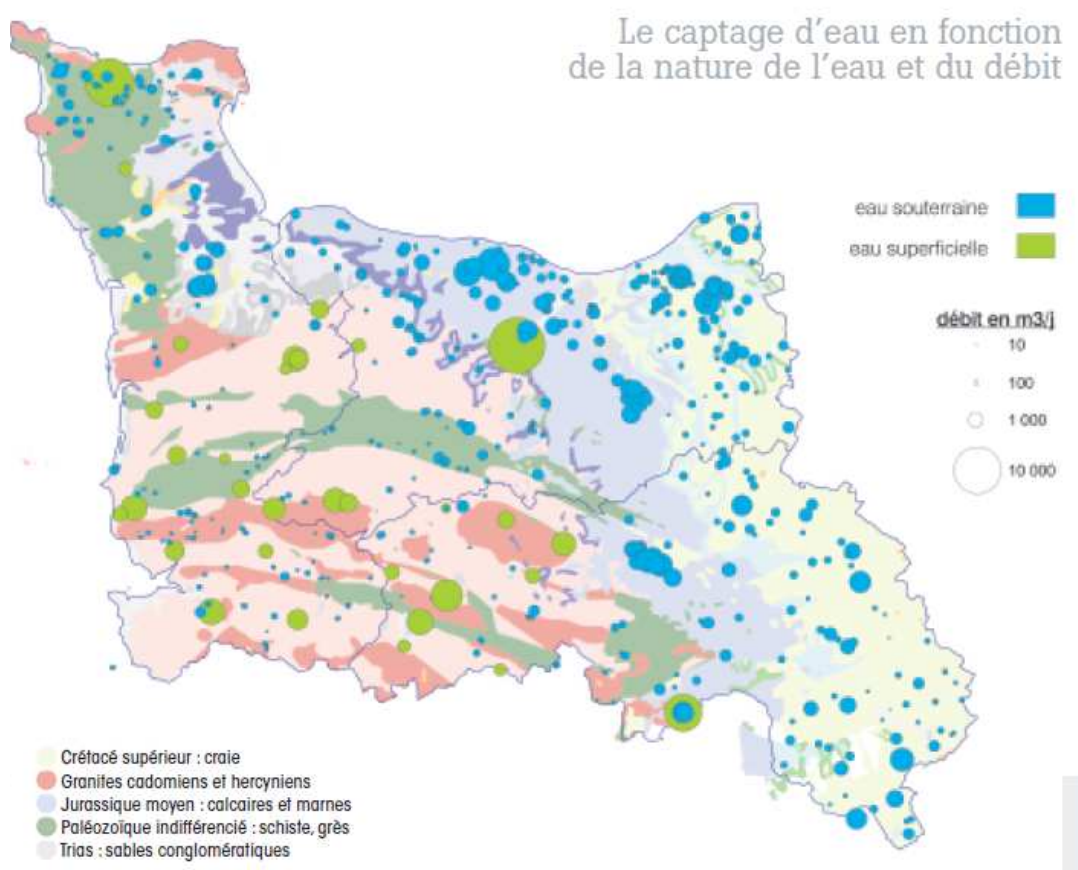


Figure 15 : Le captage de l'eau en fonction de la nature de l'eau et du débit (ARS, 2010).

Le traitement des eaux usées concerne les eaux domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales. Le réseau d'assainissement est relativement bien développé. La capacité de traitement du réseau collectif est supérieure par deux fois à la demande totale en termes d'habitants. Cela permet également de faire face aux activités saisonnières liées au tourisme. Cependant 22% des stations d'épuration semblent avoir une qualité de fonctionnement insuffisante (CG14, 2008). Les types de traitement sont principalement basés sur les boues activées et les lagunages naturels, le premier nécessitant beaucoup d'énergie, le second un espace important. L'assainissement non collectif concernerait 50 000 foyers du Calvados.

Enfin, la qualité des eaux littorales est plutôt qualifiée de moyenne, notamment imputable à une mauvaise gestion des eaux usées (mauvais raccordements) et des eaux pluviales (phénomènes de lessivage) (DDASS). Par exemple, en 2008, 25 sur 37 plages contrôlées présentaient des eaux conformes de qualité moyenne (DDASS, 2008). Durant l'été 2008, 2 plages ont été signalées interdites de baignade (Trouville, Villerville) et 4 analyses d'eaux de baignade se sont retrouvées non conformes à la Directive européenne sur un total de 748 (Tracy sur mer, Ouistreham, Villers sur mer, Trouville).

L'alimentation en eau potable, l'industrie et l'irrigation des terres agricoles sont les trois pôles de prélèvements des ressources en eau. En 2004, la totalité des prélèvements déclarés représentait un volume de 3,95 millions de m³ par an dans le Calvados. La croissance de 27% entre 1994 et 2004 est expliquée par l'apparition des prélèvements en rivière en 1997. 88% correspond à des eaux souterraines. 80% correspond à l'alimentation en eau potable et 20% aux usages industriels. L'agriculture est peu significative (et sous estimée) dans ces tables car non systématiquement déclarée (en 1998, 3640 m³ ont été déclarées prélevés pour un usage agricole (BRGM, 2007), et en 2006, 996 ha sont irrigués pour 47 irrigants actifs (CRA, 2010).)

2.3. Activités économiques²

Grâce à sa population active, son climat doux, ses ressources en eau abondantes et ses terres fertiles, le Calvados accueille de nombreuses activités agricoles et industrielles, commerciales.

	Valeur ajoutée brute totale (en millions d'euros)	PIB (en millions d'euros)	PIB par habitant (en euro)	PIB par emploi (en euro)
Calvados	14 256	15 902	23 902	59 701
France métropolitaine			27 811	69 185

Tableau 6 : Valeur ajoutée brute et PIB par département (Dragos IOAN – INSEE, 2005).

	Agriculture Sylviculture Pêche	Industrie	Construction	Services marchands	Services administrés
Calvados	2,9	14,4	6,5	51,0	25,2
France métropolitaine	2,3	15,2	5,6	55,4	21,5

Tableau 7 : Structure de la valeur ajoutée par département (Dragos IOAN – INSEE, 2005).

2.3.1. L'agriculture et l'élevage

En 2007, l'agriculture couvre 79 % du territoire du département et concerne directement 4,7% (10 700 actifs agricoles) des actifs travaillant sur 6600 exploitations en 2007 (contre 9100 en 2000 et 19700 en 1970). C'est le deuxième employeur après l'automobile (CG14, 2008 ; Calvados Stratégie, 2010 ; Diagnostic Pays ; CRA, 2010 ; Agreste, 2010). Le Calvados possède des terres très fertiles, celles de la plaine de Caen sont parmi les meilleures au niveau national.

La répartition des exploitations selon leur orientation principale est de : 37 % bovins lait, 18 % céréales grandes cultures, 10 % bovins viande, 4 % bovins mixtes lait-viande, avec d'importantes disparités régionales. Ainsi 70% de la production laitière se trouve à l'ouest du département. La grande majorité des grandes cultures se retrouvent sur la plaine de Caen-Falaise : blé, orge, maïs, betterave, lin et colza... Une partie de ces cultures nécessitent un apport d'eau supplémentaire via l'irrigation. Ainsi dans le Calvados, en 2006, 996 ha sont irrigués pour 47 irrigants actifs (CRA, 2010). Les prairies permanentes occupent une grande majorité des terres agricoles dans le reste du département. Ces prairies sont essentiellement composées de graminées et 25% d'entre elles ont au moins 20% de légumineuses (Agreste, 2010). Ces prairies sont fertilisées à partir d'intrant minéral et organique.

² Les descriptions par pays sont largement issues des Diagnostic pays.

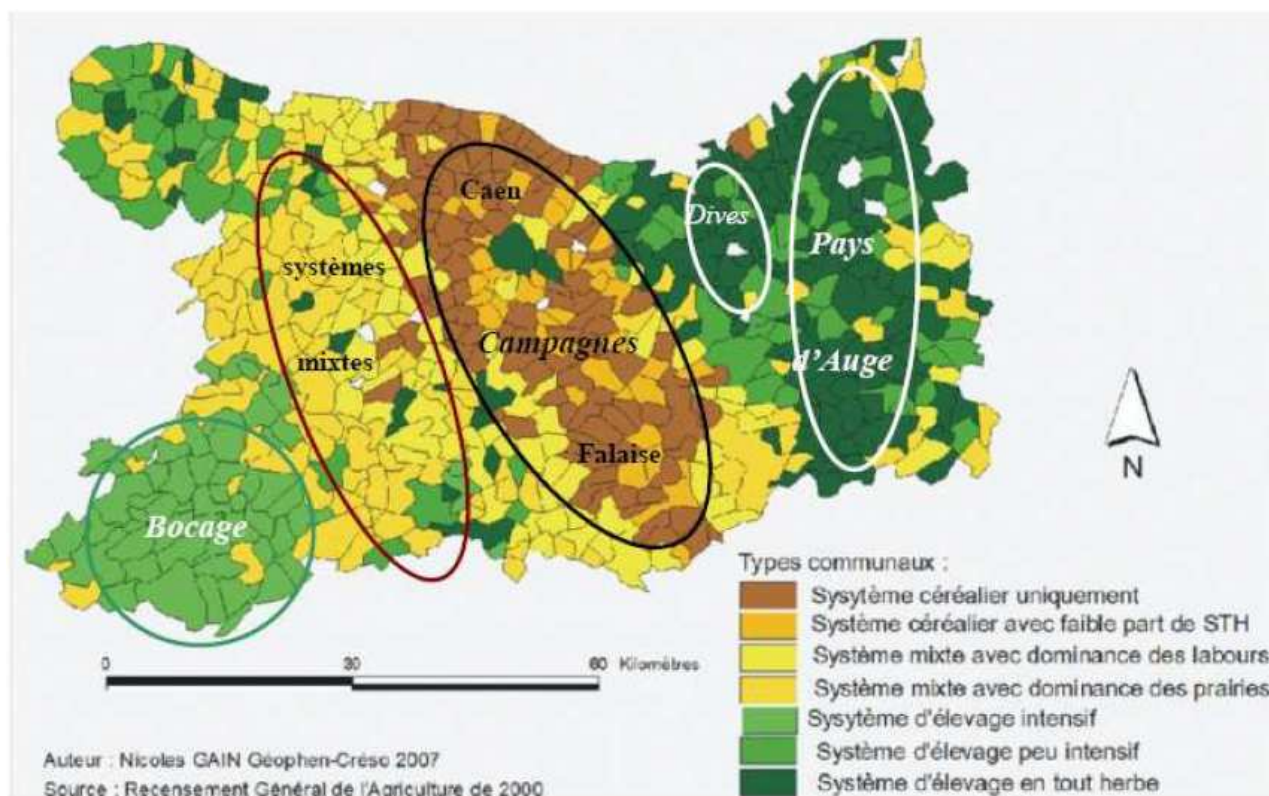


Figure 16 : Les différents systèmes agricoles du Calvados (Gain, 2007 repris dans Cantat et al., 2009).

En termes de chiffre d'affaires, les grandes cultures représentent 20%, le porc 2%, le lait 30%, la viande bovine 20%, pour un total de 610 millions d'euros (Chambre d'Agriculture, 2007).

	Volume produit dans le Calvados	% Production nationale	Rang national
Lait	5 913 000 HL	2,6	11
Viande bovine	35 380 T	2,5	12
Viande porcine	14 250 T	0,6	19
Viande ovine	890 T	0,6	40
Viande de volaille	1800 T	0,1	53
Céréales	687 000 T	1	44
Protéagineux (pois)	81 840 T	4,2	9
Oléagineux (colza)	20 000 T	0,6	39
Lin textile	34 300 T	9	5
Betterave sucrière	459 900 T	1,5	15

Tableau 8 : Production agricole du Calvados (Chambre d'Agriculture, 2007).

La dimension économique ou Marge Brute Standard (mesure de la valeur ajoutée) est plus modeste dans le Pays d'Auge et le Bocage Virois que dans le reste du département. Une exploitation professionnelle en Pays d'Auge dégage un potentiel de 50 UDE (Unité de Dimension Européenne, unité de mesure de la MSB équivalent à 1,5 ha de blé) contre 85 UDE dans la plaine de Caen, région naturelle orientée vers la céréaliculture. Le sud du Pays d'Auge (maïs fourrager en fond de vallée) bénéficie également d'une MSB supérieure à la moyenne du territoire.

En 2007, le Calvados recensait 130 agriculteurs contre 70 en 1998 engagés dans l'agriculture biologique (CG14, 2008). Les surfaces cultivées en bio représentent 2,3 % de la SAU et concernent à 37% en lait et 30% en viande.

	2000	2007
Nombre d'exploitations (professionnelles et non professionnelles)	9 099	6554
Actifs agricoles du Calvados		10 700
SAU du Calvados		444 300
Part de la SAU dans la surface totale du département		80 %
SAU moyenne des exploitations professionnelles en hectares	74	86
Taille moyenne d'une exploitation	44	58
Prix d'un hectare de terre agricole, non bâti		6410

Tableau 9 : Les chiffres clés des exploitations agricoles du Calvados (CRA, 2010 ; CG14, 2008).

Les paysages du Calvados ont été façonnés par l'activité agricole très présente dans le département. Selon les aires bioclimatiques et l'orographie, plusieurs systèmes agraires se sont développés :

- dans les plaines de Caen : céréales et grandes cultures;
- dans les bocages : lait et viande bovine ;
- dans le Bessin : lait et céréales ;
- dans le Pays d'Auge : lait et viande bovine.

Avec 4029 chefs d'exploitation en 2007, soit plus de la moitié de l'effectif du département, l'agriculture est le second secteur d'activités du Pays du Bessin au Virois. L'agriculture du Pays est marquée par l'élevage : 39 % des exploitations sont classées en OTEX (orientations technico-économiques des exploitations) bovins-viande, 21 % en bovins-lait et 14 % en ovins, caprins et autres herbivores. Moins de 15 % sont classés dans des OTEX cultures ou cultures – élevage. 18 % des agriculteurs exploitent sous signe de qualité (A.O.C., Label bio ...). Malgré une décroissance importante du nombre d'agriculteurs ces dernières décennies, l'activité agricole reste très importante, permettant au territoire de conserver un fort caractère rural.

Décrite dès le moyen âge comme une large plaine aux champs en « lanières », les sols riches et fertiles de la plaine de Caen ont été depuis longtemps exploités. L'agriculture représente 2000 emplois. C'est une région de grandes cultures où sont néanmoins présents des élevages, principalement de bovins, porcins et volailles représentant tout de même 11 à 15% des cheptels du département. La majeure partie de la plaine est occupée par de grandes exploitations céréalières (43% de la SAU, dont 78% de blé tendre, 16% d'orge et 4% de maïs). Les protéagineux (pois et féveroles) représentent 11% de la SAU, les oléagineux (colza majoritairement) 3,5%. Les cultures industrielles (betteraves sucrières et lin textile) occupent 10% de la SAU. Les surfaces fourragères occupent le quart restant (dont 82% toujours en herbe). (ACTA, 2005)

Le secteur de l'agriculture employait en Pays d'Auge 3 284 personnes en 2005 (soit 5,8 % de l'emploi total, contre 9,3% en 1990) réparties dans plus de 2 000 exploitations. Le Pays d'Auge apparaissait davantage, au XIII^{ème} siècle, comme une région de polyculture associant des productions céréalières (froment, «gros blés» et surtout avoine), des légumineuses et des productions cidricoles (pommes et poires) à un élevage bovin et ovin relativement important, effectué pour partie dans les nombreuses landes et bruyères communes. Aujourd'hui, trois productions dominent : les productions bovines (lait et viande), la production cidricole et les activités liées au cheval. La surface agricole utilisée (SAU) (53% du territoire augeron en 2006, moyenne la plus basse du département et en forte diminution) est occupée par de nombreuses prairies (surface toujours en herbe) représentant plus de 65 % de cette SAU alors que les vergers de pommiers représentent 10% de la SAU. L'ensemble des activités liées au cheval représente 5% de l'emploi en Pays d'Auge. La filière génère 1 600 emplois directs et près de ¼ des emplois agricoles sur le territoire. Ce territoire a donc conservé une vocation herbagère favorable à un élevage extensif. Ainsi les élevages de bovins occupent 64% de la SAU, les autres élevages (porcins, ovins, autres) 9%, soit un total de 74% de la SAU consacré à l'élevage. En 1984, les producteurs ont subi l'instauration des quotas laitiers. Beaucoup ont joué la carte de la diversification en développant des ateliers « bovins-viande ». Par ailleurs, les maïs destinés au fourrage remplacent progressivement les prairies enherbées, et les espèces traditionnelles (vache normande et pommiers de haute tige) sont graduellement remplacées par des espèces plus productives. Ces pratiques modifient considérablement le paysage (progression des labours, disparition des haies, etc.). En 2000, 650 exploitations (soit 25% de l'effectif augeron) se sont engagées dans des initiatives de production sous signe de qualité (AOC, label rouge, agriculture biologique, certificat de conformité et autres cahiers des charges).

73% de la superficie du Pays Sud Calvados est consacré à l'agriculture. Cependant, en 20 ans, 40% des exploitations ont disparu. Cette évolution est à mettre en parallèle avec l'augmentation de la taille des exploitations, atteignant 48 ha en moyenne. L'élevage bovin est surtout présent à l'ouest alors que l'élevage laitier est présent sur l'ensemble du territoire. Les cultures industrielles (céréales, blé, orge, seigle, betterave) représentent l'activité de la moitié des exploitations, et se retrouvent plutôt à l'est. Le Pays ne possède pas de spécificité AOC, mais la grande majorité du territoire s'intègre dans les AOC laitiers et cidricoles. L'agriculture biologique est peu présente.

2.3.2. La sylviculture

En 2000, le département du Calvados a un taux de boisement de 8,2 %, très inférieur au taux moyen national (DRAAF, DDAF, 2008 ; IFN, 2000 et 2008 ; Petit-Berghem, 2003 ; CRA, 2010 ; SRGS, 2006). Les formations boisées de production, seules inventoriées au sol, représentent 94 % de l'ensemble des formations boisées, le solde correspondant à des forêts inaccessibles ou d'agrément. Ces formations sont privées à 89%. Le chêne (rouvre et pédonculé confondus) est l'essence principale sur 47 % de la surface boisée de production. Le hêtre, le frêne et le douglas viennent ensuite, avec respectivement 12, 9 et 7 % de la surface. Des plantations de résineux sont de plus en plus fréquentes. Sapins, Épicéas et beaucoup d'autres résineux se partagent ce rôle de ré-enrichir les forêts calvadosiennes. Cependant, beaucoup de sapins affaiblis par plusieurs années de sécheresse (1992 à 1996) n'ont pas tenu le choc lors de la tempête de 99. Enfin, le Pin sylvestre semble à présent délaissé. Par ailleurs, la haie bocagère et les peupleraies fournissent également du bois pour différents usages (chauffage et bois d'œuvre pour les haies et bois de trituration pour les peupleraies).

Sur les 450 000 m³ de bois récoltés en 2008 en Basse Normandie, 19% (dont 13% de feuillus) proviennent du Calvados (114 300 m³ en 2005 pour le Calvados pour 50% de feuillus, CG14, 2008). Le volume récolté au Calvados correspond à 27% du volume « potentiellement récoltable » donc disponible du territoire (DRAAF, DDAF, 2008). A ces chiffres il convient d'ajouter les bois coupés destinés à l'autoconsommation (2/3 des foyers ruraux se chauffent au bois, Petit-Berghem, 2003). Ainsi le bois coupé est destiné à trois usages principaux (CRA, 2010):

- le bois d'œuvre, destiné au sciage puis à la menuiserie, l'ameublement ou encore la construction ;
- le bois d'industrie, destiné à la trituration puis à la fabrication de pâte à papier et de panneaux à particules ;
- le bois énergie, destiné à la combustion.

Au niveau des scieries (DRAAF, DDAF, 2008), le département produit 17% du volume de sciage. De plus, les sciages tropicaux représentent 84% du volume départemental et 99% des sciages pour cette essence.

Ainsi, même avec un taux de boisement faible, la sylviculture est un secteur de l'économie non négligeable. A titre d'exemple, il représente 800 emplois dans le Pays d'Auge.

2.3.3. La pêche et les activités conchyliques

La pêche maritime enregistre une très forte progression de sa production malgré un nombre d'emploi en nette diminution (Calvados Stratégie, 2010, Ifremer, 2006). Le littoral calvadosien, long de 116 km de côtes, abrite 10 ports. Les ports sont, d'est en ouest : Honfleur, Trouville, Deauville, Dives/Mer, Cabourg, Caen-Ouistreham, Courseulles/Mer, Port-en-Bessin, Grandcamp et Isigny/Mer. En 2005, la production de la pêche professionnelle représente 15 000 tonnes pêchées (poissons, crustacés et mollusques) pour une valeur financière de 40 millions d'euros. L'espèce la plus pêchée est la coquille Saint Jacques (25% du tonnage global) puis la sole, le maquereau, la crevette, la coquille, la moule, et l'huître.

La conchyliculture s'est développée assez tardivement dans le Calvados (comparée au département de la Manche). Les premières concessions ostréicoles ont été accordées en Baie des Veys en 1967 et à Meuvaines en 1989 (Ifremer, 2006). 283 emplois directs sont créés par l'activité conchylique dans le Calvados. La valeur totale de la production a été évaluée à 19 millions d'euros.

Dans le Pays d'Auge, la flottille se compose quasi exclusivement de bateaux de pêche artisanale. La forte activité de 2002 a conforté le nombre d'emplois directs et indirects : 157 emplois directs pour Trouville, 118 pour Honfleur, et 700 emplois indirects.

Le Bessin compte trois ports de pêche, dont deux des plus importants de Basse Normandie (Port en Bessin et Grandcamp). Les ports sont surtout spécialisés dans la production de mollusques, en particulier de la coquille Saint-Jacques (label rouge) et accessoirement dans la pêche de poissons marins. La conchyliculture est dominée par l'ostréiculture. La côte du Bessin est la première zone de production ostréicole du département.

Les ports du Pays de Caen représentent 5% du tonnage total départemental. La flottille locale comprend 35 navires, et l'activité emploie 70 marins. L'activité est caractérisée par la pêche côtière et la petite pêche. Le port d'Ouistreham accueille des flottilles de petite pêche côtière actives, ciblant notamment la coquille St Jacques.

2.3.4. Ressources minières

La richesse des formations géologiques du Calvados a pendant longtemps été exploitée : granite, grès, schiste, ardoise, sable, calcaire et marne. C'étaient les matériaux les plus utilisés dans les constructions. Des mines et des carrières (fer et houille) existent encore au Calvados.

2.3.5. Activités industrielles et agro-alimentaires

L'agroalimentaire occupe un poste important dans le département. En parallèle, l'agglomération de Caen-la-Mer a longtemps été un bassin industriel. Avant d'être délocalisée en Chine, la Société de Métallurgie de Normandie était un pôle important de fabrication de l'acier. Le département accueille aujourd'hui un pôle automobile important. Enfin, les nouvelles technologies et la recherche sont des secteurs en forte progression (Calvados Stratégie, 2010).

Les chiffres clés des activités économiques du Calvados (Source Calvados Stratégie, 2010).

La filière agroalimentaire

960 entreprises employant 11 000 personnes

20% des emplois industriels en 2007 (moyenne en France : 14,3%)

La filière automobile

90 établissements (en intégrant les services en amont de l'industrie automobile)

12 500 emplois au coeur de la filière, soit 13% de l'emploi industriel en Basse-Normandie.

17 500 emplois induits dans les secteurs amont, soit 18% de l'emploi industriel en Basse-Normandie.

La filière équine

2 514 élevages et haras en 2009 (dont 70% de pur sang et de trotteurs)

117 centres équestres, 8 hippodromes, 1 établissement de vente aux enchères (Deauville)

3 000 emplois (chiffre estimé 2006)

La Pharmaceutique et l'hygiène

1 000 emplois

Les TIC

12 000 salariés en Basse-Normandie

8e région française.

Dans le Pays d'Auge, la métallurgie reste très implantée (19% de l'emploi salarié). Ce secteur s'appuie sur un tissu dynamique de PME (52% dans les aires urbaines de Honfleur et Lisieux). Les petites entreprises de transformation du bois se concentrent également dans les zones urbaines d'Honfleur et Lisieux. L'industrie agroalimentaire, par contre, est présente sur tout le territoire et représente 24% des salariés du secteur industriel. Il s'appuie sur l'existence de 7 AOC (4 cidricoles et 3 fromagères) et sur l'image positive véhiculée par la Normandie.

Dans le Pays Sud Calvados, le secteur de l'industrie se partage entre trois activités principales :

- la filière automobile (plus de 1500 salariés et progression des effectifs)
- la filière « édition-imprimerie »
- la filière agro-alimentaire qui se développe

On peut ajouter une bonne représentation de l'industrie des biens intermédiaires (textile, travail du bois ou industrie du caoutchouc). De plus, plus de la moitié des emplois du nord du Pays est consacrée à l'industrie, à l'origine développée autour de l'amiante.

Dans le Pays du Bessin au Virois, le secteur industriel représente 13% des actifs à travers des domaines variés : la mécanique, la métallurgie, la sous-traitance automobile, l'habillement, le matériel électrique ou encore les matériaux de construction. Cependant, l'industrie agro-alimentaire domine, avec 9 % des actifs ayant un emploi (7400 emplois en 2005).

Dans le Pays de Caen, l'industrie avec 22 000 emplois, s'appuie sur quelques grands établissements phares (34% des emplois sont dans les 4 premiers employeurs) aux champs d'activités très diversifiés : le secteur de la métallurgie, de l'électronique et de la construction automobile. Le secteur de l'agroalimentaire, de la pharmaceutique, de l'énergie et le secteur des équipements industriels sont également des domaines importants.

2.3.6. Activités de services

Le secteur tertiaire est très développé au Calvados : activités commerciales et tourisme complètent une offre de service public importante.

Les chiffres clés des activités de services du Calvados (Source Calvados Stratégie, 2010).

Le tourisme

15^e rang des départements les plus visités

3,7 millions de séjours réalisés en 2009, dont 62% de courts séjours.

8 500 entreprises ont une activité plus ou moins liée au tourisme.

19 700 emplois directs ou induits, dont plus d'un tiers dans l'hôtellerie et la restauration, ce qui représente 8,9% du total des emplois salariés du Calvados et 61% de l'emploi touristique en Basse-Normandie. 13,9% des emplois liés au tourisme sont saisonniers.

40% des gîtes ruraux et chambres d'hôtes du Calvados se trouvent dans le Pays du Bessin au Virois.

865 millions d'euros, le chiffre d'affaires direct généré par la consommation touristique (68% clientèle de séjour, 14% clientèle d'affaires, 18% clientèle locale et d'excursion).

La logistique

9 200 salariés

Ces activités de services se distinguent suivant les pays.

Dans le Pays de Caen, les services représentent désormais plus de 103 000 emplois, dont un tiers d'emplois publics. Le tourisme est une composante importante sur le plan économique. Les sites du débarquement, le patrimoine historique, le littoral constituent les principaux atouts de cette activité. Par ailleurs, l'importance de la clientèle d'affaires étend la saisonnalité de cette activité de janvier à décembre.

Environ 9 000 personnes travaillent actuellement dans le secteur tertiaire (commerce, services aux entreprises et aux particuliers) en Pays d'Auge, soit près de 70% des salariés.

- 5 600 salariés dans le nord,

- 3 400 salariés dans le centre et sud.

Le secteur tertiaire se concentre sur la frange littorale, autour des pôles touristiques de Deauville, Trouville et Honfleur, mais également à Lisieux. L'hôtellerie et la restauration demeurent les moteurs de la croissance du tertiaire. Ces activités très saisonnières représentent dans le Pays d'Auge, depuis le début des années 90, plus de 30% des emplois de services (2 700 personnes environ).

Le secteur d'activités dominant sur le Pays du Bessin au Virois est le secteur des services, tant en terme d'emplois qu'en nombre d'établissements (47% des actifs en 1999 dont la moitié dans l'éducation, la santé et l'action sociale). Le secteur hospitalier concourt à cette importance avec plus de 1 700 salariés répartis entre les centres hospitaliers de Bayeux, de Vire et d'Aunay-sur-Odon. Quant au commerce, il employait en 1999, près de 13% des actifs. Au niveau touristique, le Pays comptabilise un total de 3 815 175 entrées en 2003. Le tourisme du territoire peut être qualifié de "tourisme de passage" lié à des événements ponctuels. Le Bessin, qui concentre les sites historiques remarquables, est le plus fréquenté : 92% des entrées du Pays s'y font. Le Bocage et Pré-Bocage présentent quant à eux un tourisme représentatif des espaces ruraux, essentiellement axé sur la valorisation d'un tourisme "vert".

En nombre d'emplois, les services sont très représentés sur le Pays Sud Calvados (1500 salariés). Ce fait est dû à la présence de nombreux emplois salariés intérimaires. Cependant le nombre d'emplois de services à la population et aux entreprises a baissé entre 2000 et 2005. Le Centre Hospitalier de Falaise (plus de 500 emplois), la mairie de Falaise et les lycées de Falaise et de Condé-sur-Noireau sont également de grands pourvoyeurs d'emplois.

2.4. Les politiques de développement et de gestion de l'environnement

Il existe plusieurs cadres d'action et de gestion de l'environnement et de planification du développement. Ces instruments sont dessinés à différentes échelles (national, régional, départemental, pays, ville, ...) et destinés à différentes thématiques (eau, urbanisme, espaces naturels, risques) ou à vocation général (aménagement, développement durable).

2.4.1. Les outils de planification de développement durable

A l'échelle du Grand Bassin de la Seine, la Directive Territoriale d'Aménagement de l'estuaire de la Seine approuvée en 2006 (Préfecture Région Basse Normandie, Haute Normandie, 2006) « permet de construire une vision prospective et largement partagée des enjeux de ce territoire à une échelle pertinente et arrête des grands principes d'organisation et d'utilisation de l'espace ».

Les objectifs principaux résultants de ce travail d'analyse sont :

1. Renforcer l'ensemble portuaire dans le respect du patrimoine écologique des estuaires :
 - Poursuivre la politique d'équipement des ports
 - Développer la synergie entre les ports
 - Améliorer la desserte portuaire
 - Intensifier les activités logistiques sur les deux rives de la Seine
2. Préserver et mettre en valeur le patrimoine naturel et les paysages, prendre en compte les risques :
 - Préserver les infrastructures naturelles et les ressources halieutiques
 - Mettre en valeur les grands ensembles naturels et paysagers
 - Prévenir les risques naturels et technologiques
 - Mieux exploiter le potentiel énergétique éolien
3. Renforcer les dynamiques de développement des différentes parties du territoire :
 - Renforcer les fonctions métropolitaines dans les trois grandes agglomérations
 - Conforter l'armature des agglomérations moyennes.
 - Organiser le développement dans les secteurs littoraux et proches du littoral
 - Ménager l'espace en promouvant des politiques d'aménagement tournées vers le renouvellement urbain dans les trois grandes aires urbaines
 - Améliorer les échanges et les déplacements des personnes

A l'échelle supra territoriale, le Schéma Régional d'Aménagement du Territoire (SRADT) de Basse-Normandie, approuvé en 2007, définit les « quatre enjeux majeurs de la région à l'horizon 2015 :

- l'attractivité auprès des jeunes ;
- le rééquilibrage des territoires ;
- le développement durable ;
- l'ouverture sur les autres régions et le monde. » (Pays Caen Métropole, 2010)

Les collectivités et l'adaptation au changement climatique (Source : MEDD, 2007).

Le rôle des collectivités territoriales dans la lutte contre le changement climatique n'est apparue que très tardivement. En 2004, les Plans Climat leur sont proposés et il faut attendre 2010 pour qu'ils deviennent obligatoires. Au niveau national, la création de l'ONERC en 2002, la publication de rapports et de guides sur l'adaptation en 2004 et 2005, et l'adoption d'une stratégie nationale d'adaptation en 2006 traitent de l'adaptation au niveau national mais les actions d'adaptation sont souvent pensées comme « des prolongements des politiques de gestion des risques naturels, l'approche en termes de « risques climatiques » s'avère dépasser largement les seuls risques naturels (en intégrant également les risques sanitaires, les risques économiques...). Si bien qu'il semblerait plus approprié de parler de « méta-risque »¹⁶⁶ pour désigner le « risque climatique », c'est-à-dire de considérer le changement climatique comme un « facteur de fond » qui vient accentuer un ensemble de dysfonctionnements socio-économiques et écologiques déjà existants, de la même manière qu'il vient « forcer » le fonctionnement du système climatique global. » (MEDD, 2007)

Le changement climatique est aujourd'hui pris en compte dans les plans de développement des territoires. Il existe une myriade d'instruments et de plans à l'échelle d'un département.

A l'échelle du territoire, les Agenda 21 sont issus des recommandations de la Conférence des Nations Unies de Rio en 1992. Ils se traduisent par (CRBN, 2010): « Ce qui doit être fait » (agenda en anglais) pour le XXIème siècle, dans un objectif à long terme de développement durable, à l'échelle d'un territoire. Ils s'appuient « sur les 5 finalités du développement durable :

- lutte contre le changement climatique et protection de l'atmosphère
- préservation de la biodiversité, des milieux et des ressources
- cohésion sociale et solidarité entre les territoires et les générations
- épanouissement de tous les êtres humains
- modes de production et de consommation responsables. »

En 2008 (CG14, 2008), deux Agendas 21 ont été délibérés (Conseil Régional de Basse-Normandie, Ville de Caen), et sept Agendas 21 sont en cours (Conseil Général du Calvados, Agglomération de Caen la Mer, Parc des Marais du Cotentin et du Bessin, Pays d'Auge Expansion, Communauté de communes plaine sud de Caen, Commune de Douvres-la-Délivrande, Commune de Merville-Franceville).

Les Plans Climat Energie Territoriaux (PCET) sont des déclinaisons du Plan Climat National qui se développe autour de deux finalités : réduire les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle du territoire (volet atténuation) et réduire les vulnérabilités du territoire au changement climatique (volet adaptation). Depuis la loi Grenelle II de juillet 2010, « les PCET sont obligatoires au 31 décembre 2012 pour les régions, départements, communautés urbaines, communautés d'agglomérations, communes et communautés de communes de plus de 50 000 habitants a minima dans le champ de leurs patrimoines et compétences » (DREAL nord Pas de Calais, 2010). Par ailleurs, le PCET peut être le volet climat de l'agenda 21 et les documents d'urbanisme (SCOT, PLU, PDU) devront prendre en compte (non contradiction) le PCET.

La loi Grenelle II rend également obligatoire la réalisation de SRCAE (Schéma régional du climat de l'air et de l'énergie). Il s'agit d'un « document stratégique et unique qui intègre toutes les dimensions climat, air et énergie en réalisant un état des lieux et un diagnostic régional et en définissant des orientations et objectifs territorialisés aux horizons 2020 et 2050 sur :

- la qualité de l'air, la réduction des polluants atmosphériques, (remplace le PRQA)
- la réduction des émissions de gaz à effet de serre,
- la maîtrise de la demande énergétique et l'amélioration de l'efficacité énergétique,
- le développement de l'ensemble des filières Energies Renouvelables,
- l'adaptation aux effets du changement climatique » (DREAL nord Pas de Calais, 2010)

De plus, « les actions et mesures des PCET doivent être compatibles avec les orientations et objectifs du SRCAE (les SCOT et PLU prennent en compte les PCET). Les PPA et les PDU doivent être compatibles avec les orientations et objectifs du SRCAE. » (DREAL nord Pas de Calais, 2010)

En 2008 (CG14, 2008), les collectivités du Calvados engagées dans un Plan Climat Territorial sont la Région Basse-Normandie, Le Pays du Bessin au Virois, Le Pays de Caen Métropole, Le Parc Naturel Régional des marais du Cotentin et du Bessin. Cependant, l'essentiel de la réflexion se concentre sur le volet atténuation, au détriment du volet adaptation.

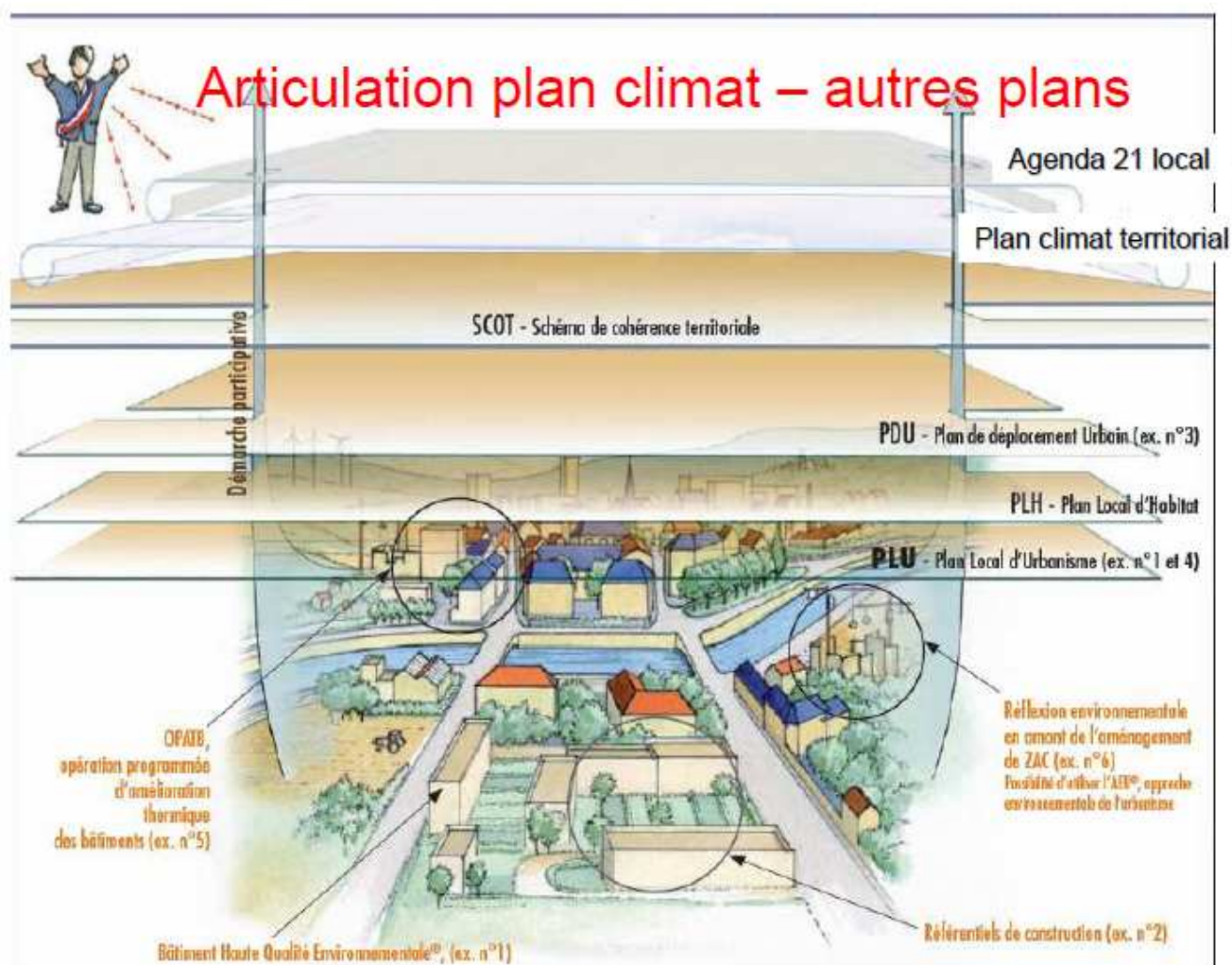


Figure 17 : Articulation des outils de planification intégrant le climat (Agence Locale de l'Energie de l'Agglo Lyonnaise, 2009).

Le SCOT (Schéma de Cohérence Territoriale) fixe les objectifs d'aménagement et d'urbanisme en prenant en compte les politiques de l'habitat social et privé, des infrastructures, de voirie et de transports collectifs, des déplacements, d'implantations commerciales, de protection de l'environnement (DDTM). Le SCOT fédère les outils des politiques sectorielles existant sur son périmètre. Dans le Calvados, en 2010, 3 SCOT étaient approuvés (Bessin, nord Pays d'Auge, Caen Métropole) et 3 autres lancés.

A l'échelle plus locale, une palette d'instruments et politiques fixe des orientations en terme d'aménagement d'urbanisme, de construction, et d'environnement.

Les politiques d'urbanisme en Basse Normandie (Source CESR BN, 2009)

« L'importance de l'urbanisme dans les politiques publiques locales s'est concrétisée avec la loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU), en décembre 2000, qui a institué le Plan Local d'Urbanisme (PLU) et le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT). La maîtrise du foncier et de l'étalement urbain, la gestion des déplacements et des transports (avec la mise en place d'un Plan de Déplacement Urbain, par exemple) sont autant d'éléments indispensables et incontournables à intégrer à une démarche globale de développement et d'aménagement durable d'un territoire. Ainsi, la mise en place ou la révision d'un PLU par une collectivité peut être l'occasion de mener de façon concomitante une réflexion Agenda 21 ou plus généralement de développement durable. Ces deux outils sont en effet complémentaires. L'Agenda 21 a une dimension sociale forte que n'aborde pas un PLU et permet donc une approche plus large touchant à toutes les thématiques du développement durable. En outre, le PLU est opposable ; dès lors, les dispositions de son règlement ont une portée obligatoire qui confère donc des droits et des obligations à la collectivité qui le met en place et lui apporte des moyens d'action efficaces, alors que l'Agenda 21 n'a aucun caractère obligatoire.

Cependant, l'urbanisme relève la plupart du temps de la compétence des communes, ce qui pose quelques difficultés lorsqu'un Agenda 21 est mis en place à l'échelon intercommunal. En effet, les élus communaux restent très attachés à cette compétence essentielle qu'ils craignent de perdre au profit de l'intercommunalité. Cela peut parfois constituer un frein dans l'élaboration d'une démarche en cohérence avec les questions d'urbanisme. » (CESR BN, 2009)

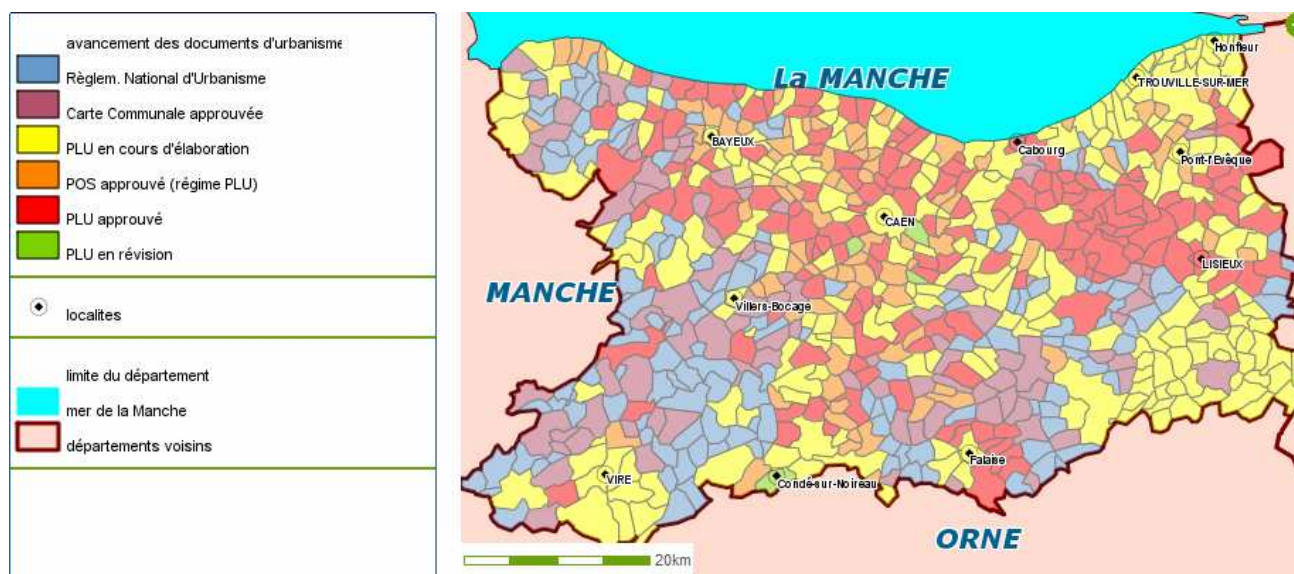


Figure 18 : Etat d'avancement des outils de planification de l'urbanisme (Extrait de Cartélie, DDTM, 2010).

Par exemple, il existe « différentes outils d'urbanisme (RNU) ou de protection juridique de l'environnement qui ont également un impact sur la gestion du territoire : loi littoral, réserve naturelle de l'estuaire de la Seine, sites inscrits ou classés, secteur sauvegardé, espaces naturels sensibles, zones de protection spéciales (ZPS), Zones de Protection du Patrimoine Architectural Urbain et Paysager (ZPPAUP), etc. » (Pays d'Auge, 2009). Ces normes n'ont pas toutes la même valeur juridique mais les documents et dispositifs locaux d'urbanisme (Plans Locaux d'Urbanisme, Plans d'occupation des sols, cartes communale) sont inscrits dans un rapport de compatibilité avec leurs prescriptions.

2.4.2. Les schémas de gestion de l'eau

A l'échelle supra territoriale, la « Directive Cadre sur l'Eau, adoptée en octobre 2000 par l'Union Européenne, vise à organiser les textes existants (directives, décisions communautaires) dans le domaine de l'eau en un ensemble cohérent pour une politique communautaire ». (Ifremer, 2006)

« Le champ d'application de cette directive est large puisqu'il comprend les eaux continentales de surface, les eaux de transition, les eaux côtières et les eaux souterraines. L'obligation de résultats sur ces eaux concerne trois objectifs environnementaux majeurs :

- stopper toute dégradation de la qualité des eaux ;
- parvenir d'ici à 2015 au bon état écologique des eaux de surface, ainsi qu'au bon état chimique et au bon état quantitatif pour les eaux souterraines ;
- réduire les rejets des substances "prioritaires dangereuses". »

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est un « outil d'aménagement du territoire qui vise à obtenir les conditions d'une meilleure économie de la ressource en eau et le respect des milieux aquatiques tout en assurant un développement économique et humain en vue de la recherche d'un développement durable ». (Ifremer, 2006). Le SDAGE du bassin Seine-Normandie a débuté en 1996 et concerne 17 millions d'habitants, répartis sur 100000 km², soit huit régions, 25 départements et 9000 communes. Ses principales orientations sont de favoriser la diffusion de l'information et des connaissances sur l'eau et les milieux aquatiques, et d'améliorer les connaissances pour mieux gérer la ressource en eau et les milieux aquatiques (Syndicat Mixte du SCOT Bessin, 2009). Un des rôles essentiels du SDAGE est de définir les lignes directrices des actions et de proposer le lancement des SAGE qui doivent être compatibles avec le SDAGE.

Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) s'appliquent à un niveau local. Ils visent à planifier la gestion de l'eau, pour satisfaire les besoins et améliorer ou préserver la qualité des milieux aquatiques.

Le SAGE doit être compatible avec le SDAGE. Les décisions prises dans le domaine de l'eau par les autorités administratives doivent être compatibles ou rendues compatibles avec le plan d'aménagement et de gestion durable de la ressource en eau du SAGE. Le règlement du SAGE est opposable au tiers. Les « SCOT, PLU et cartes communales doivent être compatibles avec les orientations fondamentales d'une gestion équilibrée de la ressource en eau et les objectifs de qualité et de quantité des eaux définis par les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux ainsi qu'avec les objectifs de protection définis par les schémas d'aménagement et de gestion des eaux. Lorsqu'un de ces documents est approuvé après l'approbation du document d'urbanisme, ce dernier doit, si nécessaire, être rendu compatible dans un délai de trois ans » (DDTM). 3 SAGE sont en cours d'élaboration sur le bassin de la Vire, de l'Orne et de la Seulles. Ils couvrent 40% de la superficie du département et concernent 56% des communes. (UAMC)

2.4.3. La gestion des espaces naturels

En matière de zonification des espaces naturels, dès 1979, plusieurs séries d'inventaires ont été réalisées :

- Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) : espaces naturels abritant des espèces rares ou menacées (ZNIEFF de type I à intérêt biologique remarquable) ou représentant des écosystèmes riches et peu modifiés par l'homme (ZNIEFF de type II ou grands ensembles naturels).
- Zones Spéciales de Conservation (ZSC) : sites dont la conservation est d'intérêt communautaire.
- Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) : inventaire réalisé par le Muséum National d'Histoire Naturelle et la Ligue de Protection des Oiseaux (LPO).
- Zone de Protection Spéciale (ZPS) : zone où les mesures de protection du droit interne devront être appliquées.

L'ensemble des ZSC et des ZPS constitue un réseau européen cohérent appelé Natura 2000. (Ifremer, 2006)

Plusieurs outils permettent d'encadrer la préservation du patrimoine naturel, en relation avec ces inventaires. Ainsi en 2008, 3 Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope, une partie d'une zone de protection RAMSAR, 3 sites classés, 31 sites inscrits et 21 sites Natura 2000 sont à noter dans le Calvados (Ifremer, 2006).

Au niveau départemental, le schéma des Espaces Naturels Sensibles du Calvados établi en 2004 a pour objectif de créer 49 sites sur un total de 5000 hectares d'ici 2019.

Aux niveaux régional et départemental, la loi Grenelle I fixe pour objectif la constitution d'ici 2012 d'une trame verte et bleue, c'est-à-dire terrestre et aquatique. Ces trames doivent permettre la continuité écologique sur le territoire français entre les espaces naturels, et le long du réseau hydrographique, entre les points d'eau et les cours d'eau, ainsi que sur les abords des cours d'eau.

En ce qui concerne le littoral : la loi « Littoral » de janvier 1986 pose des principes en matière d'aménagement du territoire, « visant à limiter l'extension de l'urbanisation sur la bordure littorale et à repousser l'urbanisation en profondeur et éviter le mitage, tout en prévoyant des coupures d'urbanisation et en protégeant les espaces naturels remarquables et les espaces boisés. » (IFEN, 2007).

Le Conservatoire de l'Espace Littoral « acquiert des terrains pour y garantir la préservation des milieux, des espèces, des paysages et du patrimoine. Parallèlement à ces outils de protection, il existe également les Schémas de Mise en Valeur de la Mer (SMVM) qui sont des instruments de planification et de gestion intégrée des zones côtières et les contrats de baie destinés à la préservation, la restauration et/ou l'entretien de la qualité des eaux littorales ». (Ifremer, 2006)

Enfin, plusieurs autres documents stratégiques plus thématiques existent ou sont en cours d'élaboration : par exemple la charte paysagère des quatre cantons du Pays d'Auge, la charte Calvados habitat,...

2.4.4. Les plans de gestion des risques

La connaissance des risques et l'accessibilité aux données (MEDDTL, 2009 ; BRGM, 2011) est de plus en plus développée au niveau national et dans le Calvados (Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007).

Les politiques de réduction des risques (Extrait de MEDDTL, 2009. Direction Générale de la Prévention des Risques. Rapport du Délégué aux Risques majeurs, Année 2009).

« La réduction de la vulnérabilité. (...) Divers outils existent, dont certains ont un succès mitigé. Par exemple, les PPR peuvent prescrire des mesures obligatoires de réduction de la vulnérabilité, à réaliser dans les cinq ans suivant l'approbation du PPR ; ces mesures sont subventionnables via le fonds de prévention des risques naturels majeurs. Or, le montant moyen des dépenses sous cette rubrique, de l'ordre de 400K€ annuel correspond à la mise aux normes de l'ordre d'une centaine de logement. Il est donc utile d'examiner les mesures efficaces pour réduire la vulnérabilité des territoires et augmenter leur résilience (fonctionnement du territoire et des réseaux en particulier) : la première priorité est d'améliorer la connaissance et l'observation des enjeux. »

« Les événements exceptionnels. (...) Les événements survenus ces dernières années, qui ont souvent de beaucoup dépassé les événements de référence connus jusque là ont mis en évidence l'intérêt de mieux identifier et répertorier, par des recherches historiques, les événements majeurs du passé (la mise en place de bases de données historiques homogènes au plan national est en cours, en collaboration avec d'autres ministères dont le ministère de la culture) (...). L'affichage de ces événements rares sera systématique pour les inondations à partir de 2013 avec la cartographie des aléas inondations et des risques pour trois types d'événements imposés par la directive européenne sur l'évaluation et la gestion des inondations : événements fréquents, événements moyens (d'occurrence au moins centennale) et événements extrêmes. »

Les risques naturels

En matière de risques (<http://www.prim.net/>), d'inondations (Atlas des zones inondables http://www.basse-normandie.ecologie.gouv.fr/pdf_dreal/risques/plaquette_azi.pdf, <http://cartorisque.prim.net/dpt/france/france.html>), de cavités souterraines (www.bdcavite.net), de sismicité et mouvements de terrain (www.bdmvt.net), de retrait et gonflement des argiles (www.argiles.fr), la connaissance des aléas et des zones les plus sensibles est assez fine pour le territoire du Calvados. Certaines lacunes existent comme l'inventaire des marnières. La vigilance météorologique mise en place au niveau national dès la tempête de 1999 et le dispositif de vigilance pour les crues dès 2006 (<http://www.vigicrues.ecologie.gouv.fr/>) couvrent également le Calvados, mais à une échelle qui pourrait être affinée (Seules l'Orne, la Dive et le Touques sont suivies).

L'érosion des sols a bénéficié d'une étude poussée par le laboratoire GEOPHEN de l'Université de Caen et la dynamique des côtes est suivie à travers le suivi de l'évolution du littoral (GRESARC, 2010). L'impact des submersions marines est sujet à de nouvelles actualisations au niveau national, notamment suite à la tempête Xynthia. Plusieurs Plans de Prévention des Risques (PPR) devraient être actualisés ou créés dans le Calvados (14 communes concernées) (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/L-acceleration-des-Plans-de.html>) voir Figure 19.

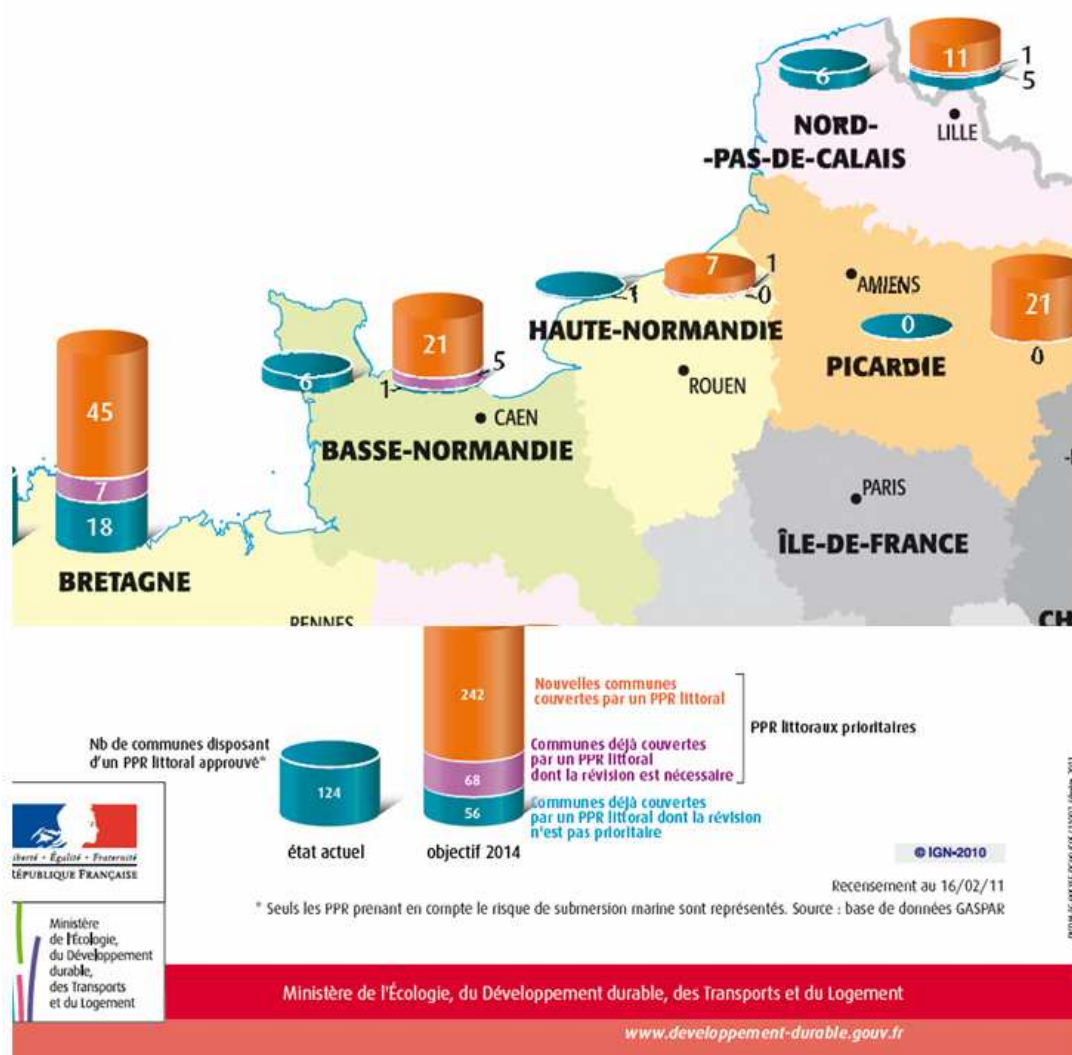


Figure 19 : PPR littoraux prioritaires à réaliser à l'horizon 2014 (Extrait de MEDTL, 2011).

Selon la DDTM, plusieurs PPR existent, liés essentiellement aux inondations. Ils concernent l'aval des bassins versants, les principales villes côtières vulnérables : le PPRi de la Basse Vallée de l'Orne, 2008 ; le PPRi de la Basse Vallée de la Touques, 2005 ; le PPRi de la Touques moyenne et de l'Orbiquet, 2010 ; le PPRi du Noireau et de la Vère, 2009. Trois PPR concernent des mouvements de terrain : les PPR de mouvements de terrain du Mont Canisy, 2007 ; le PPR de mouvements de terrain de Trouville - Villerville - Cricqueboeuf, 2003 ; le PPR de mouvements de terrain des falaises des Vaches Noires, 1997. Enfin, deux sont liés aux risques miniers : le plan de prévention des risques miniers du bassin de Soumont-Saint-Quentin, 2009 ; le PPR d'effondrement des terrains des anciennes mines de fer de May sur Orne, étude en 2005.

Certaines communes ne sont pas couvertes par des PPR alors qu'elles sont hautement sujettes à des aléas. Ainsi, la Préfecture de Basse Normandie note que « Honfleur et Lisieux apparaissent comme des communes sensibles mais non couvertes par un PPR mouvement de terrain. On peut également signaler les problèmes de Port-en-Bessin dans le Calvados, pour lequel le problème de glissement, conjugué à des risques d'effondrement de falaises et d'érosion a engendré des dégâts de façon récurrente. » (Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007). La mise en place de PPR multi risques pourraient être pertinents pour certaines communes.

De plus, « nombre de mesures pour réduire les risques sont liées à des choix en matière d'aménagement et d'urbanisme. L'intervention de l'Etat à travers l'outil PPR gagnerait à être complétée par une réflexion plus poussée à l'échelle des communes » (voir PLU) (Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007). A cet égard, la Préfecture (Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007) note également que le Calvados a actualisé son Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM) entre 2004 et 2005. 346 communes y sont identifiées à risque majeur. « Parmi ces communes, un grand nombre n'est pas sensibilisé aux démarches d'information préventive, comme en atteste le très faible nombre de communes ayant réalisé leur Dossier Communal d'Information sur les Risques Majeurs et leur Plan Communal de Sauvegarde (109 DICRIM prévus fin 2006). »

La gestion des risques technologiques

Les risques technologiques recensés (DREAL, 2010 ; CESR BN, 2010) sont liés à l'utilisation de quantité importante d'engrais azotés par les coopératives agricoles, les installations avec réfrigération à l'ammoniac, risques liés aux activités industrielles portuaires du Havre (influence sur la côte fleurie) et aux transports de matières dangereuses terrestres et maritimes liées aux activités nucléaires de la région. « 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. » (DREAL, 2010)

2.4.5. Les autres moyens de suivi et de mobilisation

Outre les observatoires nationaux surveillant l'évolution du climat et de la météo, plusieurs initiatives locales ont émergé au fil des phénomènes climatiques ayant impacté le Calvados. Ces structures dédiées en général à un secteur ou une thématique particulière, sont souvent mobilisées lors des événements climatiques de grande ampleur. Ainsi, il existe un Observatoire de la sécheresse composé des principaux acteurs du département impliqués dans la gestion de la ressource en eau. Pendant les événements extrêmes de type grand froid, des comités de suivi d'état d'alerte sont rapidement mis en place pour suggérer des pistes de sorties de crises de paralysie. En outre, les syndicats de gestion des vallées et bassins versants ont une connaissance fine des dynamiques hydrologiques. La réalisation de bulletins de suivi thématiques (agriculture : France Agrimer, Agreste, Webagri, météo, eau : Niv'eau, gest'eau, eau France, service eau du BRGM...) permet aux différents acteurs de suivre et anticiper les évolutions de leur secteur ou problématique. L'actualisation des inventaires, le recensement et les états des lieux des réseaux et des infrastructures de services sont moins fréquemment réalisés que l'évolution de leur utilisation ou les problèmes rencontrés ne

l'exige. Plusieurs institutions se sont mobilisées afin de s'impliquer dans le suivi de certains services rendus aux habitants : suivi de qualité de l'air, suivi des prestataires de réseau électrique,... La diversité biologique terrestre et marine est fréquemment suivie grâce aux réseaux de botanistes professionnels et amateurs. Cependant, le nombre de bénévoles connaisseurs diminue. Enfin, les enjeux liés à la santé sont suivis à l'échelle régionale essentiellement par l'ARS.

2.5. Dépendance en énergie et en ressources premières énergétiques³

La sécurité énergétique du Calvados est un enjeu essentiel à prendre en compte dans tout exercice de prospective. Largement dépendant des produits issus du pétrole et de l'électricité issue de l'énergie nucléaire, le Calvados présente pourtant un fort potentiel de développement des énergies renouvelables.

2.5.1. Consommation et production actuelles d'énergie

Au niveau du Calvados, en 2005, la consommation d'énergie peut être exprimée en Tonne équivalent pétrole. Cela permet de comparer des énergies de sources différentes. Par exemple, 1 tep = 1000 m³ de gaz naturel 1 tep = 11600 kW) par habitant (Ademe, Région Basse Normandie, Biomasse Normandie, 2005):

	Consommation d'énergie en Ktep	Consommation d'énergie en Tonne équivalent pétrole par habitant
Pays de Caen	705	2,14
Pays Sud Calvados	107	2,29
Pays du Bessin au Virois	336	2,46
Pays d'Auge	350	2,57
France		4,30

Tableau 10 : Consommation énergétique du Calvados par habitant (Ademe, Région Basse Normandie, Biomasse Normandie, 2005 et 2007)

Au niveau régional en 2003, la répartition des postes d'énergie montre que 40% est imputable au résidentiel, 29% au transport, 14% à l'industrie, 14% aux services tertiaires et 3% à l'agriculture (Conseil Régional de Basse Normandie, Ademe, 2006). Parmi les énergies consommées en 2003, 50% sont issues des produits pétroliers, 23% de l'électricité, 16% au gaz et 9% au bois. Parmi ces dernières, l'électricité semble celle en plus forte croissance depuis 1999.

Le département du Calvados a consommé 4255 GigaWh en 2008 (SDEC Energie, 2009). L'énergie électrique consommée dans le Calvados provient principalement de la production nucléaire, notamment du site de Flamanville dans la Manche. Cependant, plusieurs barrages de taille modeste utilisent l'énergie hydraulique de l'Orne pour alimenter les communes avoisinantes (Grimbosq, Rabodanges, Saint Philbert,...). Les autres sources d'énergie sont le thermique, le bois énergie et la valorisation des déchets (6 ha de panneaux photovoltaïques sont recensés en 2010). Le Calvados possède également un potentiel éolien non négligeable, en particulier offshore.

³ Le volet atténuation des Plans Climat se concentre sur les enjeux énergétiques. Des études sont menées dans ce cadre. Le cadre de cette étude est l'adaptation au changement climatique. Cette partie dresse donc un aperçu de la problématique. Pour d'autres informations, voir les études sur l'atténuation.

En ce qui concerne la répartition des types d'énergie consommée, 53% de la consommation totale d'énergie des industries agro alimentaires de Basse Normandie (215 000 tep) provient du gaz naturel. Alors que l'industrie laitière suit cette tendance, l'industrie des viandes utilise davantage l'électricité (32%) (Agreste, 2010). De plus, au niveau régional, la consommation en énergie électrique du secteur tertiaire et du secteur résidentiel a été marquée par une forte croissance supérieure au niveau national, et une croissance plus modérée du secteur industriel (CG14, 2008).

Par ailleurs, au niveau des consommations résidentielles, Biomasse-Normandie a montré que deux ménages sur trois dans la région Basse Normandie ont recours au bois en milieu rural contre un peu moins de un sur trois en ville. Le bois de chauffage est principalement d'origine bocagère. Le bocage bas-normand alimente, pour l'essentiel, « la demande des ménages à la campagne comme en ville » (Petit-Berghem Y., 2003). De plus, le chauffage collectif au bois représente 11,7 Tep/1000hab en 2010 (Biomasse-Normandie, 2008).

2.5.2. Développement des énergies renouvelables

Les énergies marines (CESR, 2010), l'éolien offshore (Ademe, Région Basse Normandie, 2010) et la filière bois énergie (CESR, 2009) semblent les trois domaines les plus prometteurs en terme de développement, comme en témoigne le cas du pays Bessin.

Le développement des énergies renouvelables dans le Pays du Bessin au Virois (Extrait modifié du Diagnostic et Stratégie du Pays du Bessin au Virois, 2008).

La ressource bois

Avec près de 11 500 hectares de forêt et un linéaire de bocage estimé à 11 600 km, les paysages du Bessin au Virois constituent une ressource locale importante pour le développement d'énergies renouvelables et en particulier d'une filière bois énergie. En 2009, il existe 93 chaudières bois, pour un total de 28 067kW installés en bois énergie, réparties ainsi : 82 chaudières bois individuelles, 10 chaufferies liées à des collectivités, 1 chaufferie industrielle.

L'éolien

Le Pays du Bessin au Virois fait partie des territoires ayant les plus importants gisements éoliens en France, avec une puissance moyenne de vent comprise entre 300 W/m² en plaine et 1 800 W/m² sur les collines du bocage. Aujourd'hui, 3 parcs éoliens sont sur le territoire du Pays (Saint-Martin-des-Besaces avec 2*3MW, Sallen avec 4*2MW et Rully avec 6*2MW).

Le solaire

Avec un temps d'ensoleillement moyen compris entre 1 600 et 1 700 h/an, la rentabilité économique de la filière solaire est tout à fait acceptable sur le territoire. Cependant, seulement 300 panneaux solaires sont installés en Basse-Normandie, 130 installations solaires thermiques (1003 m²), 45 installations solaires photovoltaïques (2181m²)

2.5.3. Matières premières énergétiques

Le Calvados, de par sa position géographique stratégique, importe beaucoup moins qu'il n'exporte au niveau international et sert de relais pour l'approvisionnement de l'Ile de France. Ainsi au niveau international, 92% du transport ferroviaire concerne des importations, parmi lesquelles 80% sont des matières premières (minéraux bruts et transformés et matériaux de construction). Mais au niveau interrégional, 91% des mouvements sont des expéditions vers la région et l'Ile de France (CG14, 2008). Le transport routier représente l'essentiel des mouvements interrégionaux. Le trafic de marchandises du Calvados par voie

aérienne est négligeable (3000 tonnes dont 53% d'exportations). Le transport maritime international (hors Royaume Uni et Irlande) représente 1 million de tonnes, dont 56% d'exportations. En 2006, le transport maritime concentre 73% des transports de marchandises de Basse Normandie. Parmi les produits transitant par le port de Caen-Ouistreham se trouvent les céréales, engrais, ferrailles, bois exotique et bois du nord, houille, sel et nourritures animales alors que le port de Honfleur concerne davantage les produits pétroliers, graviers marins, bois d'Afrique et du nord, engrais, argiles, ciment et marchandises diverses (DRE Basse Normandie, 2006 ; Calvados Stratégie, 2010).

2.6. Les enjeux et dynamiques face au climat

L'étude des caractéristiques du département du Calvados permet de mettre en valeur la richesse de son patrimoine. La rencontre entre les deux ensembles géologiques et la présence d'un littoral expliquent l'organisation spatiale de la majorité des activités humaines qui ont su profiter des ressources naturelles présentes.

Ce paysage a depuis longtemps été façonné par l'Homme. Plusieurs enjeux et dynamiques importantes en découlent :

1. **une forte capacité d'adaptation** des habitants aux changements comme en témoigne la rapide évolution des éleveurs laitiers en bovin-viande lors des changements de politiques européennes, la rapide évolution du secteur tertiaire, le large panel de politiques de prévention des risques, la reconversion des secteurs industriels ;
2. **l'artificialisation** croissante des terres au profit de l'étalement urbain implique des problématiques d'imperméabilisation des sols et une certaine « bipolarisation entre territoires artificialisés et espaces protégés » (IFEN, 2007) avec des espaces naturels restants déjà trop peu nombreux et isolés ;
3. la pression appliquée sur les **ressources naturelles** est importante : les eaux littorales, souterraines et superficielles sont soumises à des pollutions d'origines diverses, les sols à des additifs nuisant à leur activité biologique, et la diversité biologique est menacée ;
4. la pression appliquée sur les terres engendre une **spéculation foncière** au détriment de l'agriculture-élevage et au profit du nombre croissant de résidences secondaires ;
5. la pression des marchés économiques sur **l'agriculture** engendre une modification des usages de la terre vers des usages intensifs, participant à rompre l'équilibre établi, (disparition des haies, surexploitation des eaux souterraines, ...).

L'économie du département est très diverse et présente des enjeux variés :

- **Les activités agricoles** ont contribué à façonner les paysages du Calvados. Elles sont le moteur de croissance et l'origine du patrimoine et de la notoriété du territoire. Elles irriguent tout le tissu rural et participent aux activités économiques. Par exemple, l'agriculture a généré 55% du trafic du port de Caen-Ouistreham (Chambre d'Agriculture, 2009). Elles sont malheureusement soumises à de multiples pressions.
- **Les activités industrielles** sont relativement spécialisées dans des domaines de pointe, ce qui augmente leur sensibilité aux risques économiques et financiers. Ainsi la crise économique de 2008 a touché considérablement les secteurs de l'automobile, de la construction et des services, activités fortement implantées au Calvados (INSEE Basse Normandie, 2010).
- **Le tourisme** est également un élément fort de l'activité du département : tourisme lié au littoral mais également au patrimoine bocager.

La **démographie croissante** soulève des problèmes de sous dimensionnement des réseaux et services et de densification des voies de transports.

L'hétérogénéité spatiale forte entre littoral et plaines et rural et urbain semble s'accroître, et pourrait être accrue par les inadaptations des réseaux et services qui constituent un frein au développement économique et à l'attractivité des territoires isolés.

Enfin, le territoire est sujet à des **risques naturels majeurs** que sont les inondations, les sécheresses, les mouvements de terrain, les tempêtes et l'érosion du littoral.

3. Vulnérabilités actuelles au climat

L'étude précédente a permis de mettre en valeur les enjeux prioritaires du territoire ainsi que les lignes de forces et faiblesses. Quelles sont les sensibilités de ces éléments au climat ? Quelles sont les vulnérabilités actuelles du territoire au changement climatique ?



Figure 20 : Inondations de Février/Mars 2010 : Aqua-barrières à Louvigny (ouest France).

3.1. Expositions passées et perspectives

Les épisodes de conditions climatiques extrêmes de type inondation, tempête, canicule ou sécheresse ont affecté le Calvados à plusieurs reprises, à des intensités variables. L'étude de ces événements de grande ampleur et facilement perceptibles permet de mettre en valeur les éléments exposés et leurs vulnérabilités passées et actuelles. Cette analyse est menée par type d'aléa (inondation, sécheresse et canicule, tempête, grand froid) et étudie l'impact sur les différents éléments sensibles qui ont été observés. Parmi ces éléments, ont été retenus :

- Milieux : Littoral, plaine, Vallée soumise à risques naturels, Urbain, Rural
- Secteurs : Agriculture-Elevage, Pêche, Sylviculture, Energie, Industries, Infrastructures et Habitat, Réseaux et accès aux services publics et cadre de vie, Tourisme
- Thématiques transversales : Eau, Diversité Biologique et Ecosystèmes, Santé, Emploi, Risques, Population et Santé

Cette analyse des événements passés est réalisée à partir de données de sources hétérogènes mais essentiellement locales : archives de médias locaux et nationaux (journaux papiers, télévisés issus des archives de l'INA-Institut National de l'Audiovisuel, bulletins thématiques des observatoires), arrêtés préfectoraux, rapport de commission du Sénat, études scientifiques particulières, ... Cette analyse non exhaustive dresse un panorama des impacts de ces événements passés sur le territoire du Calvados.

3.1.1. Grand froid

L'analyse de la vulnérabilité du territoire aux périodes de grand froid a été réalisée à partir des événements des hivers 2009 et 2010. Les variables climatiques qui correspondent à ces événements sont : le nombre de jours successifs avec une température minimum, des vents asséchants et le nombre de jours de gel.

Système	Impacts	Autres
Population et Santé	Isolement et fragilité des populations vulnérables	Adaptations existantes : Avis, Alerte, Réquisition des services de sécurité civile Facteurs aggravants : Neige
Zones rurales	Isolement et mauvaise régulation thermique des anciens bâtiments	
Emploi	Absence au travail, moins de main d'oeuvre	Adaptations existantes : Anticipation des ressources humaines
Industries	Ralentissement des transports et des activités économiques dépendant d'un renouvellement fréquent des matières premières, notamment les agro alimentaires	Adaptations existantes : Anticipation des chaînes de production Facteurs aggravants : Humidité avec possibilité de verglas
Réseaux et accès aux services	Paralysie des réseaux de transports (routier et ferroviaire)	Adaptations existantes : Observatoire et comité de suivi, Mise en place de déviation Facteurs aggravants : Neige
Agriculture-Elevage	Gel des cultures Protéagineux précoces sensibles Ralentissement de la croissance végétative Difficulté à rentrer dans les champs	Adaptations existantes : Couverture neigeuse, Décalage des dates de semis, Cycle végétatif décalé, Ajustement des intrants, Protection en amont

Tableau 11 : Vulnérabilités passées du Calvados aux événements de grand froid.

Synthèse

Les périodes de grands froids affectent une partie des éléments composant le territoire du Calvados. Ainsi la paralysie des réseaux de transports, en particulier routier et ferroviaire entraîne des perturbations au niveau du fonctionnement des industries dépendant d'un taux de renouvellement des matières premières important (tel que les industries agro alimentaires). Cela implique également l'isolement des populations. Les systèmes d'observation et d'alerte en amont de ces perturbations permettent de gérer la mise en place de systèmes de déviation. Cependant, l'activité générale reste tout de même ralentie. Enfin, l'agriculture est très sensible à ces périodes de grand froid, au décalage des périodes de gelées et aux prolongations de l'hiver empêchant d'entrer dans les champs. L'anticipation reste là encore une solution souvent adoptée.

3.1.2. Sécheresse et canicule

Plusieurs périodes de sécheresse, souvent situées en été (Juillet et Août) et moins fréquemment au printemps (Mai), ont affecté le Calvados. Dans cette étude, les événements de 1976, 1989-1991, Août 1996, l'été 2003 Juillet, Mai et Août 2010 ont pu être pris en compte. Ces périodes correspondent à une combinaison de plusieurs variables dont : des précipitations plus faibles que la normale au printemps et en début d'été, un ensoleillement/rayonnement solaire important au printemps, des vents desséchants, des températures nocturnes et diurnes élevées, un nombre de jours consécutifs avec des températures plus élevées que la moyenne maximum, une faible humidité au sol, ou une température de la surface de la mer élevée.

Occurrence	Impacts	Autres
Eau		
Juillet 2010 1989-1991 Août 1996	Quantité relativement limitée en eau : eaux souterraines, eaux superficielles (débit faible) (Aure et Touques)	Adaptations existantes : Mesures temporaires de limitation des usages privés, Arrêtés préfectoraux, Repli vers cours d'eau Facteurs aggravants : Déboisement le long des cours d'eau, Mauvaise gestion des ressources en eaux
Eté 2003	Moindre dilution des eaux usées a impacté la qualité des eaux littorales (cf rejet) Forte sollicitation des stations de traitement Eaux continentales sujettes à eutrophisation	Adaptations existantes : Réseaux de surveillance de la qualité
Industries et Economie		
2003	Impact significatif sur les activités de commerce liées à des productions animales et végétales (rupture d'approvisionnement) Ventes de produits affectées : appareils rafraîchissants et boissons augmentées, textiles diminuées Productivité amoindrie (humain et machine)	Adaptations existantes : Aide conjoncturelle ou plan de soutien Facteurs aggravants : Mauvaise gestion des stocks
Population et Santé		
2003, 2006 (gradient côtier)	Population vulnérable aux forts taux d'ozone	Adaptations existantes : Recensement des populations vulnérables, Comité d'alerte Facteurs aggravants : Pollution NOx, NO, Brise de mer
Eté 2003, 1976	Population vulnérable aux températures élevées, taux de mortalité élevé	Adaptations existantes : Recensement des populations vulnérables, Comité d'alerte, sensibilisation, Remise en cause des avis d'alertes météorologiques, Actualisation de la définition « canicule » en termes de valeurs seuils, Mise en place du suivi des phénomènes climatologiques par l'Institut de veille sanitaire
Tourisme		
Août 2010 2003	Accroissement du nombre de touristes, Mais transport fluvial diminué, Parcs de loisirs (golf, hippodrome) de moins bonne qualité	
Agriculture-Elevage		
Août 2010 1989-1991	Pertes fourragères Alimentation du bétail diminuée	Adaptations existantes : Brûlage des résidus de culture autorisé par arrêté préfectoral, Aides conjoncturelles pour calamité agricoles, Dérogation pour l'utilisation des jachères, Ensilage des céréales, Gestion de la taille des troupeaux, Diversification des pâturages (luzerne), Plan de soutien exceptionnel ou exonération de la taxe foncière, Modélisation production fourragère
Eté 2003, Aout 2010	Production de céréales (blé, maïs, avoine) et betterave réduite, augmentation des prix agricoles, élevage hors sol plus impactés (cf alimentation et approvisionnement) Production de meilleure qualité pour certaines cultures (blé, légumes, pois), Etat végétatif diminué pour les maïs, en particulier en semis tardif et terres peu profondes, Développement nuisibles et pestes (pucerons, pyrales)	Adaptations existantes : Réseau de veille et d'alerte, Déclenchement de plan de soutien financier et économique et suivi, Arrêtés préfectoraux, Mobilisation de structures dédiées, Plan de soutien exceptionnel ou exonération de la taxe foncière, Modélisation production, Anticipation par systèmes de prévision

1990, 2003, 2006	Réduction de la croissance des végétaux et diminution sensible des rendements agricoles (ozone).	Facteurs aggravants : NO, NOx, COCVM, brise de mer
1976, 2006	Récolte du lin affectée : croissance et rouissage	Adaptations existantes : Plan de soutien exceptionnel ou exonération de la taxe foncière, Création de l'impôt sécheresse
Sylviculture		
1990, 2003, 2006	Réduction de la croissance des végétaux	Facteurs aggravants : NO, NOx, COCVM, brise de mer
2003	Dépérissement de certaines espèces ligneuses (hêtre) Développement nuisibles et insectes	Adaptations existantes : Récolte de volume de bois supplémentaires les années suivantes, Dégâts et dysfonctionnements sur le long terme Facteurs aggravants : Peuplement homogène, Espèces sensibles au stress hydrique
Pêche		
2003	Pontes précoces des huîtres Forte mortalité des coquillages (palourdes, moules, coques) notamment par détachement Présence de dinophysis (phytoplancton toxique). Prolifération de l'algue karenia mikimoto	Adaptations existantes : Interdiction de ramassage et commercialisation des coquillages
Accès réseau et services et cadre de vie		
2003, 2006 (gradient côtier)	Concentration d'ozone dans l'atmosphère proche du sol élevée (15-20 jours dépassant le seuil de 120 µg/m3) : Impact sur la santé et l'environnement	Adaptations existantes : Suivi de la qualité de l'air, recherche sur la relation température-concentration en ozone Facteurs aggravants : Pollution NOx, NO, COv, Brise de mer, conditions anticycloniques
2003	Dysfonctionnement des stations d'épuration et de traitement des eaux, Production hydroélectrique affectée, Fissuration des voiries, tassement, Flux migratoires plus importants vers la côte Fréquence et régularité des transports en communs affectée, Augmentation de la demande en énergie. Sollicitation du réseau (industriel plus que résidentiel)	Adaptations existantes : Sites de surveillance, Assurances, Arrêtés catastrophe naturelle actualisés, Remise en état du parc d'épuration, Mobilisation des partenaires, Dérogation Facteurs aggravants : Tourisme croissant et population vulnérable, Productions d'énergies renouvelables affectées (ni vent, ni eau)
Zones urbaines		
2003, 2010	Ilots de chaleur urbaine Mauvaise régulation thermique dans les nouveaux bâtiments	Adaptations existantes : Réglementation thermique adaptée et outils de simulation dans les nouvelles constructions
Infrastructures et Habitat		
Août 1996	Dessiccation des argiles Dommages des maisons : fractures, fissures, écoulement	Adaptations existantes : Assurance, cartographie de l'aléa argiles, Etudes de terrain préalables à la délivrance de permis de construire, Arrêtés catastrophe naturelle actualisés Facteurs aggravants : Hiver précédent très pluvieux et gonflement des argiles, Nature des constructions, Végétation près des fondations
Ecosystèmes		
Mai 2010	Réchauffement de l'eau, niveau d'eau plus bas, faune et flore impactées	
1976, 1989-1990	Dépérissement de certaines espèces ligneuses (hêtre)	Facteurs aggravants : Stress hydrique
Été 2003	Croissance de la végétation ralentie	Facteurs aggravants : Epuisement des ressources hydriques
Été 2003 (Virois, sud Calvados et Auge)	Bloom planctonique Eutrophisation des eaux continentales et littorales (cf température augmente, donc demande en oxygène en hausse)	

Tableau 12 : Vulnérabilités passées du Calvados aux événements de sécheresse et canicule.

Synthèse

Les épisodes de sécheresse ont des impacts importants et variés sur le territoire. En terme de quantité, les ressources souterraines de la plaine de Caen sont très rarement en stress et dépendent largement des dynamiques des années précédentes. Les ressources en eaux superficielles et littorales sont plus fortement affectées en termes de qualité et quantité (en particulier dans le Bessin au Virois). La mise en place de mesures réglementaires concernant l'usage de l'eau est cependant très fréquente en été. Les grandes chaleurs affectent particulièrement les populations vulnérables (cf. épisode de canicule 2003). En parallèle, les transports et le tourisme profitent de ce type d'événements puisque le nombre de touristes semble régulièrement en hausse lors de ces épisodes de chaleur. Cet accroissement de la population engendre des difficultés supplémentaires sur les stations de traitement des eaux et sur la demande en électricité déjà sujet à des dysfonctionnements.

Par ailleurs, les infrastructures, les habitats et les voiries sont soumis à un stress important liés aux matériaux de construction et au socle argileux très sensibles à ces changements hydriques. Ce phénomène est de mieux en mieux pris en compte à travers des études et cartographies des zones vulnérables. Cependant, de nombreuses zones sont encore problématiques et les études préalables à la délivrance de permis de construire non systématiques.

La sécheresse affecte durablement les espèces ligneuses. Ainsi certaines essences peuvent venir à disparaître au fil des épisodes successifs de sécheresse. Les écosystèmes aquatiques sont les plus touchés par la hausse constante de température de l'eau, impactant faune et flore, notamment à travers le phénomène d'eutrophisation. Un autre impact de cette hausse de la température est également l'apparition de blooms planctoniques.

Le développement et la prolifération d'algue et de plancton toxiques peut alors avoir des conséquences sur le taux de mortalité des poissons et de crustacés et plus indirectement sur les ventes liées à ces activités de pêche et conchyliculture.

L'agriculture et l'élevage sont les éléments les plus impactés. Le stress hydrique implique un ralentissement de la croissance des végétaux, impliquant une alimentation plus difficile du bétail pâturant, et des rendements affaiblis pour les grandes cultures. De nombreuses mesures sont mises en place parmi lesquelles des politiques réglementaires (dérogation, arrêtés préfectoraux), économiques (aides conjoncturelles, plan de soutien) et techniques (diversification de l'alimentation, gestion des stocks, ...).

3.1.3. Tempêtes

Parmi les épisodes de tempêtes ayant lourdement impacté le territoire côtier du Calvados, ceux de Février et Décembre 1999, Mars 2007, Février et Mars 2010 ont servi à l'analyse des vulnérabilités. Les événements les plus impactants sont souvent associés à des périodes de forts coefficients de marée, qui associés provoquent une augmentation de la houle. Le suivi des vents, de la houle, des marées sont les principaux indicateurs de ces événements.

Occurrence	Impacts	Autres
Milieu Littoral		
Mars 2008	Submersion marine Erosion cotes sableuses, côtes rocheuses	Adaptations existantes : Atlas des zones situées sous le niveau des marées centennales, Projet de plan de prévention des submersions marines Facteurs aggravants : Froid, niveau élevé des nappes d'eau souterraine, précipitation, épisodes venteux précédents
Février-Mars 2010	Inondation, vagues Affaiblissement des digues Submersion	Adaptations existantes : Renforcement ou élévation des digues, Plan de prévention des risques, Mise en évidence de défaillances dans l'anticipation du risque de submersion marine, Mise en place d'une commission au sénat et d'une étude sur le littoral, Aquabarrières à Lusigny Facteurs aggravants : Coefficient de marée haut, houle forte
Ecosystèmes		
Mars 2010	Inondation par la mer, submersion Intrusion d'eaux salines dans les marais	Facteurs aggravants : Dépend d'un ensemble de paramètres climatiques (houle, niveau de la mer, ...), Fragilisation des cordons dunaires et des barrières naturelles
Risques		
Mars 2008	Mouvements de terrain, érosion	Facteurs aggravants : Niveau des nappes élevé, Pression antérieure
Décembre 1999	Erosion accrue Mouvements des falaises d'argiles gorgées d'eau Coulées de boues Perte de sol et des éléments	Adaptations existantes : Plan de prévention, relocalisation, Suivi littoral Facteurs aggravants : Artificialisation des côtes peut bouleverser le rythme d'érosion, Fortes précipitations
Infrastructures et Habitat		
Février 1999, Mars 2007, Février 2010 (Asnelles, Colleville-Montgomery, Gêfosse-Fontenay, Grandcamp-Maisy, Langrune-sur-Mer, Saint-Côme-de-Fresné, Ver-sur-Mer)	Inondation Effondrement de maisons	Adaptations existantes : Système de pompage, Assurances Facteurs aggravants : Coefficient de marée élevé bloque l'exutoire, et avancée de la mer jusqu'à submersion et débordement
Réseaux et accès aux services		
Février 1999, Mars 2007, Février 2010	Voiries impraticables Hôpitaux inondés Coupures d'électricité	Adaptations existantes : Réquisition rapide de services de réparation Facteurs aggravants : Age du réseau
Economie et emploi		
1999	Absence au travail, moins de main d'œuvre	Adaptations existantes : Anticipation des chaînes de production et des ressources humaines
Population et Santé		
1999	Isolement et zones dangereuses	Adaptations existantes : Mise en place de systèmes d'alertes, Réquisition des services de sécurité civile
Pêche		
1999, 2010	Destruction des parcs à huîtres Fort taux de mortalité des huîtres	
Sylviculture		
Février 2010	Chute d'arbres	Adaptations existantes : Volume de bois récolté en hausse les années suivantes Conséquences directes sur le court terme et long terme

Tableau 13 : Vulnérabilités passées du Calvados aux événements de tempêtes.

Synthèse

Les événements de tempêtes, lorsqu'ils surviennent dans des conditions de forte marée engendrent des impacts importants sur le milieu littoral au niveau géomorphologique (modification du trait de côte) et les éléments qu'il supporte (écosystèmes, habitat, infrastructures) à travers des aléas de type érosion, submersion, écroulement de falaise, mouvements de terrain. Ces risques sont d'autant plus fréquents lorsque ces événements sont liés à de fortes précipitations. L'accès limité aux réseaux de transports et aux services énergétiques peut alors paralyser l'économie pendant plusieurs jours. Enfin, la chute d'arbres plus ou moins importante entraîne des impacts économiques et environnementaux sur la gestion des forêts. Les inondations par la mer peuvent être une des conséquences des tempêtes dans certains cas, provoquant une intrusion des eaux salines et une modification durable des écosystèmes.



Figure 21 : Tempête et marée haute à Vers sur mer en mars 2010 (Source AFP).

3.1.4. Inondations

Les vulnérabilités du Calvados aux inondations ont été analysées à travers les événements marquants de Novembre 1974, Janvier 1995, Mai 1998, Décembre 1999, Juillet 2000, Printemps 2001, Juin et Juillet 2003 (Pays d'Auge), Juin 2009, Février, Juillet et Novembre 2010. Ces événements sont souvent caractérisés grâce aux variables climatiques suivantes : fortes précipitations, un nombre de jours successifs de précipitations élevé, et des sols humides.

Occurrence	Impacts	Autres
Eau		
Janvier 95	Eau potable contaminée Lessivage plus important peut contaminer eaux superficielles, et eaux littorales proches des estuaires	Adaptations existantes : Mise en place d'un syndicat de gestion des inondations et Réalisation d'ouvrages de protection Facteurs aggravants : Sources de pollution, Nature des terrains (fort ruissellement implique pollution immédiate), Itinéraire technique des exploitations agricoles
Pêche		
2009	Des dérives de qualité des eaux littorales influent la qualité sanitaire des coquillages pour les gisements sous des écoulements de rivières (Dives)	Adaptations existantes : Diffusion et sensibilisation des précautions, Interdiction de pêche Facteurs aggravants : l'influence des panaches
Agriculture-Elevage		
Janvier 95	Bétail noyé, Travail perturbé Matériel perdu Stock perdu	Adaptations existantes : Assurance, Système d'alerte, Cartographie zone vulnérable, Relocalisation temporaire, Solidarité entre agriculteurs Facteurs aggravants : Topographie, artificialisation des zones de crues d'épandages naturelles
Novembre 1974	Terrains noyés, récolte perdue	Adaptations existantes : Plan de soutien
Accès réseau et services		
Janvier 95, 2001	Canalisation et réseaux d'assainissement saturés car sous dimensionnés Réseaux de transport affaiblis ou coupés Réseaux énergie perturbés	Adaptations existantes : Renforcement des digues et des moyens de transports, Inventaire réseaux, Re dimensionnement des ouvrages Facteurs aggravants : Vents, Succession de périodes d'inondations avec infrastructures déjà affaiblies ou sol déjà gorgé d'eau, Fragilisation antérieure
Risques		
Mai 1998(Vire, Saint Sever), Juin 2009, (Hermanville) Février 2010 (Bayeux, Commes)	Coulées de boues	Adaptations existantes : Cartographie des aléas, études, PPR Facteurs aggravants : Socle géologique, types de sol, types de construction
Zones urbaines		
Janvier 95 (Caen)	Infrastructures paralysées Réseaux de transports paralysés (routier, ferroviaire) Sous sols gorgés d'eau	Adaptations existantes : Surélévation des stocks, et matériels, Evaluation des vulnérabilités des bâtiments, déviation canal, mise en place système d'information, digues temporaires, Cartographie des zones inondables Facteurs aggravants : Imperméabilisation des sols, Fragilisation antérieure
Novembre 2010 (Beuvron en auge)	Infrastructures et Habitat inondés	Adaptations existantes : Plan de prévention risques
Juin 2003 (Trouville)	Torrents de boue	Adaptations existantes : Assurances, PPR, avis d'alerte Facteurs aggravants : Zones naturelles d'expansion des crues artificialisées
Janvier à mai 2001 (Seulles)	Débordements de rivières successifs	Facteurs aggravants : Aggravés par le décalage lié au temps d'infiltration, qui a généré des débordements supplémentaires tardifs
Zones rurales		
Décembre 1999 (Bessin, Virois)	Isolement des villages, coupure d'électricité,	Adaptations existantes : Evacuation et relocalisation des populations, Mobilisation de la sécurité civile

Vallées		
Juillet 2000, Février 2010, Juin 2003 (Pays d'Auge)	Inondation et Coulées de boues	Adaptations existantes : PPR Facteurs aggravants : Aval de petits bassins à forte pente
plaines		
Printemps 2001 (Bessin, Caen-Falaise, cordons dunaires)	Remontées de nappes d'eau souterraine provoquant une paralysie plus longue et un rétablissement plus difficile	Adaptations existantes : Travaux pour favoriser l'écoulement du surplus d'eau Facteurs aggravants : Zones naturelles d'expansion des crues artificialisées ou lits des cours d'eau déviés
Littoral		
divers	Dommages plus ou moins réversibles Flux de sédiments et dépôts modifiés	Facteurs aggravants : Artificialisation des zones d'évacuation (exutoire)
Economie		
Décembre 1999	Port maritime fermé, transactions ralenties	
Ecosystèmes		
	Dépérissements du hêtre (ennoyage, augmentation niveau de la nappe) (Landman et al., 2008)	
	Contamination des milieux aquatiques, Pollution diffuse accentuée, Dysfonctionnements plus ou moins réversibles	Facteurs aggravants : Présence de source de polluants en amont, déviation des cours d'eau naturels
Population et Santé		
Juin 2003	Blessés	
Infrastructures et Habitat		
divers	Dommages plus ou moins réversibles, pertes de biens matériels	Adaptations existantes : Assurance, PPR

Tableau 14 : Vulnérabilités passées du Calvados aux inondations.

Synthèse

Le territoire du Calvados est fréquemment soumis à des phénomènes d'inondation dus à des précipitations importantes en hiver et au printemps provoquant un débordement des rivières et plus rarement une remontée des nappes phréatiques (qui dépend du contexte climatique de long terme). Lorsqu'elles ont lieu en été, leur moindre prévisibilité provoque des dégâts plus importants, notamment sur la population.

Les inondations affectent autant les zones urbaines que rurales, les vallées que les plaines ou le littoral. L'artificialisation des zones naturelles d'épandage de crues amplifie l'ampleur des impacts et peut, suivant les terrains et les pentes, faciliter l'apparition de phénomènes de glissements de terrain et de coulées de boues. Les infrastructures et les habitats noyés, les réseaux de transports, d'énergie et d'assainissement touchés impactent directement l'économie. La perte de biens matériels, notamment dans l'agriculture (stock, bétail, machines, sols), implique des pertes économiques importantes pouvant affecter les activités sur le long terme. La présence croissante de sources de pollution peut exacerber les phénomènes de contamination des eaux souterraines et continentales ainsi que des écosystèmes aquatiques.

L'exposition historique du territoire lui a permis de renforcer ses capacités d'adaptation à travers des outils de planification (plan de prévention des risques, cartographie des aléas, études préalables aux permis de construire). Cependant, l'artificialisation croissante des terres, en particulier sur des zones naturellement inondables ou celles permettant l'évacuation naturelle des crues, amplifie considérablement les dommages provoqués par les inondations. Les fortes précipitations engendrent également un engorgement des stations d'épuration et sont parfois évacuées directement dans les milieux naturels.

Une exposition historique aux inondations (Extraits issus des Diagnostics de Territoire des Pays).



Figure 22 : L'inondation du 31 décembre 1925 à Caen.

A titre d'exemple, l'agglomération de Caen a été affectée par des inondations à maintes reprises :

- 1925-1926 (crue de référence centennale : 640m³/s pendant 15 jours dans les zones basses),
- et de 1974, 1990, 1993, 1995, 1999 et 2001.

Dans le Calvados, les territoires les plus sensibles à ce type d'inondation sont :

- La région de Bretteville l'Orgueilleuse ;
- Le plateau nord de Caen ;
- Le littoral de la côte de Nacre et notamment les marais arrière littoraux de Colleville ;
- Les marais de Chicheboville ainsi que les secteurs qui les jouxtent au nord d'une ligne Soliers/Moult ;
- La basse vallée de l'Orne ;
- La basse-vallée de la Touques, de Lisieux à Pont-L'Évêque et Deauville ;
- les villes de Cabourg et Dives-sur-Mer exposées aux risques d'inondation de la Dives ;
- six communes de la Communauté de Communes de Condé ;
- la commune de Pont d'Ouilly ;
- les vallées de la Vère et du Noireau ;
- et de nombreuses communes dans le Pays en Bessin au Virois.

Les inondations de longue durée liées à la remontée des nappes phréatiques ont été observées dans les terrains bas et mal drainés : en 1982, 1988, 1995, 1999, 2001.

3.2. Synthèse des vulnérabilités actuelles du Calvados aux changements climatiques

La réponse du territoire face aux événements climatiques passés indique la capacité de résilience du territoire face au changement climatique. Plusieurs enjeux sont ainsi mis en valeur :

1. Une exposition élevée aux événements de type extrême

Malgré son climat aux caractères « moyens » (Cantat, 2006), le Calvados est fréquemment soumis à des événements climatiques extrêmes : tempêtes, submersions marines, fortes précipitations entraînant des inondations, sécheresses et canicules et dans une moindre mesure des périodes de grand froid.

La forte densité de population et la présence d'activités économiques directement liées aux caractéristiques physiques du territoire impliquent que les impacts sont souvent importants.

2. Des secteurs plus lourdement impactés

L'agriculture, la pêche et les activités conchyliques, la sylviculture qui dépendent largement des conditions climatiques, sont lourdement impactés. Cependant, la paralysie des réseaux de transport peut ralentir l'activité économique des autres acteurs industriels, en particulier agro alimentaire. Le tourisme largement tributaire de la météo semble sortir bénéficiaire des étés plus chauds.

Enfin, les ressources en eau très abondantes dans le Calvados sont soumises à une pression anthropique telle que certaines conditions climatiques peuvent induire des périodes de stress hydrique important et des problèmes de qualité de l'eau.

3. Des facteurs aggravants

L'occupation du sol détermine largement la nature et le degré des impacts de ces événements extrêmes sur le territoire. La nature très artificialisée d'une grande majorité des surfaces, et l'utilisation de techniques agricoles parfois peu adaptées fragilise les terrains vulnérables.

La forte densité explique aussi la forte utilisation et dépendance des réseaux et services qui, lorsqu'ils sont impactés, paralysent les activités. Elle explique également les externalités négatives significatives sur les écosystèmes à travers des perturbations physiques (e.g. fragmentation) ou chimiques (e.g. pollution). Pourtant, ces écosystèmes offrent des services de régulation et de protection non négligeables en périodes de crues.

4. De fortes capacités d'adaptation

L'agriculture occupe une partie importante des surfaces et a déjà illustré ses capacités d'adaptation à travers la modification progressive des itinéraires techniques face aux modifications du climat.

L'économie est relativement diversifiée et les acteurs ont su rebondir lors de certaines crises, comme celle de l'acier. Cette diversification suggère une moindre vulnérabilité aux changements. Enfin, la présence d'écosystèmes riches, en termes de diversité biologique et de fonctionnement, notamment les zones humides, renforce la capacité de résilience du territoire aux phénomènes d'inondation, de tempête, et de submersion.

5. Des disparités spatiales fortes

L'organisation spatiale de ces enjeux est étroitement liée à la dualité terre-mer, urbain-rural et aux deux socles géologiques présents sur le Calvados. Ainsi, les problématiques de l'eau, des écosystèmes, des traits géomorphologiques, de l'économie et du cadre de vie sont très différentes suivant les milieux et pays. Certains pays semblent mieux armés pour faire face aux risques (Pays d'Auge, Pays de Caen).

3.0 Scénarios de vulnérabilités futures au changement climatique

1. Scénarios de prospectives socio-économiques

Analyser les vulnérabilités futures du territoire au changement climatique requiert de prendre en compte les évolutions potentielles futures des composantes socio économiques du territoire. La partie suivante dresse un bilan des connaissances prospectivistes en matière de démographie, d'urbanisation et occupation du sol, de pression sur les ressources, et de raréfaction des ressources pétrolières.

1.1. Démographie

L'INSEE a réalisé un travail de prospective démographique publié en 2010. A l'échelle de la région Basse Normandie, la population totale en 2007 de 1,46 millions d'habitants atteindra les 1,57 en 2040. L'âge moyen passera de 40,4 à 45,9 ans en 2040 (43,7 ans au plan national). La part des plus de 80 ans doublerait pour atteindre 12% en 2040. La progression démographique sera principalement alimentée par les migrations et l'excédent de naissances sur les décès. La majorité des sorties correspondraient aux jeunes de 19 à 30 ans. Les seniors constituent l'essentiel des arrivants et proviennent généralement d'Ile de France et de Haute Normandie. Le vieillissement de la population dans ces régions accentuerait l'ampleur du phénomène. En 2020, l'INSEE prévoit une rupture dans le développement démographique. Le solde naturel deviendrait négatif (excédent de décès sur les naissances), ce qui ramènerait le taux de croissance annuel moyen de la population à 0,15 %, alors qu'il aurait été de 0,27 % avec un solde naturel nul. (INSEE BN, 2010)

L'INSEE note également que « d'ici 2015, le nombre des ménages bas-normands devrait augmenter quatre fois plus vite que la population. Les personnes seules et les couples sans enfant devraient être de plus en plus nombreux et concentreront plus de la moitié de l'augmentation du nombre des ménages. Malgré une croissance plus rapide de la population urbaine, la Basse-Normandie conserverait son caractère rural. A Caen, deux logements sur cinq devraient être occupés par des personnes seules et de plus en plus âgées. » (INSEE BN, 2005). Les mêmes tendances semblent se dessiner pour le Calvados avec des spécificités géographiques (INSEE BN, 2010). Ainsi, « le Bocage, le Bessin et le Pays d'Auge nord resteraient les trois circonscriptions les plus âgées du Calvados. Le Pré-Bocage deviendrait le territoire le plus jeune ». De plus, « A l'horizon 2021, dans le Calvados, les femmes représenteront encore 70 % des 85 ans ou plus. »

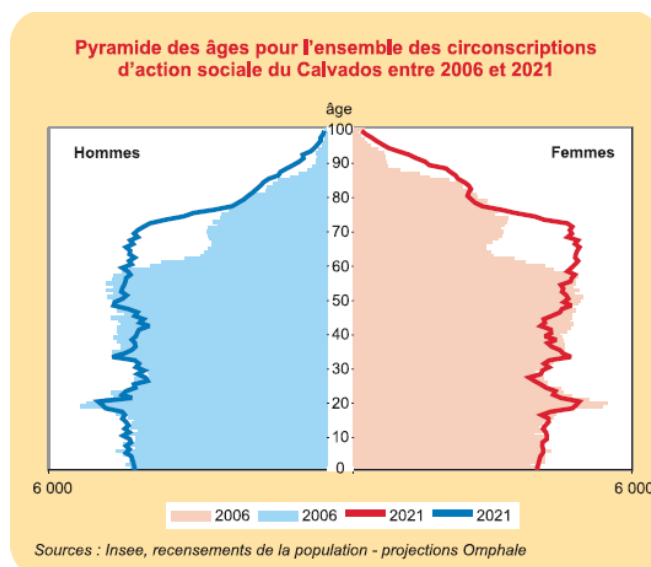


Figure 23 : Pyramide des âges pour le Calvados en 2006 et 2021 (INSEE BN, 2010).

Ces scénarios prospectifs tiennent compte des tendances actuelles de la fertilité, de la mortalité et des migrations. « Toutefois, il faut admettre que les réflexions figurant dans ce rapport n'intègrent pas l'éventualité de la survenance d'événements ou d'évolutions d'une telle ampleur qu'elles auraient pour conséquences d'engendrer au plan sociétal et plus particulièrement du vieillissement des mutations voire des ruptures particulièrement importantes. Cela pourrait être le cas sur le plan de la santé (avec des épisodes pandémiques), du travail (avec un allongement plus que significatif de la durée d'activité), du financement par la collectivité des dépenses médico-sociales (dans un sens restrictif), des facultés et des modes de déplacement en relation avec la localisation des populations... » (CESR BN, 2006). De plus, il n'est pas pris en compte la migration des populations vers les régions littorales plus « fraîches » face au réchauffement des régions du sud de la France et de certaines zones urbaines très sensibles aux épisodes de chaleur urbaine.

L'accroissement de la population sur le territoire du Calvados risque d'exacerber les enjeux déjà préoccupants liés à l'urbanisation, aux infrastructures d'accueil, à l'accès à des services de santé, et à la pression foncière sur l'agriculture et les espaces naturels. De plus, le nombre de ménages augmentant plus vite du fait du nombre croissant de ménages isolés devrait accroître la pression sur les ressources en eau et les enjeux de pollutions.

1.2. Urbanisation et pressions sur les ressources

La démographie croissante du Calvados induit des pressions supplémentaires sur les ressources et sur les terres. Plusieurs thématiques ont été scénarisés : l'urbanisation, l'accès aux services, l'agriculture, les ressources en eau et les transports.

1.2.1. Périurbanisation & relation ville-campagne

L'étude menée par Calvados Littoral Espaces naturels en 2005 a étudié l'évolution de l'urbanisation sur le littoral. L'analyse montre que le phénomène d'étalement urbain se traduit de deux façons (Calvados Littoral Espaces naturels, 2005) :

- l'étalement urbain sur les communes où la pression foncière a été plus forte.
- le mitage le long des axes routiers où la pression foncière est moins forte.

La poursuite de la tendance actuelle entraînerait l'artificialisation de 2500 ha supplémentaires à l'horizon 2015, et 6 500 ha à l'horizon 2030, selon la SAFER (CG14, 2008).

La ville de Caen qui mène un exercice de prospective pour la ville à l'horizon 2030 illustre bien cette tendance. De plus, on observe que la ville perd des habitants, fait imputable aux familles « qui font le choix d'aller vivre en périphérie, par manque de logements adaptés dans la ville-centre. » (Caen Normandie, 2010).

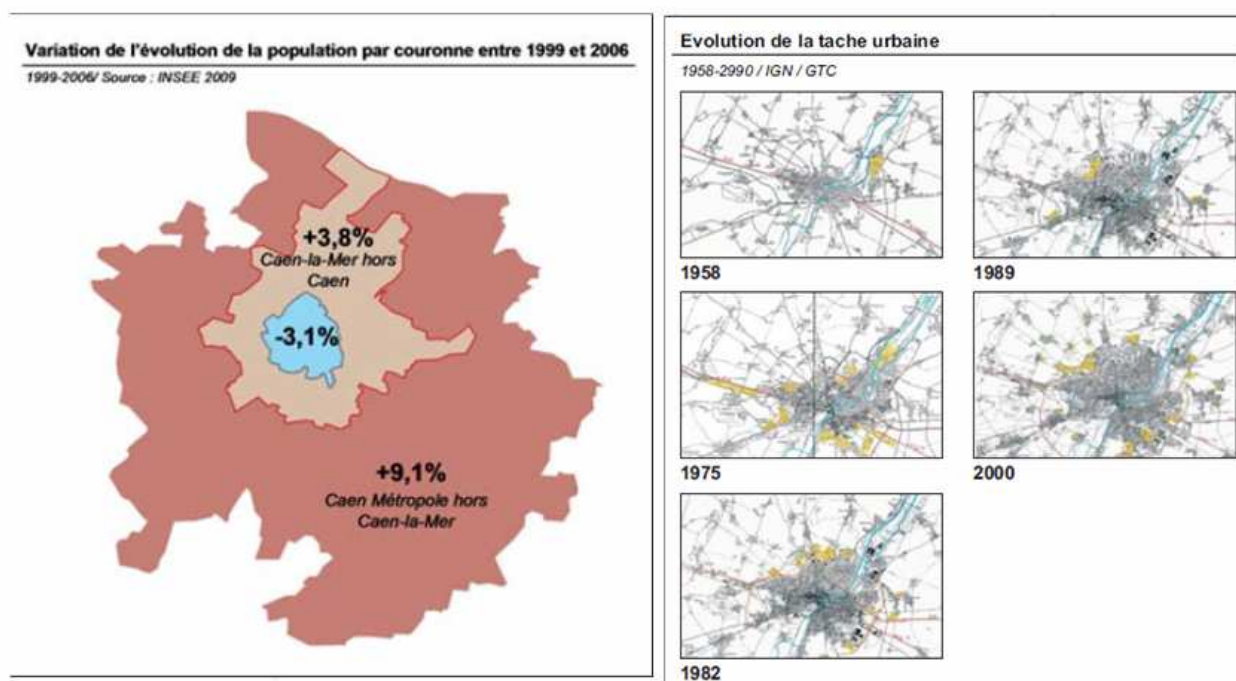


Figure 24 : Evolution de l'aire urbaine de Caen (Caen Normandie, 2010).

La tendance à la périurbanisation est confirmée par les analyses récentes de la DATAR à travers leurs études prospectives « Territoires 2040 ». Les exercices ont été élaborés à travers 5 scénarios prospectifs basés sur la maîtrise du marché foncier, la mobilité individuelle, l'urbanisation compactée, l'innovation technologique, les solutions de proximité, la préservation des espaces non bâtis, l'équilibre rural-urbain, l'articulation des acteurs. Se dégagent 2 scénarios réalistes voire déjà engagés (DATAR, 2010).

SCENARIO	Tendances	Priorités stratégiques
Numéro 2	la dispersion généralisée s'impose, grâce aux solutions techniques rendant les faibles densités soutenables et l'accès au confort spatial désirable. C'est en somme la « surprise de l'abondance »	l'ouverture du marché foncier, en partenariat public-privé ; la mobilité individuelle durable ; l'innovation technologique soutenable pour les périphéries
Numéro 5	le périurbain est réquisitionné pour son intérêt écologique global par les villes qui dominent leur région et équilibrent ainsi leur empreinte, dans un contexte de très fortes contraintes environnementales. C'est en somme « l'après-catastrophe »	la maîtrise foncière des grandes périphéries urbaines ; les équilibres écologiques des villes-territoires ; la constitution de pouvoirs publics/privés métropolitains

Tableau 15 : Les scénarios de prospective territoriale les plus réalistes (DATAR, 2010).

Les espaces ruraux ne sont pas en reste de mutations comme en témoigne l'étude prospective de l'INRA sur les « Nouvelles Ruralités » en 2030. Les 4 scénarios ont pour composantes principales : la mobilité dans les rapports villes-campagnes, les dynamiques économiques dans les campagnes, les ressources naturelles et patrimoniales, la gouvernance des territoires ruraux et d'autres éléments de contexte.

L'INRA note que les stratégies des acteurs locaux détermineront les tendances futures, de même que leur histoire, mais que « l'image des territoires ruraux à l'échelle de la France sera vraisemblablement davantage une hybridation des différents scénarios que l'expression d'un seul ». (INRA, 2008)

1.2.2. Accès aux services de soin et de santé

Les constats et les projections dans le domaine de l'accès aux services de soin et de santé sont liés à « des espaces en difficultés, notamment en milieu rural, et des perspectives de cessations d'activités des médecins ». (CESR BN, 2009). Le CESR de Basse Normandie propose la mise en place de réponses à cet enjeu : le développement des actions de prévention et d'éducation à la santé, la formation d'un nombre accru de professionnels de santé et en particulier de médecins en tenant compte des besoins spécifiques de santé à l'échelle de grands territoires, et enfin, l'amélioration organisationnelle de l'offre médicale. Les deux premières solutions ont des horizons temporels plutôt de moyen terme et relèvent de décisions en grande partie gouvernementales. En revanche, « l'organisation optimisée de l'offre de soins peut très rapidement (d'ici cinq ans) produire des améliorations sensibles ou tout du moins limiter les effets déstructurants d'une démographie médicale déclinante. » (CESR BN, 2009)

1.2.3. Agriculture et sécurité alimentaire

L'impact des prix des produits agricoles semble se répercuter essentiellement sur le consommateur à travers les industriels de l'agro alimentaire et les distributeurs (CA Normandie, 2008). La consommation évolue en fonction du prix relatif des denrées (le prix des corps gras a baissé de 50 % sur les 50 dernières années, tandis que celui des légumes a progressé de 40 %), de l'information nutritionnelle et les caractéristiques du consommateur (le niveau de revenu, l'âge, le niveau d'éducation, la région, le niveau d'activité). (CA Normandie, 2008).

A partir de la demande en aval, la chambre d'Agriculture de Normandie a ainsi dégagé 4 scénarios intitulés "nordique", "transition USA", "crise" et « tendanciel ». Ce dernier étant un prolongement des tendances actuelles, il en ressort que les produits laitiers restent un marché en pleine croissance mais sujet à ajustement (matière protéique à privilégier à la matière grasse, gamme de fromages à développer, appellations à renforcer). La filière bovin-viande semble rester en croissance mais l'offre sera peut être simplifiée. L'alimentation à l'herbe des bovins conférant une composition intéressante de la viande en acides gras insaturés, ces caractéristiques pourraient être mises en avant. Les produits élaborés issus de la filière porcine et volailles semblent en croissance. 65% des céréales produits en Normandie sont exportés. La production de céréales reste stable dans le scénario tendanciel, mais en hausse dans les scénarios de type « transition vers les USA » qui favorisent la consommation de volaille et porc (consommant des céréales) (CA Normandie, 2008).

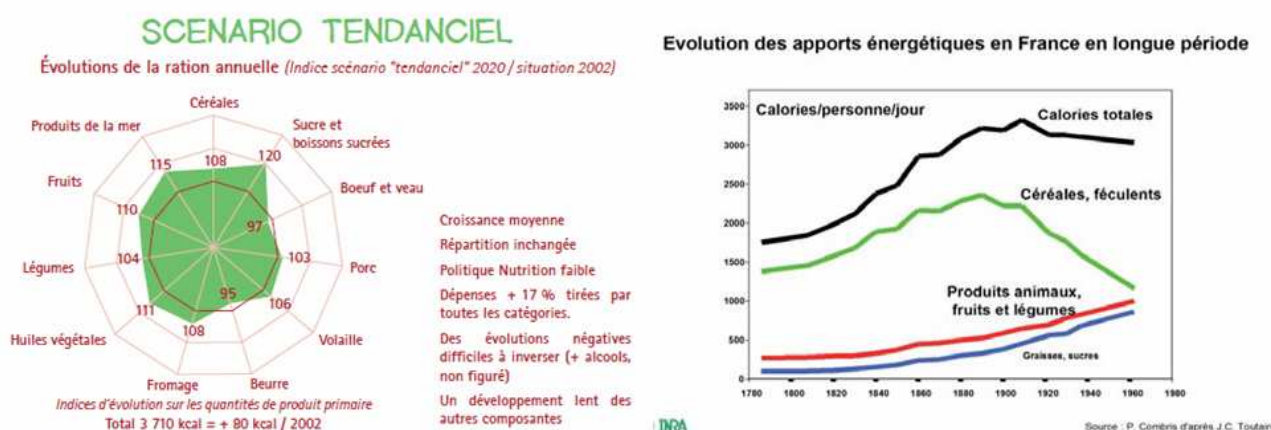


Figure 25 : Evolution de l'alimentation en Normandie en 2020 (CA Normandie, 2006).

1.2.4. Les ressources en eau

L'AESN a mené une étude prospective de la qualité des milieux aquatiques à l'échelle du bassin Seine Normandie à l'horizon 2015. L'analyse montre que « pour ce qui concerne les pollutions « classiques » (matière organique, MES...) la qualité générale des rivières serait meilleure en 2015, tandis que les pollutions diffuses se stabiliseraient, mais bien au-dessus des normes, des problèmes émergents poseraient d'importantes questions sanitaires ; finalement, seuls des « îlots » de bonne qualité seraient épargnés au milieu d'un environnement aquatique globalement dégradé. Trois grands types de facteurs d'infléchissement sont identifiés : la réglementation, la pression citoyenne et les actions locales et contractuelles ; la Directive Cadre sur l'eau constitue, dans ce contexte, un levier d'action plus puissant potentiellement que les autres, pour aller au-delà de l'image tendancielle» (AESN, 2006). De plus, « la poursuite des dynamiques actuelles conduit à une dégradation des fonctionnalités environnementales qui n'est acceptable pour aucun acteur. » (AESN, 2006)

Dans le cadre de l'élaboration du SDAEP en 2004, une étude prospective a été menée sur l'adéquation des ressources en eau et des besoins pour l'horizon 2020, en termes de quantité et de qualité sur l'ensemble du Calvados (CG14, 2004). L'analyse met en évidence que la qualité des ressources est l'enjeu central pour assurer l'adéquation future entre les ressources et les besoins. Les estimations des besoins sont basées sur l'évolution de la population (+11% entre 2000 et 2020) et sur l'amélioration du rendement. La plupart des pays ont un bilan excédentaire en terme de quantité, sauf la Côte de Nacre et la région de Caen. En termes de qualité, toutes les ressources présentent un risque en pollution par les nitrates, pesticides (notamment atrazine), matière organique et bactériologique. A cet égard, le bilan global du Bessin et de la région de Caen est déficitaire en prenant en compte la mauvaise qualité de leurs eaux.

Bilan de l'étude prospective des ressources en eau à l'échelle des pays du Calvados. A partir du SDAEP Calvados, (CG14, 2004).

Le bilan du Pays d'Auge est excédentaire et l'eau reste de bonne qualité malgré une teneur importante en nitrates. Le Bessin est sujet à de fortes pollutions par les matières organiques, les pesticides et les nitrates, impliquant un bilan global déficitaire en 2020 (en particulier dans le sud). La Bocage Virois présente également des signes de pollution par les matières organiques dans les eaux superficielles et par les nitrates dans les eaux souterraines. Le secteur de Bayeux-Seulles présente également des teneurs en nitrates importants. La côte de Nacre présente un bilan déficitaire en période d'étiage. De plus, les possibilités de traitement sont contraintes par la pression urbaine et la faisabilité technique. Le Bessin présente également un manque de données. Les ressources en eau de la région de Caen sont soumises à la pression de la demande industrielle plus que de l'habitat et à l'évolution de la teneur en nitrates. Ainsi en 1993, 5% des ressources sont classées comme nécessitant dilution ou traitement. L'étude à l'horizon 2020 montre que 83% des ressources appartiendraient à cette catégorie. Il faut noter que le sud, sud-ouest du département présente un bilan excédentaire et de relative bonne qualité (Suisse Normande, Argences-Troarn, sud Calvados). De plus, la zone sud de la nappe du Bathonien (située dans le sud Calvados) est une zone de dénitrification naturelle, propriété originale à protéger.

1.3. Raréfaction du pétrole⁴

Selon le CEREN, la croissance mondiale et la tension sur les réserves impliquent une hausse inéluctable des prix de l'énergie. Le prix d'équilibre du brut était de 18/25 \$/b (estimation de la période 1990-2002). Les prix pourraient atteindre les 80/100 \$/b pour 2020, mais ne seraient pas inférieurs à 45 \$/b. Dans les années à venir, le prix du pétrole sera extrêmement volatil (JM Jancovici, www.manicore.com).

L'étude des consommations énergétiques par pays illustre la dépendance des transports, des enjeux résidentiels, des services et industries et de l'agriculture aux énergies⁵.

⁴ Le volet atténuation des Plans Climat se concentre sur les enjeux énergétiques. Des études sont menées dans ce cadre. Le cadre de cette étude est l'adaptation au changement climatique. Cette partie dresse donc un aperçu de la problématique. Pour d'autres informations, voir les études sur l'atténuation.

⁵ Cette dépendance au pétrole est très forte pour l'agriculture du fait de l'énergie nécessaire aux machines et à l'utilisation des intrants, tous deux dérivés du pétrole.

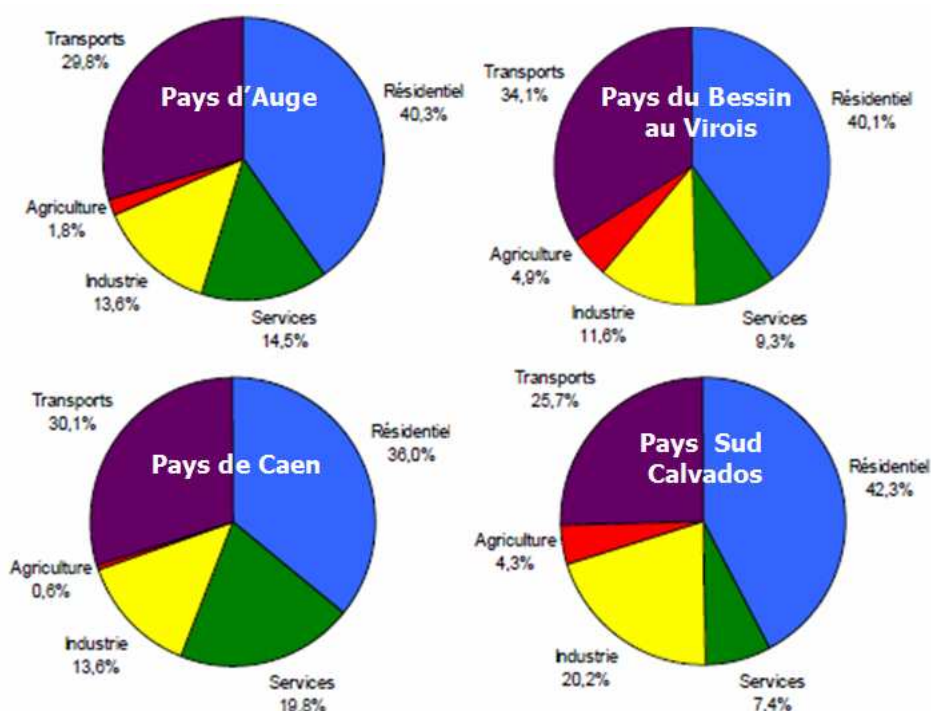


Figure 26 : La répartition sectorielle des consommations énergétiques par pays (Ademe, Région Basse Normandie, Biomasse Normandie, 2005).

1.3.1. Population et énergie

Les conséquences directes au niveau résidentiel sont le développement d'alternatives énergétiques renouvelables, une réorganisation des transports et de l'environnement de travail. La précarité énergétique de certains ménages pourrait être accentuée et concernerait plus uniquement le chauffage, mais également les déplacements. Ainsi, la raréfaction des produits pétroliers et de l'énergie en général devrait peu à peu initier le développement d'alternatives pour réduire ou remplacer les modes de déplacements consommateurs d'énergie.

Parmi les options envisagées, le développement de l'inter modalité, des modes de transports doux, du covoiturage, des véhicules électriques, des transports en commun sont déjà évoqués. La promotion d'une gestion plus durable de l'environnement de travail (télétravail, moins de déplacements, plus de conférences en ligne, cantine collective...) et l'optimisation des consommations énergétiques devrait contribuer à faire face à cette crise énergétique (Ademe Basse Normandie, mission Transport, Entretien).

1.3.2. Energies alternatives

Le développement des énergies renouvelables déjà en marche, devrait s'accélérer dans les prochaines décennies. La filière bois, l'éolien et les énergies marines offrent un potentiel significatif dans le Calvados.

Voir partie 1 2.7.

1.3.3. Agriculture et énergie

En 2010 a été menée à l'échelle nationale, une étude prospective Agriculture Energie (MAAPRAT, 2011). 4 Scénarios ont été défini à partir de l'étude de 5 composantes (33 variables).

Scénario	Processus principaux	Caractéristiques agronomiques et énergétiques
1 Territorialisation et sobriété face à la crise	<ul style="list-style-type: none"> • Crise énergétique et climatique (sécheresses, hausse des prix, rupture d'approvisionnement en engrais azotés) • Crise institutionnelle (décrédibilisation de l'Etat, gouvernance régionale) • Repli régional des échanges commerciaux, relocalisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Fort développement de la méthanisation et des huiles végétales pures • Croissance des surfaces en herbe au détriment des grandes cultures • Forte augmentation des surfaces en protéagineux • Forte réduction des apports en azote minéral • Diminution sensible des rendements
2 Agriculture duale et réalisme énergétique	<ul style="list-style-type: none"> • Forte volatilité des prix de l'énergie et hausse tendancielle • Libéralisation accrue des échanges, baisse des soutiens agricoles mais rémunération des services environnementaux • Fragmentation croissante du monde agricole 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des surfaces en céréales et oléagineux (biocarburants) au détriment des prairies • Stabilité des apports en azote minéral • Augmentation des rendements en céréales • Baisse du cheptel bovin • Fort développement des OGM et des biocarburants
3 Agriculture-santé sans contrainte énergétique forte	<ul style="list-style-type: none"> • Faible contrainte énergétique et politique environnementale peu ambitieuse • Très forte mobilisation des consommateurs et de l'Etat sur les enjeux alimentation et santé • Poids croissant de l'aval dans le pilotage des filières 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte réduction de l'usage des phytosanitaires • Stabilité des assolements avec une progression des oléo-protéagineux • Stabilité des rendements • Réduction du cheptel bovin mais augmentation des rendements en lait • Fort développement des biocarburants de deuxième génération et des HVP
4 Agriculture écologique et maîtrise de l'énergie	<ul style="list-style-type: none"> • Très fort consensus environnemental • Accord climatique USA / Europe très ambitieux • Réorientation massive de la PAC • Transition énergétique et environnementale en agriculture 	<ul style="list-style-type: none"> • Très nette augmentation des surfaces et des rendements en protéagineux • 30 % des surfaces de céréales en semis direct • Très forte réduction des apports en azote minéral • Stabilité des rendements et des cheptels • Très fort développement des EnR, notamment de la méthanisation »

Tableau 16 : Les quatre scénarios prospectivistes Agriculture-Energie (MAAPRAT, 2011).

Les Scénarios 1 et 3 semblent être les plus plausibles au vu de deux signaux que sont : l'investissement des gouvernements décentralisés dans l'agriculture (Scénario 1) et la relation de plus en plus étroite entre grande distribution et production agricole (Scénario 3). Cependant, le scénario 2 presque tendanciel est également à prendre en compte. (MAAPRAT, 2011)

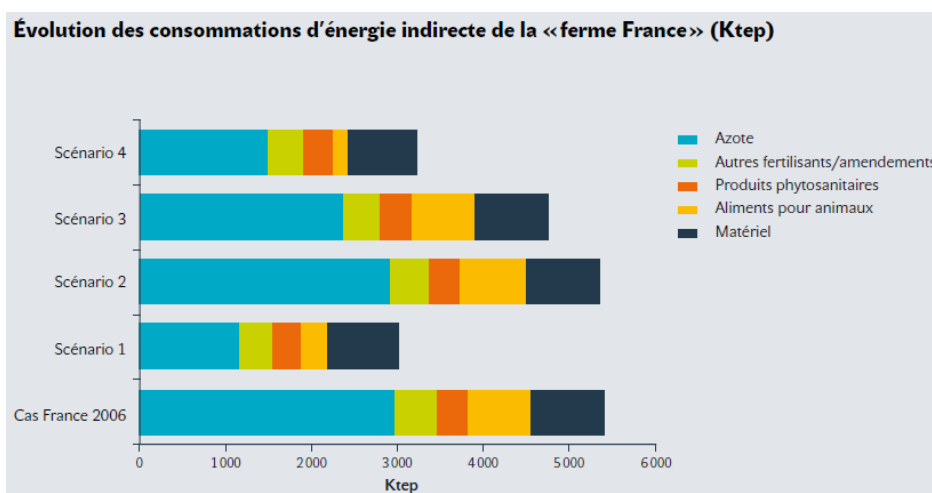


Figure 27 : Evolution des consommations d'énergie de la ferme "France" (MAAPRAT, 2011).

La Chambre d'Agriculture de Normandie prévoit que face à la « hausse du prix des énergies (et des produits dérivés du pétrole) », deux approches se dégagent : recherche d'une meilleure efficacité énergétique et production d'énergies renouvelables sur l'exploitation. (CA Normandie, 2008)

1.3.4. Transport de marchandises et énergie

Le transport de marchandises devrait bénéficier du développement accru des modes de transport doux (ferroviaire) et du transport maritime. En effet, l'« augmentation permanente des échanges, le déplacement des zones de production et de consommation, le renchérissement de l'énergie, l'expansion forte du recours à la conteneurisation font du transport par voie maritime et donc des ports de commerce des modes et des lieux privilégiés de développement économique ». (CESR, 2008).

Cependant, ce développement nécessite des modifications structurelles (ajustement des quais à l'augmentation de la taille des navires, approfondissement des chenaux, augmentation des surfaces de stockage, ajustement correspondant des transports intérieurs ferroviaires et routiers) et est sujet à des contraintes (concurrence des ports voisins, problèmes de disponibilité en espaces pour recevoir et manutentionner les marchandises).

1.4. Prospective économique

L'étude de l'impact de la crise économique de 2008 sur le territoire permet de mettre en valeur la résilience des activités économiques. Ainsi en 2009, à l'échelle de la région, l'INSEE observe un effondrement de la production dans l'automobile et dans les biens intermédiaires. La volatilité des prix agricoles expliquerait le fort recul de la valeur ajoutée et la diminution du volume (-5%). Cependant, le repli de l'industrie semble moins important que dans d'autres régions et est dû à « la meilleure résistance, en Basse-Normandie, de la branche des biens de consommation, en fait principalement de la pharmacie » (INSEE BN, 2010). La construction subit également un impact négatif de la crise mais moindre qu'au niveau national. Ce sont surtout les services marchands qui semblent le plus pâtir de la crise, imputable « à la seule branche des activités financières et immobilières. (...) Le recul de l'activité dans les services aux entreprises, conséquence du repli de l'industrie et de la construction, est de même ampleur en France et dans la région »

La tertiarisation de l'économie se développe dans le Calvados. Mais c'est surtout le secteur de la santé et de la pharmacie qui semble le plus en cours de développement (exemple en 2009, Synergia, 2010). Les mutations importantes dans les secteurs de la chimie nécessitent des évolutions significatives en « termes de recherche, de compétences, de réglementation, de gouvernance, de politique internationale et d'accompagnement des PME. » (Pipame, 2010)

L'analyse des études de prospective existantes sur les enjeux sociaux et économiques montre le degré d'incertitude des scénarios développés. De plus, peu d'études approchent la prospective de manière transversale. Il est donc peu approprié de les relier entre elles et délicat de donner une image homogène à l'échelle du territoire.

Cela étant, les conclusions que l'on peut tirer de ces études semblent mettre en avant les facteurs de vulnérabilité du territoire :

- une population plus importante, majoritairement répartie sur le littoral,
- les activités dépendantes des dérivés pétroliers (agriculture, transports) avec une vulnérabilité accrue.

Ces deux phénomènes mettent en exergue les besoins de prospective territoriale, ainsi que de prise en compte de la maîtrise foncière (étalement urbain, pression foncière,...) et d'accès aux services et réseaux.

2. Scénarios climatiques

Les projections climatiques ont été produites par Météo France dans le cadre de l'étude sur l'adaptation de la Basse Normandie au changement climatique (en cours) à l'initiative de la DREAL.

2.1. Méthodologie pour la projection des données climatiques futures

La méthodologie employée par Météo France a été décrite dans un rapport intégré à l'étude de la DREAL (DREAL, 2010). Cette partie résume les choix méthodologiques ainsi que les limites des résultats (Voir Annexe 3 pour la méthodologie et les résultats).

2.1.1. Méthodologie

Les principaux éléments de la méthodologie sont (DREAL, 2010) :

- utilisation des données historiques : 1971-2000 pour la climatologie de référence ;
- des données quotidiennes ou semi-quotidiennes ;
- 3 scénarios choisis : A2 « pessimiste », B1 « optimiste » et A1B tendanciel ;
- 3 horizons futurs :
 - 2016-2045 pour l'horizon 2030
 - 2036-2065 pour l'horizon 2050
 - 2066-2095 pour l'horizon 2080 ;
- un modèle (ARPEGE-Climat) fournissant des données à 50 km de résolution spatiale ;
- des sorties brutes sans débiaisage par rapport aux séries observées ;
- une méthodologie de cartographie par interpolation reliant la variabilité spatiale du paramètre à celle du relief (AURELHY).

Les 3 scénarios du GIEC (Source ONERC, 2011).

« Le scénario A1 est associé à une croissance économique rapide, une population mondiale atteignant un maximum au milieu du siècle avant de décliner et de nouvelles technologies plus efficaces. Il est aussi caractérisé par une convergence entre régions, en particulier du revenu par habitant. Dans le cas du scénario A1B, l'évolution technologique respecte un équilibre entre les sources d'énergie.

Le scénario A2 est associé à un monde très hétérogène avec un développement économique essentiellement régional, un accroissement continu de la population et une évolution technologique plus lente que pour les autres scénarios.

Le scénario B1 décrit un monde convergent avec une population mondiale culminant au milieu du siècle comme pour le scénario A1. L'accent est placé sur des solutions mondiales orientées vers une viabilité économique, sociale et environnementale, y compris une meilleure équité. »

2.1.2. Les indicateurs étudiés

Les indicateurs climatiques produits par Météo France sont : les températures moyennes sous abri, minimale et maximale, les nombres de jours de gel et de chaleur, les cumuls de pluies, les nombres de jours de pluie et de forte pluie, les températures moyennes de l'hiver, du printemps, de l'été et de l'automne, les températures minimale de l'hiver et maximale de l'été, les cumuls de pluie pour l'hiver et l'été, le bilan hydrique potentiel, et les diagrammes ombrothermiques.

2.1.3. Limites de résultats

Plusieurs types d'incertitude existent et sont à prendre en compte lors de l'utilisation des résultats. Ces incertitudes sont liées à plusieurs sources :

- **la modélisation des systèmes climatiques :**

La construction d'un modèle implique forcément des simplifications de la réalité des processus. De plus, la complexification des modélisations exige des capacités de calculs importantes. L'évolution et l'amélioration des modèles sont donc également liées à l'avancée des capacités de calculs des processeurs.

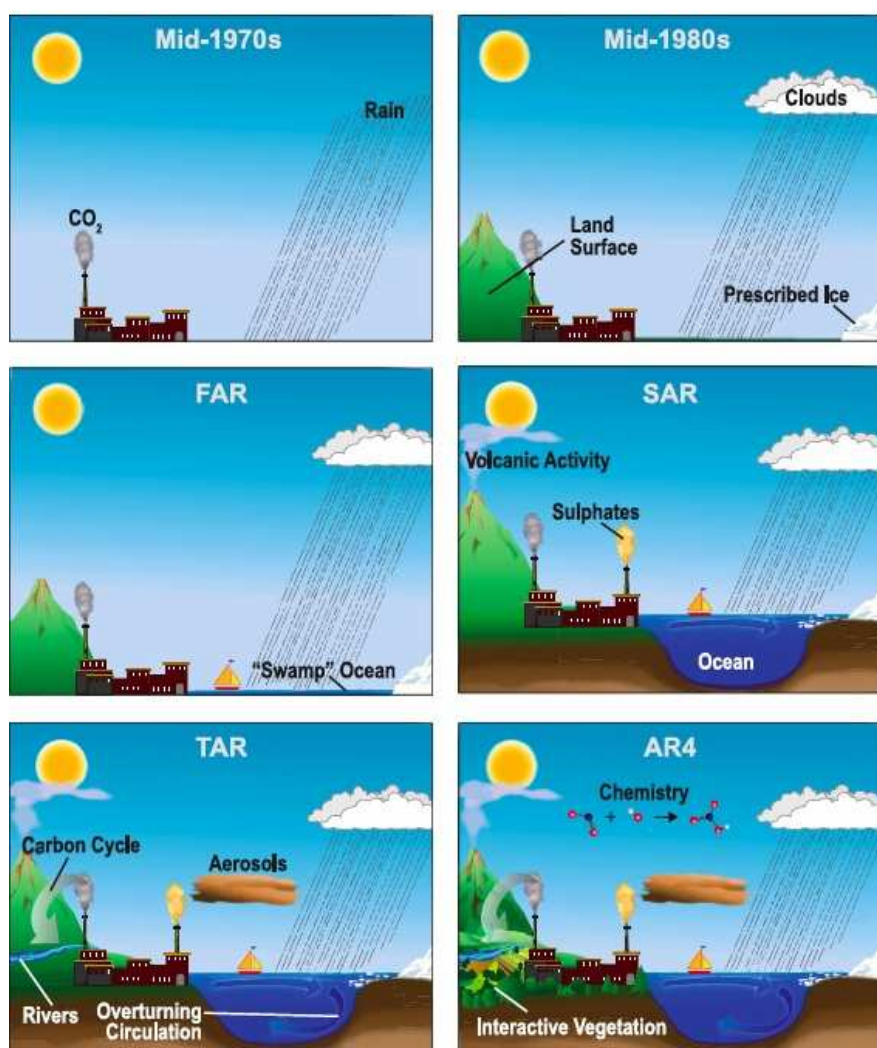


Figure 28 : Evolution du degré de complexité des modèles depuis leurs débuts, mise en parallèle des différents rapports du GIEC (GIEC, 2007).

- **l'utilisation d'un seul modèle**

Il existe une vingtaine de modèles climatiques, construits par des centres scientifiques mondiaux, dont les résultats sont pris en compte dans les rapports du GIEC. En France, deux institutions contribuent à ces avancées : Météo France et l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL). Chacun de ces modèles est différent des autres de par les variables ou dynamiques prises en compte. Les résultats ne sont donc pas identiques. La visualisation de l'ensemble des résultats montre l'amplitude du champ des projections actuelles. Prendre en compte les résultats d'un modèle unique augmente donc considérablement le champ d'incertitude.

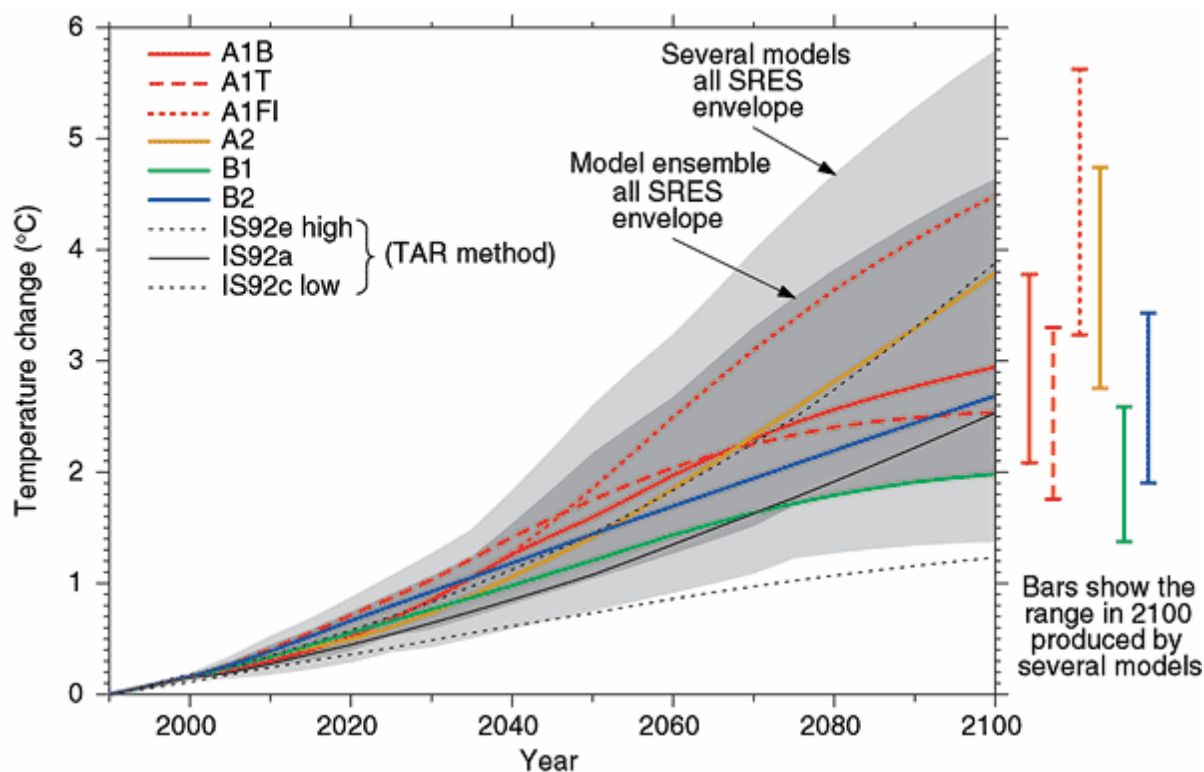


Figure 29 : Les variations de température selon les scénarios du GIEC, enveloppe des résultats des modèles (GIEC, 2001).

- **la visualisation des résultats à des échelles plus fines (cartographie Aurelhy)**

Pour obtenir des résultats à des échelles locales, plusieurs méthodes sont possibles. Les plus complexes et demandant des capacités de calculs supplémentaires sont les méthodes de descente d'échelle (downscaling) dynamique ou statistique. La méthode Aurelhy employée ici prend en compte le relief (paramètre expliquant une grande partie des variations de climat au sein d'un pays climatique) pour affiner l'échelle des résultats. Cette « simplification » est une source supplémentaire d'incertitude.

- **les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (SRES)**

Les projections climatiques sont basées sur 3 scénarios du GIEC. Prévoir les évolutions futures exactes de nos économies est, par construction, impossible et source d'incertitude. Il est donc presque certain que notre futur ne sera pas identique à un de ces scénarios, mais il est sûr qu'il suivra une tendance comprise entre le scénario le plus optimiste et le plus pessimiste. Il est donc intéressant de raisonner en termes de palette des possibles en travaillant avec des « fourchettes » d'évolutions ou d'écarts plutôt que de se limiter à une unique estimation quantitative.

- **les précipitations**

La variabilité des projections est plus importante pour les précipitations que pour les températures. Cette différence est en partie due à la complexité du phénomène et à l'influence considérable du local, qui ne sont pas identiquement pris en compte dans les modèles. Il semblerait qu'il y ait donc plus d'incertitude pour les précipitations que pour les températures.

Pour réduire le champ d'incertitude, les résultats fournis ont été croisés avec les résultats issus des dernières études du CERFACS (2010) et de l'ONERC (2011).

2.2. Résultats

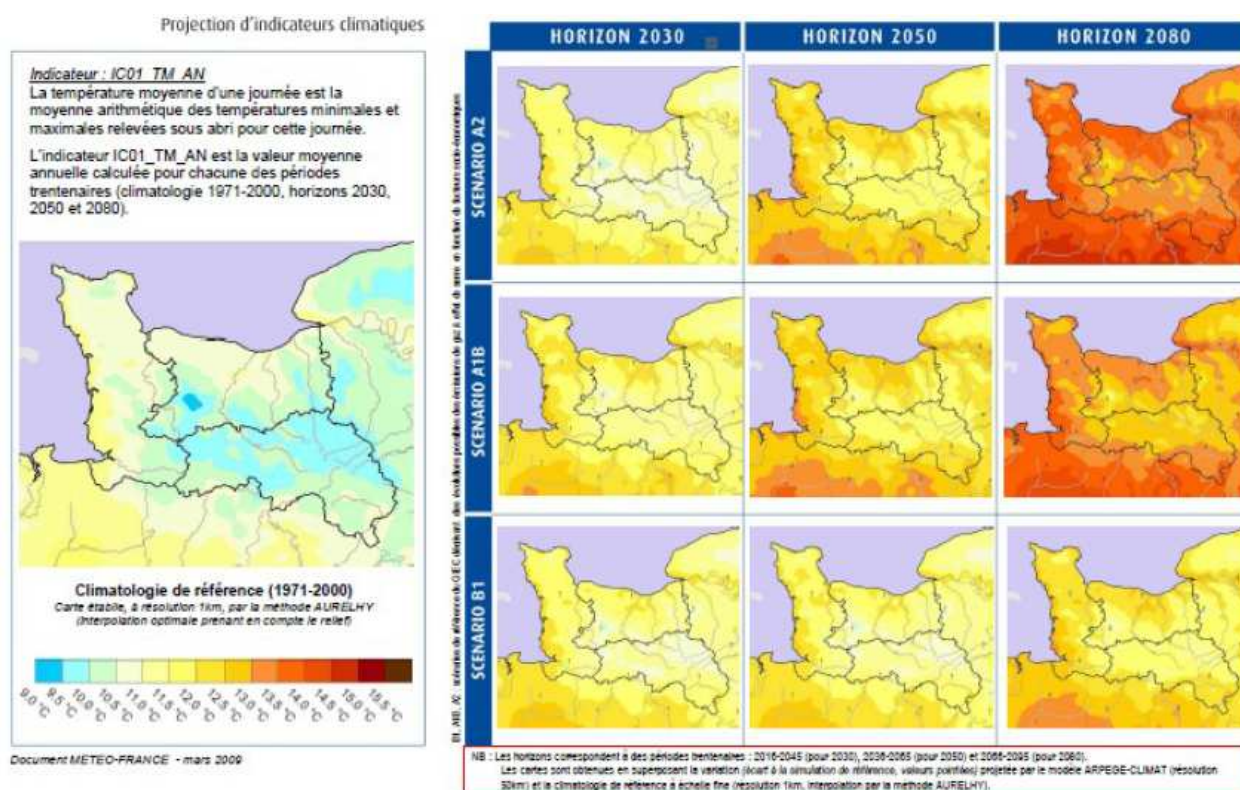


Figure 30 : Projections d'indicateurs climatiques: température moyenne selon 3 scénarios et 3 horizons (DREAL à partir de Météo France).

Pour interpréter les résultats, l'étude des écarts semble efficace car elle permet de donner un panorama relatif des tendances. Cette fourchette est basée sur les résultats extrêmes, minimum issu du scénario optimiste B1 et maximum issu du scénario pessimiste A2 pour les températures, en 2080. Cette tendance n'est pas valable pour les précipitations pour lesquelles les scénarios ne montrent pas de tendances aussi nettes.

2.2.1. Températures projetées

Pour les trois scénarios à l'horizon 2080, les résultats suggèrent une augmentation de

- la température moyenne annuelle (à l'horizon 2080 : +1 à +4°C sur la côte plus chaude, +2 à +4°C dans le sud plus froid)
- de la température minimale moyenne annuelle (+1,5 à +3°C sur la côte plus chaude, +1,5 à 4°C dans le sud plus froid)
- de la température maximale moyenne annuelle (+2 à +4°C dans le Bessin plus froid, + 2 à +3°C dans la plaine de Caen plus chaude).

Température moyenne en hiver :

+2 à +4°C dans le sud

+2,5 à 3°C sur la côte

Température moyenne en été

+2 à +4°C dans le sud, est et Pays d'Auge

+2,5 à +4,5°C sur la côte/plaine de Caen

Et des évolutions moins marquées en printemps et automne :

Température moyenne au printemps :

+2 à 3°C dans le sud, est et Pays d'Auge

+1,5 à 2,5°C sur la côte/plaine de Caen

Température moyenne en automne :

+2 à 3,5°C dans le sud, est et Pays d'Auge

+2 à 3,5°C sur la côte/plaine de Caen

2.2.2. Pluviométrie

Alors que les résultats de A1B semblaient situés entre ceux de A2 et B1 pour les températures, le scénario B1 montre des évolutions moins radicales (écarts moins importants) que A1B et A2 pour les précipitations.

Pluviométrie moyenne annuelle :

-100 à -300mm dans le Pays d'Auge et le sud ouest

-100 à -300mm dans la plaine de Caen.

Le nombre de jours de pluies :

-10 à -30 jours dans l'ouest, sud-ouest et le Pays d'Auge

-10 à -30 jours dans la plaine de Caen

Au niveau saisonnier, les variations sont moins claires. La pluviométrie hivernale semble légèrement diminuer (-50mm en 2080) pour les scénarios B1 et A1B et rester presque stable pour le scénario A2. La pluviométrie estivale semble diminuer plus significativement (-150mm en 2080) pour les scénarios A1B et B1 et moindre pour le scénario A2. Ces tendances semblent confirmées par les derniers résultats nationaux issus du CERFACS (2010) et de l'ONERC (2011) mais moins corrélées pour les précipitations hivernales (ONERC, 2009). Par ailleurs, cette tendance à la baisse des précipitations annuelles ne suit pas les tendances historiques de la période 1901-2000 qui montraient une tendance sensible à l'augmentation. (cf partie 1 et ONERC, 2009)

L'étude du bilan hydrique montre une nette réduction (jusqu'à 200mm) pour les scénarios A2 et A1B, en particulier pour la plaine de Caen.

2.2.3. Profils annuels

Les diagrammes ombrothermiques illustrent l'évolution des moyennes mensuelles au cours de l'année pour les trois horizons et scénarios.

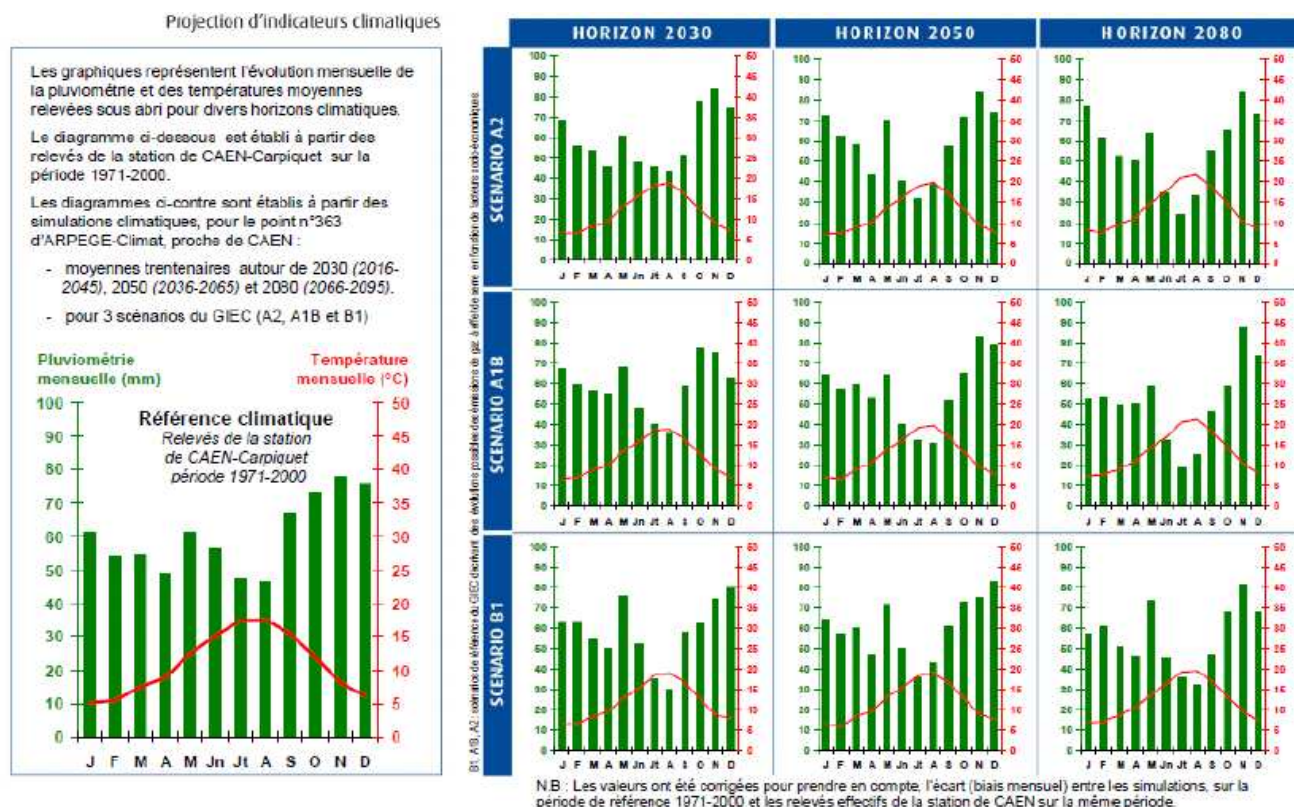


Figure 31 : Diagrammes ombrothermiques de Caen pour le présent puis selon 3 scénarios et 3 horizons (DREAL à partir de Météo France).

Les résultats des trois scénarios se rejoignent à l'horizon 2080. Le niveau de précipitations mensuelles est le paramètre le plus variable entre les 3 scénarios et sur les trois horizons.

Le scénario B1 semble montrer une évolution plus rapide (changement dès l'horizon 2030) mais moins radicale (écart moins important) que les scénarios A2 et A1B. Les cumuls de précipitations mensuelles montre une exagération des extrêmes : les mois de février, mai et novembre apparaissent beaucoup plus pluvieux que le reste de l'année. Il ne semble pas y avoir de décalage au niveau des périodes pluvieuses. La courbe de température est décalée vers le haut et se « resserre », confirmée par une évolution moins marquée des températures au printemps et en automne.

Au niveau du profil, la tendance semble être une évolution vers un climat plus sec et chaud en été et moins humide et moins frais en hiver. La représentation telle que $P=2T$ permet de mettre en valeur l'évolution vers des étés déficitaires en eau pour la croissance végétale (stress hydrique durant 2 à 3 mois).

2.2.4. Les extrêmes

Des projections ont également été construites pour les valeurs extrêmes des températures chaudes et froides.

Le nombre de jours de gelée :

- 15 à -25 jours de gelée en moins sur la côte
- 25 à -35 jours de gelée en moins dans le sud

Le nombre de jours de chaleur :

- +10 à 30 jours de chaleur en plus sur la côte et dans le Virois plus frais
- + 20 à + 45 jours dans le sud-est et Bessin

A titre de comparaison, en juillet 2006, la température moyenne du mois de juillet a été en moyenne supérieure de 2 à 3 °C (plus marqué dans le sud du département), des températures supérieures à 35°C ont été enregistrées pendant 4 à 6 jours. (Météo France). Durant la canicule de l'été 2003, il y a eu 43 jours avec des températures supérieures à 25°C à Caen (Cantat, 2006).

2.3. Analyse des projections et notion d'analogie

Les résultats issus de Météo France permettent d'avoir une vision du climat futur potentiel. De plus les résultats issus du seul modèle ARPEGE semblent être corrélés aux résultats les plus récents issus d'autres modèles (cf CERFACS, 2010 et ONERC, 2011).

2.3.1. Synthèse

L'utilisation des trois scénarios permet de dresser un panorama probable des évolutions en terme de température et de précipitations. L'interprétation par écart permet de mettre en évidence la relativité des phénomènes. En effet, même si les évolutions paraissent faibles en comparaison à d'autres parties du globe, les tendances relatives sont importantes comparées à l'amplitude moyenne du climat normand.

Par ailleurs, la description du climat actuel du Calvados dans la partie 2 mettait également en valeur à côté du climat relativement « moyen » normand, des variations extrêmes fréquentes. **Il semble que ces phénomènes soient amenés à être de plus en plus fréquents** (BRGM, 2009 et 2010).

Le profil du climat tendrait à changer radicalement puisque la hausse des températures et la répartition légèrement différente des précipitations engendreraient une période de stress hydrique en été. « On passerait ainsi d'un climat régional caractérisé par la fraîcheur et une humidité importante à un temps marqué par une évapotranspiration, des températures minimales et maximales ainsi qu'une vitesse du vent et un rayonnement solaire plus élevés » (Le Gouée et al., 2010).

2.3.2. La notion d'analogie climatique

Si l'on se base sur le diagramme ombrothermique de Caen, il peut être intéressant de comparer son état futur potentiel avec celui actuel d'autres villes. Il s'agit d'identifier des analogues climatiques (Hallegatte et al., 2007). Cela permet d'avoir une vision de ce vers quoi le climat futur d'une région semble tendre, entraînant avec lui certaines dynamiques territoriales (eau, sol, milieux, écosystèmes, ...). La mise en réseau de ces analogues climatiques permet de partager des expériences, des pratiques et de mieux préparer son adaptation. De plus, c'est un outil de communication et sensibilisation efficace.

Sans passer par la modélisation des correspondances, de manière qualitative donc, le phénomène de méditerranéisation associé à une forte influence marine nous pousse à regarder du côté des villes de la côte de la Méditerranée, et plus particulièrement des îles.

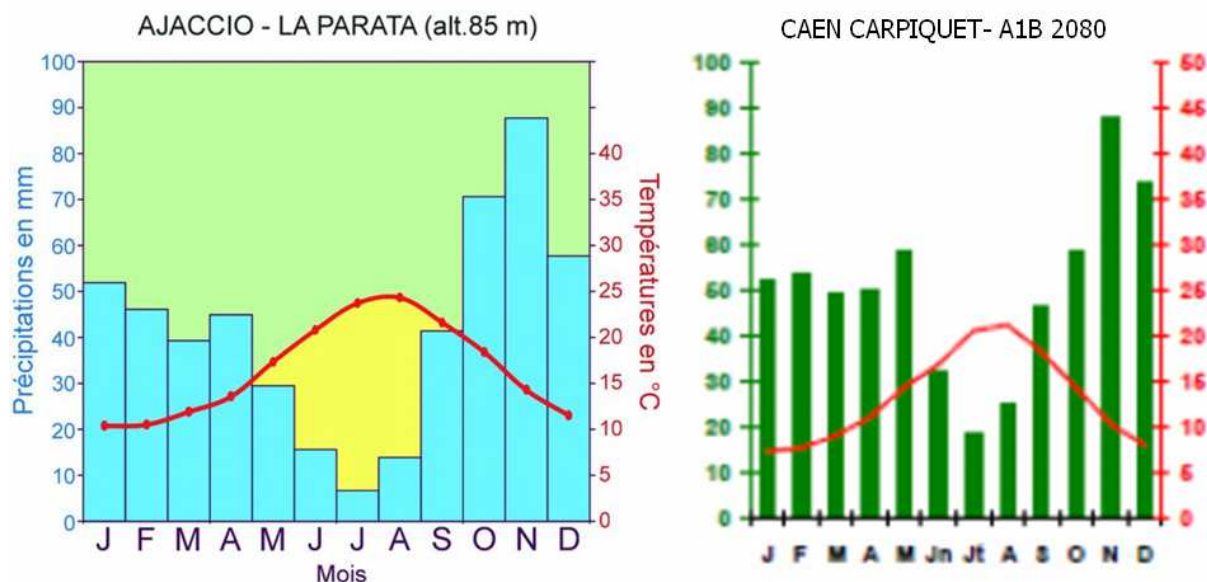


Figure 32 : Diagrammes ombrothermiques d'Ajaccio présent et Caen en 2080 avec le scénario A1B (profil d'Ajaccio :educorsica.fr, et Météo France pour Caen).

Ainsi, le profil climatique futur potentiel en 2080 pour Caen semble se rapprocher de celui de certaines villes de Corse. Ajaccio présente un profil de précipitations comparable, les températures restant en moyenne plus chaude en Corse de 3 à 5°C et le déficit hydrique plus frappant. Il apparaît donc très approprié de parler de phénomène de méditerranéisation : **des pluies plus violentes, un profil saisonnier très marqué, et une période de déficit hydrique en été.**

2.4. Autres résultats

D'autres études permettent d'illustrer et qualifier les probables changements climatiques et leurs impacts sur le niveau de la mer, la concentration en CO₂, les rayonnements solaires et le vent, et l'occurrence des tempêtes.

2.4.1. L'augmentation du niveau de la mer

En ce qui concerne l'augmentation du niveau de la mer, dans la Manche, la moyenne d'élévation de 1mm/an entre 1950 et 1970 semble atteindre dorénavant les 3mm/an depuis 1970 (Regnault et al., 1998 ; GIEC, 2007). Les données historiques de Brest suggèrent une évolution moins claire (Figure 33). De plus, la hausse du niveau de la mer constatée sur la côte au niveau local est très variable, comme en témoigne l'étude du Conservatoire du Littoral (Clus-Auby, 2004). Enfin, les hausses observées peuvent être autant liées à un changement climatique (long terme) qu'à une variabilité climatique (court terme). Il s'agit donc de prendre ces estimations avec prudence.

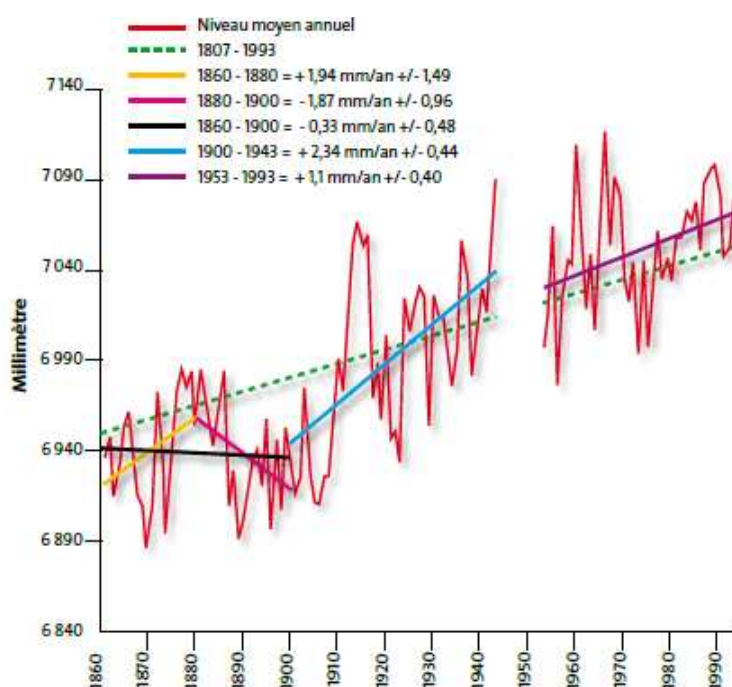


Figure 33 : Evolution du niveau de la mer à Brest depuis 1860 (Lenôtre et al., 2009).

Cela étant, les observations actuelles se situent dans les fourchettes hautes des résultats issus des modélisations (DREAL, 2010). De récentes publications semblent remettre en cause le taux constant proposé par le GIEC (3,2mm/an) du fait de polémiques sur la contribution réelle des trois processus à l'œuvre : l'expansion thermique, la fonte des calottes glacières et la fonte des glaces du Groenland et de l'Antarctique ouest (GIEC, 2007). Les nouvelles estimations proposent donc une élévation atteignant 2m d'ici 2100 au lieu de 50 cm initialement projetée. L'ONERC a choisi de prendre comme base de prospective une submersion de 100 cm à l'horizon 2100.

2.4.2. La concentration en CO₂

La concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère augmente exponentiellement depuis la révolution industrielle. Elle atteint 390 ppm aujourd'hui. D'autres gaz à effet de serre sont également présents dans l'atmosphère. L'ensemble de ces gaz, issus en grande partie des activités humaines, contribue au changement climatique. Cela étant, l'augmentation de leur concentration a aussi des impacts plus locaux sur certains

systèmes, notamment la croissance des végétaux. Le GIEC a développé des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre, exprimés en équivalent de concentration de CO₂. Les concentrations de CO₂ correspondant aux scénarios A2, A1B et B1 atteignent en 2080 une valeur comprise entre 500ppm (B1) et 700ppm (A2).

Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000–2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface

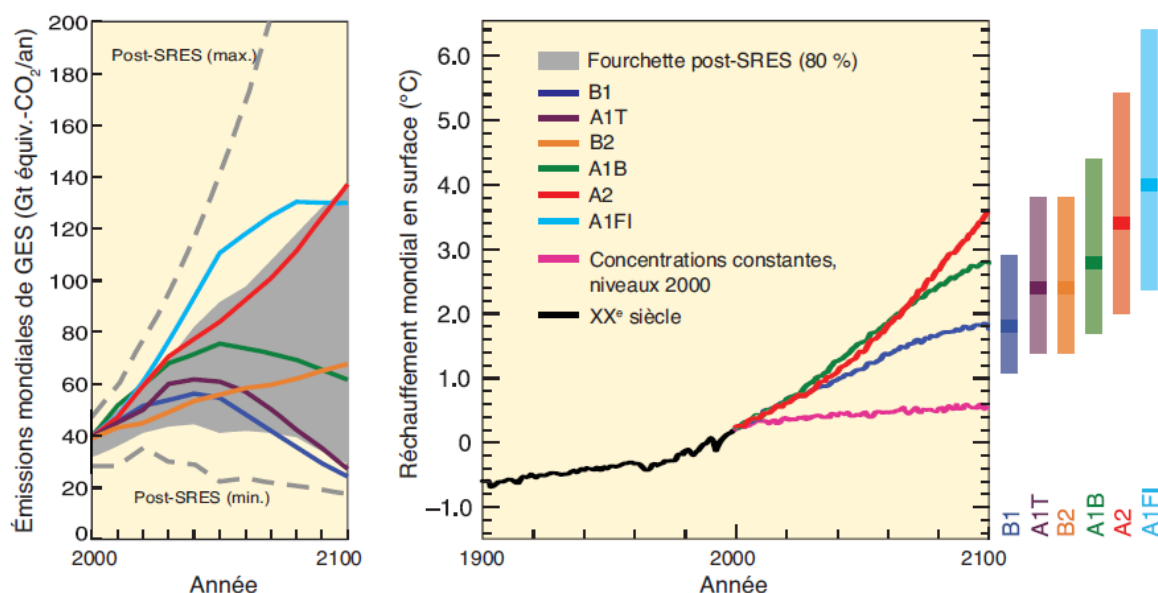


Figure 34 : Scénarios d'émissions de GES pour 2000-2100 et températures de surface (GIEC, 2007).

Dans tous les cas de figure, la concentration de dioxyde de carbone augmentera dans l'atmosphère dans les prochaines décennies. C'est le rythme de croissance qui dépend en grande partie des négociations menées dans le cadre de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC-UNFCCC en anglais) par les parties signataires et du devenir et application du Protocole de Kyoto.

2.4.3. Rayonnement solaire et vents

Une étude a été menée par l'Ademe sur les projections des moyennes de vents et de rayonnement solaire à l'échelle de la France (Ademe, Climipact, 2010). Le Calvados bénéficie d'une moyenne de vent relativement élevée, avec une moyenne sur la période de 1981 à 1999 de 4,5m/s (16,2km/h). **Les 3 scénarios indiquent une augmentation du régime des vents** (2% pour A2, 1% pour A1B et B1 à l'horizon 2080) sur le Calvados (station de Caen-Carpiquet). L'irradiation au sol est de 125 Wh/m² en moyenne entre 1995 et 2005 (station de Caen-Carpiquet). **Les 3 scénarios indiquent une augmentation du rayonnement solaire dans le Calvados** (+6,1% pour A2, 7,1% pour A1B, 3,1% pour B1) à l'horizon 2080.

2.4.4. Autres changements climatiques : les tempêtes et la NAO

L'étude de Devreton montre que le nombre de tempêtes entre 1970 et 1999 ne suit pas de tendance particulière. Il existe une forte variabilité interannuelle du nombre de tempêtes observées. (Devreton, 2002).

Cela étant, « le réchauffement important observé de l'Europe à l'Asie, les tempêtes plus fortes sur l'Atlantique nord et les sécheresses (resp. les pluies) sur l'Europe du sud (resp. du nord) » sont en partie expliquées par l'indice NAO (Oscillation nord Atlantique) positif plus fréquemment excité (Cassou, 2004). Or, les résultats des modélisations montrent « une occurrence très nettement privilégiée des régimes NAO+, au détriment des régimes NAO- » (Cassou, 2004). En 2100, l'occurrence des NAO positif devrait atteindre 26 à 34 % (scénario

B2 et A2 respectivement) contre 14% pour le climat actuel. **Il est donc également probable que le nombre de tempêtes augmente en Europe.**

3. Analyse des vulnérabilités futures

En intégrant les projections climatiques potentielles, les vulnérabilités futures du territoire peuvent être analysées.

3.1. Méthode

Dans cette partie, les résultats sont issus d'une analyse croisée entre les connaissances existantes sur la sensibilité des enjeux au climat et les projections climatiques futures.

Les données locales ou départementales (L) et régionales (R) sont privilégiées. Elles sont également complétées par des données nationales (N), européennes (E) et internationales (I) qui, par analogie avec les caractéristiques du Calvados, peuvent être utiles à la compréhension des impacts probables.

Parmi ces données, certaines concernent des résultats déjà avérés ou constatés qui pourraient s'accélérer, d'autres sont des recherches en cours, et d'autres sont des propositions largement reconnues par les communautés scientifiques et décisionnaires. Les données les plus probables sont privilégiées. Ainsi, même si l'incertitude est certaine et la probabilité que ces impacts recensés se réalisent est inconnue, l'exercice permet d'identifier les risques potentiels sur le territoire. Ces données sont les plus locales et les plus concrètes possibles pour aider à la compréhension de l'envergure du phénomène. Par ailleurs, l'analyse porte sur un territoire et ne se situe donc pas à l'échelle d'une parcelle ou d'une ville. L'analyse des vulnérabilités d'un territoire implique plutôt un raisonnement en termes de saisonnalité, de dynamique ou de qualité plutôt qu'en termes de jours ou d'heures (exercice de modélisation plutôt menée à l'échelle d'une parcelle ou groupe de parcelles homogène).

En reprenant le système de matrice qui permet une lecture rapide et efficace des résultats et en y intégrant les variables climatiques projetées pertinentes à chacun des systèmes, il est mis en évidence les vulnérabilités futures du territoire du Calvados. Pour les estimations quantitatives, quand disponibles, il a été choisi pour des questions de lecture de donner les fourchettes des évolutions projetées à l'horizon 2080. Les résultats des scénarios socio économiques sont pris en compte dans le raisonnement et l'analyse. Leurs résultats quantitatifs pourront être pris en compte lors de la partie correspondant à l'évaluation économique des impacts.

3.2. Résultats

De la même manière que dans l'étude des vulnérabilités actuelles, plusieurs systèmes ont été retenus pour l'étude des vulnérabilités futures:

- Milieux : Littoral, plaine, Vallée soumise à risques naturels, Urbain, Rural
- Secteurs : Agriculture-Elevage, Pêche, Sylviculture, Energie, Industries, Infrastructures et Habitat, Réseaux et accès aux services publics, Tourisme
- Thématiques transversales : Eau, Diversité Biologique et Ecosystèmes, Santé, Emploi, Risques, Population et Santé

Les estimations des variables climatiques projetées futures sont issues des fourchettes d'écarts décrits plus haut pour l'horizon 2080.

3.2.1. Ecosystèmes

Les écosystèmes rendent de nombreux services aux activités humaines. Leur modification aura donc des impacts, directs notamment sur l'agriculture, la pêche et la sylviculture. Des résultats plus spécifiques sont donc présentés dans les matrices correspondant à ces systèmes.

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
<p>Tmoy: +1 à 4°C</p> <p>Tmoy hiver: +1,5 à 4°C</p> <p>-15 à 35 jours de gelée en moins</p> <p>(L, R, N, E, I)</p>	<p>Pression adaptative sur les espèces sensibles aux températures (faune et flore) : vers une diminution de certains peuplements (espèces plus continentales vers le littoral, développement des espèces méditerranéennes, risque pour certaines espèces au peuplement isolé (ex sapin pectiné de Normandie)), augmentation des peuplements invasifs (flore, insectes)</p> <p>Modification des cycles phénologiques</p> <p>Turnover : Pour la Basse-Normandie, les amplitudes de turnover 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 % (Thuiller, 2003 ; DREAL, 2010)</p> <p>Accélération des phénomènes d'évolution des peuplements d'espèces (restructuration et changement de composition)</p> <p>Vers une migration des espèces (sur 36 espèces de poissons d'Atlantique nord, deux tiers ont migré vers le nord de 50 à 400 km en 20 ans ; sur les 435 espèces d'oiseaux nicheuses recensées en Europe, 196 avaient progressé vers le nord depuis la fin du 19ème siècle.) (Chuine et al., 2005)</p>	<p>Tourisme vert</p> <p>Risques</p> <p>Agriculture</p> <p>Pêche, Sylviculture</p> <p>Economie dépendante</p> <p>Habitat</p> <p>Santé (espèces porteuses de virus ou parasites)</p>	<p>Points de rupture : Evolution des températures plus rapide que la vitesse d'adaptation ou de migration des espèces (exemple : amphibiens), Evolutions dans les autres niches d'accueil, vers la simplification des écosystèmes : diminution du fonctionnement et de la résilience des écosystèmes</p> <p>Spécificités : Migration des peuplements d'espèces invasives le long des axes (routes, cours d'eau, voies ferrées), Oiseaux très sensibles</p> <p>Adaptations existantes : Trame verte et bleue..., Outil de planification de l'aménagement, Simulation de l'évolution des aires climatiques</p> <p>Facteurs aggravants : Changement d'occupation du sol et intensification agricole</p>
<p>Tmoy: +1 à 4°C, Tsurface eau</p> <p>(N)</p>	<p>Changement de la température des cours d'eau</p> <p>Modification des espèces présentes à sang froid (vers une migration des espèces vers l'amont)</p> <p>Stress pour les saumons qui se reproduisent dans les eaux des rivières</p>	<p>Tourisme</p> <p>Economie dépendante</p> <p>Pêche</p>	<p>Spécificités : Truite au niveau national : réduction de 39% de ses occurrences pour une anomalie de 3,6°C (Pont, 2006)</p>
<p>Montée du niveau de la mer (L, R, N)</p>	<p>Littoral</p> <p>Submersion, modification ou perte d'habitat, ou déplacement vers l'intérieur des terres</p> <p>Changement du gradient de salinité</p>	<p>Littoral</p> <p>Tourisme</p>	<p>Points de rupture : Rupture du cordon dunaire, Montée des eaux plus rapide que le temps d'adaptation/migration des espèces, les tempêtes accélèrent le rythme</p> <p>Spécificités : Baie de Veys, Fonction du type d'estran et des aménagements existants</p> <p>Adaptations existantes : Digue, Gestion insuffisamment fine des zones écotones (eau, salinisation...), Incohérence géographique sur la côte</p> <p>Facteurs aggravants : Artificialisation des zones naturelles de protection (cordon dunaire large)</p>

Augmentation de la concentration en CO2 de 150 à 350ppm en 2080 (N, I)	Croissance accélérée des végétaux, en particulier ligneux. Mais individus plus fragiles (cf croissance rapide.)	Agriculture Sylviculture	
Augmentation fréquence sécheresse et inondation (N, R, L) Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an Décalage du profil des précipitations	Dépérissement accrue de certaines espèces sensibles (hêtre) (Landmann et al., 2008 ; SRGS, 2006) ; disparition des lamineaires laminaria digitata (CPIE, 2009) Impact sur les autres peuplements interagissant Déplacement vers des milieux abrités	Agriculture Sylviculture Pêche	
Tsurface mer + salinité + circulation océanique (L, N)	Blooms de microalgues toxiques sur le littoral, en lien avec des apports des nutriments par les rivières. (L) Déplacement du plancton, déplacement d'autres espèces	Santé Pêche	
Augmentation de la fréquence et intensité des Tempêtes Montée du niveau de la mer (L)	Littoral Accélération du rythme d'usure des ouvrages de défense et de l'érosion des cordons dunaires Pression supplémentaire sur les écosystèmes littoraux (espèces et interactions)		

Tableau 17 : Vulnérabilités futures des écosystèmes du Calvados au changement climatique.

3.2.2. Eau

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
(R, N)	Seine : Débit de la Seine à Poses : contrastes saisonniers accentués, avec forte baisse des débits d'étiage et hausse (moins certaine) des débits de crue. Variabilité interannuelle du cycle plus marquée.		Adaptations existantes : Outil de planification et d'organisation
Tmoy: +1 à 4°C, Tsurface mer + salinité + circulation océanique, (R, N, I)	Eaux marines : SST plus élevée, courants, salinité, houle modifiée, vers un pH plus faible, perturbation des écosystèmes, eutrophisation)	Pêche Tourisme	
Montée du niveau de la mer + salinité (R, N)	Salinisation des ressources littorales (DREAL, 2010) (nappes libres sensibles) (INERIS, 2010) Impact sur les écosystèmes aquatiques	Accès à l'eau potable de qualité	Adaptations existantes : Cartographie des aléas
Tmoy: +1 à 4°C, -150mm précipitation en été Bilan hydrique en baisse de 200mm	Minéralisation accrue de l'azote du sol en nitrates et concentration dans les nappes augmentées de 0 à 33% au niveau national (ONERC, 2010) Contamination accrue des eaux superficielles (par concentration et par apports diffus provenant des nappes et des bassins versants agricoles) Développement accrue des contaminants biologiques (blooms planctoniques, concentration des polluants, microbiologie, pandémies animales) Modifications des écosystèmes aquatiques aux propriétés tampon ou filtrant	Accès à l'eau potable de qualité	Adaptations existantes : Outil de planification et d'organisation Spécificités : Massif Armoricaïn Facteurs aggravants : Agriculture, Tourisme, Pression démographique
Tmoy: +1 à 4°C, Tmoy été : +2 à 4°C Tmoy printemps : +1,5 à 3°C -50mm précipitation en hiver (et plutôt en automne) Bilan hydrique en baisse de 200mm (L, R, N)	Stress hydrique amplifié au niveau des nappes et cours d'eau (évaporation plus élevée, demande plus élevée,...), en particulier les eaux superficielles et les nappes libres Pollution par rejet des eaux usées accentuée si traitement non adaptée aux régimes de cours d'eau en baisse Recharge des nappes décalées dans le temps et amplification du phénomène de battement des nappes souterraines (INERIS, 2010) Variation des débits et étiages (augmentation du nombre de jours) (ONERC, 2010)	Agriculture Sylviculture Accès à l'eau potable Risques Accès aux réseaux et service	Points de rupture : Crise hydrique Spécificités : Le Massif Armoricaïn, très sensible au stress hydrique, le Bassin parisien est moins sensible Adaptations existantes : Outil de planification et d'organisation, Adaptation essentiellement réactive, alors qu'une approche par activité besoin/ressource pourrait être utile, gestion pluriannuelle à prendre en compte, Efficacité des réseaux de transport Facteurs aggravants : Agriculture, tourisme, pression démographique, efficacité des réseaux

<p>Tmoy: +1 à 4°C</p> <p>Augmentation de la concentration en CO2 de 150 à 350ppm en 2080</p> <p>Precipitation hivernale plus élevée</p>	<p>Eau plus agressive, avec un impact plus fort au sein des aquifères carbonatés où la roche-réservoir est particulièrement sensible aux</p> <p>Phénomènes de dissolution chimique (karstification) ;</p>	<p>Risques</p> <p>Accès à l'eau potable</p>	<p>Points de rupture : Baisse significative de la résistance du substrat rocheux à l'état saturé comparativement à celle obtenue à l'état sec</p>
<p>Augmentation de la fréquence et intensité des Tempêtes et des précipitations intenses (L)</p>	<p>Qualité de l'eau (Fort ruissellement, notamment sur des sols desséchés)</p>	<p>Accès à l'eau potable</p>	<p>Spécificités : Pour les nappes dépendant plus du ruissellement</p> <p>Adaptations existantes : Outil de planification et d'organisation</p>

Tableau 18 : Vulnérabilités futures des ressources en eau du Calvados au changement climatique.

3.2.3. Accès aux réseaux et services et cadre de vie

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
<p>Tmoy: +1 à 4°C,</p> <p>Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an</p> <p>-150mm précipitation en été</p> <p>-100 à 300mm de précipitation annuelle</p> <p>-Bilan hydrique en baisse de 200mm</p>	<p>Réduction des disponibilités en eau : niveau des nappes plus bas, débit des rivières plus bas en été</p> <p>Production hydroélectrique affectée (approvisionnement et refroidissement)</p> <p>Demande plus forte en été d'énergie liée au refroidissement, et pics de demande</p> <p>Fragilisation liée aux zones à risques (problème de portance)</p>	<p>Accès eau potable</p> <p>Moindre production d'énergie hydraulique</p> <p>Infrastructures et habitat</p>	<p>Points de rupture : Réorganisation des réseaux de distribution</p> <p>Spécificités : Massif Armoricaïn, Bessin très sensible</p> <p>Adaptations existantes : Restriction en été déjà en vigueur, Renforcement des systèmes d'alerte</p> <p>Facteurs aggravants : Usages des ressources par d'autres systèmes (agriculture, industries), Fréquentation accrue en été</p>
<p>Tmoy: +1 à 4°C,</p> <p>Tmoy été : +2 à 4°C</p> <p>Tmoy printemps : +1,5 à 3°C</p> <p>Vents plus forts de 1 à 2%</p>	<p>Usure ou impact négatif sur l'état des réseaux électriques et des voies de communication</p> <p>Dysfonctionnement des stations d'épuration et de traitement des eaux ou usure plus rapide due à la concentration des eaux</p> <p>Pollution par rejet des eaux usées accentuée si traitement non adapté aux régimes de cours d'eau en baisse</p>	<p>Accès réseau et services</p> <p>Population et santé</p>	<p>Points de rupture : Rupture, dysfonctionnement, Impossibilité d'utilisation</p> <p>Adaptations existantes : Inventaire de l'état des réseaux, Modulation des traitements des eaux usées en période de sécheresse</p> <p>Facteurs aggravants : Flux migratoires plus importants vers la côte, Forte sollicitation</p>
<p>Tmoy: +1 à 4°C,</p> <p>Tmoy été : +2 à 4°C</p> <p>Rayonnement solaire augmenté de 3 à 7,1%</p>	<p>Qualité de l'air (élévation des pics de pollution, augmentation des niveaux d'ozone)</p>	<p>Population et santé</p>	<p>Points de rupture : Migration des populations vers le littoral plus frais</p> <p>Adaptations existantes : Développement des transports en commun, Suivi</p> <p>Facteurs aggravants : Circulation routière, concentration de NO, de NO2</p>
<p>Tmoy hiver: +1,5 à 4°C</p> <p>-15 à 35 jours de gelée en moins</p>	<p>Moins de problèmes liés au froid : moins de paralysie sur les voies de communication</p> <p>Moins de besoins en énergie de chauffage en hiver (ONERC, 2010 ; Mansanet-Bataller, 2008)</p>	<p>Population et santé</p> <p>Accès réseau et services</p>	<p>Points de rupture : Vagues de froid</p>
<p>NAO+ fréquent :</p> <p>Augmentation de la fréquence tempêtes (+ cumul avec coefficients de marée et précipitations) (L, N)</p>	<p>Submersion</p> <p>Paralysie des voies de communication, et des infrastructures d'alimentation (réseau d'eau, d'électricité, de télécommunication...)</p>	<p>Accès réseau et services</p>	<p>Points de rupture : Usure</p> <p>Spécificités : Littoral, Vallées encaissées, Zones inondables</p> <p>Adaptations existantes : PPR, mais leur mise en oeuvre reste très variable</p>

Tableau 19 : Vulnérabilités futures des réseaux et services du Calvados au changement climatique.

3.2.4. Risques

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
Montée du niveau de la mer (I, E, N)	Submersion Intrusion eaux salines Déplacement/migration Perte de terrains et d'éléments	Sur les éléments physiques présents	Spécificités : Littoral Adaptations existantes : PPR pas systématiquement respectés, Projet de plan de prévention, Projet de système d'alerte national, Digue, Alimentation des plages en sable
Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre)	Risques de crues et remontée des nappes Augmentation des risques de glissements et d'écroulement des falaises ou effondrements de zones proches des cavités souterraines Impact négatif sur le comportement et la stabilité des édifices souterrains	Population et santé Infrastructures et habitat Agriculture Accès aux réseaux et services	Spécificités : Vallées, Littoral Adaptations existantes : Cartographie des aléas et zones à risques Facteurs aggravants : Etat d'occupation des sols, Niveau des nappes
Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre) Rayonnement solaire augmenté de 3 à 7,1%	Augmentation du risque d'érosion des sols		Spécificités : Bessin plus vulnérable Adaptations existantes : Cartographie des aléas Facteurs aggravants : Pratiques agricoles intensives
Tmoy été : +2 à 4°C Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre)	Fragilisation des terrains à risques (argiles, marnes...)	Infrastructures et habitat Accès aux réseaux et services Ecosystèmes	Adaptations existantes : Cartographie des aléas et zones à risques
NAO positif plus fréquent, fréquence plus élevée des tempêtes Montée du niveau de la mer	Probabilité d'occurrence d'événements de type Xynthia (tempête+ coefficient de marée élevé)	Population et santé Infrastructures et habitat Agriculture Accès aux réseaux et services	Points de rupture : Ouvrages fragilisés Spécificités : Vallées, Littoral Adaptations existantes : PPR pas systématiquement respectés, une meilleure prévision, Modifications des régimes d'indemnisation, Aménagements à adapter

Tableau 20 : Vulnérabilités futures des risques du Calvados au changement climatique.

3.2.5. Infrastructures et Habitat

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
<p>Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an</p> <p>Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre)</p> <p>NAO positif plus fréquent, fréquence plus élevée des tempêtes (L, N)</p>	<p>Evénements extrêmes :</p> <p>Fragilisation ou dommages directs sur les bâtiments</p> <p>Fragilisation des terrains à risques (problème de portance)</p>	<p>Population</p> <p>Industries</p> <p>Economie</p> <p>Accès réseau et services</p>	<p>Points de rupture : Déplacement, Relocalisation des populations</p> <p>Spécificités : Littoral et zones à risques</p> <p>Adaptations existantes : Adaptation réactive non anticipative, Contraintes d'acceptation, Choix des matériaux à adapter</p> <p>Facteurs aggravants : Démographie</p>
<p>Tmoy hiver: +1,5 à 4°C</p> <p>-15 à 35 jours de gelée en moins</p> <p>(R)</p>	<p>Moins de problème de confort d'hiver (régulation thermique) dans les bâtiments anciens</p>	<p>Santé</p> <p>Risques</p>	<p>Points de rupture : Dommages aux bâtis</p> <p>Spécificités : Zone rurale plus impactée</p> <p>Adaptations existantes Existence de mauvaises isolations</p> <p>Facteurs aggravants : Raréfaction des sources d'énergie de chauffage</p>
<p>Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an</p> <p>Tmax annuel +2 à 4°C</p> <p>Tmoy: +1 à 4°C,</p> <p>Tmoy été : +2 à 4°C</p> <p>Tnocturne</p> <p>(R)</p>	<p>Confort d'été :</p> <p>Régulation thermique insuffisante dans les bâtiments récents aux matériaux étanches</p> <p>Ventilation mécanique insuffisante</p>	<p>Santé,</p> <p>Economie,</p> <p>Urbanisme</p>	<p>Points de rupture : Ilot de chaleur urbaine</p> <p>Spécificités : Les bâtiments non résidentiels de type bureaux, Secteur tertiaire sont les plus étanches, Zone rurale moins impactée</p> <p>Adaptations existantes : Réglementation thermique</p> <p>Facteurs aggravants : Concentration démographique en zone urbaine, Développement de nouvelles constructions, Raréfaction des matériaux non isolants de type béton, Raréfaction des sources d'énergie</p>

Tableau 21 : Vulnérabilités futures des infrastructures et habitat du Calvados au changement climatique.

3.2.6. Industries, Economie et Emploi

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
Tmoy hiver: +1,5 à 4°C -15 à 35 jours de gelée en moins	Moins de problèmes liés au froid : moins de paralysie de l'emploi et de l'économie		Spécificités : Rural Facteurs aggravants : Etalement urbain
NAO positif plus fréquent, fréquence plus élevée des tempêtes Montée du niveau de la mer Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre)	Evénements extrêmes via le transport et disponibilité de la main d'oeuvre	Paralysie des partenariats, des importations et exportations Ralentissement des transports et des activités économiques dépendant d'un renouvellement fréquent des matières premières, notamment les agro alimentaires	
Tmoy: +1 à 4°C, Tmoy été : +2 à 4°C Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an Tmoy hiver: +1,5 à 4°C -15 à 35 jours de gelée en moins (R)		Consommation directement impactée par les températures, en particulier les produits agro alimentaires (ex : cidre) Impact significatif sur les activités de commerce liées à des productions animales et végétales (rupture d'approvisionnement) Productivité amoindrie (humain et machine)	

Tableau 22 : Vulnérabilités futures des industries, économies et de l'emploi du Calvados au changement climatique.

3.2.7. Population et Santé

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
NAO positif plus fréquent, fréquence plus élevée des tempêtes Montée du niveau de la mer Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre) (L, R, N)	Inondations et événements extrêmes de type tempête et inondation: Population vulnérable, habitat vulnérable Favorise les épidémies	Economie Accès aux réseaux et services	Points de rupture : Déplacement, Relocalisation des populations, Sur sollicitation des services de santé Adaptations existantes : Mobilisation des services de santé et de suivi, des services de sécurité, Assurance maladie
Tmoy: +1 à 4°C Tmoy hiver: +1,5 à 4°C -15 à 35 jours de gelée en moins Tmoy été : +2 à 4°C (I)	Modification espèces porteuses de parasites (ex : tique, Gray, 2009) et comportement (ex : tique, Parola, 2008)		Points de rupture : Dégradation de la qualité de vie Adaptations existantes : Mobilisation des services de santé et de suivi
Tmoy été : +2 à 4°C Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an Rayonnement solaire augmenté de 3 à 7,1% (L, R, N)	Canicule et moindre qualité de l'air Population vulnérable		Points de rupture : Offre de services de santé insuffisante Spécificités : Ilot chaleur urbaine, voir infrastructures et habitats Adaptations existantes : Plan national de Canicule, Suivi météorologique plus adapté et réactif
Tmoy été : +2 à 4°C Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an (L, R, N)	Eaux marines : développement de micro algues toxiques		Facteurs aggravants : Fréquentation plus élevée du littoral

Tableau 23 : Vulnérabilités futures de la population du Calvados au changement climatique.

3.2.8. Agriculture et élevage

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
<p>Tmoy: +1 à 4°C</p> <p>Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre)</p> <p>Bilan hydrique en baisse de 200mm</p> <p>(R, N)</p>	<p>Augmentation des rendements pour le sorgho (de 2 à 5% en 2080 avec A1B selon Brisson et al., 2010)</p> <p>Maïs fragile aux stress hydriques (diminution au niveau national de -1 à -6% en rendement pour 2080, ONERC)</p>	<p>Ressources en eau</p> <p>Economie</p>	<p>Points de rupture : Conflit des usages de l'eau pour le maïs irrigué</p> <p>Spécificités : Augmentation du rendement plus faible pour les sols peu profonds à faible RU, Sorgho peut valoriser les sols à excès d'eau</p> <p>Adaptations existantes : Implantation d'espèces à cycle long pour améliorer le rendement, changement assolement</p>
<p>Tmoy: +1 à 4°C</p> <p>T moy Automne +1,5 à 2,5°C</p> <p>-15 à 35 jours de gelée en moins</p> <p>-150mm précipitation en été</p> <p>Rayonnement solaire augmenté de 3 à 7,1%</p> <p>Augmentation de la concentration en CO2 de 150 à 350ppm en 2080</p>	<p>Augmentation des rendements pour le colza, mais détérioration de l'absorption azotée (automne sec) malgré disponibilité accrue par réchauffement</p> <p>(+10 à 12% des rendements en A1B en 2100, Brisson et al., 2010)</p> <p>Forte variabilité interannuelle</p> <p>Moins de pluies en été affectent la qualité du lin</p>	<p>Economie</p>	<p>Points de rupture : Diminution importante de son indice de nutrition azotée (qui nuit à l'effet positif du CO2) sans changement de pratiques en période sèche, Conflit des usages de l'eau</p> <p>Adaptations existantes : Irrigation, Changement assolement</p>
<p>Bilan hydrique en baisse de 200mm</p> <p>Augmentation de la concentration en CO2 de 150 à 350ppm en 2080</p> <p>(R, N)</p>	<p>Rendement des céréales tardives peu affecté du fait de l'effet compensateur CO2 sur le déficit hydrique (Brisson et al., 2010), mais plutôt un impact négatif (Le Gouée, 2010)</p> <p>Variétés précoces présente un meilleur rendement : 9 à 14% pour A1B en 2080 contre 2 à 6% pour les tardifs (non significatif pour Brisson et al., 2010) contre 3 à 8% au niveau national selon l'ONERC (ONERC, 2010)</p>	<p>Economie</p>	<p>Points de rupture : Rendement des céréales plus impacté dans la zone méridionale qu'au nord</p> <p>Spécificités : Nette augmentation des rendements pour les blés non traités</p> <p>Adaptations existantes : Evolution de la date de semis</p>
<p>Tmoy hiver: +1,5 à 4°C</p> <p>Tmoy printemps : +1,5 à 3°C</p> <p>-15 à 35 jours de gelée en moins</p> <p>Tmoy été : +2 à 4°C</p> <p>Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an</p> <p>Bilan hydrique en baisse de 200mm</p>	<p>Hausse de la production hivernale et du début de printemps pour les prairies (fétuque plus réceptive que ray gras) (jusqu'à 15% de la biomasse produite annuellement à l'horizon 2080, ONERC), départ plus tôt</p> <p>Déficit estival accentué des prairies</p> <p>Au niveau annuel, augmentation global du rendement des prairies 13% (Brisson et al., 2010) (ONERC prévoit diminution)</p> <p>Variabilité inter annuelle accentuée</p> <p>Raccourcissement du cycle végétatif de certaines espèces (maïs) mais rendement</p>	<p>Economie</p>	<p>Points de rupture : Etat des sols, Sols à faible RU, conflit des usages de l'eau</p> <p>Spécificités : Amélioration importante sur sols profonds à forte RU</p> <p>Adaptations existantes : Avancée des mises en herbe, changements de variétés, modification des assolements, du système d'alimentation en relation avec le déficit hydrique estival</p> <p>Facteurs aggravants : Avancées technologies, Performance du matériel, Pression économique et industrielle,</p>

(L, R, N)	<p>impacté à long terme</p> <p>Meilleur cycle reproductif : figuier (réchauffement automne et hiver), artichaut (floraison plus précoce), pêcher plus tôt, pommier plus tôt (risque avec le gel), vigne</p>		Politiques extra nationales
<p>Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre)</p> <p>NAO positif plus fréquent, fréquence plus élevée des tempêtes</p>	<p>Pluviométrie intenses, voire excès d'eau :</p> <p>Diminution des jours agronomiquement disponibles: accès aux champs, ...</p> <p>Pertes de récoltes ou infrastructures</p>		<p>Adaptations existantes :</p> <p>Anticipation et adaptation réactive</p>
Rayonnement solaire augmenté de 3 à 7,1%	<p>Renforcement du stress hydrique des nappes</p> <p>Augmentation érosion des sols</p> <p>Surfaces agricoles touchées par une sécheresse des sols de forte intensité représenteraient près de 2500 km², soit 70% de la SAU déclarée en 2100 (Le Gouée, 2010)</p>		<p>Spécificités : Stress hydrique estival au sud des plaines de Caen, Erosion des sols au sud est du Virois</p> <p>Adaptations existantes : Gestion des conflits d'usages de l'eau</p>
Montée du niveau de la mer (L)	<p>Salinisation des cultures</p> <p>Tourisme : Pression supplémentaire sur les terres agricoles</p>		<p>Facteurs aggravants : Pression sur les terres agricoles</p>
<p>Tmoy: +1 à 4°C</p> <p>Tmoy hiver: +1,5 à 4°C</p> <p>-15 à 35 jours de gelée en moins</p> <p>Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre)</p>	<p>Parasites : thrips du poireau, pyrale du maïs (CPIE, 2009)</p> <p>Développements « explosifs » au cours d'événements pluvieux (ONERC, 2010)</p>		

Tableau 24 : Vulnérabilités futures de l'agriculture et de l'élevage du Calvados au changement climatique.

3.2.9. Pêche et conchyliculture

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
Régime dorsale atlantique plus fréquent	Moindre mortalité des huîtres au stade naissain si moins de 20 jours de régime dorsale atlantique (Ifremer, 2009)		
NAO positif (hiver doux et humide) plus fréquent Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre) T surface mer (E, N, R)	Hiver doux et humide plus fréquent : mortalité huître au stade adulte à partir de 40 jours de NAO/hiver (Ifremer, 2009) Dessalure croissante à l'issue des pluies printanières Développement de pathogènes Maturation précoce des huîtres Acidification des eaux altère le développement des coquilles et la survie des mollusques	Economie	Adaptations existantes : Suivi et recherche
Tmoy: +1 à 4°C, Tsurface mer + salinité + circulation océanique (L, N)	Blooms de microalgues toxiques sur le littoral, en lien avec des apports des nutriments par les rivières. (L) Développement d'éléments pathogènes (algue karenia mikimoto ; présence de dinophysis, un phytoplancton toxique). Déplacement du plancton, déplacement d'autres espèces Modification des espèces pêchées (remontée vers le nord des espèces), : progression baliste, espadon, maigre, dorade royale, dorade rose, huitre creuse, bar... ; Bulot, coque et saumon tendent à disparaître	Santé Pêche	
Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre) NAO positif plus fréquent, fréquence plus élevée des tempêtes Montée du niveau de la mer	Mouvement des côtes et des fonds sableux (érosion ou comblement) change la nature des sites pour la conchyliculture: demande le déplacement des équipements		Adaptations existantes : Déplacement des équipements (spontané)

Tableau 25 : Vulnérabilités futures de la pêche et de la conchyliculture du Calvados au changement climatique.

3.2.10. Sylviculture

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
Tmoy: +1 à 4°C Augmentation de la concentration en CO ₂ de 150 à 350ppm en 2080 (N, I)	Croissance accélérée des végétaux, en particulier ligneux. Mais individus plus fragiles (cf croissance rapide). Augmentation de la productivité globale dans le nord ouest de la France	Economie	
Augmentation fréquence sécheresse et inondation (N)	Dépérissement accru de certaines espèces sensibles (hêtre)	Economie Tourisme Vert	Adaptations existantes : Meilleure adéquation essence-station
Tmoy: +1 à 4°C Tmoy hiver: +1,5 à 4°C -15 à 35 jours de gelée en moins	Chenille processionnaire du pin, dommages aux feuillus plus tôt Accroissement des invasions de pestes (scolytes et autres parasites) Progression du chêne vert (CPIE, 2009)	Economie	Adaptations existantes : Suivi
Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre) (R)	Noyage donc reprise de l'activité ralentie ou retardée		
NAO positif (hiver doux et humide) plus fréquent Tmoy: +1 à 4°C (R)	Favorise attaque d'insectes et champignons ravageurs Débourrement précoce, vulnérable gelées tardives Phénomènes de vents violents : dommages irréversibles		Points de rupture : Gelées tardives
Tmoy: +1 à 4°C, Tmoy été : +2 à 4°C Tmoy printemps : +1,5 à 3°C -50mm précipitation en hiver (et plutôt en automne) Bilan hydrique en baisse de 200mm (L)	Augmentation de la proportion de la surface forestière en déficit d'eau (de 5% aujourd'hui à 80% en 2100) (Le Gouée et al.) En particulier pour les espèces sensibles : hêtre, chêne pédonculé, châtaigner, douglas (SRGS, 2006) Diminution du rendement de 9,7% en 2080 avec A1B pour le pin sylvestre (Brisson et al., 2010) Croissance du hêtre jusqu'en 2060 puis diminution (ONERC)	Economie	Spécificités : Massif armoricain Adaptations existantes : Espèces de transition : des châtaigniers ou des robiniers, le tilleul, les cèdres de l'Atlas et du Liban, le pin laricio ou le chêne sessile (ONERC, 2010)

Tableau 26 : Vulnérabilités futures de la sylviculture du Calvados au changement climatique.

3.2.11. Tourisme

Indicateurs climatiques	Impacts directs (biophysiques...)	Impacts indirects (interactions)	Autres
(N)	Modification des paysages emblématiques, notamment le Bocage, pourra avoir un impact négatif (Dubois et al., 2006)	Tourisme Economie	
Tmoy été : +2 à 4°C Nombre de jours de chaleur +10 à 45j/an	Renforcement de la fréquentation touristique (ONERC, 2010) Confort thermique impacté et sollicité	Accès aux réseaux Eau Agriculture Economie Infrastructures et habitat	Spécificités : Littoral
Décalage du profil des précipitations + mois pluvieux (février, mai, novembre) NAO+ plus fréquent, fréquence plus élevée des tempêtes Montée du niveau de la mer	Fragilisation des infrastructures d'accueil, perte de terrain Report des constructions sur des espaces aujourd'hui utilisés par l'agriculture.		

Tableau 27 : Vulnérabilités futures du tourisme du Calvados au changement climatique.

3.3. Synthèse des résultats par milieu

Le Calvados est un territoire très hétérogène. Il apparaît indispensable de synthétiser les vulnérabilités futures spécifiques des milieux littoraux, urbains et ruraux face au changement climatique.

3.3.1. Milieu littoral et plaines

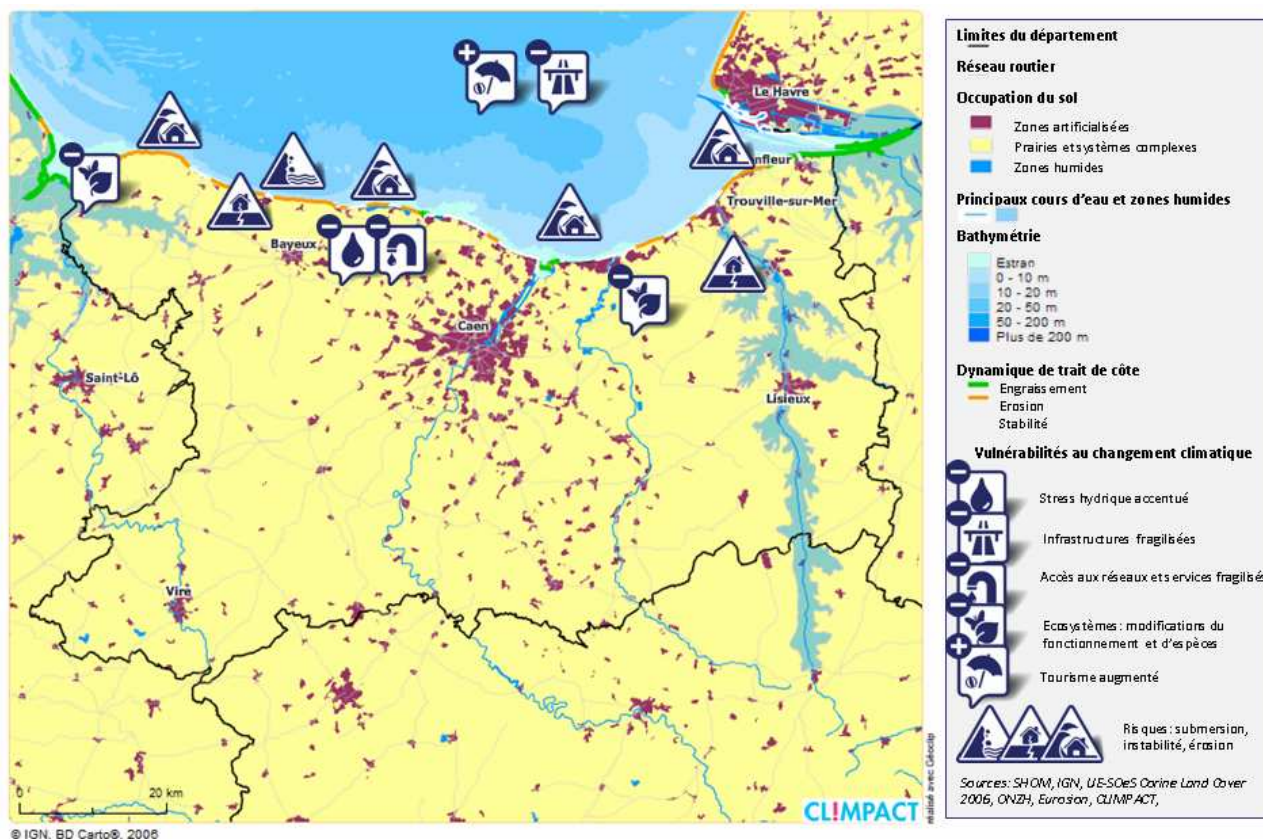


Figure 35 : Les vulnérabilités futures du littoral du Calvados au changement climatique.

Les enjeux et impacts du changement climatique sur le littoral et les plaines basses du Calvados sont multiples :

1. Accroissement de la vulnérabilité des zones à risques (exposition et sensibilité)

Le littoral est particulièrement exposé aux risques provenant de la mer et des fleuves côtiers, et vulnérable par la densité des éléments humains présents. Les communes suivant des dynamiques d'érosion sont donc à suivre (Meuvaines, Vers-sur-mer, Criqueboeuf, Pennedepie, Coleville-sur-mer, Merville-franceville-plage, Gefosse-Fontenay, Grandcamp-Maisy) ainsi que celles exposés à la submersion marine (Gefosse-Fontenay, Meuvaines, Vers-sur-mer, Graye-sur-mer, Courseulles-sur-mer, Bernières-sur-mer, Hermanville, Varaville, Cabourg, Pennedepie, Merville-Franceville-plage).

Une vulnérabilité accrue aux risques.

La sensibilité des éléments naturels est très spécifique aux sites et des études fines et localisées semblent nécessaires pour comprendre chaque dynamique. Les principaux enjeux face au changement climatique sont les suivants :

- Mouvements de terrain en présence de falaises fragilisées et sur nappes d'eau alimentées
- Tempêtes aux impacts plus ou moins réversibles et souvent associées à d'autres phénomènes météorologiques (fortes précipitations, inondations, ...). A cet égard, la tempête Xynthia a suscité une réflexion au niveau national et une réactualisation et obligation de PPR littoraux (publié début 2011). Ces nouvelles obligations (14 communes du Calvados) ne tiennent pas compte des ouvrages de protection existants.
- Submersion marine
- Accélération du changement du trait de côte : érosion, accrétion ou sédimentation proche des ouvrages de protection, recul ou progression de certaines falaises argileuses et marneuses, dégradation des cordons dunaires (Clus-Auby et al., 2004)
- Augmentation du nombre ou durée des crues, qui contribue à augmenter le charriage des sédiments fluviaux et du destockage des berges, donc de l'apport sédimentaire sur le littoral
- Erosion accélérée pour certaines côtes sableuses et les roches tendres des falaises
- Extension des submersions marines temporaires ou permanentes en cas de rupture d'un bourrelet dunaire ou sur les zones côtières basses (Lenôtre & Pedreros, 2006 : 38)

2. Fragilisation des écosystèmes littoraux et marins

Les variations de température influenceront durablement sur le fonctionnement et la composition des écosystèmes marins et littoraux. Par ailleurs, les tempêtes et la montée du niveau de la mer provoqueront des perturbations du fonctionnement des estrans, des gradients de salinité. Le trait de côte et le fonctionnement géomorphologique pourraient être impactés (comblement des vasières, disparition,...). Les zones humides exposées à la submersion marine pourront être en particulier durablement modifiées (Dives, Touques, Orne, Baie des Veys).

La qualité des eaux de baignade et les cultures aquacoles pourraient être amoindries (impact sur la santé et l'économie).

3. Fragilisation des ouvrages et de l'accès aux réseaux et services

Les érosions et les inondations marines pourraient être renforcées. Les infrastructures (ouvrages de protection, réseau de transport, d'alimentation, d'énergie...) pourraient être plus fréquemment paralysées en cas de submersion et déferlement des eaux.

4. Vulnérabilité accrue en été

L'augmentation des températures estivales et de la fréquentation de la région par les touristes induira une saturation accrue des équipements et infrastructures (déchets, eau, assainissement, déplacements, etc.), en particulier sur la « côte fleurie », déjà très fréquentée en été.

5. De nouvelles opportunités pour le tourisme, l'agriculture et la pêche

Les nouveaux profils climatiques annuels seront en partie bénéfiques pour le tourisme et l'agriculture. Cependant, les événements extrêmes de type canicule ou pluie violente impacteront négativement ces activités. L'agriculture proche du littoral devrait cependant être moins sujette au stress hydrique que le reste du département.

3.3.2. Milieu urbain

1. Accroissement de la vulnérabilité des zones à risques

Le changement climatique révèle des vulnérabilités déjà existantes aux risques d'inondations, et des vulnérabilités accrues en termes d'érosion, de ruissellement et liées aux instabilités des terrains argileux.

2. Fragilisation et accès aux réseaux et services

Une pression supplémentaire est exercée sur l'accès aux réseaux d'assainissements, d'eau et d'énergie et aux services de transport à travers une fragilisation des infrastructures lors d'événements extrêmes et des températures anormalement chaudes.

3. Infrastructures et habitat

Le changement climatique projeté impacte plus directement le confort des habitants à travers des épisodes de chaleur plus fréquents et une température moyenne plus élevée sur des infrastructures mal isolées et des plans d'urbanisme laissant peu de place aux espaces verts.

4. Vulnérabilité accrue de la population

Enfin, le changement climatique projeté impacte le cadre de vie et la santé des populations urbaines à travers un renforcement des problèmes de qualité de l'air, des épisodes de chaleur et des difficultés d'accès aux réseaux et services (en particulier dans les villes denses et Caen).



Figure 36 : Les vulnérabilités du milieu urbain du Calvados au changement climatique.

3.3.3. Milieu rural

1. Accroissement de la vulnérabilité des zones à risques

Le milieu rural n'échappe pas au fait que le changement climatique risque d'exacerber les risques liés aux inondations des cours d'eau et de remontée des nappes (Caen et Pays d'Auge), à l'érosion (en particulier le Bessin), à l'instabilité des terrains argileux et des cavités souterraines.

2. De nouvelles opportunités pour l'agriculture et l'agro alimentaire mais des risques d'irrégularités

Le changement climatique offre de nouvelles opportunités pour l'agriculture en termes de cultures, de rendement, de cycle de production (positif en général sauf pour les zones de stress hydrique comme le sud des plaines de Caen) qui auront un impact certain sur l'industrie agro alimentaire et les paysages. La couverture forestière pourrait être modifiée suite à l'augmentation du taux de dioxyde de carbone atmosphérique et des profils climat favorables à de nouvelles espèces. Par ailleurs, les épisodes de sécheresses et de noyade par inondation pourraient être plus intenses et fréquents. L'impact sur les productions est souvent important.

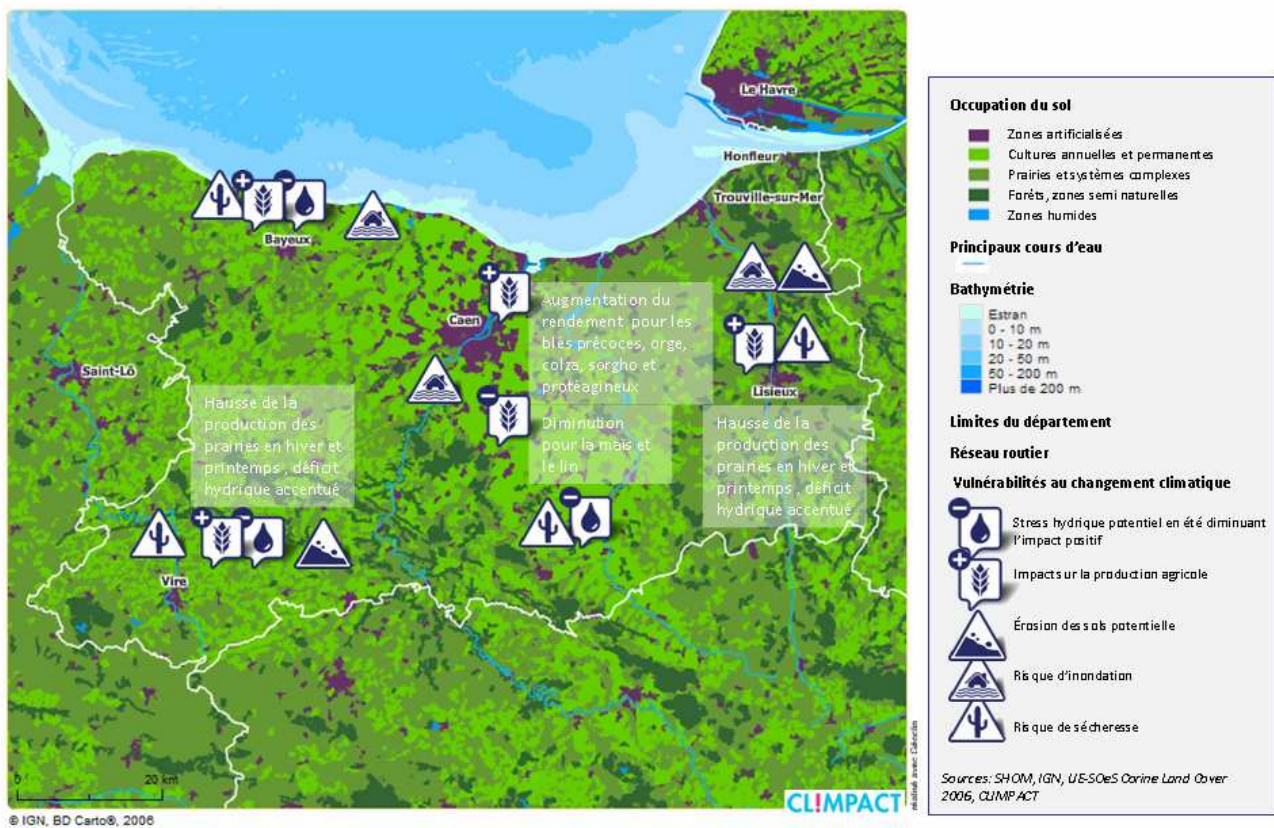


Figure 37 : Les vulnérabilités futures de l'agriculture du Calvados.

3. Cadre de vie et accès aux réseaux et services

Le milieu rural déjà isolé pourrait subir de nouvelles perturbations de son cadre de vie, notamment à travers l'usure plus rapide de son réseau de transports.

L'augmentation de la température hivernale devrait diminuer les problèmes de confort au froid des maisons isolées.

4. Fragilisation des ressources en eau et des écosystèmes

L'eau et les écosystèmes sont aussi durement impactés en milieu rural du fait de l'augmentation des volumes de prélèvement, et des pressions en termes de qualité (en particulier dans le Massif Armoricain). Certaines espèces sensibles pourraient être menacées. De plus, de nouvelles espèces invasives pourraient profiter des modifications des profils climat et de la fragilité des écosystèmes sous pression anthropique, pour se développer.

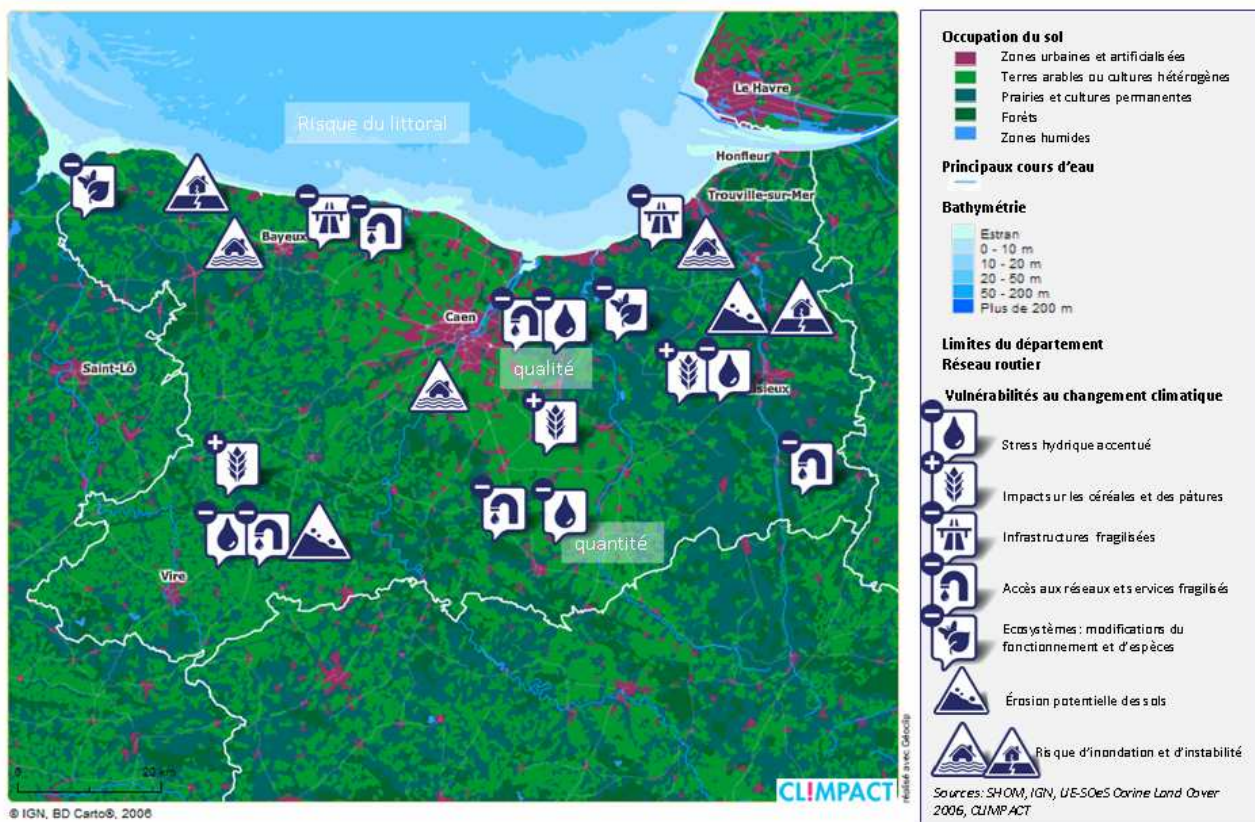


Figure 38 : Les vulnérabilités futures du milieu rural du Calvados.

3.4. Synthèse des résultats par pays

Le Calvados étant composé de Pays, il est utile de synthétiser les résultats à cette échelle.

	Pays d'Auge	Pays Sud Calvados	Pays de Caen Métropole	Pays du Bessin au Virois
Ecosystèmes	+- (marais) +- (modification des écosystèmes : continentalisation et simplification)	+- +- (modification des écosystèmes : méditerranéisation et simplification)	+- (marais et estuaire) +- (modification des écosystèmes : continentalisation et simplification)	+- (Baie des Veys) +- (modification des écosystèmes : continentalisation et simplification)
Eau	- (stress hydrique) -- (qualité des eaux du littoral)	-- (stress hydrique : sud de la plaine de Caen)	-- (stress hydrique : sud de la plaine de Caen) -- (qualité des eaux du littoral)	- (stress hydrique : Virois)
Accès aux réseaux et services	- (milieu rural) -- (littoral : saturation en été)	- (milieu rural)	- (qualité de l'air) -- (littoral : saturation en été)	- (milieu rural)
Risques	-- (érosion pentes) - (mouvements de terrain près du littoral) - (inondation) -- (tempête, submersion)	- (inondation)	- (inondation) -- (tempête, submersion) - (mouvements de terrain près du littoral) - (milieu urbain : ruissellement)	-- (érosion au sud Virois) - (inondation) -- (tempête, submersion) - (mouvements de terrain près du littoral)
Infrastructures et habitat	+ (confort d'hiver) - (confort d'été) -- (fragilisation accentuée)	+ (confort d'hiver) - (confort d'été) -- (fragilisation accentuée)	+ (confort d'hiver) - (confort d'été) -- (fragilisation accentuée)	+ (confort d'hiver) - (confort d'été) -- (fragilisation accentuée)
Industries, Economie et Emploi	+- (industrie agroalimentaire)	+- (industrie agroalimentaire)	+- (industrie agroalimentaire)	+- (industrie agroalimentaire)
Population et Santé	- (qualité de l'eau)	+- (isolement d'hiver)	- (qualité de l'air) - (qualité de l'eau)	+- (isolement d'hiver)
Agriculture et élevage	+ (pâtures) - (sécheresse, inondation)	+ (pâtures, céréales) --- (sécheresse, inondation)	+ (pâtures, céréales) -- (sécheresse, inondation)	+ (pâtures, céréales) -- (sécheresse, inondation)
Pêche et conchyliculture	+- (espèces pêchées) -- (conchyliculture)	0	+- (espèces pêchées) -- (conchyliculture)	-- (conchyliculture) +- (espèces pêchées)
Sylviculture	+- (potentiel de développement mais sécheresse et inondation)	+- (potentiel de développement mais sécheresse et inondation)	+- (potentiel de développement mais sécheresse et inondation)	--- (disparition de certaines espèces : hêtre,...) +- (potentiel de développement mais sécheresse et inondation)
Tourisme	+++ (fréquentation accrue sur le littoral et tourisme vert)	+++ (tourisme vert)	+++ (fréquentation accrue sur le littoral et tourisme vert)	+++ (fréquentation accrue sur le littoral et tourisme vert)

Tableau 28 : Synthèse des vulnérabilités futures des pays du Calvados face au changement climatique.

Le tableau suivant met en valeur les vulnérabilités futures les plus significatives pour chaque pays. Les impacts négatifs sont symbolisés par le signe « - », et positifs par « + », l'intensité du changement par le nombre de symbole allant de 1 à 3. Quand aucune étude ne semble indiquer un impact, le signe « 0 » est utilisé. Quand la direction du changement n'est pas encore clair ou qu'il n'a pas de sens en tant que tel (par exemple, le changement des écosystèmes), le signe « +- » est utilisé. La forte hétérogénéité du territoire rend l'exercice très simplificateur, aussi certaines précisions géographiques sont indiquées quand disponibles.

4. Evaluation économique des impacts du changement climatique

1. Objectifs de l'évaluation économique

L'objectif de cette partie de l'étude est de construire des ordres de grandeurs quantitatifs des bénéfices et coûts des impacts du changement climatique sur le territoire. Le but de cette démarche est de pouvoir donner une vision des futurs possibles et une palette de données de sensibilisation pour les différentes thématiques concernées.

2. Méthode et enjeux

L'évaluation économique des coûts et bénéfices de l'adaptation au changement climatique est une discipline relativement nouvelle. L'événement révélateur de la démarche et de son intérêt est la publication en 2006 du « Rapport Stern », rapport réalisé par l'économiste Sir Nicholas Stern pour le compte du Royaume Uni. C'est le premier rapport qui approche le changement climatique d'un point de vue économique.

En plus d'être nouvelle, l'approche est relativement différente suivant l'échelle à laquelle on se place et les données à partir desquelles on raisonne. Loin d'être figées, les méthodologies ne sont pas comparables mais elles peuvent être sélectionnées suivant les données et outils disponibles. Dans un premier temps, il a été choisi d'estimer le coût des impacts du changement climatique.

2.1. Concepts et méthodologie

La méthodologie s'inspire ici des méthodes d'évaluation employées par l'ONERC. Elle intègre également des concepts développés dans les études de la CCNUCC (UNFCCC, 2009), l'OCDE (Agrawala et al., 2008), le projet PESETA de la Commission Européenne (Ciscar, 2009), du UKCIP (2004), de la CDC Mission Climat et CES (De Perthuis et al., 2010) et d'applications thématiques.

Dans un premier temps, il a été choisi d'estimer le coût des impacts du changement climatique.

En effet, le coût de l'adaptation au changement climatique regroupe différents types de coûts :

- coût des dommages : c'est le coût des biens perdus ou de remplacement ;
- « coût » des bénéfices : c'est le coût des biens suscités par de nouvelles opportunités;
- coût de la mise en place de mesures d'adaptation : c'est le coût des projets d'adaptation;
- coût résiduel des dommages après adaptation : c'est le coût des biens perdus ou de remplacement restant après la mise en place des projets d'adaptation;
- coût des dommages évités : c'est le coût des dommages évités grâce à la mise en place des projets d'adaptation.

Ces différentes composantes peuvent être composées pour estimer :

- le coût de l'inaction : coût des dommages – bénéfices
- le coût de l'action : coût de l'adaptation + coût du dommage résiduel – bénéfices

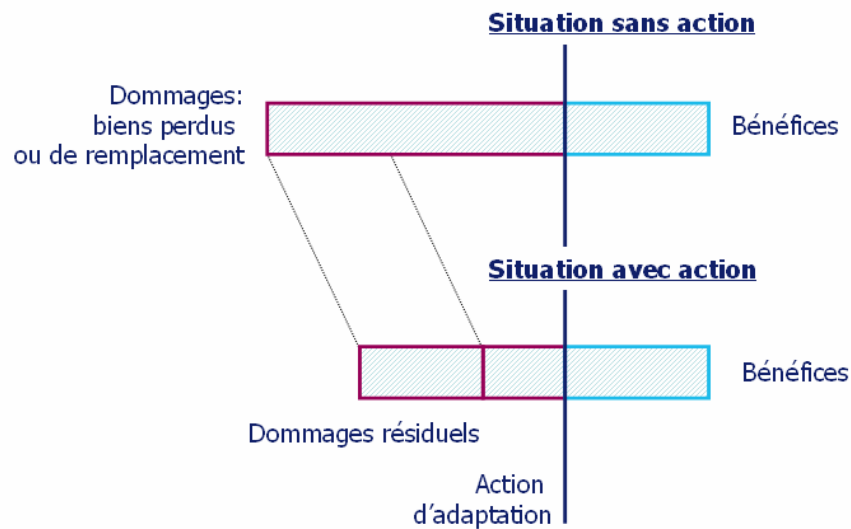


Figure 39 : Les différents types de coûts associés à l'adaptation au changement climatique.

Le coût de l'inaction est particulièrement intéressant pour donner un ordre de grandeur du coût des impacts du changement climatique sans action. En pratique, il peut être estimé à partir de la différence entre le coût des biens perdus ou de remplacement et des bénéfices. C'est le premier objet de cette partie.

Dans un premier temps, conformément à la méthode de l'ONERC, il a été choisi de travailler à économie constante, c'est-à-dire sans prendre en compte les évolutions socio économiques d'autres paramètres. De plus, on travaille ici en euros constants, de nombreux débats étant en cours sur le taux d'actualisation à prendre en compte dans les évaluations économiques du changement climatique (objet de la polémique sur le Rapport Stern).

Hypothèse de calcul : l'économie constante (Extrait de ONERC, 2009).

« En l'absence d'une prospective socio-économique de long terme régionalisée et par secteur sur la France, le groupe a choisi de travailler en conservant la situation socio-économique française actuelle (scénario dit à économie constante) : pour l'ensemble des paramètres socio-économiques (tels que démographie, technologie ou répartition des richesses), on ne considère pas d'évolution.

Ce choix permet d'isoler l'impact du changement climatique de celui d'autres évolutions, de ne pas ajouter des incertitudes macro-économiques aux incertitudes relatives aux aspects climatiques et d'écarter la question du taux d'actualisation. Il reste néanmoins problématique pour certains secteurs pour lesquels une évolution socio-économique est d'ores et déjà anticipée ou pour lesquels les évolutions socioéconomiques constituent un facteur déterminant de la vulnérabilité au changement climatique. »

2.2. Limites des hypothèses de travail

L'évaluation économique n'est pas une science exacte et la gamme d'estimations est similaire à celle des impacts physiques identifiés (UNFCCC, 2009). Le contexte d'incertitude accentue cette problématique.

De plus, la couverture des impacts physiques est elle-même incomplète, et les interactions entre systèmes et secteurs sont nombreuses. Par ailleurs, les impacts sur les éléments sociaux ou les biens non matériels ou non commercialisés sont plus difficilement identifiables et quantifiables. A ce sujet, le travail réalisé récemment sur les services écosystémiques (Chevassus au Louis, 2009) illustre l'intérêt croissant pour ces enjeux. L'évaluation montre donc une portion du coût et non sa globalité.

3. Résultats à l'échelle du territoire

Des premiers résultats territoriaux ont été obtenus pour l'agriculture (céréales, oléagineux et prairies), la submersion des terres (terres, infrastructures, bâtiments et zones humides), la conchyliculture (ostréiculture), et le tourisme. Des résultats sont cités à titre d'illustration à l'échelle nationale pour les risques naturels et la santé.

3.1. Agriculture et élevage

La méthode choisie ici est celle employée par le Groupe Agriculture du groupe interministériel de l'ONERC dans son dernier rapport de 2009. Elle permet de produire une première estimation de l'impact du changement climatique en prenant en compte la variation du volume de production agricole face à la variation des variables climatiques. Elle ne prend pas en compte les épisodes extrêmes de type sécheresse. Après avoir estimé l'évolution des rendements à partir des études existantes, en particulier les résultats du projet Climator (Brisson et al., 2010), ces résultats sont traduits en termes monétaires, sous l'hypothèse d'économie constante, c'est-à-dire en utilisant les prix actuels. (ONERC, 2009)

Les principales productions agricoles impactées par le changement climatique dans le Calvados sont :

- les grandes cultures de la plaine de Caen : blé tendre, orge, maïs, sorgho, betterave, lin, colza ;
- les prairies permanentes composées de graminées et 25% d'entre elles ont au moins 20% de légumineuses (Agreste, 2010) ;
- l'élevage de bovins pour le lait et la viande (indirectement par l'impact sur les fourrages) ;
- la production cidricole ;
- la filière équipe.

Les données correspondant aux volumes de production, aux superficies et aux rendements sont issus dans un premier temps d'une analyse croisée à partir de tables de données de 2000, 2006, 2007 et 2009, provenant de la Chambre d'Agriculture du Calvados, de la Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie, de l'Agreste, de France Agrimer et de Climator. Les prix des céréales sont issus des travaux de l'ONERC qui correspondent à une moyenne sur la période 1995-2002. Cependant, ils sont plutôt bas. Par exemple, le prix du blé tendre est fixé à 121,3 euros/tonne, ce qui aujourd'hui correspond au prix le plus bas du marché. Un deuxième calcul a été réalisé à titre indicatif en prenant la période 2005-2009 qui semble plus refléter les futurs prix du blé, à la hausse. On obtient par exemple un prix du blé tendre à 170 euros/tonne.

Dans cette méthode, on fonctionne à superficie constante. Seul le rendement évolue. Les données disponibles sur l'évolution des rendements dans la région nord ouest de la France concernent le blé, le maïs, le sorgho, le colza et les prairies. (Projet Climator : Brisson et al., 2010) Cependant une majorité de ces données ne semblent pas significatives pour la station du nord ouest de la France. C'est pourquoi, dans un premier temps, les données provenant de l'ONERC sont également utilisées (scénarios A2 et B2) et mises en parallèle des estimations Climator (A1B), en particulier quand les sens de l'évolution du rendement projetée ne semblent pas contradictoires. Ces sets de données correspondent aux scénarios A1B, A2 et B2 et pour des horizons similaires à ceux employés dans cette étude. Dans un premier temps l'horizon 2080-2100 sera analysé.

(Volume de production totale de base : 775 000T)	estimation ONERC Variation million €		estimation Climator Variation million €	
	A2 moyenne	B2 moyenne	A1B basse fourchette	A1B haute fourchette
CEREALES	2,69	7,06	1,45	12,39
Blé tendre	2,53	5,96	1,49	10,44
Orge et escourgeon	0,43	1,01	0,25	1,76
Avoine	0,06	0,14	0,04	0,25
Maïs grain	-0,33	-0,06	-0,33	-0,06

Tableau 29 : Résultats des simulations climatiques sur l'agriculture.

Ainsi avec des prix relativement bas, l'impact du changement climatique projeté sur les céréales (blé tendre, orge, avoine et maïs) du Calvados en 2080-2100 engendre un bénéfice annuel de 1,4 à 12,4 millions d'euros. En prenant des prix plus élevés qui prennent en compte les fluctuations récentes, on obtient une fourchette de 2 à 17 millions d'euros.

De la même manière, pour les oléagineux (en grande partie le colza), on obtient une fourchette de 1,4 à 1,7 millions d'euros de bénéfice annuel à l'horizon 2080-2010 avec les estimations de Climator (A1B).

Pour les prairies, l'analyse a été menée en prenant en compte le prix des biens de remplacement, c'est-à-dire le prix d'une tonne de fourrage (maïs ensilé), basé à 37 euros/tonne sur pied. Le raisonnement a donc été mené en introduisant la notion de rendement des prairies (7 à 8 tonnes/ha humide) même si ce dernier est fortement variable et lié aux itinéraires techniques (fauche, mise en pâture, ...). Enfin, l'hypothèse d'évolution projetée est celle de Climator, qui prévoit dans le nord ouest une augmentation du rendement. Avec ces hypothèses, on obtient pour les prairies naturelles, artificielles et temporaires un bénéfice annuel de 6 à 7 millions d'euros en 2100.

Si l'on prend comme hypothèse que l'évolution est linéaire, on obtient un bénéfice total cumulé en 2100 de 396 à 949,5 millions d'euros actuels.

Cette estimation chiffrée est bien sûr à mettre en perspective des hypothèses de calcul choisies, mais également des impacts négatifs possiblement induits par le changement climatique. **En effet, les événements plus ponctuels type canicule, sécheresse ou inondation impliquent très fréquemment des dommages importants en termes physique et économique qui pourraient très probablement contrebalancer les effets positifs décrits précédemment.**

Canicule, sécheresse et agriculture

Les conséquences économiques de la sécheresse et de la canicule de 2003 sont estimées par les syndicats agricoles entre 1 et 4 milliards d'euros de pertes de chiffre d'affaire (Sénat, 2004).

Selon un rapport de la Commission Européenne de 2007, l'impact économique des sécheresses en France sur l'agriculture est de 1540 millions d'euros pour la période de 1989-2002, 590 millions pour 2003, 24 millions en 2004, 250 millions pour 2005. (Commission Européenne, 2007)

Gestions des risques climatiques en agriculture (Extrait de Ménard, C., 2004).

« Ainsi, pour un exploitant en grandes cultures assuré au minimum, une perte de récolte de 30 % se traduit par un chiffre d'affaires après indemnisation de 77,5 % de son chiffre d'affaires normal ; une perte de récolte de 60 % conduit à un chiffre d'affaires final de 55 % et une perte totale de récolte à une recette, intégralement couverte par le FNGCA, de 25 % de la recette normale (ces chiffres s'entendent hors aides directes, lesquelles, en apportant une recette presque équivalente à celle provenant de la commercialisation de la récolte réduisent significativement l'impact de la perte de récolte). »

Ozone et Agriculture

« L'ozone a aussi un impact important sur les végétaux. Les principaux dommages sur la végétation et les récoltes sont des modifications physiologiques, morphologiques et de rendement. En 1990, le préjudice annuel sur l'agriculture en France a été estimé à 1,6 milliards d'euros. » (Air Com, Air Normand, 2010)

3.2. Pêche et conchyliculture

La production ostréicole annuelle représente 19 millions d'euros en moyenne. Une année comme 2001 (hiver doux et humide type NAO+, et été relativement chaud) a entraîné un taux de mortalité des huîtres de 40% en moyenne (entre 25 et 50) dans la Baie des Veys (Ifremer, 2006). Cela implique une perte économique d'environ 7,6 millions d'euros (entre 4,75 et 9,5).

De plus, Cassou (2004) met en valeur le fait que les NAO positif devrait être plus fréquent dans le futur. En 2100, l'occurrence des NAO positif devrait atteindre 26 à 34 % (scénario B2 et A2 respectivement) contre 14% actuellement. On obtient donc une perte globale cumulée à l'horizon 2100 de 111,2 à 290, 7 millions d'euros actuels.

Sur la période 1989-2002, la Commission Européenne note que l'impact économique des sécheresses sur les pêcheries françaises est estimé à 3millions d'euros par an (Commission Européenne, 2007).

Coût provenant de la contamination des eaux du littoral (Source Roncin et al., 2001).

« Les informations recueillies lors des entretiens conduisent à estimer à 246 Kf [soit 37,5K€ actuels] environ le coût total moyen d'un BI équipé, soit un coût moyen pour l'exploitant de l'ordre de 190 KF [soit 29 K€ actuels], compte tenu des subventions. »

3.3. Ecosystèmes et biodiversité

Les zones humides du littoral sont souvent impactées : le marais de la baie des Veys (32 000 ha de zones humides au total), les estuaires de la Seulles, de l'Orne (1 000 ha), de la Dives (10 000 ha) et de la Touques sont vulnérables à la submersion marine, à l'intrusion d'eaux salines et à la modification de leur habitat.

L'étude du CGDD sur l'évaluation économique des zones humides publiée en juin 2010, permet de prendre en compte la valeur économique associée aux services rendus par les écosystèmes (CGDD, 2010). Cette étude prend en compte les services d'épuration de l'eau, de soutien aux étiages, de lutte contre les inondations, d'actions récréatives et la valeur sociale. Sans prendre en considération les bénéfices liés à l'épuration de

l'eau, il a été obtenu une valeur économique comprise entre 907 et 3132 euros constants/ha/an. La suite du calcul économique a été intégrée à la partie submersion.

3.4. Submersion

La submersion progressive pérenne ou éphémère de certaines parties du territoire impacte les habitats des particuliers et des entreprises, les exploitations agricoles, les infrastructures de réseau, les équipements touristiques, les bâtiments publics, les milieux naturels et le patrimoine. Cette première analyse évalue le coût de certains des impacts de la submersion en estimant la valeur des terres perdues, des infrastructures et des espaces naturels présents sur les zones exposées à l'aléa.

Les terres perdues

La méthode employée pour estimer la valeur des terres perdues submergées est basée sur le rapport du GIEC sur les impacts régionaux du changement climatique. La méthodologie est basée sur une estimation des superficies submergées et du prix de ces terres (GIEC, 1997). L'hypothèse du calcul est une situation de submersion rapide et pérenne à l'horizon choisi.

D'après l'atlas de la DREAL (ex DIREN) de 2008, les terres situées dans des zones submergées pour des niveaux marins centennaux représentent entre 10 et 15 000 ha. Cet ordre de grandeur peut servir de base à la réflexion puisque pour des marées centennales de hauteur 9 m, cela correspond à une variation de plus ou moins 1 m par rapport aux hauteurs de pleine mer de coefficient moyen (donc ici sans prendre en compte les surcôtes ou d'autres phénomènes météorologiques, ni les protections existantes). Cela correspond aux projections choisies par l'ONERC : +1m à l'horizon 2100. Ainsi pour une « élévation » du niveau de la mer de 1m, 10 à 15 000 ha seraient perdus. Ces 10 à 15000 hectares sont constitués de zones humides pour la moitié, de zones artificialisées pour un quart et de zones non artificialisées (agricoles ou autres) pour le reste. (La proportion de terrains artificialisés dans la première bande de 100m est de 48,3%, mais pas au niveau des zones basses).

Le prix actuel des terrains agricoles est de 6 410 euros/ha (CRA). Il est de 64 euros/m² pour des terrains à bâtir (www.terrain-construction.com) (Le prix de l'immobilier est en moyenne entre 2 000 et 3 400 euros/m² en ville côtière, non pris en compte ici.) La valeur des services rendus par ces écosystèmes humides peut être estimée grâce à l'étude du CGDD de 2010, elle est comprise entre 907 et 3 132 euros constants/ha/an.

La valeur de ces terres perdues seraient donc de 1,6 à 2,4 milliards d'euros constants. Cette estimation est inférieure au coût réel des dommages car il ne prend pas en compte la valeur des éléments présents sur ces terres, la perte des habitats et des terres soumis à l'intrusion d'eaux salines, et le déplacement des populations.

Infrastructures et bâtiments

La CETMEF a réalisé une étude sur les submersions marines du littoral aux échelles nationale et régionale (CETMEF, 2009), reprise dans le cadre du programme GICC (Leuxe, 2010). Dans les annexes du rapport de l'ONERC (2009), on retrouve le détail des études du CETMEF par département (Tableau 30).

	Linéaire sous les niveaux marins centennaux (en km)
Autoroute	1
Route Nationale	9
Route départementale	74
Autre voie routière	241
Voie TGV	0
Voie ferrée principale	17
Autre voie ferrée	11
Aire de triage	3 aires de 7 ha
TOTAL Calvados	352

Tableau 30 : Linéaire d'infrastructures submergées dans le littoral du Calvados (ONERC, 2009).

Si l'on reprend l'estimation réalisée par Leuxe en 2010 (GICC) qui donne une valeur monétaire unique de 10 millions d'euros par km de linéaire d'infrastructures, on obtient un coût de l'impact de la submersion sur les infrastructures en 2100 de 3,5 milliards d'euros.

Une autre étude de la DIREN reprise dans le document de la DREAL estime que les bâtiments sous le niveau des plus hautes eaux marines actuelles représentent 2 milliards d'euros. (DREAL, 2010). On obtient pour un niveau de la mer +100cm, en 2100, un coût de 5,3 milliards d'euros.

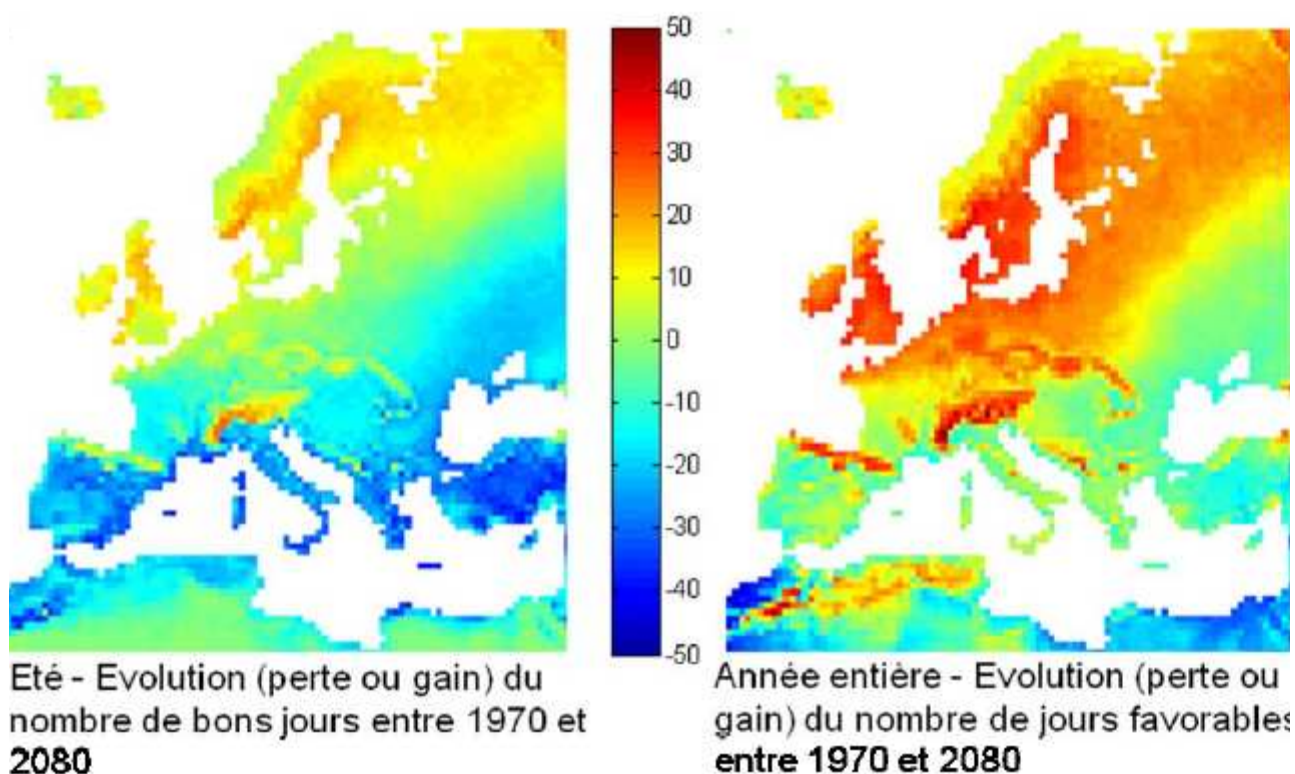
Bâtiments sous le niveau des plus hautes eaux marines actuelles	2747 délocalisations 2 milliards d'euros
Bâtiments sous le niveau des plus hautes eaux marines actuelles + 50cm	4823
Bâtiments sous le niveau des plus hautes eaux marines actuelles + 1m	7313
Bâtiments sous le niveau des plus hautes eaux marines actuelles + 2m	12753

Tableau 31 : Enjeux situés dans les zones basses du Calvados (DREAL, 2010).

Cette première estimation nous permet d'estimer la valeur des biens perdus en cas de submersion de 100cm (2100) : les terres, les zones humides, les infrastructures et les bâtiments. On obtient un coût total compris entre 10,4 et 11,2 milliards d'euros.

3.5. Tourisme

Selon le scénario A2 avec le modèle du centre Hadley, le Calvados gagnerait sur une année entière 20 à 30 jours favorables au tourisme, soit entre 5 et 8% sur l'année, dont 10 jours en été (soit 16% d'augmentation si l'on considère la période juillet-août) en 2080, par rapport à 1970. En prenant comme hypothèse une évolution linéaire, on obtient une variation entre 2010 et 2080 de 4 à 5,5% sur l'année et de 10% sur la période été.



Modèle HadRM3P/HadAM3P, scénario A2A

Figure 40 : Evolution des jours favorables au tourisme (CGDD, 2010).

En 2009, on estime à 865 millions d'euros le chiffre d'affaires direct généré par la consommation touristique dans le département du Calvados. En 2009, le tourisme du Calvados représente près de 4,5 millions de nuitées en hébergement marchand chaque année avec 2,3 millions de courts séjours réalisés (CDT Tourisme Calvados).

En se basant sur les chiffres de 2009, on obtiendrait un bénéfice de l'ordre de 34, 6 à 47,5 millions d'euros en 2080. Cette estimation est une fourchette basse puisque les bénéfices sont étalés sur l'année alors que l'activité touristique en été est plus élevée et l'évolution du nombre de jours favorables aussi. Ainsi, proportionnellement au pourcentage de remplissage des hébergements, 26% des nuitées totales semblent

réalisées durant l'été (juillet-août). Avec cette précision supplémentaire, on obtient un bénéfice annuel pour le tourisme à l'horizon 2080 de l'ordre de 48,1 à 57,6 millions d'euros (par rapport à 2010).

Si l'on considère que l'évolution est linéaire, on obtient un bénéfice global cumulé à l'horizon 2080 compris entre 2,1 et 2,6 milliards d'euros actuels.

3.6. Risques : inondation, sécheresse et tempête

Le rapport « Synthèse de l'étude relative à l'impact du changement climatique et de l'aménagement du territoire sur la survenance d'événements naturels en France » (FFSA, 2009) conclut que le changement climatique devrait engendrer un coût supplémentaire CatNat de 34 milliards d'euros en 2030. Ce chiffre a été réalisé en prenant en compte l'historique des risques et dégâts de la période 1988-2007, en intégrant les projections INSEE d'occupation du sol pour l'habitat et les activités économiques et en formulant certaines hypothèses d'aggravation de l'intensité sur les trois catégories d'aléas. La FFSA indique également que le coût des inondations indemnisées par les assureurs français entre 1988 et 2007 est de 11,3 milliards de dollars (33% du total CatNat), 5,9 pour les sécheresses et 16,6 pour les tempêtes (FFSA, 2009).

En 2001, la commission d'enquête de l'Assemblée Nationale indique que les inondations de juin 1997 en Normandie ont coûté 400 millions de francs. Elle indique également que « le sinistre moyen est relativement stable ces dernières années. Le sinistre inondation est de l'ordre de 36 000 francs pour les particuliers, de 155 000 francs pour les entreprises et de 61 000 francs pour les exploitations agricoles » (Assemblée Nationale, 2001).

La commission européenne note en 2007 qu'en termes de sécheresse, « le coût des préjudices causés à l'économie européenne s'est élevé à 8,7 milliards d'euros au moins. Au total, les sécheresses de ces trente dernières années ont coûté 100 milliards d'euros. Le coût annuel moyen a quadruplé au cours de la même période. »

La sécheresse de 1976 qui a duré près de 6 mois a coûté rien qu'en France 100 milliards de francs de l'époque, soit plus de 15 milliards d'euros. (Source : lepost.fr)

Trois vagues de sécheresse historiques (Extrait de CGDD, 2009).

« Depuis la fin des années 1980, 3 vagues de sécheresse sont identifiables : 1989-1993, 1995-1999, 2003.

- La première vague de sécheresse a débuté en 1989 et a touché environ 65 départements à raison d'une quarantaine de communes par département avec un coût moyen par commune de l'ordre de 500 000 €.

- La deuxième vague a commencé en 1995 et a touché 70 départements avec toujours une quarantaine de communes par département mais un coût moyen par commune supérieur, 600 000 €.

Pour les deux vagues, le coût moyen par sinistre était environ de 10 500 €. Le coût total de la sécheresse pour le marché a été de 3 milliards d'euros sur la période 1989-2002. La sécheresse de 2003 (voir encadré ci-contre) se distingue nettement des deux vagues précédentes. »

3.7. Population et santé

Température et Santé (Source Besancenot, 2000).

« La température moyenne extérieure s'est montrée capable d'expliquer 30,9 à 33,4% (moyenne : 31,8%) de la variation inter journalière de la mortalité. (...) Il s'est alors confirmé que les effets de la température dépendaient fortement du climat de la région étudiée. L'optimum thermique est ainsi notablement plus élevé dans les climats chauds (21,1 à 24,1°C dans le département du Var) et à Paris (20,6 à 23,6°C, probablement en raison d'un effet calorique urbain) qu'il ne l'est pour la France entière (17,2 à 20,2°C). Ceci est en accord avec l'hypothèse selon laquelle les êtres humains s'adaptent aux conditions climatiques de la région où ils vivent.

L'optimum varie également selon le sexe (il est plus bas chez la femme, sauf à Paris), selon l'âge (c'est au-delà de 64 ans qu'il est le plus marqué) et selon la cause du décès. (...) Les cardiopathies ischémiques, les accidents vasculaires cérébraux et les autres maladies de l'appareil circulatoire ressortent comme étant influencées par les dispositions thermiques. Mais la répercussion la plus franche serait une inversion du rythme annuel de la mortalité, avec passage de l'actuelle surmortalité d'hiver à une surmortalité d'été. Un relèvement thermique de 2,5°C serait suffisant pour entraîner une telle inversion. Encore le développement de phénomènes d'adaptation est-il susceptible de neutraliser ou, à tout le moins, de ralentir cette évolution. »

Les régions côtières de Basse Normandie ont le taux de surmortalité le moins élevé de France, durant la période de canicule de 2003. Les régions déjà habituées aux grandes chaleurs ont également un taux de surmortalité bas (INSERM, 2003).

4. Synthèse

Le tableau suivant est une synthèse des coûts et bénéfices globaux cumulés pour l'agriculture, l'aquaculture, la submersion et le tourisme, par rapport à la situation de 2010, avec les hypothèses de calculs détaillées précédemment. Les résultats pour 2050 sont issus des estimations pour 2080-2100 en considérant une évolution linéaire.

	Hypothèses		Impact économique en €	
	Aléa/variation pris en compte	Scénario climatique futur	2050	2080- 2100
Agriculture Céréales, oléagineux et prairies	Evolution du rendement et profil annuel	A1B	+198 à +475 millions	+396 à +950 millions
Aquaculture Ostréiculture	NAO+	A2 et B2	-55 à -145 millions	-111 à -291 millions
Submersion Terres, infrastructures et bâtiments perdus	Montée du niveau de la mer	Montée du niveau de la mer +100cm en 2100	-5 à -5,5 milliards	-10 à -11 milliards
Tourisme Nuitées	Jours favorables supplémentaires	A2A	+ 1 à +1,5 milliards	+2 à +3 milliards

Tableau 32 : Coûts et bénéfices du changement climatique pour le Calvados.

4.0 Identification des stratégies d'adaptation

1. Analyse prospective : les enjeux prioritaires du Calvados face au changement climatique

L'analyse détaillée des caractéristiques naturelles et humaines du territoire du Calvados et de ses vulnérabilités passées et futures au changement climatique a mis en évidence des enjeux qui, mis en regard des éléments prospectifs existants, soulèvent des questions fondamentales pour le Calvados :

- Comment prévenir et gérer au mieux les conflits d'usage de l'eau en période de stress hydrique, en particulier dans les régions du Bessin et au sud de la plaine de Caen ?
- Comment intégrer l'artificialisation croissante des terres dans les plans de gestion des ressources du territoire (pression sur la qualité et besoins en eau, pression sur les terres agricoles, sécurité alimentaire, ...) en particulier dans la région de Caen?
- Comment adapter nos infrastructures et ouvrages aux projections climatiques (confort d'été et d'hiver) ?
- Comment mettre en valeur et profiter de la position géographique stratégique (présence du littoral, climat doux, proximité de Paris, ...) ?
- Comment intégrer les tendances démographiques prospectivistes dans les plans de gestion (démographie croissante accentuée par la migration des population vers ce littoral moins chaud, vieillissement des populations, ...) ?
- Comment mieux intégrer et mettre en valeur l'atout économique, social et environnemental que représente l'agriculture sur le territoire (industries agro alimentaires, emplois, paysages,...) ?
- Comment adapter les infrastructures (de production d'eau, de traitement d'eau, d'accueil, d'accès à l'énergie, ...) aux besoins croissants en été (afflux de touristes supplémentaires...) ?
- Comment anticiper les problèmes de qualité du cadre de vie sensibles au changement climatique (qualité de l'air, zones naturelles protégées, accès aux réseaux et services, confort des infrastructures, ...)?
- Comment faire face aux risques naturels (inondation, submersion, instabilité, érosion, ...) aux impacts élevés et croissants ?
- Comment mettre en place des politiques préventives efficaces dans les zones du littoral à risques (zones inondables, PPR, ...) ?
- Comment mettre en valeur l'atout que représente la présence d'écosystèmes à rôle de protection et de régulation (zones humides, zones de régulation des crues, ...)?

2. Méthodologie pour l'élaboration de stratégies futures

Du fait de la nature du changement, plusieurs concepts clés sont à prendre en compte dans l'élaboration de stratégies d'adaptation du changement climatique.

2.1 Concepts généraux

Selon le GIEC, la capacité d'adaptation est « le degré d'ajustement d'un système à des changements climatiques afin d'atténuer les dommages potentiels, de tirer parti des opportunités ou de faire face aux conséquences » (GIEC, 2007). Dans le cadre de l'élaboration d'une stratégie d'adaptation, il s'agit donc de concevoir des actions diminuant les « impacts effectifs du changement climatique ou améliorant les capacités de réponse des sociétés » pour rendre les systèmes ou territoires moins vulnérables. (ADEME, 2010). La résilience est la capacité d'un système à revenir à son état initial après avoir été exposé à un stress. Les stratégies d'adaptation doivent permettre au système d'améliorer sa résilience, pour faire face aux variations et perturbations climatiques.

Par ailleurs, les volets d'adaptation et d'atténuation des plans de développement doivent être menés en parallèle. Il est donc nécessaire de favoriser des mesures d'adaptation n'ayant pas d'effet négatif sur les actions d'atténuation (ADEME, 2010). Il est fréquent de distinguer l'adaptation réactive de l'adaptation anticipative (De Perthuis, 2010) par le fait que l'utilisation de ressources se situe avant ou après une crise ; il s'agit ici de prévenir des changements et leurs impacts, donc d'anticiper.

Du fait de la nature du changement, plusieurs concepts clés sont à prendre en compte dans l'élaboration de stratégies d'adaptation du changement climatique : l'incertitude, l'inertie, la transversalité et la continuité du processus.

1. Intégrer la notion de changement climatique dans l'élaboration de politiques de développement et d'aménagement implique la prise en compte de l'incertitude dans la prise de décision et l'action (Hallegatte, 2009). Pour faire face à cet enjeu, plusieurs critères sont à prendre en compte dans l'identification de stratégies d'adaptation « robustes » :

- le degré de flexibilité des actions : l'action est flexible si elle n'implique pas des actions ou impacts irréversibles à mesure que s'ajoutera de l'information supplémentaire ;
- leur efficacité : l'action est « sans regret » si quelque soit le changement, les actions auront un impact bénéfique, autrement dit « les co-bénéfices sont supérieurs aux coûts » (De Perthuis et al., 2010).

2. Chaque système (secteur, activité ou thématique) possède sa propre inertie (logistique, décisionnelle ou autres), Figure 41. Il s'agit donc de prendre en compte ces caractéristiques spécifiques lors de la conception des actions. L'anticipation et la définition des horizons visés (court, moyen ou long terme) permettra de faire face à cet enjeu (PNUD, 2006).

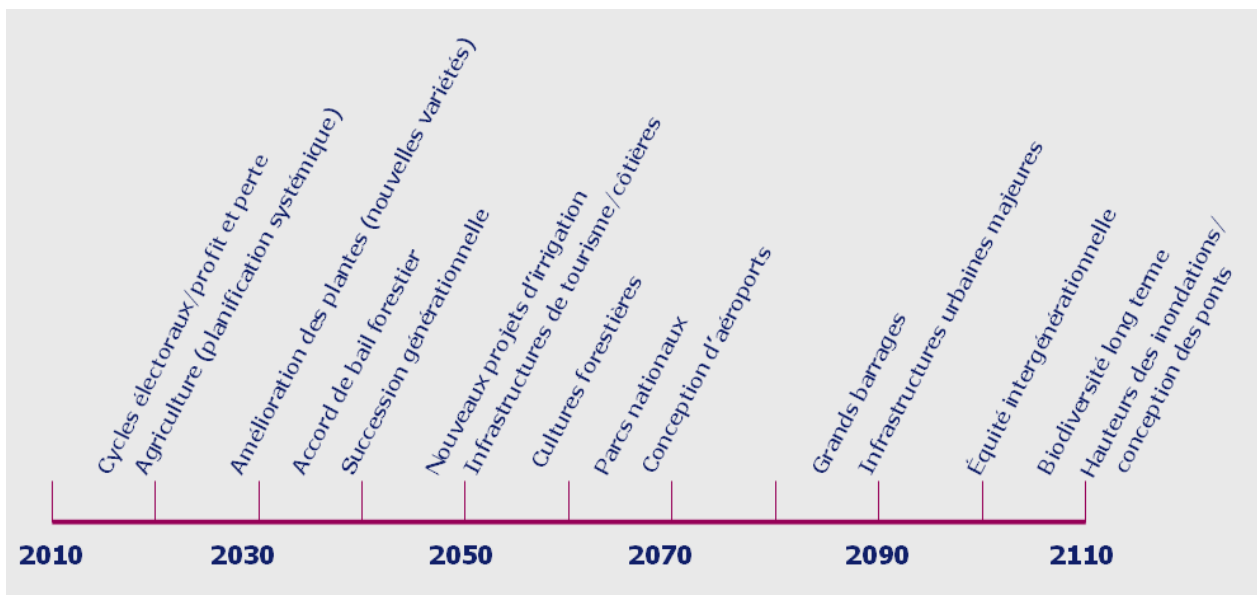


Figure 41 : Les horizons de planification pour différentes mesures d'adaptation (A partir de Jones et al., 2004 ; PNUD, 2010).

3. De plus, dans la majorité des cas, le climat influence d'abord les systèmes naturels avant d'influencer les activités humaines qui en dépendent. En outre, les systèmes impactés interagissent entre eux. Il s'agira donc de prendre en compte les interactions avec les autres systèmes sensibles (couverture spatiale et sectorielle)

Interactions et intégration pour l'adaptation (Extrait de PNUD, 2006).

« Avec l'intégration, les conflits potentiels entre les adaptations dans différents secteurs, d'une part, et entre les adaptations proposées et les politiques et les mesures existantes, d'autre part, peuvent être évités ou limités. On sait bien, par exemple, que développer une stratégie d'adaptation dans le secteur agricole sans prendre en compte le secteur de l'eau n'est pas réellement faisable en raison de leurs interrelations. La même chose vaut pour la santé humaine et l'eau. Même des adaptations purement structurelles (par exemple la construction de digues, des changements de pratiques agricoles, la création de systèmes d'alerte précoce) devront être intégrées. »

4. Par ailleurs, le changement climatique est un processus continu (PNUD, 2006). « L'adaptation doit donc être comprise comme une politique de transition permanente sur le très long terme. » (De Perthuis et al., 2010) Ainsi, quelque soient les actions menées, les horizons sont généralement plus lointains que les projets ou programmes habituels. Pour faire face à cet enjeu, il est intéressant de réfléchir à leurs faisabilités politique et opérationnelle.

Enfin, il pourra s'agir de plusieurs types d'actions faisant appels à plusieurs types d'instruments et d'acteurs :

- de type législatif, réglementaire, juridique, économique, financier, informatif, institutionnel, stratégique ou physique;
- des mesures de protection, d'ajustement ou de retrait (exemple : littoral : résistance ou recul) ;
- acteurs publics, privés, individuel ou collectif (Tableau 33).

Enjeu/ Acteur	Rôle des acteurs gouvernementaux	Rôle du secteur privé
Réduction du risque	Données fondamentales et recherche Sensibilisation	Modélisation du risque
Mesures de renforcement de la résilience	Régulation et renforcement	Incitations dans la conception de produits
Secteurs et communautés vulnérables	Infrastructures Financement de schéma pilote d'adaptation	Micro finance et assurance Pole de développement de fonds
Transfert de risques	Fonds de garantie Diminution de la volatilité	Assurance Services pour les schémas publics
Victimes de catastrophes	Restriction, utilisation de réduction des risques et pré financement	Termes de partenariats plus flexibles en cas d'urgence Services pour les schémas publics
Renforcement des capacités	Financement	Assistance technique
Technologies pour l'adaptation	Recherche fondamentale Financement d'incubateurs	Finance et assurance pour les consommateurs et opérateurs Capital risque
Biens publics –écosystèmes, patrimoine	Financement et politique de conservation	Conseil technique Financement phare
Stabilité économique	Sécurité Politiques financières	Disponibilité et accessibilité
Marchés financiers	Politique et gouvernance	Conception, distribution et marketing de produit Services après vente Administration

Tableau 33 : Des acteurs aux rôles différents (A partir de ADAM, 2009).

L'élaboration et la mise en œuvre de ces politiques impliquent donc de combiner des instruments très divers, mais dépendent également des zones et échelles géographiques.

2.2 Déclinaison thématique et spécificités

Il est nécessaire de rappeler que les impacts comme les enjeux sont très spécifiques du lieu. La réflexion à l'échelle du territoire et du milieu ne remplace pas une réflexion plus fine au niveau géographique. L'organisation spatiale des impacts nécessite une connaissance fine du territoire et des informations géo référencées. (Figure 42)

L'importance d'être spatialement explicite (Extrait de ONEMA, 2010).

« Lorsque l'on considère la valeur, il est également important de prendre en compte l'aspect spatial.

La figure illustre les services rendus par la forêt dans le Pays de Galles. Au-delà du bois, elle contribue aussi à la séquestration du carbone et à des aspects récréatifs. La carte montre aussi la valeur agricole des terres. La carte finale sur la droite montre les bénéfices nets du changement d'occupation d'un sol agricole à forestier.

La valeur de ce changement d'occupation du sol varie considérablement selon le lieu. »

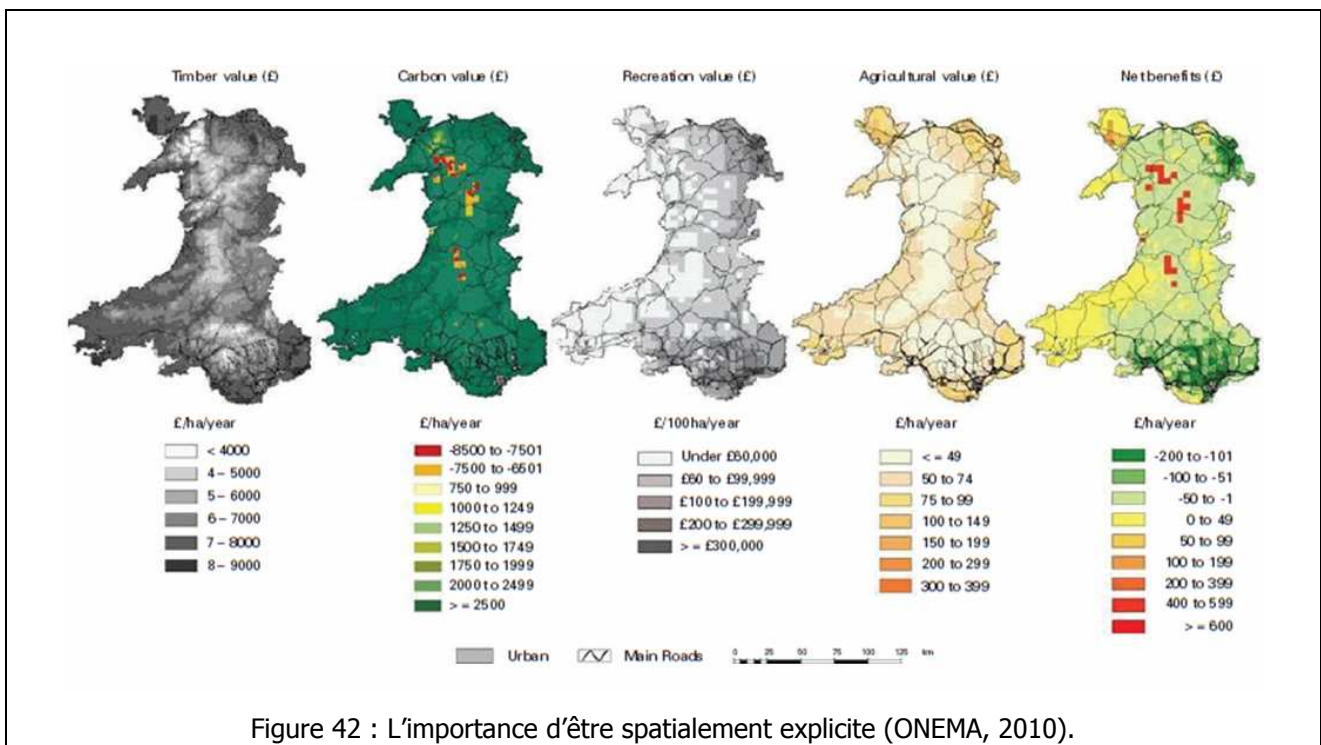


Figure 42 : L'importance d'être spatialement explicite (ONEMA, 2010).

A cet égard, les mesures d'adaptation au changement climatique peuvent être élaborées à différentes échelles. Par exemple, pour l'agriculture, l'échelle d'analyse peut être la parcelle (sol, culture, eau,...), l'exploitation (irrigation, mobilité assolement, ...), locale (réseau d'acteurs, ressources) ou extra locale (politiques européennes, internationales, marché, ...) (DREAL, 2010). En ce qui concerne le tourisme, par exemple, les interventions peuvent être mises en œuvre à plusieurs échelles : au niveau des infrastructures individuelles, du paysage, des relations transfrontalières/régionales, des politiques nationales (ADAM, 2006). Enfin, les ressources en eau sont également un bon exemple, selon que l'on se situe au niveau des infrastructures de réseau de distribution, des parcelles agricoles, des bassins versants, ou encore du bassin versant Seine Normandie.

Une autre distinction à prendre en compte est celle faite entre « adaptation planifiée » et « adaptation spontanée » ou « autonome » (PNUD, 2006). L'adaptation spontanée est « l'ensemble des mesures « relativement peu coûteuses ou dont la mise en œuvre est déjà observée en réponse aux évolutions climatiques constatées ». Le PNUD considère que l'adaptation autonome se réfère à l'adaptation mise en place par les particuliers ou les systèmes sans implication du gouvernement » (PNUD, 2006), mais que dans certains cas, cela peut conduire à des « idées d'adaptation financées par le gouvernement ». L'adaptation planifiée consiste en des mesures telles que les investissements ou les activités sont actuellement « peu structurées ou dont les bénéfices à court terme ne justifieraient pas leur choix » (ONERC, 2009). Par exemple, dans l'agriculture, l'adaptation spontanée peut correspondre à des évolutions de dates de semis ou des changements de variétés déjà disponibles alors que l'adaptation planifiée correspondrait plus à des nouvelles thématiques de recherche ou de nouvelles cultures. L'adaptation spontanée peut également correspondre à la prise en compte des variables climatiques projetées dans la conception des ouvrages. Par exemple, prendre en compte la température projetée en 2050 dans la calibration des ouvrages de drainage ou de la hauteur des digues représente un coût marginal bien faible par rapport au coût total.

2.3 Application pour le territoire du Calvados

Plusieurs études récentes ont été menées pour identifier les vulnérabilités et les stratégies d'adaptation au changement climatique. Rares au niveau territorial, c'est au niveau national que de nombreuses stratégies sont proposées. Ainsi, l'ONERC et l'Ademe ont participé à l'identification d'une liste de mesures d'adaptation à travers des ateliers de concertation. Par exemple, le récent rapport de juin 2010 (ONERC, 2010) propose 202 recommandations.

Grâce à l'analyse des vulnérabilités actuelles et futures du Calvados, il est possible d'affiner la liste des mesures pertinentes et prioritaires pour le territoire afin de faire face au changement climatique. Le nombre de ces stratégies est important (109) car, plus que des recommandations, ce sont bien des stratégies qui sont listées. En effet, il a été décidé de définir ces stratégies de manière concrète avec des objectifs clairs, afin de pouvoir facilement apprécier les résultats que la mise en œuvre d'une telle action impliquerait. En reprenant une décomposition par « système », c'est-à-dire secteur, thématique transversale ou milieu, plusieurs séries d'actions sont proposées. Ces stratégies se distinguent par les objectifs qu'elles visent :

- enrichissement des connaissances,
- communication et sensibilisation,
- ou actions opérationnelles de court et moyen termes.

En outre, certaines stratégies apparaissent comme générales, non liées à une thématique particulière ou transposables et efficaces pour toutes les thématiques. Elles sont donc reprises dans une partie spéciale.

3. Identification des stratégies d'adaptation possibles

Issu des résultats des parties précédentes, un premier ensemble d'idées d'adaptation est proposé par thématique. Intégrant les concepts rappelés plus haut, des réflexions menées aux niveaux international, national et local, et des expériences d'adaptation provenant de territoires comparables, cette première liste permet d'avoir une vision globale des stratégies concrètes possibles qui permettent de réduire la vulnérabilité future du Calvados au changement climatique.

3.1 Stratégies transversales générales

Certaines stratégies générales transversales apparaissent fréquemment comme bénéfiques pour chacune des thématiques. Il s'agit en particulier de mesures d'enrichissement des connaissances locales et de sensibilisation et diffusion d'informations aux acteurs concernés. Les mesures opérationnelles sont plus spécifiques aux secteurs et thématiques transversales :

- enrichissement des connaissances :

-affiner la cartographie des enjeux, aléas, risques et vulnérabilités ;

-capitaliser les expériences passées en matière d'adaptation réactive face aux aléas et des mesures réglementaires et législatives en amont et aval (décrets, arrêtés, aides conjoncturelles, ...) ;

-favoriser la recherche en relation avec ces thématiques et prenant en compte la très haute spécificité locale du territoire du Calvados ;

- communication et sensibilisation :

-mettre à disposition les données disponibles sur les aléas et enjeux et favoriser une gestion concertée ;

- sensibiliser les populations vulnérables;
- favoriser une concertation entre les acteurs (publics et privés);
- améliorer les systèmes d'alerte en amont des crises (inondations, sécheresses, tempêtes,...) en adaptant les indicateurs aux nouvelles projections climatiques, et en informant de l'existence de ces systèmes d'alerte ;
- actions opérationnelles de court et moyen termes :
- intégration des projections climatiques lors de la conception d'ouvrages ou de nouvelles constructions, dans les plans d'aménagements, les études prospectives,...
- mise en place de systèmes de suivi et évaluation des impacts du changement climatique.

3.2 Agriculture et élevage

L'agriculture est l'un des secteurs les plus directement affectés par le changement climatique. C'est aussi un secteur où l'adaptation spontanée ou autonome est non négligeable. En effet, il est très probable que l'adaptation se fasse progressivement à travers la modification des pratiques agricoles (date de semis, sélection de variétés plus adaptées, changement des assolements), comme cela a pu être déjà observé dans le passé (avec le soutien ou non des politiques supra-nationales). Cependant, une adaptation anticipative serait bénéfique, notamment à travers les actions suivantes :

- enrichissement des connaissances :
- 1. renforcer l'évaluation et l'adaptation des mécanismes financiers pour faire face aux événements extrêmes ;
- 2. identifier les opportunités pour les filières nouvelles ou existantes (sorgho, prairies, blés d'hiver, certains fruitiers...) ou la nécessaire adaptation de certaines filières (AOC, ...) ;
- communication et sensibilisation :
- 3. renforcer la sensibilisation aux impacts du changement climatique et au rôle de l'agriculture dans la lutte contre le changement climatique et l'accompagnement des acteurs ;
- 4. favoriser la mise en place de systèmes d'informations transparents sur les évolutions probables du climat, en intégrant ses parts d'incertitude (Hallegatte, 2009) ;
- actions opérationnelles de court et moyen termes :
- 5. favoriser l'introduction de techniques prouvées comme efficaces et adaptées à l'agriculture du territoire (agroforesterie, bande enherbée, rotation avec légumineuse, ...) ;
- 6. investissements dans la recherche de nouvelles variétés et systèmes plus résistants ou adaptés aux impacts du changement (stress hydrique, invasion de nuisibles, ...), réflexion sur une approche intégrée de l'introduction de nouvelles espèces plus résistantes, ... (ONERC, 2009), réflexion sur le comportement face au risque.

Et surtout pour prendre en compte les pressions déjà exercées sur les systèmes reliés (eau, sol, stockage de carbone, biodiversité...), des mesures inter-sectorielles :

- enrichissement des connaissances :

7. développer une réflexion sur le développement de circuits courts afin de faire face aux stress supplémentaires induites par le changement climatique ;
8. favoriser la réflexion sur le maintien de la biodiversité dans les écosystèmes agricoles (ONERC, 2010) ;
9. promouvoir le rôle de l'agriculture dans les paysages du Calvados ;
 - actions opérationnelles de court et moyen termes :
10. maîtriser les risques de changement d'usage des terres (ONERC, 2010) et replacer l'agriculture au cœur des enjeux du changement et du paysage ;
11. adapter les modes d'utilisation de l'eau d'irrigation ;
12. encourager l'optimisation des pratiques en matière d'adaptation face au risque de stress hydrique (incohérence de l'irrigation en période diurne durant la journée, recherche d'une meilleure efficacité des réseaux de captage et transport, usage de technologies plus efficaces...) (Sénat, 2004) ;
13. promouvoir un usage plus raisonné voire restrictif des intrants aux propriétés polluantes ou nuisant au fonctionnement biologique des sols, et l'introduction de techniques alternatives dans les itinéraires techniques, afin de faire face au stress supplémentaire induit par les changements climatiques ;
14. promouvoir des techniques plus appropriées à la nature érosive de certains terrains.

3.3 Ecosystèmes

Les écosystèmes et la diversité biologique sont sans doute les plus menacés par le changement climatique. Ils produisent pourtant de nombreux services sociaux, économiques et environnementaux. (Chevassus au Louis, 2009). A cet égard, certains écosystèmes peuvent renforcer les capacités d'adaptation d'autres systèmes au changement climatique. Il apparaît donc bénéfique de veiller à ce que ces fonctions soient protégées, notamment à travers les actions suivantes :

- enrichissement des connaissances :

1. améliorer les connaissances sur les perturbations, les disruptions, les pertes et les fragmentations de l'intégrité écologique, en vu du maintien ou de la restauration d'habitats ;
2. identifier les nouvelles opportunités pour de nouveaux habitats, des zones tampons et des corridors permettant de renforcer la résilience des écosystèmes;
3. favoriser la recherche en terme d'adaptation des espèces, notamment à travers la mise en place de pépinières locales ;
4. identifier les espaces, écosystèmes ou interactions menacées (zones humides) ;

- communication et sensibilisation :

5. sensibiliser tous les acteurs aux enjeux des écosystèmes et de la biodiversité ;
6. promouvoir la gestion et l'intégration de la biodiversité dans les zones urbaines ;

- actions opérationnelles de court et moyen termes :

7. prendre en compte la biodiversité dans les études d'impact, les documents de planification des ressources naturelles, et d'aménagement du paysage et de l'urbanisme (ONERC, 2010);
8. réguler l'occupation du sol (limiter la fragmentation, favoriser la continuité écologique) et promouvoir la résilience des écosystèmes ;
9. favoriser la mise en place ou mise en cohérence des systèmes de suivi et d'observatoire;
10. prendre en compte les fonctionnalités et les services rendus par les écosystèmes (ONERC, 2010):
11. identifier et protéger/valoriser les écosystèmes jouant un rôle de transition ou tampon (zone humide, zone de transition salinité, forêt riparienne, ...) ou de défense (espaces de front de mer) ou récréatifs.

3.4 Ressources en eau

L'eau est un des secteurs les plus potentiellement impactés par le changement climatique, en termes de qualité et de quantité.

Le suivi des ressources en eaux souterraines et superficielles est assez développé. Cependant, plusieurs actions pourraient permettre de faire face aux vulnérabilités futures, en agissant sur la demande et sur l'offre (ONERC, 2009). De manière générale, il s'agit de prendre en compte les projections du changement climatique dans les schémas directeur et d'aménagement en eau potable ainsi que les pressions et évolutions existantes, en particulier :

- enrichissement des connaissances :

1. promouvoir la recherche sur de nouvelles solutions plus efficaces en termes d'utilisation, de suivi et de transport de la ressource ;
2. affiner l'identification et la cartographie des volumes d'eau captées (en particulier l'usage agricole trop peu connu) ;
3. identifier les impacts et les profils de pollution ;

- communication et sensibilisation :

4. promouvoir une réflexion sur la valeur de l'eau et sur le prix à la consommation relié à la rareté de la ressource ;
5. initier une réflexion concertée à propos de l'arbitrage entre les différents usages de l'eau par les différents secteurs économiques ;

- actions opérationnelles de court et moyen termes :

6. intégrer les projections climatiques dans les scénarios prospectifs ;
7. initier un suivi et gestion pluri annuelle des ressources souterraines ;
8. mettre en place des systèmes de suivi et de recherche coordonnée pour adapter les usages aux ressources (ONERC, 2010) et favoriser un raisonnement basé sur l'adéquation besoins/ ressources ;
9. mettre en place un inventaire et un suivi de l'état des réseaux et de l'utilisation de la ressource, en particulier en terme d'efficacité et favoriser l'amélioration de l'état des réseaux ;
10. favoriser un système de contrôle des prélèvements en eau à l'échelle des bassins versants et des nappes ;
11. favoriser la réutilisation des eaux usées (ONERC, 2010) ;
12. prise en compte des volumes et débits minimum à conserver pour le fonctionnement des écosystèmes.

3.5 Risques et événements extrêmes

Les risques présents sur le territoire du Calvados sont connus : inondation de type crue, inondation issue de la remontée des nappes, glissement de terrains, instabilités des terrains dues à des cavités et aux argiles, érosions, tempêtes, et montée du niveau de la mer.

Les pressions exercées par le climat sur ces risques semblent renforcer la vulnérabilité du territoire.

Plus spécifiquement, au niveau des inondations :

- enrichissement des connaissances :

1. affiner et adapter les cartographies de zones inondables et y intégrer les zones de drainage et d'épandage des crues ;
2. réflexion sur le rôle et faisabilité des retenues d'eau en amont ;

- communication et sensibilisation :

3. mise en place de groupes de travail pour une approche conjointe avec tous les services ;
4. sensibiliser les communes vulnérables et favoriser une gestion concertée, notamment en matière de PPR et de plans d'urbanisme ;

- actions opérationnelles de court et moyen termes :

5. décourager, éviter les constructions dans les zones à risques et l'obstruction des zones de drainage et d'épandage des crues ;
6. promouvoir l'utilisation de systèmes d'évacuation adaptés dans les zones à risques ;
7. préserver les zones naturelles d'expansion des crues et de divagation des cours d'eau, et plus largement de la fonction protectrice/régulatrice des écosystèmes, notamment dans le cadre d'une solidarité ville – campagne (ONERC, 2010) ;
8. meilleure prise en compte du risque et du respect des PPR existants ;
9. toute mesure pour réduire les surfaces imperméables et donc réduire les sources de ruissellement, favoriser l'infiltration ou le stockage temporaire (ONERC, 2010) ;
10. intégrer les projections climatiques dès la conception des ouvrages hydrauliques.

En matière de tempêtes :

- communication et sensibilisation :

11. sensibiliser les communes vulnérables, notamment en matière de PPR et de plans d'urbanisme ;

- actions opérationnelles de court et moyen termes :

12. prendre en compte dès à présent le changement climatique dans les reconstructions, réparations, mises à niveau des ouvrages de protection (ONERC, 2010) ;

En ce qui concerne les risques liés aux terrains argileux, en termes de connaissances et d'actions à court terme :

13. étudier la possibilité de prescrire systématiquement une étude géotechnique (ONERC, 2010) ;
14. promouvoir des fondations plus profondes et des bâtiments aux structures rigides; (CGDD, 2009)

15. étudier la relation entre la présence de végétation, les variations d'humidité et la sensibilité du cadre bâti (CGDD, 2009).

Enfin, lors des événements paralysant type grand froid ou canicule, les mesures favorisant une organisation adaptée des acteurs et des interactions semble efficace (DREAL, 2010). Par exemple, la promotion du télétravail pourrait pallier à la paralysie de l'économie du territoire.

En ce qui concerne les mesures existantes en matière de risques et de PPR, le « tableau récapitulatif des priorités ou approfondissements nécessaires » Tableau 34 (Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007) illustre la nécessité de mieux diffuser l'information.

Connaissance	<p>Inventaires communaux des marnières.</p> <p>Communication sur le risque de submersion marine.</p> <p>Affiner l'évaluation des risques (submersion marine notamment) sur le secteur de Ouistreham à Villers-sur-mer, dans la perspective éventuelle d'un PPR littoral.</p>
Information Préventive	Appui des communes pour les DICRIM. Plan séisme.
PPR	<p>PPR multi-risque à Honfleur.</p> <p>PPR mouvement de terrain à Port-en-Bessin.</p>
Urbanisme hors PPR	Orientations pour la prise en compte du risque de submersion marine dans les documents d'urbanisme.
Travaux de prévention	<p>PAPI sur l'Orne et la Touques</p> <p>Programme de travaux de Honfleur</p>

Tableau 34 : Tableau récapitulatif des priorités ou approfondissements nécessaires (Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007).

3.6 Sylviculture

La sylviculture est très dépendante du climat et possède une certaine inertie du fait de la longueur des cycle de vie des arbres. Il est donc nécessaire d'intégrer l'impact du changement climatique dans la production de documents de planification forestière en vue d'une gestion durable des forêts. De plus, elle possède un réel potentiel de développement.

Plus précisément, les actions d'adaptation devraient viser à :

- enrichissement des connaissances :

1. identifier les opportunités de développer la filière bois, et les opportunités en terme énergétique ;
2. favoriser la recherche en terme d'adaptation des espèces, notamment à travers des pépinières locales ;
3. favoriser la réflexion du développement des systèmes d'assurance (ONERC, 2010) ;
4. favoriser la réflexion et les échanges d'expériences entre territoires analogues en terme d'adaptation et d'extinction des peuplements ;

- communication et sensibilisation :

5. sensibiliser les acteurs sur les services rendus par la forêt (paravents, lutte contre l'érosion, lutte contre le stress hydrique, rôle de « safety net » pour les nutriments, avantages de l'agroforesterie,...) ;
6. encourager une réflexion concertée sur l'importance des haies dans les paysages de bocage et assurer la transition avec les openfields ;

- actions opérationnelles de court et moyen termes :

7. développer le suivi des impacts et la collecte de données de l'état des forêts (ONERC, 2010) ;
8. capitaliser et appliquer les expériences passées en terme d'introductions d'espèces (pin, eucalyptus, ...) ou de sols non adaptés (hêtre et stress hydrique) ou de pratiques non adaptées (taux de couvert, densité, gestion,...).

3.7 Pêche et aquaculture

La modification des conditions climatiques influence déjà les activités de pêche et d'aquaculture.

Il apparaît bénéfique de favoriser le développement d'outils de suivi et l'approfondissement des connaissances sur l'adaptation des activités (ONERC, 2010).

3.8 Infrastructures et habitat

Les infrastructures ont une durée de vie relativement longue. Cela introduit des complications pour la définition des mesures d'adaptation. L'enjeu est donc d'améliorer la résistance des constructions existantes et des futures constructions face à une gamme relativement large de climats.

En amont, dans la conception des nouvelles constructions, plusieurs angles d'adaptation sont envisageables (Ademe Basse Normandie, mission Infrastructures, Entretien), en termes d'actions de court et moyen termes :

1. améliorer le confort d'été, notamment pour faire face aux étés plus chauds et réduire les vulnérabilités face aux canicules :

-en agissant sur la régulation thermique : promouvoir les techniques de refroidissement par le végétal, par les propriétés d'inertie des matériaux utilisés, par la promotion de la ventilation naturelle plutôt que mécanique, par les matériaux thermiques à changement de phase (énergie thermique), par une réflexion sur l'orientation des bâtiments,... ;

-en agissant sur la réglementation thermique : prendre en compte les projections thermiques dans les seuils de température maximum, prendre en compte les types d'utilisation des bâtiments (résidentiels, collectifs, travail...), renforcer les contrôles, privilégier les simulateurs thermiques dynamiques,... ;

2. améliorer le confort face aux événements de grand froid : favoriser les techniques d'isolation cohérentes avec le confort d'été ;

3. face aux événements extrêmes : favoriser une réglementation en cohérence avec les zones sensibles à risques, initier la recherche sur la maîtrise des aléas lors des constructions en zone sensible (pilotis pour zones inondables...).

En ce qui concerne les constructions existantes :

4. pour les bâtiments anciens à forte inertie, résistants en été mais moins performants en hiver, il apparaît cohérent de promouvoir des moyens d'isolation perméables.

De manière générale, il s'agira de :

- enrichissement des connaissances :

5. initier une réflexion sur les mécanismes de financement incitant à des actions en faveur de bâtiments résistants et sobres ;

- actions opérationnelles de court et moyen termes :

6. encourager la conception de bâtiments plus propres, moins émetteurs et plus résistants ;

7. prendre en compte les éléments de prospective sur la disponibilité et la durabilité des matériaux de construction ;

8. privilégier les solutions en amont, dès la conception, pour limiter la sollicitation des appareils consommateurs d'énergie en ce qui concerne le confort d'été et d'hiver ;

9. rendre obligatoire les études préalables à la construction de nouvelles structures, notamment en matière de risques (voir Risques).

Les infrastructures liées aux réseaux de transport, d'énergie, d'eau sont détaillées dans la partie Accès aux réseaux et services.

3.9 Energie⁶

L'approvisionnement en énergie est dépendant des ressources en hydrocarbures et de l'électricité issue du nucléaire. Il est apparu que le Calvados présente un fort potentiel de développement d'énergies renouvelables : éolien, solaire et liée à la filière bois.

A défaut d'étendre le réseau, pour assurer l'accès à l'énergie dans les zones plus reculées, il serait bénéfique de soutenir massivement l'utilisation de ressources locales renouvelables alternatives (solaire, éolien, bois de haies et produits connexes de l'industrie du bois) et le développement de filière courte pour le chauffage.

La réflexion sur l'énergie est à mettre en cohérence avec les actions menées dans le cadre du volet atténuation et doit prendre en compte les projections climatiques (évolution des profils climatiques et des extrêmes dans la demande et l'offre).

3.10 Tourisme

Le tourisme dans le Calvados devrait être favorisé par les nouvelles conditions climatiques.

Il s'agit donc de renforcer les avantages et identifier les nouvelles opportunités (des étés plus chauds par exemple). Cependant, il est nécessaire de prendre en compte les éléments impactés par l'évolution d'autres variables. Par exemple, il serait bénéfique :

- enrichissement des connaissances :

1. d'initier une réflexion sur l'adéquation des infrastructures d'accueil et de l'accès aux services face à l'afflux croissant de touristes ;

- communication et sensibilisation :

2. réguler les impacts du tourisme sur l'environnement en promulguant des actions de sensibilisation ;

- actions opérationnelles de court et moyen termes :

3. de protéger les atouts du paysage du Calvados, base du tourisme vert ;

4. favoriser l'éco tourisme, notamment pour l'hôtellerie de plein air (ONERC, 2010).

⁶ Le volet atténuation des Plans Climat se concentre sur les enjeux énergétiques. Des études sont menées dans ce cadre. Le cadre de cette étude est l'adaptation au changement climatique. Pour d'autres informations, voir les études sur l'atténuation.

3.11 Accès aux réseaux et services

L'accès aux réseaux et services est essentiellement vulnérable du fait de l'exposition des infrastructures au changement climatique, en particulier des événements extrêmes.

Dans ce cadre, les actions d'adaptation devraient viser à:

- enrichissement des connaissances :

1. mettre en place ou approfondir un cadre pour les zones à risques d'instabilité ou d'inondations;

- communication et sensibilisation :

2. favoriser la collaboration entre les services publics et les fournisseurs d'infrastructures de réseau (électricité RTE, eau et assainissement, énergie, transports, ...) pour prendre en compte les futures conditions climatiques dans les nouveaux standards de construction;

- actions opérationnelles de court et moyen termes :

3. adaptation des référentiels techniques pour « la construction, l'entretien et l'exploitation des réseaux » (ONERC, 2010) ;

4. suivi et état de vulnérabilités des infrastructures ;

5. relocalisation, ou adaptation des infrastructures de télécommunication, eau, énergie et transport dans les zones à risque de long terme.

Dans le cadre de la raréfaction des sources d'énergie, il serait bénéfique de favoriser le développement de moyens de transport plus durables, et plus résistants au changement climatique (6).

En ce qui concerne la gestion des déchets, il apparaît important de privilégier dans l'ordre des mesures de réduction, réutilisation, recyclage, compostage ou récupération de l'énergie, puis enfin, si ces mesures ne peuvent être réalisées, de stockage (ODPM, 2004), (7). Par ailleurs, il est nécessaire de favoriser une approche intégrée de la gestion des déchets avec la prise en compte du cycle global (autosuffisance de traitement, collecte,...) et des variations saisonnières (8). A cet égard, il serait intéressant de promouvoir le marché de produits issus de matières recyclées (9).

3.12 Population et Santé

L'augmentation de la température et la fragilisation de l'accès aux services pourrait impacter le cadre de vie des populations et leur santé.

Dans ce cadre, plusieurs axes d'actions semblent bénéfiques :

- enrichissement des connaissances :

1. favoriser la réflexion sur la faisabilité et l'efficacité des outils d'évaluation des mesures d'amélioration de l'air (ONERC, 2010) et d'adaptation (voir infrastructures et confort d'été) ;
2. identifier les zones et populations vulnérables face aux événements extrêmes (par exemple : maisons de retraite pendant les canicules) ;

- actions opérationnelles de court et moyen termes :

3. mise en place de systèmes de suivi et de réaction rapide en cas d'aléa et articuler l'alerte et la vigilance (algues, qualité de l'air, ...);
4. favoriser la mise en place de groupes de travail et de recherche sur le lien santé-changement climatique.

3.13 Littoral

Le littoral est le milieu le plus touché par le changement climatique, de par son exposition et sa sensibilité.

La montée du niveau de la mer et l'augmentation de la fréquence des tempêtes devraient inciter à développer une réflexion profonde et concertée sur le choix entre des politiques de maintien du trait de côte (intervention pour entraver le recul, mesures de défense) ou d'accompagnement par retrait stratégique, en lien avec les plans d'aménagement, d'occupation du sol et les politiques d'investissements (MEDD, 2007). Les conclusions qui devraient être cohérentes sur l'ensemble du territoire, mais prenant en compte les spécificités locales, devront permettre de réfléchir aux actions suivantes :

- enrichissement des connaissances :

1. identifier des zones de relocation du développement moins vulnérables et plus à l'intérieur des terres et réflexion sur les politiques de déplacement et migration (ODPM, 2004) ;
2. réflexion sur les systèmes d'indemnisations des propriétaires impactés ou déplacés selon scénario stratégique ;

- communication et sensibilisation :

3. meilleure sensibilisation des communes à l'exposition aux risques et harmonisation des plans de prévention des risques et des plans d'aménagement, d'occupation des sols et d'urbanisme (Sénat, 2010) ;

- actions opérationnelles de court et moyen termes :

4. favoriser une gestion plus fine de l'entrée des eaux pour permettre de recréer ou maintenir les zones écotones (BRANCH) ;
5. construction ou adaptation des anciennes structures de protection (digues, épis, ...) ou mesures de protection et maintien de la ligne de rivage (rechargement en sable,...) (Lenôtre et al., 2006) ;
6. intégration des projections climatiques lors de la conception des ouvrages de protection (hauteur des digues, ...) ;
7. révision régulière de l'état des ouvrages de protections et fonds de financement dédié (Sénat, 2010) ;

8. Proposer ou accélérer la maîtrise foncière publique des zones non urbanisées soumis à un risque d'entrée des eaux marines.

D'autres modifications du climat ont des impacts sur le littoral à travers le tourisme, les risques, l'agriculture, et l'accès au réseau et services. Ces points sont traités dans les chapitres respectifs.

Les écosystèmes du littoral sont cependant sujets à des impacts très spécifiques liés à l'intrusion d'eaux salines et la perte d'habitats. Une réflexion plus fine (9) sur ces écosystèmes indispensables à l'équilibre du littoral devrait être menée, à l'instar de l'étude BRANCH sur la Baie des Veys.

Cela étant, le littoral de par sa densité démographique plus élevée, devrait voir ces vulnérabilités exacerbées.

Par ailleurs, le littoral constitue une zone adaptée pour tester la promotion de transports plus verts (cf. zone étroite aux distantes courtes), aux nouvelles constructions vertes plus durables (cf. taux de nouvelles constructions important), à des nouvelles espèces tolérantes au sel,...

3.14 Urbain

L'urbanisme inclut une grande partie des problématiques liées aux infrastructures. Son capital a une durée de vie longue et intègre donc des horizons temporels plutôt éloignés. Cependant, l'enjeu est plus complexe car il s'appuie sur des plans d'aménagement.

Le milieu urbain fait face à des phénomènes transverses mais aux conséquences importantes.

Face à l'augmentation des températures moyennes, et spécialement en été, en termes de connaissance et d'actions :

1. intégrer la notion d'îlots de chaleur urbaine dans les plans d'aménagement ;
2. encourager la gestion de micro climats par la promotion des parcs, jardins et espaces verts et ouverts (ONERC, 2009) ;
3. favoriser la réflexion sur le cycle de l'eau et la réutilisation des « eaux grises » dans certains secteurs.

Face aux inondations récurrentes, des actions de sensibilisation :

4. promouvoir la perméabilisation des sols pour minimiser les risques de ruissellement et érosion ;
5. promouvoir les matériaux résistants à l'eau dans les premiers étages, conception de drains pour prévenir la remontée des eaux dans les bâtiments... ;
6. renforcer la sensibilisation des communes au risque et au rôle des outils de planification ;

La qualité de l'air et le cadre de vie risque d'être impactés par le changement climatique. Pour faire face à ces enjeux sanitaires, des besoins en connaissances, sensibilisation et actions :

7. réduire l'utilisation et la circulation des moyens de locomotion individuels polluants, notamment en cas de forte chaleur ;
8. affiner les systèmes de suivi et d'alerte dans les grandes agglomérations ;
9. favoriser les possibilités d'utilisation d'énergies renouvelables.

Enfin, la pression démographique favorise la réflexion sur une approche intégrée du territoire prenant en compte l'urbain, le périurbain et le rural, et la maîtrise de l'urbanisation sur les bassins de réalimentation des aquifères et des terres agricoles (10).

3.15 Politiques et acteurs

L'essentiel de la réflexion à mener sur les solutions d'adaptation des systèmes au changement climatique est à conduire de manière concertée avec l'ensemble des acteurs. Il est également essentiel de réfléchir à l'identification des porteurs de projets.

Enfin, il est nécessaire de prendre en compte les outils de planification déjà existants et d'y promouvoir l'intégration de l'adaptation au changement climatique. Par exemple, les PLU et SCOT concernent l'organisation spatiale, mais l'adaptation n'est pas encore prise en compte. L'approche environnementale de l'urbanisme (AEU) pourrait par exemple permettre de pallier à cet enjeu.

Cette étude a permis de mettre en valeur le manque d'information disponible et l'hétérogénéité des connaissances au sein des différentes institutions. Ce fait est sans doute explicable par le caractère relativement nouveau de l'enjeu climatique. La sensibilisation et la diffusion d'informations actualisées et adaptées au sein des services à mobiliser sont des enjeux primordiaux pour l'efficacité et la durabilité des stratégies d'adaptation qui seront mises en œuvre.

De plus, l'information, si elle doit être partagée, doit être bien gérée. Il ne faut donc pas négliger l'importance de la coordination d'un tel système de plateforme de connaissances. La création d'un Observatoire au niveau régional pourrait permettre de répondre à ce besoin. En outre, l'alimentation de cette plateforme par des connaissances territorialisées suppose la présence de personnes clés dédiées à cet enjeu transversal dans chacun des services mobilisés.

4. Les stratégies d'adaptation prioritaires

Mettre en place les mesures d'adaptation (Extrait de ONERC, 2010).

« De nombreuses mesures visant à réduire la vulnérabilité au changement climatique cherchent en fait d'abord à réduire la vulnérabilité au climat actuel et à sa variabilité (notamment aux événements extrêmes actuels) : le changement climatique agit en grande partie en amplifiant des problèmes déjà existants, et être adapté au changement climatique, c'est d'abord être adapté à la situation présente. Ceci suggère de commencer par la mise en place de mesures d'adaptation sans regret, qui permettent d'améliorer la situation existante des villes et de générer des co-bénéfices intéressants, tout en réduisant la vulnérabilité future au changement climatique ».

4.1 Identification des 20 stratégies principales

Les critères de choix définis dans la partie 1 peuvent permettre d'aider à la sélection des solutions d'adaptation les plus pertinentes et robustes. En concertation avec les acteurs du territoire lors de la 2^{ème} réunion du Comité de Pilotage, certains critères ont été choisis comme essentiels et prioritaires. Il s'agit de prendre en compte :

- l'inertie de certains secteurs, soit le choix des horizons temporels,
- la question de l'impact sur la consommation d'énergie,
- l'acceptabilité par tous les acteurs,
- des actions flexibles et sans regret.

Les stratégies proposées peuvent être classées en plusieurs catégories suivant leur thématique principale et leur objectif. En prenant en compte l'inertie des secteurs, les systèmes nécessitant une anticipation importante sont (voir par exemple Figure 40) :

-la biodiversité et les écosystèmes

-la sylviculture

-les infrastructures

-le littoral

-l'urbain.

Par ailleurs l'agriculture est un secteur important dans le Calvados. C'est aussi un des secteurs les plus impactés. Il est donc intégré à la liste d'actions prioritaires, en particulier en ce qui concerne l'utilisation des sols. Enfin, il est apparu à travers cette étude le besoin en développement d'analyses prospectives prenant en compte les spécificités très locales du territoire du Calvados.

En termes d'impact sur la consommation d'énergie, aucune des actions ne semble entrer en contradiction avec l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre. En termes d'acceptabilité par tous les acteurs, les grands chantiers impliquant des changements importants semblent délicats à mettre en œuvre. Par exemple au niveau du littoral, l'enrichissement des connaissances apparaît comme plus acceptable que le déplacement des éléments présents sur des zones à risques. Ainsi, en synthétisant et réorganisant les mesures, on obtient 20 stratégies principales: Elles couvrent notamment les thématiques suivantes : la biodiversité et les écosystèmes, la sylviculture, les infrastructures, le littoral, le milieu urbain, l'agriculture, les études prospectives.

1. Enrichir les connaissances sur les menaces et opportunités présentées par le changement climatique sur les écosystèmes, habitats et espèces
2. Promouvoir la gestion et l'intégration des enjeux de la biodiversité et des écosystèmes dans les outils de planification et d'aménagement (également des zones urbaines et rurales), en particulier la restauration des continuités écologiques pour favoriser la résilience des écosystèmes
3. Valoriser les écosystèmes jouant un rôle de transition ou tampon (zone humide, zone de transition salinité, forêt riparienne, ...) ou de défense (espaces de front de mer) ou récréatifs (espaces de tourisme vert)
4. Favoriser la recherche en terme d'adaptation des espèces, notamment à travers des pépinières locales
5. Favoriser la mise en place ou mise en cohérence des systèmes de suivi et d'observatoire d'indicateurs du changement
6. Sensibiliser les acteurs sur les services rendus par la forêt (paravents, lutte contre l'érosion, lutte contre le stress hydrique, rôle pour les nutriments, avantages de l'agroforesterie, source d'énergie alternative...)
7. Améliorer la prise en compte du confort d'été et d'hiver dans les nouvelles et anciennes constructions (régulation et réglementation thermique)
8. Rendre obligatoire les études préalables à la construction de nouvelles structures, notamment en matière de risques
9. Face aux événements extrêmes : favoriser une réglementation en cohérence avec les zones sensibles à risques, initier la recherche sur la maîtrise des aléas lors des constructions en zone sensible (pilotes pour zones inondables...)
10. Développer le suivi de l'état des vulnérabilités des infrastructures
11. Affiner les connaissances et la cartographie des dynamiques littorales, et des zones à risques
12. Révision régulière de l'état des ouvrages de protections et fonds de financement dédié.
13. Sensibilisation des communes à l'exposition aux risques et harmonisation des plans de prévention des risques et des plans d'aménagement, d'occupation des sols et d'urbanisme
14. Maîtriser les risques de changement d'usage des terres et replacer l'agriculture au cœur des enjeux du changement et du paysage
15. Initier une réflexion sur l'adéquation des infrastructures d'accueil et de l'accès aux services face à l'afflux croissant de touristes
16. Encourager l'amélioration des connaissances sur la prise en compte des microclimats pour faire face aux îlots de chaleur urbaine (parcs, jardins et espaces verts et ouverts, eaux)
17. Encourager l'amélioration des connaissances et les actions pour faire face aux risques en zones urbaines (perméabilisation des sols, matériaux de construction)
18. Réduire les sources de pollution atmosphérique (transport individuel en particulier) notamment pendant les périodes de fortes chaleurs
19. Favoriser la réflexion sur une approche intégrée du territoire prenant en compte l'urbain, le périurbain et le rural, et la maîtrise de l'urbanisation sur les bassins de réalimentation des aquifères et des terres agricoles
20. Renforcer la sensibilisation des communes au risque et au rôle des outils de planification

4.2 Sélection des 5 stratégies prioritaires

Parmi la liste des 20 stratégies principales, au regard des enjeux importants du Calvados, 5 stratégies prioritaires peuvent être identifiées et proposées. Les 5 stratégies retenues sont transversales pour répondre à la nature du changement. De plus, elles considèrent l'ensemble du territoire mais leur mise en œuvre nécessite de les dimensionner et de les adapter aux spécificités locales du département.

1. Face à l'enjeu des risques du littoral, la stratégie proposée consiste à **affiner les connaissances et la cartographie des dynamiques et des risques du littoral**. Les thématiques concernées sont le Littoral et les Risques.
2. Pour prendre en compte l'enjeu de la résilience des écosystèmes du territoire, la stratégie à envisager est **d'enrichir les connaissances sur les menaces et opportunités présentées par le changement climatique sur les écosystèmes et de promouvoir leur résilience**. Les thématiques couvertes sont la Biodiversité, les Risques, l'Eau et l'Economie.
3. En ce qui concerne l'enjeu des études prospectives, la stratégie consiste à **engager une réflexion prospective socio économique sur les mutations des enjeux sensibles du territoire (agriculture et tourisme)**. Les thématiques concernées sont donc l'Urbain, l'Agriculture, l'Eau, le Tourisme et la Prospective.
4. Pour faire face à l'enjeu de la qualité de l'air, la stratégie proposée consiste à **réduire les sources de pollution, en particulier pendant les périodes de fortes chaleurs**. Les thématiques abordées sont donc l'Urbain, le Transport, la Population et la Santé.
5. Face aux vulnérabilités des infrastructures sensibles, la stratégie à envisager est de **développer le suivi de l'état et des vulnérabilités des infrastructures (i.e. de protection, de transport, de réseau, bâtiments)**. Les thématiques concernées sont les Infrastructures et les Risques.

Ces stratégies peuvent être étudiées sous l'angle du développement durable (Voir Tableau 4). Les critères choisis sont donc : l'existence de co-bénéfices en termes d'atténuation, l'équité des actions, les impacts sur le bien être, sur l'environnement et sur la production économique, et les coûts de mise en œuvre, opérationnel et de maintenance. Ces critères fourniront des informations importantes sur les différentes réponses adaptatives proposées. Ce sont bien les résultats directs de ces actions qui sont analysés. Par exemple, enrichir les connaissances n'a pas un impact positif direct sur l'environnement, même si les actions qui suivront cette phase viseront peut être à protéger l'environnement et auront donc un impact positif. Le signe «->» signifie pas d'impact direct significatif ou pas d'information.

Critère de durabilité/Enjeu		Les risques du littoral	Résilience des écosystèmes du territoire	Mutations et prospective du territoire	La qualité de l'air et du cadre de vie	Vulnérabilités des infrastructures
Co-bénéfices atténuation		-	-	-	Positif (réduction des émissions de GES dues aux transports)	-
Impact environnemental		-	-	-	Positif (diminution de l'impact négatif)	-
Impact sur la production économique		-	-	Positif (meilleure prise en main de l'incertain)	Négatif (contrainte supplémentaire vis-à-vis du transport)	Positif (développement de marché « vert »)
Equité		Positif (identification de l'hétérogénéité)	Positif (identification de l'hétérogénéité)	Positif (identification des dynamiques)	Négatif (inégalité vis-à-vis des contraintes de déplacement)	Positif (identification de l'hétérogénéité)
Bien-être		Positif (amélioration de la connaissance des risques)	Positif (amélioration de la connaissance)	Positif (amélioration de la connaissance)	Positif (amélioration du cadre de vie)	Positif (amélioration des connaissances de sécurité)
Coût	de mise en œuvre	-	-	-	élevé	-
	opérationnel et de maintenance	élevé	élevé	-	-	élevé

Tableau 35 : Evaluation des actions prioritaires suivant les critères de développement durable.

4.3 Présentation des stratégies prioritaires

Pour chacune des 5 stratégies sélectionnées, sont présentés :

- l'enjeu ciblé et les thématiques intégrées dans la stratégie, illustrant la transversalité des actions
- l'intitulé détaillé de la stratégie, permettant de révéler l'objectif de l'action ;
- le contexte, expliquant le cadre, et les problématiques auxquelles l'action apporte une réponse ;
- des exemples d'actions permettant de mettre en œuvre la stratégie ;
- des exemples d'acteurs présents sur le territoire travaillant sur les thématiques ;
- et les indicateurs de suivi qui permettent de suivre et évaluer la mise en œuvre de la stratégie.

Ces fiches de routes permettent également de dimensionner les actions prioritaires à mettre en place pour mettre en œuvre une stratégie d'adaptation au changement climatique dans le Calvados.

ENJEU 1 : Le littoral

Thématiques : Littoral et Risques

Stratégie proposée

Affiner les connaissances et la cartographie des dynamiques et des risques du littoral

Contexte et problématique

Le littoral est le milieu présentant le plus d'enjeux vulnérables face au changement climatique. C'est aussi le milieu présentant le plus d'hétérogénéité en termes d'impacts, et le plus d'incertitudes. En effet, le littoral est exposé à des changements de long terme telle la méditerranéisation de son profil climat, mais également à de nombreux changements de court terme de type submersion, tempête, érosion, ... Ces événements de court terme, qui influent sur la position du trait de côte, dépendent d'une large palette de variables climatiques, et de paramètres indépendants du climat (par exemple, le substrat géologique). En outre, ces événements de court terme sont fréquemment liés à des variations extrêmes (vent violent, pluies intenses, ...) qui sont difficilement modélisables et prévisibles tant en termes de fréquence que d'intensité.

Par ailleurs, le littoral du Calvados héberge des activités et une population densément réparties. Le phénomène de « périlbalnéarisation » accéléré dès les années 60 explique l'occupation du sol actuelle et la certaine « bipolarisation entre territoires artificialisés et espaces protégés » (IFEN, 2007) avec des espaces naturels restants déjà trop peu nombreux et isolés. De plus, les écosystèmes restants jouent un rôle essentiel de protection et de régulation face aux crues et submersions. La valeur de ces terres, des éléments humains et des écosystèmes supportés est donc élevée.

Toute politique d'aménagement du littoral qui impliquerait le déplacement ou la protection d'éléments humains ou physiques (résidentiel, industriel ou de services) aurait donc des impacts économiques très importants. Cependant, les impacts des changements climatiques peuvent être également très conséquents. C'est l'acceptabilité de telles mesures qui paraît le facteur le plus limitant car cela suppose dans certains cas la perte d'habitats, l'abandon de terres, ou encore le recul stratégique. C'est d'autant plus vrai pour certaines zones du littoral du Calvados soumises au risque de recul du trait de côte par érosion ou montée du niveau de la mer, alors que d'autres zones semblent dans une dynamique inverse (c'est-à-dire « gagnant des terres sur la mer »). C'est également vrai par rapport à la montée du niveau de la mer et des zones submergées.



Figure 43 : Vue aérienne de l'embouchure de la Seulles à Courseulles (DREAL, 1999).

Ainsi les communes qui suivent des dynamiques d'érosion sont donc à accompagner ainsi que celles exposées à la submersion marine. Les tentatives d'identification des zones les plus à risque mettent en valeur les problèmes d'incertitude des connaissances bathymétriques. En effet, certaines zones sont très exposées à l'augmentation du niveau de la mer du fait de leur faible altitude et un décimètre d'élévation de la mer peut parfois engendrer la submersion de plusieurs hectares. Toute politique doit donc se fonder sur une connaissance précise des aléas afin de prendre des mesures appropriées.

Il apparaît donc nécessaire d'affiner les connaissances et la cartographie des dynamiques du littoral et des zones à risques. Cette recommandation contribuera à mettre en place des actions de sensibilisation et de communication illustrées par des informations du territoire, et à participer à intégrer la dimension locale des enjeux du Calvados.

Exemples d'actions à engager

- Promouvoir les efforts de recherche visant à accéder à une représentation, une estimation voire une quantification réaliste des changements qui affecteront le littoral (par exemple, la mise au point d'outils de modélisation fiables)
- Réaliser une cartographie des dynamiques et risques côtiers prenant en compte les éléments de protection naturels et artificiels existants
- Etudier les stratégies de repli ou maintien envisageables

-...

Acteurs du territoire travaillant sur ces thématiques

Conseil Général, Région, Pays, Conservatoire du Littoral, Calvados Littoral, Université de Caen, CREC UCBN, Ifremer, ...

Indicateurs de suivi de l'engagement pour la stratégie

- Moyens financiers et nombre de personnes mobilisées sur les thématiques
- Cartographie des zones à risques et vulnérables
- Diminution de l'incertitude liée à la précision des données terrain
- Création d'une base d'information et d'une plateforme d'échanges
- Identification d'indicateurs de vulnérabilité
- Linéaire côtier (km) ayant fait l'objet d'une étude prospective de son évolution (futur possible, incertitudes).

ENJEU 2 : L'eau et les écosystèmes

Thématiques : Biodiversité, Risques, Eau et Economie

Stratégie proposée

Enrichir les connaissances sur les menaces et opportunités présentées par le changement climatique sur les écosystèmes et promouvoir leur résilience

Contexte et problématique

Le Calvados est composé d'écosystèmes variés allant des marais humides aux dunes sèches en passant par des plaines tempérées, des collines subhumides, et des fleuves côtiers. Chacun de ces écosystèmes joue un rôle essentiel dans le soutien des activités ou éléments humains qu'ils supportent ou protègent. Les êtres vivants qui les composent et les interactions qui les structurent dépendent largement du climat. Les modifications des températures moyennes, maximales et minimales, ainsi que les bilans hydriques auront des conséquences importantes sur l'évolution de ces écosystèmes. Des changements en termes spatial (migration d'espèces, déplacement de l'aire géographique), en termes d'interactions (pressions des espèces invasives, disparition de certaines espèces), en termes d'habitat, et d'espèces (espèces plus continentales vers le littoral, méditerranéisation) sont à prévoir.



Figure 44 : Jachères fleuries à Epaney (DREAL, 1999).

Cependant, tous ces écosystèmes jouent un rôle essentiel dans les dynamiques du territoire : les zones humides pour leur rôle de régulation des crues et de protection face aux submersions et tempêtes, et pour leur rôle culturel, les dunes sablées pour leur rôle de protection face aux submersions marines, les actuelles prairies en tant qu'agrosystème pour l'élevage et de lutte contre l'érosion, la biodiversité marine pour les activités économiques (conchyliculture) et pour leurs rôles culturel (espèce endémique et/ou en voie de disparition) et touristique,... La valeur de ces terres et des écosystèmes supportés est donc élevée.

Avant de pouvoir proposer des actions de conservation, réhabilitation ou abandon pour certaines zones ou pour certains écosystèmes et faire face au changement climatique, il est nécessaire de mieux connaître les impacts potentiels du changement du climat, que ce soient des changements sur le long terme ou sur le court terme. Il est aussi essentiel de pouvoir affiner les connaissances sur les services fournis par ces divers écosystèmes afin d'évaluer l'importance de leur rôle sur le territoire. Par ailleurs l'eau tient un rôle important dans le soutien de ces écosystèmes. Sa vulnérabilité climatique implique de mettre en œuvre des solutions d'optimisation de son exploitation.

Il est donc nécessaire d'enrichir les connaissances sur les menaces et opportunités présentées par le changement climatique sur les écosystèmes, habitats et espèces afin de renforcer leur capacité (et celles des activités qu'elles supportent) de résilience au changement climatique.

Exemples d'actions à engager

- Renforcer la recherche fondamentale par des moyens financiers et humains conséquents, optimisés et coordonnés
- Créer une plateforme d'échanges des informations entre scientifique et décideurs
- Promouvoir la participation des citoyens aux réseaux d'observations des espèces
- Promouvoir la recherche sur les moyens d'optimiser la gestion de l'eau dans les bassins versants, en mettant notamment au point des techniques d'irrigation plus économes en eau, permettant un apport au plus près des cultures ainsi que les moyens permettant de limiter les prélèvements en période d'étiage, de préserver la qualité de la ressource, ...

-...

Acteurs du territoire travaillant sur ces thématiques

Conseil Général, Région, Pays, Parc Naturel, Conservatoire National Botanique de Brest, Ifremer, Université de Caen, Groupe Ornithologique Normand, Groupe Mammalogique Normand, CPIE, Gretia, GRAPE BN,...

Indicateurs de suivi de l'engagement pour la stratégie

- Moyens financiers et nombre de personnes mobilisées sur les thématiques
- Cartographie des zones sensibles
- Création d'une base d'information
- Identification d'indicateurs de vulnérabilité
- Rapports ou autres publications sur les fonctionnements et dynamiques des écosystèmes du Calvados
- Identification d'axes d'action

ENJEU 3 : L'agriculture et le tourisme

Thématiques : Urbain, Agriculture, Eau, Tourisme et Prospectives

Stratégie proposée

Engager une réflexion prospective socio économique sur les mutations des enjeux sensibles du territoire (agriculture, et tourisme)

Contexte et problématique

Il est très probable que les changements climatiques exacerbent les vulnérabilités déjà existantes du Calvados. Par ailleurs, les dynamiques socio-économiques déjà en cours entraînent des mutations supplémentaires sur le territoire, qui auront un impact non négligeable sur les éléments exposés aux changements climatiques. Elaborer des actions aujourd'hui pour demain requiert de prendre en compte ces évolutions.

En effet, le Calvados est un territoire très hétérogène accueillant une population rurale et urbaine, inégalement répartie. L'agriculture et le tourisme participent à la structuration du territoire et de son économie. Ils représentent une production de valeur ajoutée élevée et supportent une grande partie de l'emploi du département. L'état des ressources en eau dépend aussi très fortement de la démographie et de ces activités économiques. Ces trois enjeux sont également les plus sensibles aux changements climatiques. En effet, leur activité est directement tributaire de la variation du climat : par exemples, le rendement agricole pour l'agriculture, les débits et étiages pour l'eau, la fréquentation pour le tourisme,...

Ces activités sont également les plus exposées et sensibles à des changements de dimensionnement liés aux évolutions socio-économiques. La croissance démographique, le vieillissement de la population, la

tertiarisation de l'économie ou les migrations des populations projetés ont un impact important sur ces activités. Ces changements se matérialisent notamment par l'urbanisation croissante des terres. Ce phénomène, en particulier autour des villes principales, conduit à un accroissement des vulnérabilités existantes et futures probables : besoins en eau, fréquentation touristique, réduction des surfaces agricoles, disruption et diminution de la résilience des écosystèmes, risques (ruissellement, érosion, inondation, instabilité, ...) et impacts plus importants, diminution de la qualité de l'air à travers l'augmentation du temps de transport, empiètement sur les surfaces agricoles, impact sur l'économie (par exemple le secteur agro alimentaire dépendant de la production agricole), ...

Ce phénomène qui touche de nombreux territoires en France est d'autant plus vrai dans le Calvados. En effet, il s'intègre dans un contexte particulier aux pressions multiples et élevées : la proximité de la capitale, la présence d'un littoral à forte valeur ajoutée et forte attractivité, un secteur touristique important, un secteur agricole développé, des problématiques de transport, des relations étroites entre zones urbaines, zones périurbaines et rurales,...



Figure 45 : Vue aérienne de la région de Balleroy (DREAL, 1999).

Pour prendre en compte ces dynamiques socio-économiques et géographiques, et les inclure dans l'étude des pressions énergétiques et climatiques sur le territoire, il est donc nécessaire d'identifier les spécificités locales en termes de tendances et perspectives. Il apparaît en particulier nécessaire de développer des études prospectives sur les dynamiques foncières (relations urbain-périurbain-rural) et leurs impacts sur les deux thématiques les plus sensibles : le tourisme et l'agriculture.

Exemples d'actions à engager

- Etudier l'évolution du tourisme qui pourraient s'organiser autour de l'évolution de la fréquentation touristique, l'emploi, les compétences/formation, et l'environnement (eau, paysage, biodiversité notamment)...
- Renforcer le suivi des changements d'utilisation des terres ainsi que les recherches sur les risques pour les biens dits publics non marchands (biodiversité, carbone,...)
- Renforcer les recherches sur les phénomènes de péri urbanisation et leurs conséquences
- ...

Acteurs du territoire travaillant sur ces thématiques

Conseil Général, Région, Pays, CESR BN, Ademe, Chambre d'Agriculture, Villes, Communauté de Communes, IRDD, CPIE, Conservatoire du Littoral, Université de Caen, CDT Tourisme, ONEMA, AESN, SDEC Energie, Climaster, ARS,...

Indicateurs de suivi de l'engagement pour la stratégie

- Nombre de personnes impliquées
- Plateforme de concertation
- Scénarios prospectifs appliqués au territoire
- Nombre d'institutions intégrant une approche prospectiviste
- Nombre d'études prospectives à l'échelle du territoire
- Plateforme de diffusion de ces résultats

ENJEU 4 : La santé

Thématiques : Urbain, Transport, Population et Santé

Stratégie proposée

Réduire les sources de pollution atmosphérique, en particulier pendant les périodes de fortes chaleurs

Contexte et problématique

Les périodes de fortes chaleurs ont des conséquences importantes sur les écosystèmes, les infrastructures, l'économie, les eaux superficielles et la santé des populations. De plus, il est très probable que les étés du Calvados soient plus chauds et que les températures maxima atteintes soient plus élevées. Les périodes de fortes chaleurs et de canicule ont de fortes chances d'être plus fréquentes. Or il est maintenant assuré que la qualité de l'air est liée à la température : les jours très chauds, la qualité de l'air est moins bonne, en particulier lié à la concentration augmentée en ozone. L'ozone a des répercussions sanitaires et environnementales significatives. En ce qui concerne la santé, l'ozone est un irritant de l'arbre broncho-pulmonaire et également un irritant oculaire puissant. Les principales conséquences sur les végétaux sont une réduction de la croissance des végétaux et une diminution sensible des rendements agricoles, notamment à travers des modifications physiologiques et morphologiques. Ainsi, en 1990, le préjudice annuel sur l'agriculture en France a été estimé à 1,6 milliards d'euros.

La qualité de l'air est donc très sensible à la température de l'air et elle peut être amoindrie par la présence de gaz nocifs issus notamment des moyens de transports polluants. La présence de gaz d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils favorise la production d'ozone. Le trafic automobile est une source importante de ces précurseurs. La brise de mer semble également favoriser les concentrations d'ozone élevées. Enfin, en Basse Normandie, il existe des organismes de suivi de la qualité de l'air qui mènent également des études pour approfondir les connaissances sur ce sujet.

Il apparaît donc efficace de réduire les sources de pollution atmosphérique (transport individuel en particulier) notamment pendant les périodes de fortes chaleurs.



Figure 46 : Tramway, voie végétalisée et piste cyclable à Nantes (Nantes Métropole, 2010)

Exemples d'actions à engager

- Inciter à la mise en place de dispositifs de covoiturage
- Inciter à l'utilisation des transports en commun lors des périodes de fortes chaleurs
- Adapter l'offre des transports en commun lors des périodes fortes chaleurs
- Favoriser le développement des transports alternatifs
- Développer les déplacements doux dans les zones urbaines les plus sensibles
- Mettre en place des mécanismes de régulation de la circulation routière lors des périodes fortes chaleurs

-...

Acteurs du territoire travaillant sur ces thématiques

Conseil Général, Région, Pays, Communautés de Communes, Villes, Air C.O.M., Air Normand, ARS, SDEC Energie, ...

Indicateurs de suivi de l'engagement pour la stratégie

- Cartographie des zones sensibles
- Création d'une base d'information et d'un système de prévention et d'alerte
- Identification d'indicateurs de vulnérabilité
- Mise en place de régulations de circulation lors des périodes fortes chaleurs dans les zones vulnérables
- Réduction de la concentration en ozone en période de grandes chaleurs

ENJEU 5 : Les infrastructures

Thématiques : Infrastructures et Risques

Stratégie proposée

Développer le suivi et état de vulnérabilités des infrastructures (i.e. de protection, de transport, de réseau, bâtiments)

Contexte et problématique



Figure 47 : Dignes fragilisées à Asnelles (ouest France).

Les infrastructures de protection (e.g. digues), de transport (routes, chemins de fers,...), de production et de réseaux d'alimentation (électricité, énergie, eau potable,...) ou même les bâtiments résidentiels ont été construits dans des référentiels techniques correspondant à un climat stable. A chaque événement de variation climatique extrême (canicule, sécheresse, grand froid, tempête,...), les infrastructures sont plus fragilisées et deviennent plus vulnérables. L'augmentation projetée des températures implique une probable accentuation de la fragilité et de leur détérioration. Il est donc essentiel d'anticiper ces changements et de favoriser la prise en compte du changement climatique en amont de leur construction.

Cependant, avant toute politique d'adaptation, et dans ce contexte d'incertitude, il est essentiel d'évaluer l'état de vulnérabilité actuelle des infrastructures pour pouvoir élaborer des solutions appropriées à chaque zone, chaque infrastructure, face à chaque aléa. Par exemple, pouvoir identifier les digues déjà fragilisées par d'anciennes phases de tempêtes ou de submersion permettrait de mettre en valeur des zones vulnérables. De plus de nombreux éléments humain, environnemental ou économique dépendent de l'état de ces infrastructures. Par exemple, des digues fragilisées rendent vulnérables les bâtiments situés en amont ; les réseaux de transport défectueux isolent une partie de la population et la rendent vulnérable,... L'enjeu est donc important. Par ailleurs, les infrastructures ont une durée de vie longue, donc une inertie importante. Leur

valeur est donc élevée. Enfin, il existe des difficultés liées à la classification des bâtiments et à l'hétérogénéité des couches d'information.

Il apparaît donc essentiel de développer le suivi de l'état des vulnérabilités des infrastructures (i.e. de protection, de transport, de réseau, bâtiments).

Exemples d'actions à engager

- Effectuer un bilan du cycle d'entretien actuel des réseaux de transport en vue de vérifier leur adéquation avec des sollicitations plus fréquentes et/ou plus intenses résultant des effets du changement climatique
- Proposer de nouveaux « protocoles d'entretien » des infrastructures
- Définir une méthodologie pour réaliser un diagnostic de vulnérabilité des réseaux d'infrastructures
- Réaliser des recommandations sur les référentiels techniques pour la construction des infrastructures
- Améliorer les connaissances (programme de recherche) sur le comportement des matériaux et des structures (par exemple aux effets répétés des fortes chaleurs et à la violence de la houle dans les submersions) et sur le développement de solutions constructives innovantes (ex : matériaux alvéolaires permettant le stockage de l'eau, etc.) (ONERC, 2011)
- Développer les analyses de risques et identifier les zones les plus sensibles
-
- ...

Acteurs du territoire travaillant sur ces thématiques

Conseil Général, Région, Pays, organismes techniques, EDF, REDF, SDEC Energie, CPIE, ...

Indicateurs de suivi de l'engagement pour la stratégie

- Cartographie des zones vulnérables et identification des axes prioritaires
- Création d'une base d'information spatialisée
- Identification d'indicateurs de vulnérabilité
- Nombre de kilomètres de réseau ayant fait l'objet d'une analyse des vulnérabilités (ou proportion)

Nombre d'ouvrages ayant fait l'objet d'une analyse des vulnérabilités (ou proportion)

5 Conclusions et perspectives

Si le Calvados dispose d'un climat aux valeurs « moyennes », il est également soumis à de fréquents phénomènes météorologiques extrêmes entraînant des impacts considérables sur le territoire. Le Département est donc de ce fait sensible à ces thématiques de vulnérabilités et entreprend déjà plusieurs démarches et politiques de développement durable sur certains des enjeux principaux. Il apparaît que le changement climatique pourrait exacerber les axes de fragilisation actuels (fragmentation des paysages, pression sur les ressources, ...) et favoriser certains secteurs économiques (tourisme, agriculture,...). 5 stratégies prioritaires ont donc été identifiées qui répondent à la transversalité du changement climatique. La forte hétérogénéité spatiale du territoire du Calvados exige un travail supplémentaire de concertation et de sollicitation du savoir faire et expertise locaux. Cette démarche pourrait permettre d'identifier les actions concrètes appropriées à mettre en œuvre pour répondre à ces 5 axes stratégiques d'adaptation du Calvados au changement climatique.

Bibliographie

Sélection de références et entretiens

Partie 2

AAPPMA, 2010. La Vire : Un long Fleuve tranquille ? Les Pêcheurs du Pays Saint-Lois, Association Agréée pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques. <http://www.aappma-saint-lo.com/index.php/les-publications/65>

ACTA, 2005. "Modalités agronomiques et effets environnementaux d'épandages de produits organiques en plaine de Caen" coordination ACTA (2001-2005). Rapport Final. Décembre 2005

Ademe, Climpact, 2010. IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE AU COURS DU 21E SIÈCLE EN FRANCE SUR LES SOURCES D'ÉNERGIES RENOUVELABLES. Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par CLIMPACT. Note de Synthèse. 30 septembre 2010

Ademe, 2005. Energie et patrimoine communal. Enquête 2005.

Ademe, Région Basse Normandie, Biomasse Normandie, 2005. Fiche Energie Climat par pays.

Ademe, Région Basse Normandie, Biomasse Normandie, 2009. Observatoire régional des énergies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie. Bilan 2009 par Pays.

Ademe, Région Basse Normandie, 2010. Contexte régional. Eolien

Ademe, CRBN, 2011. TERRITOIRES ENGAGÉS DANS UN DISPOSITIF DE CONSEIL EN ÉNERGIE PARTAGÉ avec le soutien de la Région et de l'ADEME. Janvier 2011.

Agences de l'eau. L'eau souterraine, une richesse à partager et à protéger. Brochure.AESN, 2009, le SDAGE 2010-2015, du bassin de la Seine et des Cours d'eau côtiers normands

AESN, 2004. Etat des lieux. Bassin Seine et cours d'eau côtiers normands. Décembre 2004.

AESN, 2004, L'agriculture, Données pour l'état des lieux demandé par la directive cadre de l'eau, réalisé par Ernst&Young

AESN, 2005. L'AGRICULTURE ET L'EAU ANALYSE ÉCONOMIQUE DES USAGES AGRICOLES DE L'EAU DU BASSIN DE LA SEINE ET DES FLEUVES CÔTIERS NORMANDS. Les usages de l'eau. Aout 2005.

AESN, Système d'Information et de Gestion - Eaux Souterraines, <http://sigessn.brgm.fr/>

Agence Locale de l'Energie de l'Agglo Lyonnaise, 2009. Lutter contre l'effet de serre ! Le Plan climat énergie territorial. Journée du 1er avril 2009. L'expérience du Grand Lyon. Sylvain Godinot, chargé de projets changement climatique, Agence Locale de l'Energie de l'Agglo Lyonnaise

Air Com, Air Normand, 2010. Ozone en Normandie. Une collaboration entre Air Normand et Air C.O.M. Christophe Legrand, Air C.O.M., Michel Bobbia, Air Normand.

Agreste Basse-Normandie, 2011. Vision statistique de l'occupation du territoire et son évolution récente à partir de l'enquête Teruti-Lucas. N° 43 - janvier 2011.

Agreste, 2010. Agreste Conjoncture Basse Normandie. Situation agricole du mois de janvier 2010. Une publication de la Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt.

Agreste, 2010. Chiffres clés en région. Agreste Basse Normandie.

- Agreste, 2010. Dossier PRAIRIES PERMANENTES – Renouvellement. AGRESTE Les Dossiers N° 8 - JUILLET 2010.
- ARNOUX M., MANEUVRIER, C., 2003. Le pays normand. Paysages et peuplement (IXe- XIIIe siècles). Tabularia « Études », n° 3, 2003, p. 1-27, 14 février 2003.
- ARS, 2010. Eaux potables et Eaux de Loisirs en Basse-Normandie, Novembre 2010. Agence Régionale de Santé de Basse-Normandie.
- Aucame, 2008. Atlas de l'environnement et des risques du territoire de Caen-Métropole
- Aucame, 2008, Histoire et Dynamique de Caen.
- Biomasse Normandie, 2008. La valorisation de la Biomasse en Normandie. Séminaire organisé par Biomasse Normandie à l'occasion de son 25eme anniversaire.
- BRGM, 2006, Qualification des piézomètres du réseau du Bassin de Seine Normandie en 2005, Rapport Final
- BRGM, 2007. Atlas hydrogéologique numérique du Calvados. Volet quantitatif. Octobre 2007.
- BRGM, 2008. Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département du Calvados, Rapport final, <http://www.argiles.fr/>
- BRGM, 2010. JOURNEES « IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RISQUES CÔTIERS ». RECUEIL DES ACTES DES JOURNEES « IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RISQUES CÔTIERS » 15-16 novembre 2010, Orléans, France
- BRGM, 2011. Le BRGM Basse Normandie : son Service géologique régional.
- BRGM, 2011. Base de données des mouvements de terrain en Basse Normandie www.bdmvt.net et des cavités souterraines en Basse Normandie www.bdcavite.net.
- Brisson N., Levraut F., 2010. Livre Vert du Projet Climator. Changement climatique, agriculture et forêt en France : simulations d'impacts sur les principales espèces. 2007-2010. Ademe Editions, juin 2010.
- CADOR J-M., 2005. Les Pays hydrologiques de Basse-Normandie. Actes des Journées Hydrosystèmes normands, CNFG, Commission « Hydrosystèmes continentaux », Caen.
- Cantat O., Brunet, L., 2001. Discontinuité géographique et particularités climatiques en Basse-Normandie. Détermination des caractères climatiques d'un secteur dépourvu de station météorologique pérenne en Suisse Normande. Annales de Géographie 2001 Volume 110.
- Cantat O., Cador J.-M., Agasse E., 2002, L'originalité des inondations de 2000-2001 dans la plaine de Caen. Annales de Géographie, 625 (2002) pp. 246-264
- Cantat, O. 2006. LES « CAPRICES » DU CLIMAT NORMAND. LA VARIABILITÉ DES TEMPÉRATURES ET SES CONSÉQUENCES DANS UNE RÉGION « TEMPÉRÉE » NON DÉNUÉE D'EXCES... Journées de Climatologie – Nice 23-25 mars 2006 : Climat et société : l'apport des géographes-climatologues.
- Cantat O., Savouret E., 2008. Identification et spatialisation des bioclimats bas-normands à partir d'un inventaire de la flore vasculaire régionale. Climat et Société, Nantes.
- Cantat O., Le Gouée P., Bensaïd A., 2009 : Le rôle de la topographie et des sols dans la modélisation spatiale d'échelle fine des bilans hydriques. Actes des Journées de Climatologie, CNFG, 2009.
- Calvados Stratégie, 2010. Présentation des filières économiques du Calvados. <http://www.calvados-strategie.com/fr/>
- Calvados Littoral Espaces naturels, 2005. Etude des espaces non urbanisés du littoral du Calvados. Réalisée par Atelier Vert-Latitude et Aménagéo.

Cassou C., 2004. Du changement climatique aux régimes de temps : l'oscillation nord-atlantique. La Météorologie - n° 45 - mai 2004

CDT Tourisme. Les chiffres clés du Calvados. <http://www.espacepro-calvados.com/fr/733/pages/d/observatoire/les-chiffres-cles-dans-le-calvados/page/0>

CERVIR, 1995. Atlas de l'Agriculture Normande. Centre de recherches sur la vie rurale et Service régional de statistique agricole de Basse et Haute-Normandie, Cahiers du CERVIR, n° XIX.

CESER, 2009. La forêt et la filière bois en Basse-Normandie.

CESR BN, 2009. AGENDA 21 : CONDITIONS ET PERSPECTIVES D'APPLICATION AU SEIN DES COLLECTIVITES TERRITORIALES BAS-NORMANDES. AVIS du Conseil Economique et Social Régional de Basse-Normandie adopté à l'unanimité. Séance du 16 octobre 2009.

CESR, 2008. PERSPECTIVES ET CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT DES PORTS DE COMMERCE BAS-NORMANDS. AVIS du Conseil Economique et Social Régional de Basse-Normandie adopté à l'unanimité. Séance du 13 juin 2008

CESR, 2008. PERSPECTIVES ET CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT DES PORTS DE COMMERCE BAS-NORMANDS. AVIS du Conseil Economique et Social Régional de Basse-Normandie adopté à l'unanimité. Séance du 13 juin 2008.

CESR BN, 2010. LES RISQUES TECHNOLOGIQUES MAJEURS EN BASSE-NORMANDIE. RAPPORT présenté au Conseil Economique et Social Régional de Basse-Normandie par Christian FOUGERAY. Juin 2010

Chambre d'Agriculture, 2009. Présentation du Territoire. <http://www.webagri14.com/territoire.asp>

Chambre d'Agriculture, 2007. L'agriculture du Calvados. Mise à jour Août 2007.

Chambre d'Agriculture, 2006. Mémento Agricole 2006. Direction Régionale et Départementale de l'Agriculture et de la Forêt. Service Régional de l'Information Statistique et Economique. Décembre 2006

Chambre d'Agriculture du Calvados, 2002. POTENTIEL DE PRODUCTION DES PRAIRIES NATURELLES ET FERTILISATION AZOTEE. I. Diomard – Chambre d'Agriculture du Calvados. Le Pin au Haras – 20 juin 2002

CITEPA, 2005. Inventaire départementalisé des émissions de polluants atmosphériques en France en 2000. Départements 2000. Mise à jour de Février 2005.

Conseil Général du Calvados, 2004. SCHEMA DES ESPACES NATURELS SENSIBLES DU CALVADOS Bilan de la politique et nouvelle stratégie d'intervention. Réalisée par Biotope.

Conseil Général du Calvados, 2004. SDAEP, Schéma Départemental d'alimentation en eau potable du Calvados.

Conseil Général du Calvados, 2005. Niv'Eau 14, Bulletin d'Information sur la ressource en eau souterraine.

Conseil Général du Calvados, 2008, Diagnostic territorial de la démarche Calvados durable

Conseil Régional de Basse Normandie, Ademe, 2006. BILAN ENERGETIQUE ET DES GAZ A EFFET DE SERRE DE LA REGION BASSE NORMANDIE. Synthèse du rapport final. Novembre 2006. Réalisé par Explicit.

Conseil Régional de Basse Normandie, 2010. SISTER, Système d'Information Statistique Territorialisé en Région. <https://sister.crbn.fr>

CRA, 2010. Chiffres clés édition 2010. Agriscopie. Le panorama de l'agriculture et de l'agroalimentaire en Normandie 2009. Chambre d'Agriculture de Normandie. <http://www.normandie.chambagri.fr/agricopie.asp> .

CRBN, 2010. Batir une Eco Région. Agenda 21. <http://www.cr-basse-normandie.fr/index.php/batir-une-eco-region/agenda-21/quest-ce-que-cest->

DDASS, 2008. Bilan Santé des eaux littorales 2008.

DDASS Basse Normandie, Etat des lieux de l'environnement.

DDTM, 2010. Cartélie, la cartographie interactive de l'état des documents d'urbanisme dans le Calvados, <http://cartelie.application.equipement.gouv.fr/cartelie/>

DDTM, 2010, Plans de prévention des risques du département du Calvados

DIREN, 2004. Fiches de synthèses des débits caractéristiques.

DIREN Basse Normandie, 2006, Profil Environnemental Régional de Basse Normandie.

DIREN, Météo-France, 2003. La situation hydrologique en Basse Normandie Au 5 MAI 2003.

DRAAF, DDAF, 2008, Exploitation forestière et scieries – Année 2008

DRASS, 2005. Evolution, depuis les dernières décennies, des ressources destinées à l'alimentation en eau potable en Basse-Normandie. Leslie Matabon. Licence professionnelle Gestion des Ressources et Production d'Eau : Option B, Promotion 2004/2005. DRASS de Basse Normandie

DRE Basse Normandie, 2006. Bilan 2006 - transports en Basse Normandie. Article proposé par l'ORT à l'INSEE Basse Normandie pour la revue "l'année économique et sociale - Bilan 2006"

DRE Basse Normandie, 2006. Etudes sur les déplacements par la zone portuaire de Caen-Ouistreham. Diagnostic.

DREAL, 1999. L'inventaire régional des paysages (tomes 1 et 2) par Pierre Brunet en collaboration avec Pierre Girardin. Edition Conseil Régional de Basse-Normandie/Direction Régionale de l'Environnement.

DREAL, 2010, Risques Naturels, Mouvements de terrain.

DREAL, 2010. Étude sur l'adaptation au changement climatique en Basse Normandie. Rapport d'étape 1ère partie : Recueillir, synthétiser l'information disponible. Réalisé par Météo France, Factea, Eric Collas écologue, Terre et Urbaniste.

DREAL Basse Normandie, 2010. Eau Biodiversité Mer et Paysages. http://www.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=87

DREAL nord Pas de Calais, 2010. Grenelle, climat, air, énergie... Articulation du SRCAE avec les démarches de planification territoriales. Modalités d'élaboration. Alain MAZOYER, DREAL nord-Pas-de-Calais.

DRIRE Basse Normandie, 1998, Schéma départemental des Carrières

Dragos IOAN - INSEE, 2005. Les PIB des départements bas-normands en 2005.

Drevet C., 2002. L'évolution du nombre de tempêtes en France sur la période 1950-1999. La Météorologie - n° 37 - mai 2002.

France Agrimer, 2010. Chiffres clés 2009/2010, prévision 2010/2011. Basse et Haute Normandie. Les filières grandes cultures céréalières. France Agrimer, Octobre 2010.

GRESARC, 2006. Atals des risques naturels côtiers sur les communes du suivi de l'évolution du littoral dans le département du Calvados. Octobre 2006. GRESARC, Université de Caen. Conseil Général du Calvados.

GRESARC, 2010. Suivi de l'évolution du littoral. Groupe de Recherche sur les Environnements Sédimentaires Aménagés et les Risques Côtiers. http://www.cg14.fr/applications/suivi_littoral14_origine/default.asp

Germaine M-A., 2009. Trajectoires paysagères et poids des héritages dans les vallées normandes. De la caractérisation à la gestion des paysages ordinaires des vallées dans le nord-ouest de la France. Représentations, enjeux d'environnement et politiques publiques en Basse-Normandie. Caen: Université de Caen Basse-Normandie, thèse de doctorat de géographie, 648.

IFEN, 2007. Analyse statistique et cartographique de l'érosion marine, dans les dossiers de l'IFEN numéro 6, http://www.littoral.ifen.fr/uploads/media/dossier_erosion_01.pdf

IFEN, 2007. « Le littoral, entre nature et artificialisation croissante ». La lettre thématique mensuelle de l'Institut français de l'environnement. Le 4 pages de l'Ifen. Octobre 2007.

IFN, 2008. Etude de la ressource forestière et des disponibilités en bois en Normandie, Tome 1. Avec le Centre Régional de la Propriété Forestière de Normandie et la DRAAF.

IFN, 2000. Inventaire forestier départemental Calvados IIIe inventaire 2000

Ifremer, 2006. Envilit, « Etat des lieux et des milieux littoraux en Basse-Normandie », http://envlit.ifremer.fr/region/basse_normandie/introduction

INSEE, 2007. Projections démographiques pour la France et ses régions : vieillissement de la population et stabilisation de la population active. ÉCONOMIE ET STATISTIQUE N° 408-409, 2007

INSEE, 2008, Risques naturels : communes ayant subi des catastrophes naturelles en 2008

INSEE, 2009. Populations légales en vigueur à compter du 1er janvier 2009, Recensement de la population, Calvados.

INSEE Basse Normandie, 2010. La crise en Basse-Normandie comme en France. Numéro 41 INSEE Basse Normandie.

Le Berre I., David L. *et al.*, 2009. *Atlas de sensibilité du littoral aux pollutions marines, plan ORSEC du département du Calvados, annexe technique du PSS POLMAR-TERRE*, MIMEL - DREAL de Basse-Normandie / GEOMER UMR6554 CNRS LETG, IUEMUBO, Brest, 54 p.

Le Gouée, P., Marie M., Cantat O., Bensaïd A. 2010. Quand le géographe fait du sol une interface essentielle entre agriculture durable, société et environnement. Exemple de deux études de cas traitées en Basse-Normandie (France.).

LECONTE D., SIMON J-C., DIQUELOU S., STILMANT D., 2002. «Diversité floristique de la prairie permanente normande», Prairiales Normandie, Colloque du Robillard, 21 novembre 2002.

Lenôtre, N., Guennoc, P., 2009. Evolution des côtes françaises au rythme des mouvements verticaux. BRGM. Géosciences. Numéro9. 2009.

MEDDTL, 2009. Direction Générale de la Prévention des Risques. Rapport du Délégué aux Risques majeurs, Année 2009.

Petit-Berghem Y., 2003. La forêt et le bois en Basse-Normandie : un secteur qui compte malgré un faible taux de boisement. <http://hdl.handle.net/2042/5213>

PETIT-BERGHEM, Y., 2010, Calvados Littoral Espaces Naturel & Laboratoire Geophen, Les ensembles dunaires du département du Calvados : présentation, typologie et proposition pour une conservation durable du milieu, Rapport Final, <http://calvados-littoral.fr/wp-content/uploads/2010/07/RAPPORT-DUNE-version-courte-UCBN-BR.pdf>

Pinault, J-L., 2006. La sensibilité des eaux souterraines au changement climatique. BRGM. Géosciences numéro 3. Mars 2006.

Pont D., 2006. Impacts potentiels du changement climatique sur la faune piscicole des cours d'eaux français. Extrait de la Lettre du Changement global n°19 - Programme International Géosphère Biosphère (IGBP) - Programme Mondial de Recherches sur le Climat (WCRP) - Programme International «Dimensions Humaines» (IHDP) - Diversitas - Earth System Science Partnership (ESSP).

Préfecture du Calvados, Diagnostic du Territoire du Pays d'Auge

Préfecture de Région Basse Normandie, DRE, 2007, Orientations régionales pour la prévention des risques naturels 2007-2009

Préfecture Région Basse Normandie, Haute Normandie, 2006, Directive Territoriale d'Aménagement de l'estuaire de la Seine approuvée par décret en Conseil d'Etat du 10 juillet 2006, paru au Journal Officiel du 12 juillet 2006

Regnault, H., Dubreuil, V., 1998. L'élévation du niveau marin dans l'ouest français : signification climatique et conséquences morphologiques. Annales de Géographie. 1998, t. 107, n°600.

RTE, 2002. Schéma de développement du réseau public de transport d'électricité 2003-2013.

SDEC Energie, 2009. DISTRIBUTION PUBLIQUE D'ÉLECTRICITÉ DANS LE CALVADOS. Rapport de Contrôle 2009

Syndicat Mixte du Val de Vire, 2009. SAGE Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la VIRE ETAT DES LIEUX – Rapport Validé par la CLE le 8 JUIN 2009.

Synergia, 2010. Tableau de bord économique. Décembre 2010. (Synergia : Agence de développement économique Caen la Mer)

UAMC, Union Amicale des Maires du Calvados. http://www.uamc.fr/details_actu.php?actu_id=107

Université de Caen, Laboratoire Geophen, 2005, Livret Guide des Journées 2005 Hydrosystèmes Normands, Caen : Université de Caen, <http://www.unicaen.fr/ufr/geographie/geophen/IMAGE/CFG%20Hydrosyst%E8mes%20Continental%202005.pdf>

Diagnostic et documents des Pays

Pays Caen Métropole, 2008, Diagnostic Synthétique et Stratégie

Pays Caen Métropole, 2008, Analyse de l'état initial de l'environnement et de ses perspectives d'évolution, réalisée par Aucame pour le SCOT Caen Métropole.

Pays Caen Métropole, 2010, PADD SCOT Caen Métropole

Pays Caen Métropole, 2010, Plan Climat-Energie :Diagnostic-Stratégie,un cadre d'actions pour agir, Document de travail

Pays Caen Métropole, 2008, « Bilan Carbone » Année de référence : 2006, réalisé par Alter Consult et Cabinet Bernard

Pays d'Auge, 2004, Charte Développement Durable Horizon 2015

Pays d'Auge, 2009, Assistance à l'élaboration de l'Agenda 21 du Pays d'Auge, Diagnostic partagé et concerté avec les acteurs locaux. Version définitive et intégrale modifiée, enrichie et complétée lors de quatre ateliers thématiques organisés les 27 mars et 3 avril 2007 à Lisieux. Réalisé par Christophe Sanson, Conseil en environnement.

Pays d'Auge, 2007, Diagnostic Stratégie

Pays du Bessin au Virois, 2008, Diagnostic Stratégie Programmation 2008, Volet Territoriale du Contrat de Plan Etat Région 2007-2013

Pays du Bessin au Virois, 2007, Etude sur la mobilisation de ressources ligneuses sur le territoire du Pays du Bessin au Virois, réalisé par Ceden, Calia Conseil et Biomasse Normandie

Syndicat Mixte du SCOT Bessin, 2009. Fiche 1 Environnement. La gestion de l'eau.

Pays du Bessin au Virois, 2007, Etude juridique et économique pour l'organisation d'une filière bois à l'échelle du Pays du Bessin au Virois. Rapport intermédiaire Phase 1 : état des lieux- Juillet 2007 -, réalisé par Ceden, Calia Conseil et Biomasse Normandie

Pays du Bessin au Virois, 2010, Synthèse des ateliers de concertation Plan Climat du Bessin au Virois LIVRE BLANC 54 propositions d'actions dans 7 domaines

Pays du Bessin au Virois, 2010, Charte Développement Durable du Territoire

Pays Sud Calvados, 2008, Diagnostic Synthétique et Stratégie

Partie 3, 4 et 5

ADAM, 2009. Adaptation in agriculture: historic effects of extreme events on UK agriculture and an assessment of the economics of adaptation. Tyndall Centre for Climate Change Research and School of Environmental Sciences, UEA, Norwich, UK. Anita Wreford, Neil Adger and Mike Hulme. April 2009, Final

ADAM, 2009. REVIEW OF ADAPTATION OPTIONS FOR WEATHER EXTREMES. Research Centre for Agricultural and Forest Environment, ICIS, University of Maastricht. Piotr Matczak, Darryn McEvoy, Ilona Banaszak, Adam Choryński. Rapport Final. ADAM 2009.

Ademe. Guide Pratique. Le Confort d'été.

Ademe, 2010. Stratégie Adaptation Changement Climatique. Période 2010-2013. Orientations stratégiques de l'Ademe. Décembre 2010.

AESN, Prospective sur les zones humides du bassin Seine-Normandie. Réalisé par ASCA et Biotopie. BIOTOPE

AESN, 2006. Séminaire Prospective de l'environnement aquatique en Seine-Normandie. Le 14 décembre 2006, Musée du Vin, Paris 16ème. Synthèse du séminaire du 14 décembre 2006.

Agrawala, S., Fankhauser, S., 2008. Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), Paris.

AREHN, 2008. Lettre d'information de l'Agence Régionale de l'Environnement de Haute Normandie. Septembre 2006. Numéro 56. Climat : la Haute Normandie demain.

ASSEMBLÉE NATIONALE, 2001. Rapport de la Commission d'enquête. AU NOM DE LA COMMISSION D'ENQUÊTE sur les CAUSES des INONDATIONS RÉPÉTITIVES ou EXCEPTIONNELLES et sur les CONSÉQUENCES des IMTEMPÉRIES afin D'ÉTABLIR les RESPONSABILITÉS, D'ÉVALUER les COÛTS ainsi que la PERTINENCE des OUTILS de PRÉVENTION, D'ALERTE et D'INDEMNISATION. Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale le 14 novembre 2001.

Banque Mondiale, 2008. Biodiversity, Climate Change, and Adaptation. Nature-Based Solutions from the World Bank Portfolio. 2008 The International Bank for Reconstruction and Development / THE WORLD BANK.

Besancenot, J-P., 2000. La mortalité selon le contexte thermique : réalité présente et scénarios pour le XXIème siècle. L'exemple de la France. Programme Gestion et Impacts du Changement climatiques –GICC. APR 2000. Résumé du rapport final

Bizikova L., T. Neale and I. Burton 2008. Canadian communities' guidebook for adaptation to climate change. Including an approach to generate mitigation co-benefits in the context of sustainable development. First Edition. Environment Canada and University of British Columbia, Vancouver.

CA Normandie, 2006. 2020 :Que mangerons-nous ? Enjeux pour les productions agricoles normandes. Synthèse du colloque du 5 octobre 2006.

CA Normandie, 2008. Economie et prospective. Lettre d'informations et d'analyses stratégiques sur l'économie, la politique agricole et l'alimentation. Numéro 4. Juin 2008.

Caen Normandie, 2010. Projet de Ville 2010-2030. Caen prend les devants. 2030 se construit aujourd'hui.

Ciscar J-C., 2009. Climate change impacts in Europe. Final report of the PESETA research project. Juan-Carlos Ciscar (editor) 2009.

CETMEF, 2009. Vulnérabilité du territoire National aux risques littoraux. Rapport CETMEF/DELCE.

CEREN. QUELLE VISION DE L'AVENIR ÉNERGÉTIQUE ? COMMENT ÉCONOMISER L'ÉNERGIE ? CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES ÉCONOMIQUES SUR L'ÉNERGIE.

CERFACS, 2010. Nouvelles projections climatiques à échelle fine sur la France pour le 21ème siècle : les scénarii SCRATCH2010. Christian Pagé, Laurent Terray. Climate Modelling and Global Change TR/CMGC/10/58. CERFACS. 16 août 2010

CESR BN, 2006. LE VIEILLISSEMENT DE LA POPULATION, BAS-NORMANDE D'ICI 2025 :CONSEQUENCES POSSIBLES ET ANTICIPATIONS SOUHAITABLES. RAPPORT présenté au Conseil Économique et Social Régional par Pierrette COTARD. juin 2006

CESR, 2010. LES ENERGIES MARINES RENOUVELABLES (EMR) : POTENTIALITES ET PERSPECTIVES EN BASSE-NORMANDIE. RAPPORT présenté au Conseil Economique, Social et Environnemental Régional de Basse-Normandie par Jean-Marie MEULLE. Septembre 2010

CGDD, 2009. Assurance des risques naturels en France : sous quelles conditions les assureurs peuvent-ils inciter à la prévention des catastrophes naturelles ? Commissariat général au développement durable économie et évaluation. RISQUES ET ASSURANCE. Numéro 1. mars 2009

CGDD, 2010. Météorologie, climat et déplacements touristiques : comportements et stratégies des touristes. Economie et Evaluation. Etudes et documents. Numéro 17. Mars 2010.

CGDD, 2010. Evaluation économique des services rendus par les zones humides. Economie et Evaluation. Etudes et Documents. Numéro 23. Juin 2010.

Chevassus-au-Louis, B. 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. Centre d'Analyse Stratégique. Bernard Chevassus-au-Louis, président du groupe de travail. Avril 2009

Chuine I., Thuillier W., 2005. Impact du changement climatique sur la biodiversité. LE COURRIER DE LA NATURE. Numéro 223. Novembre-décembre 2005

Climaster, Analyser et anticiper les interactions entre climat, ressource en sol et en eau, qualité des écosystèmes aquatiques (Projet Climaster)

CLUS-AUBY C., PASKOFF R. & VERGER F. (2005), Impacts du changement climatique sur le patrimoine du Conservatoire du littoral. Scénarios d'érosion et de submersion à l'horizon 2100, Conservatoire du littoral / ONERC, Note technique n°2, septembre 2005, 39 p. [www.conservatoire-du-littoral.fr]

CLUS-AUBY C., 2004. IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LE PATRIMOINE DU CONSERVATOIRE DU LITTORAL. Scénarios d'érosion et de submersion à l'horizon 2100. FICHES D'ANALYSE DES SITES. Volume 2. NORMANDIE

CNES, 2006. L'Hebdo du 16 mai 2006 > En images : la végétation en France observée depuis l'espace.

Commission européenne, 2007. Pêche et aquaculture en Europe. Changement climatique: quel impact sur la pêche ? Publication de la Commission européenne. n°35 août 2007

- Commission Européenne, 2007. WATER SCARCITY & DROUGHTS IN-DEPTH ASSESSMENT. Second Interim Report – June 2007. Prepared by DG Environment – European Commission.
- CPiE, 2009. « Ca chauffe sous les Pommiers » Réchauffement climatique & Biodiversité en Basse Normandie.
- CSES, 2007. A Guidebook for Local, Regional, and State Governments. Center for Science in the Earth System (The Climate Impacts Group), Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean, University of Washington, King County, Washington, ICLEI. September 2007
- CSTB, 2007. Adaptation des territoires au réchauffement climatique : urbanisme et bâtiments L'ADAPTATION DU CADRE BÂTI AU CHANGEMENT CLIMATIQUE. Morgane Colombert. 4 octobre 2007.
- DATAR, 2010. Territoires 2040. Revue. Numéro 1 et 2. Delahaye, D., Gascuel-Oudoux, C., 2011.
- De Perthuis, C., Hallegatte, S., Lecocq, F., 2010. Économie de l'adaptation au changement climatique. Rapport du Conseil Economique pour le Développement Durable. Février 2010
- DREAL, 2010. Étude sur l'adaptation au changement climatique en Basse Normandie. Rapport d'étape 1ère partie : Recueillir, synthétiser l'information disponible. Réalisé par Météo France, Factea, Eric Collas écologue, Terre et Urbaniste.
- DREAL, 2010. Le changement climatique et ses enjeux globaux. Un zoom sur la Basse- Normandie. DREAL SRMP. Valognes, le 9 déc. 2010
- Dubois, G., Ceron, J-P., 2006. ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DEVELOPPEMENT DURABLE DU TOURISME. ETUDE EXPLORATOIRE EN VUE D'UN PROGRAMME DE RECHERCHE. Rapport final. TEC. Marseille. Mai 2006
- Dupont, N., Agasse, E., Douvinet, J., Delahaye, D., Planchon, O., 2006. Crises hydrologiques dans l'ouest : Variabilité Climatique et influence humaine. Interactions Nature-Société, analyse et modèles, La Baule, 2006.
- EEA, 2010. Impact of climate change on bird populations (SEBI 011) - Assessment published May 2010. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/impact-of-climate-change-on/impact-of-climate-change-on>
- FFSA, 2009. Synthèse de l'étude relative à l'impact du changement climatique et de l'aménagement du territoire sur la survenance d'événements naturels en France. Colloque Impacts du changement climatique – Mercredi 29 avril 2009 – Auditorium de la FFSA.
- GIEC, 1997. The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. R.T.Watson, M.C.Zinyowera, R.H.Moss. Cambridge University Press. 1997.
- GIEC, 2007. Climate Change 2007 : Fourth Assessment Report. Cambridge, Cambridge University Press, 2007.
- 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
- Greater London Authority, 2005. Adapting to climate change: a checklist for development. Guidance on designing developments in a changing climate. November 2005
- HALLEGATTE S., J.-C. HOURCADE, P. AMBROSI, 2007: "Using Climate Analogues for Assessing Climate Change Economic Impacts in Urban Areas", Climatic Change, May 2007, 82 (1-2), pp. 47-60v.
- Hallegatte, S. 2009. Strategies to adapt to an uncertain climate change. Global Environmental Change 19:240–247.
- Ifremer, 2009. Rapport annuel de l'Ifremer 2008.

- INERIS, 2010. Impact du changement climatique sur la stabilité des cavités souterraines : Etat des connaissances. RAPPORT D'ÉTUDE 12/01/2010. DRS-10-103862-00411A
- INRA, 2008. Prospective. Les nouvelles ruralités en France en 2030. Rapport du groupe de travail Nouvelles ruralités. Juillet 2008.
- INRA, 2008. Impacts économiques de la sécheresse sur l'agriculture. INRA Recherches en économie et sociologie rurales. INRA Numéro 4-5, Septembre 2008.
- INSEE BN, 2010. Les circonscriptions du Calvados face au défi du vieillissement. Cent pour cent Basse Normandie. Numéro 202. Juin 2010.
- INSEE, 2010. La population des régions en 2040. Les écarts de croissance démographique pourraient se resserrer. Olivier Léon, pôle Emploi-Population, Insee. N° 1326 - DÉCEMBRE 2010
- INSEE BN, 2010. Projections démographiques. Plus de 1 500 000 Bas-normands en 2040. Cent pour cent Basse Normandie. Numéro 208. Décembre 2010.
- INSEE BN, 2005. Les ménages en Basse-Normandie en 2015. De moins en moins nombreux sous un même toit. Cent pour cent Basse Normandie. Numéro 150. Octobre 2005.
- INSERM, 2003. Surmortalité liée à la canicule d'août 2003 – Rapport d'étape. ESTIMATION DE LA SURMORTALITE ET PRINCIPALES CARACTERISTIQUES EPIDEMIOLOGIQUES. Denis HÉMON, Eric JOUGLA. Rapport remis au Ministre de la Santé, de la Famille et des Personnes Handicapées le 25 septembre 2003
- Jones, R. and Mearns, L., 2004: Assessing Future Climate Risks. Technical Paper 5, (in) B. Lim and E. Spanger-Siegrfried (eds), Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures, Cambridge, University Press, Cambridge, 119-143.
- Landmann, G. Dupouey, J.L. Badeau, V. Lefevre, Y. Bréda, N.. Nageleisen, L.-M Chuine, I. Lebourgeois, F., 2008. Le hêtre face aux changements climatiques. Connaître les points faibles du hêtre pour mieux les surmonter. Dossier Changement climatique : préparer l'avenir. Forêt-entreprise n° 182-Septembre 2008
- LE GOUÉE P., CANTAT O., Bensaïd A. et SAVOURET E., 2010. LA SENSIBILITÉ DES SYSTÈMES DE PRODUCTION AGRICOLE EN NORMANDIE FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE (2000-2100). 23ième Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Rennes 2010.
- LE GOUÉE P., CANTAT O., Bensaïd A. et SAVOURET E., 2010. Evaluation et cartographie de la sécheresse des sols forestiers normands à l'horizon 2100 : des connaissances nouvelles pour une gestion durable des forêts.
- Lenôtre, N., Pedreros, R., 2006. « Impact du changement climatique sur le littoral ». BRGM 2006. Géosciences n°3, mars 2006.
- Leuxe, A., 2010. L'adaptation au changement climatique: problématique pour les infrastructures sur le littoral. Séminaire Liteau GICC. Frejus Octobre 2010. André Leuxe MEEDDM DGITM.
- MAAPRAT, 2011. Prospective Agriculture Energie 2030. Centre d'études et de prospective. 19 janvier 2011.
- Mansanet-Bataller, M., Hervé-Mignucci, M., Leseur, A., 2008. Energy Infrastructures in France: Climate Change Vulnerabilities and Adaptation Possibilities. MISSION CLIMAT WORKING PAPER. N° 2008 -1. September 2008
- MEDD, 2006. Quatrième communication nationale à la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques, Paris, 200 p. + annexes
- MEDD, 2007. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, REVELATEUR DES VULNERABILITES TERRITORIALES ? Action publique locale et perceptions des inégalités écologiques. CITERES UMR 6173 – Université de Tours. François BERTRAND & Laurence ROCHER, Coordination scientifique : Patrice MELE. Programme D2RT « POLITIQUES

TERRITORIALES ET DEVELOPPEMENT DURABLE ». Ministère de l'Écologie et du Développement durable, PUCA

Ménard, C., 2004. Gestions des risques climatiques en agriculture. Engager une nouvelle dynamique. Christian Ménard. Député du Finistère. Janvier 2004.

Mission Migration, 2011. Migration info. Bulletin d'information de la Mission Migration. Numéro 9/10. Janvier 2011.

ODPM, 2004. The Planning Response to Climate Change. Advice on Better Practice. Office of the Deputy Prime Minister: London. September 2004

ONEMA, 2010. AQUA 2030. Synthèse de la 1ère journée. Patrick FLAMMARION, ONEMA. 18 juin 2010.

ONERC, 2007. Stratégie Nationale d'Adaptation au Changement Climatique.

ONERC, 2009. EVALUATION DU COÛT DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE L'ADAPTATION EN France. Septembre 2009.

ONERC, 2010. Plan Adaptation Climat. Fiche des 202 recommandations de la concertation nationale. MEEDDM. 23 juin 2010.

ONERC, 2010. Villes et adaptation au changement climatique. Rapport au Premier ministre et au Parlement.

ONERC, 2011. Scénarios climatiques : indices sur la France métropolitaine pour les modèles français ARPEGE-Climat et LMDz et quelques projections pour les DOM-COM. Yannick Peings, Météo-France/CNRM, Marc Jamous, IPSL, Serge Planton, Météo-France/CNRM, Hervé Le Treut, IPSL. Mission confiée à Jean Jouzel. 26 janvier 2011

ONERC, 2009. EVALUATION DU COÛT DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE L'ADAPTATION EN France. Rapport de la deuxième phase. Septembre 2009

Ouranos. Sélection de publications Ouranos : <http://www.ouranos.ca/en/publications/scientific-publications.php>

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).

Pipame, 2010. Prospectives, Etudes économiques et évaluation. Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (Pipame). Juin 2010. <http://www.industrie.gouv.fr/p3e/etudes/etudesprosp.php>

PEDREROS R., 2003. Impact du changement climatique sur les zones côtières, Rapport BRGM/RP-52803-FR

PNUD, 2006. Cadre des politiques d'adaptation au climat : Elaboration de stratégies, politiques et mesures. Préparé par Bo Lim, Erika Spanger-Siegrfried. 2006

PNUD, 2009. A Toolkit for Designing Climate Change Adaptation Initiatives. Environment and Energy Group/Bureau of Development Policy. United Nations Development Programme. January 2009

PNUD, 2010. Mapping Climate Change Vulnerability and Impact Scenarios. A Guidebook for Sub-National Planners. UNDP, Novembre 2010.

Roncin, N., Kervarec, F., Boncoeur, J., 2001. Evaluation économique des dommages liés à la contamination microbiologique des eaux côtières. Le cas de la conchyliculture. Rapport final. Etude financée par l'IFREMER. Décembre 2001.

Sénat, 2004. La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise. Rapport d'information n° 195.

Sénat, 2010. Xynthia : les leçons d'une catastrophe (rapport d'étape). RAPPORT D'INFORMATION FAIT au nom de la mission commune d'information sur les conséquences de la tempête Xynthia (rapport d'étape), Par M. Alain ANZIANI. Enregistré à la Présidence du Sénat le 10 juin 2010.

Sénat, 2010. PROPOSITION DE LOI tendant à assurer une gestion effective du risque de submersion marine, PRÉSENTÉE Par M. Alain ANZIANI, Mmes Nicole BONNEFOY, Dominique VOYNET, MM. Michel BOUTANT, Yves DAUGE, Charles GAUTIER, Ronan Kerdraon et Paul RAOULT. Enregistré à la Présidence du Sénat le 14 décembre 2010.

SRGS, 2006. Etat des lieux des forêts privées de Basse Normandie. Conséquences sur les orientations à donner pour leur gestion. SRGS de Basse Normandie. Version numéro 11 du 18/08/2006.

UKCIP, 2004. Costing the impacts of climate change in the UK. Implementation report. Final Report. Prepared by Metroeconomica Limited. 18th June 2004.

UNFCCC, 2009. Potential costs and benefits of adaptation options: A review of existing literature. Technical paper FCCC/TP/2009/2. 7 December 2009.

VERGER F. (2007), « Enjeux environnementaux et gestion prospective du littoral français », DIACT (2007), « Changement climatique, biodiversité et paysage : un défi pour la gestion des territoires », compte-rendu de l'intervention à la journée Prospective Info de la DIACT du 29 mars 2007 à l'Institut océanographique à Paris, 39 p.

Annexes

Annexe 1 : Entretiens et personnes contactées

NOM, PRENOM	STRUCTURE	FONCTIONS
LEGRAND Christophe	AIRCOM	Directeur
BREDIN Jérémy	SDEC énergie	Ingénieur Energie
BOSSER Karine	ADEME BN	En charge du Plan Climat
STRICOT Lysiane	Caen Métropole	En charge du Plan Climat
LEMAIRE Fanny	Pays du Bessin au Virois	En charge du Plan Climat Chargée de mission Energie
BARBOT Jean-François	DREAL	Service SECCADD
CLEMENTI Michel	DDTM	Chef du SSICRET
CANTELOUP Edouard	ARS	DT 14
BERNARD Jean-Marie	CG14	Adjoint au DGA Développement et Environnement
CANTAT Olivier	Université de Caen	Professeur de géographie
CADOR Jean-Michel	Université de Caen	Représentant de l'UFR de géographie
BÜHLER Marie-Annick	Météo-France	
BERTHAUX Thierry	Région Basse-Normandie	Climat/Atténuation
MORICET Peggy	Caen la Mer (agglo)	En charge de l'Agenda 21 + Plan Climat
MIOSSEC Stéphane	Pays d'Auge Expansion	En charge de l'Agenda 21 du Pays d'Auge
JOLIMAITRE Jean-Frédéric	CG14	Directeur de l'environnement et de la biodiversité
Thierry MASSON	CG14	DG Adjoint
Marine TABARD	CG14	Chargée mission DD

PAY Thierry	CG14	Directeur de l'eau et de la recherche
YAOUANC Alain	Chambre d'agriculture	directeur technique, directeur de l'établissement de l'élevage
Arnaud RICHARD	ONEMA	DIR nord-ouest
Delphine Boutard	Conseil général du Calvados	Chef de service milieux naturels
Catherine ZANBETTAKIS	CBN Brest à Caen	Resp Antenne BN
Philippe GAY	CDT Tourisme	Directeur
Philippe Riou	IFREMER LERN Port en Bessin	
François ROLAND	AESN à Hérouville-Saint-Clair,	chef de service études.
SCOT Pays du Bessin au Virois au Virois	SCOT Pays du Bessin au Virois au Virois	En charge des plans climat
Jean-Claude LECLERE	Fontaine-Henry	Président d'un syndicat d'eau potable et Vice-président de leur mise en réseau sur tout le Bessin
Ladislav BIEGALA -	Groupe Mammalogique Normand	
Franck Morel	Groupe Ornithologique Normand	Salarié de l'association CC
Sylvie FLEURY,	Syndicat mixte Calvados Littoral Espaces Naturels	chargée de gestion - mise en valeur du littoral :
Fabien Elineau	CDT Tourisme	
Patrick Le Gouée	Université de Caen	Projet Demeter, Urbanisation
Jean Paul Goguet	AIRCOM	Ingénieur
Franck Levoy	(exGRESARC) CREC Suivi Littoral, liteau Unicaen	Chercheur
Anais Ygouf	GRESARC Suivi Littoral, liteau Unicaen	
Stéphane Costa	Unicaen, littoral submersion	Chercheur
Philippe Merot	Climaster (INRA RENNES)	coordinateur
Daniel Delahaye	GEOPHEN / LETG - UMR 6554 CNRS	Directeur du Laboratoire
Muriele Lefresne	Ademe	Transport
Maxime Moncamp	Ademe	Agriculture
Denis Letan	Parc Cotentin Bessin	Charge mission plan climat
Sebastien Bellet	Ademe	Prospective batiment

Joel Rihouet	CPIE centre permanent des initiatives pour l'environnement	Directeur
Bertand Morvilliers	CPIE	Climat (« Ca chauffe pour les pommiers »)
Alain Desfontaines	CRBN (region)	Approche territoriale
<i>Patrice Roux Caillebot</i>	<i>DREAL</i>	<i>Prospective territoriale</i>
Climat energie	GRAPE	Climat energie
<i>Emmanuel Caillebotte</i>	<i>DREAL BN</i>	<i>Prospective territoriale</i>
Hervé Niel	Conservatoire Littoral	Chargé de mission littoral - Référent territorial Calvados et Seine-Maritime-Délégation Normandie - Service Patrimoine
Lili Robert	GRETIA (invertébrés armoricains)	
<i>Olivier Maquaire</i>	<i>Unicaen, mouvements de terrain, Auge</i>	
Vanida ALLAIN	Ville de Caen	Responsable Mission Développement Durable
Catherine Joubel	Ville de Caen	Urbanisme
Stéphane BERZINGER	Chambre d'Agriculture du Calvados	Responsable du Pôle Territoires Responsable de Région Bessin
Laurent ARNAULD	Conseil Général du Calvados	Service eau, déchets, recherche DGA DE/DER/SEDR

Annexe 2 : Méthodologie pour l'étude des vulnérabilités d'un territoire au changement climatique

Objectifs

L'objectif d'une telle étude est de fournir une vision d'ensemble des impacts, vulnérabilités et mesures d'adaptation face au changement climatique dans le Calvados dans un temps relativement limité. A cet égard, cette analyse est basée sur les études existantes au niveau local et supra local (régional, national, européen et international), et sur des connaissances scientifiques. Par ailleurs, cette méthodologie est basée sur des méthodes d'évaluation reconnues (CCNUCC, GIEC, PNUD, OCDE, AEE, ONERC, Ademe), adaptées à l'échelle du territoire sub-national.

En outre, des projections climatiques sont intégrées. La construction de tels jeux de données soulève plusieurs enjeux liés au changement climatique :

- un certain contexte d'incertitude,
- un problème global, des effets globaux, mais des impacts locaux appelant à des actions locales adaptées,
- un enjeu transversal,
- une science en devenir et en construction.

Ces enjeux sont pris en compte dans la construction de la méthodologie.

Cadre conceptuel

La vulnérabilité est un concept récent et complexe. Avant de décrire les étapes du processus, il est important de comprendre les concepts en jeu et leur articulation.

Définition et articulation des concepts de vulnérabilités

La vulnérabilité d'un objet est la résultante de son exposition, de sa sensibilité et de ses capacités d'adaptation face à un aléa donné. Cette décomposition introduit les concepts d'impacts et de résilience.

L'exposition est la nature et le degré d'exposition d'un système à des variations climatiques significatives (GIEC, 2001). Ainsi, elle peut être exprimée comme la population ou les éléments qui sont potentiellement en position de risque vis-à-vis d'un changement futur potentiel.

La sensibilité est le degré avec lequel les changements climatiques causent des changements dans les systèmes environnementaux ou les activités socio-économiques (GIEC, 2001).

La capacité d'adaptation est la propriété d'un système à ajuster ses caractéristiques ou son comportement, afin d'augmenter sa capacité à faire face à la variabilité climatique existante ou à des conditions climatiques futures; l'adaptabilité est la mesure de la capacité à faire face (GIEC, 2001).

Les impacts sont les « conséquences positives ou négatives du changement climatique sur les systèmes humains et naturels » (GIEC, 2001). Ils sont les effets directs du changement climatiques sur le système choisi. Ils sont la résultante de l'exposition et de la sensibilité du système.

La résilience est la capacité d'un système à revenir à ses caractéristiques initiales après avoir subi un stress. C'est une propriété intrinsèque à un système. Mettre en place des stratégies d'adaptation au changement climatique c'est chercher à renforcer la résilience du territoire au changement climatique.

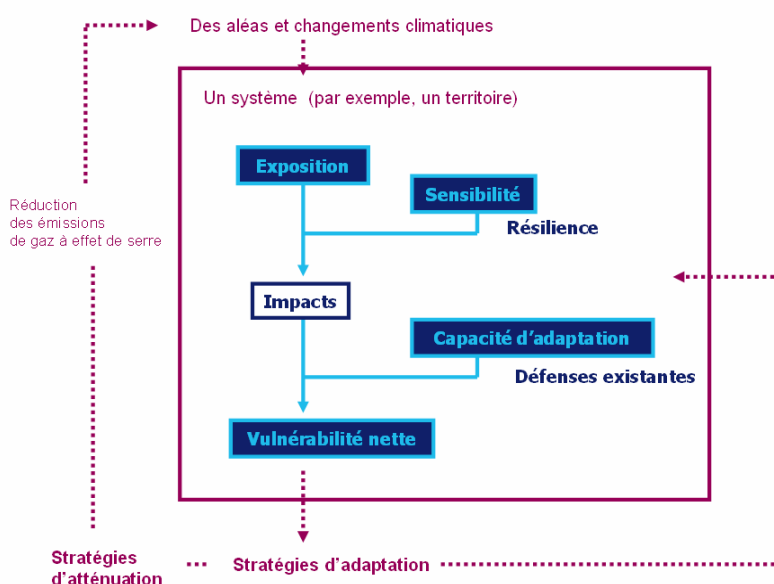


Figure 48 : Cadre conceptuel et articulation entre composantes (CLIMPACT, 2011).

Vulnérabilités territoriales et analyse systémique

L'étude des vulnérabilités à l'échelle d'un territoire implique 2 enjeux : la nécessité d'une analyse systémique et l'importance de la compréhension du contexte biophysique en amont des activités humaines.

De façon générale, un territoire est une structure complexe où les éléments sont reliés à travers diverses interactions comme l'utilisation de matières premières, la production, la consommation, la dépendance à d'autres systèmes. L'analyse sectorielle habituelle n'est pas adaptée à l'analyse des impacts du changement climatique car il impacte plusieurs secteurs simultanément et à des degrés différents. En outre, la vulnérabilité territoriale est un concept basé sur la relation entre le territoire et ses enjeux majeurs. Comprendre ses enjeux et les principaux moteurs permet de comprendre la vulnérabilité d'un territoire car le lien entre le territoire et ses enjeux implique la transmission de la vulnérabilité de ces enjeux aux dynamiques du territoire (D'Ercole & Metzger, 2009). A cet égard, le changement climatique apparaît comme exacerbant les vulnérabilités présentes d'un territoire. Le changement climatique révèle ces vulnérabilités (MEDD, 2007). Par conséquent, il est privilégié l'utilisation de l'analyse systémique qui permet d'intégrer l'exposition et la vulnérabilité des différentes composantes territoriales, (appelées par la suite « système »), dans la compréhension des enjeux du territoire. Ces systèmes peuvent être des secteurs (primaire : agriculture, élevage, pêche, aquaculture, sylviculture, extraction minière etc. ; secondaire : industries etc. ; tertiaire : services, tourisme etc.), des thématiques transversales (ressources en eau, biodiversité, écosystèmes, risques, population, santé, infrastructures, habitat, énergie, accès aux réseaux etc.) et des milieux (vallées, littoral urbain, rural, montagne etc.) composants le territoire. Cette approche implique plusieurs étapes d'analyse et de modélisation décrites ci-après.

La compréhension du contexte biophysique du territoire est une phase essentielle du processus pour deux raisons :

- la plupart des activités humaines ont été développées en fonction des atouts et contraintes environnementaux du territoire, avec donc à l'origine une forte dépendance entre la nature et la société ;

- le changement climatique impact directement les éléments biophysiques, donc menace l'environnement avant d'avoir des impacts indirects sur la société (sauf par exemple dans le cas des événements extrêmes sur les infrastructures). C'est pourquoi il est souvent distingué les impacts directs « lower order » des impacts indirects « higher order » (UKCIP, 2004).

Présentation du processus

La suite de cette présentation décrit chacune des étapes du processus conduisant à une identification des impacts, vulnérabilités et stratégies d'adaptation du changement climatique à l'échelle d'un territoire sub-national. Pour chacune des étapes, les objectifs, les données utilisées et les résultats attendus sont présentés.

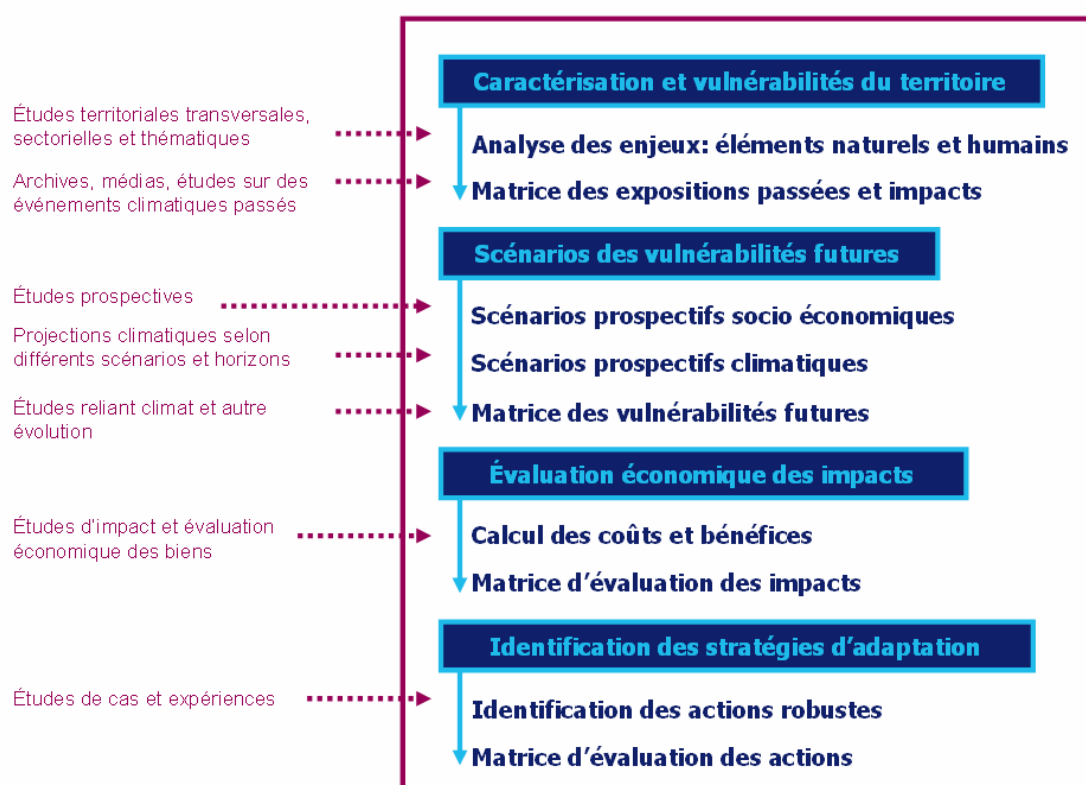


Figure 49 : Processus méthodologique (CLIMPACT, 2011).

Etape 1

Caractérisation et vulnérabilités actuelles du territoire

Cette étape a pour but de caractériser les enjeux physiques, sociaux et économiques à travers une analyse systémique du territoire. Dans un deuxième temps, les expositions et les sensibilités passées sont identifiées à travers l'analyse des impacts de différents aléas climatiques sur le territoire.

Les ressources nécessaires pour réaliser cette analyse sont les études territoriales transversales, thématiques ou sectorielles traitant des enjeux de l'environnement, de la société et de l'économie et les avis d'experts locaux. Ces données locales scientifiques ou techniques sont complétées par une étape d'exploration des archives et médias concernant des expositions passées à des aléas climatiques. Les événements extrêmes sont souvent plus documentés que les évolutions lentes du climat et ils permettent de mettre clairement en évidence les impacts sur le territoire.

Cette deuxième partie se présente sous forme de synthèses par type d'éléments, de matrices par aléa, et par milieu, secteur ou thématique transversale, et de synthèses par aléas.

Etape 2

Scénarios de vulnérabilités futures au changement climatique

L'objectif de cette étape est d'identifier les vulnérabilités futures du territoire face au changement climatique. Elle se décompose en trois parties. La première partie dresse une revue des connaissances existantes en termes de prospectives territoriales hors climat (par exemple démographie, urbanisation ou encore énergie). Puis, les résultats des scénarios climatiques sont analysés, notamment les évolutions des différents indicateurs, des diagrammes ombrothermiques et des analogues climatiques pour les différents scénarios et horizons. Enfin, la dernière partie identifie les vulnérabilités futures du territoire face au changement climatique.

Les données nécessaires à la réalisation de cette étape sont les résultats des scénarios ou études prospectifs menées à l'échelle la plus locale possible, à différents horizons. Les données climatiques doivent respecter les standards internationaux (scénarios, horizons et modèles approuvés ou préconisés par le GIEC et la CNUCCC). Enfin, l'intégration de ces données est croisée avec l'exploration et l'analyse des études et connaissances existantes en termes d'impacts et capacités d'adaptation. Les données locales sont privilégiées et complétées par d'autres sources quand nécessaire.

Les résultats sont présentés sous formes de matrices par secteurs et thématiques transversales, et de synthèse par milieu.

Etape 3

Evaluation économique des impacts du changement climatique

Le but de cette étape est de construire des ordres de grandeurs des bénéfices et coûts du changement climatique sur le territoire et de fournir une vision des futurs possibles. Les connaissances dans ces domaines et les applications sont très rares. Dans un premier temps, les coûts de l'inaction sont estimés, sous l'hypothèse d'économie constante. C'est-à-dire que l'on calcule ici les effets économiques de la situation où l'on aurait le climat de 2080-2100 sur l'économie d'aujourd'hui.

La méthode choisie s'inspire des études de l'ONERC, de l'OCDE et du GIEC et est adaptée en fonction des données existantes. Les données quantitatives sont rares et celles liant évolution d'un système à l'évolution du climat le sont d'autant plus. Il existe des études sectorielles (par exemple Climator pour l'agriculture, CETMEF pour le littoral etc.) qui permettent de construire des données à l'échelle territoriale. Elles sont intégrées dans l'analyse.

Les résultats obtenus se présentent sous forme d'ordre de grandeur économique par impact ayant pu être évalués. A défaut, une matrice d'évaluation de l'impact peut être construit en prenant en compte différents paramètres (par exemple impact sur la productivité, sur le capital investi et le bien être, sur la consommation d'énergie, conflits avec les politiques existantes, interactions avec les autres systèmes, impact environnemental, social, économique etc.).

Etape 4

Identification des stratégies d'adaptation

L'objectif de cette étape est de fournir une liste d'actions d'adaptation, afin d'alimenter les discussions en vue de la mise en œuvre des stratégies dans le territoire.

Les résultats intègrent les réflexions méthodologiques existantes en termes de conception de solutions d'adaptation robustes (par exemple flexibles, sans regret, à différents horizons etc.) et s'appuient sur les résultats des étapes précédentes. Par ailleurs, elles s'inspirent d'expériences et d'études de cas réalisées dans des territoires analogues ou comparables (par exemple ONERC, UKCIP, Environnement Canada).

Les résultats sont présentés sous forme de liste et par système (secteur, thématique transversale ou milieu) et classées par objectif visé. Une matrice d'évaluation des actions peut être construite en fonction de plusieurs paramètres (flexibilité, sans regret, horizons, impact économique, interaction avec les actions d'atténuation, etc.)

Etape 5

Perspectives et recommandations

Cette dernière étape a pour but de mettre en perspective les limites de l'étude mais également son intérêt pour l'aide à la décision et la sensibilisation. Elle met également en valeur les enjeux autour de la conception, du choix et de la mise en œuvre des stratégies d'adaptation dans le territoire.

Acronymes

Ademe Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

AEE Agence Européenne pour l'Environnement

CCNUCC Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

GIEC Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

OCDE Organisation de Coopération et de Développement Economiques

ONERC Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique

PNUD Programme des Nations Unies pour le Développement

UKCIP United Kingdom Climate Impacts Programme

Références

D'Ercole, R., Metzger, P. 2009. La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain. Cybergeographie : European Journal of Geography, Vulnérabilités urbaines au sud, article 447, mis en ligne le 31 mars 2009, modifié le 14 mai 2009. URL : <http://cybergeographie.revues.org/22022>.

GIEC, 2001. Rapport spécial sur Les impacts régionaux du changement climatique - Evaluation de la vulnérabilité. Cambridge University Press, Cambridge.

MEDD, 2007. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, REVELATEUR DES VULNERABILITES TERRITORIALES ? Action publique locale et perceptions des inégalités écologiques. CITERES UMR 6173 – Université de Tours. François BERTRAND & Laurence ROCHER, Coordination scientifique : Patrice MELE. Programme D2RT « POLITIQUES TERRITORIALES ET DEVELOPPEMENT DURABLE ». Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, PUCA.

UKCIP, 2004. COSTING THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE IN THE UK: Implementation Guidelines. Final Report. Prepared for The UK Climate Impacts Programme (UKCIP). Prepared by: Metroeconomica Limited. 18th June 2004.

Annexe 3 : Méthodologie pour l'élaboration des scénarios prospectifs et résultats des projections climatiques

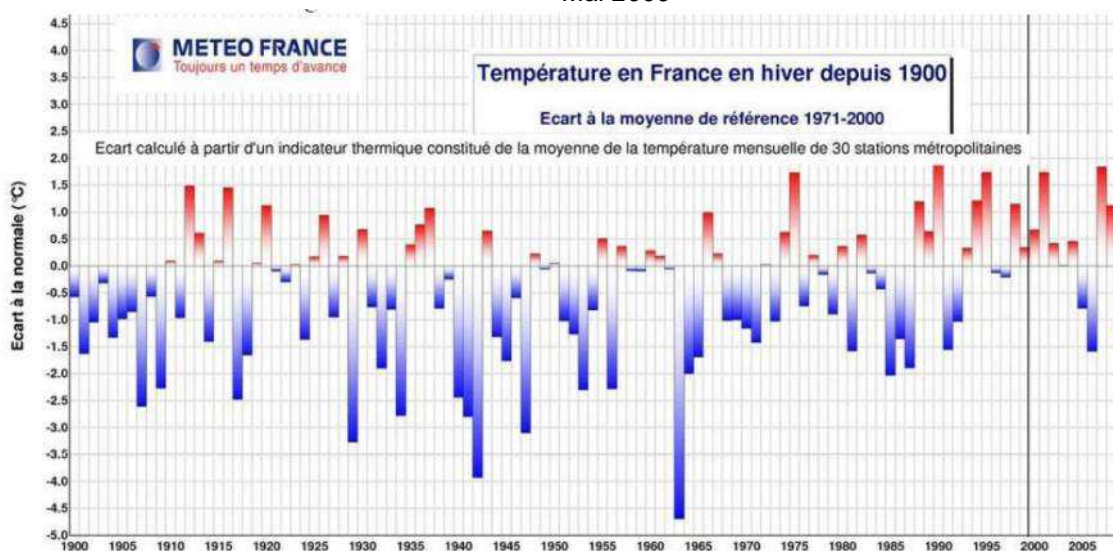
Les projections climatiques sont issues d'une étude réalisée par Météo France pour la DREAL Basse Normandie. La description de la méthodologie est extraite du rapport de cette étude (DREAL, 2010)

Contribution à l'étude sur l'adaptation du changement climatique
en Basse-Normandie

Projections d'indicateurs climatiques aux horizons 2030, 2050 et 2080

Etude réalisée pour FACTEA-Durable
dans le cadre de la réponse à un appel d'offre
de la Direction Régionale de l'Equipeement de Basse-Normandie

Mai 2009



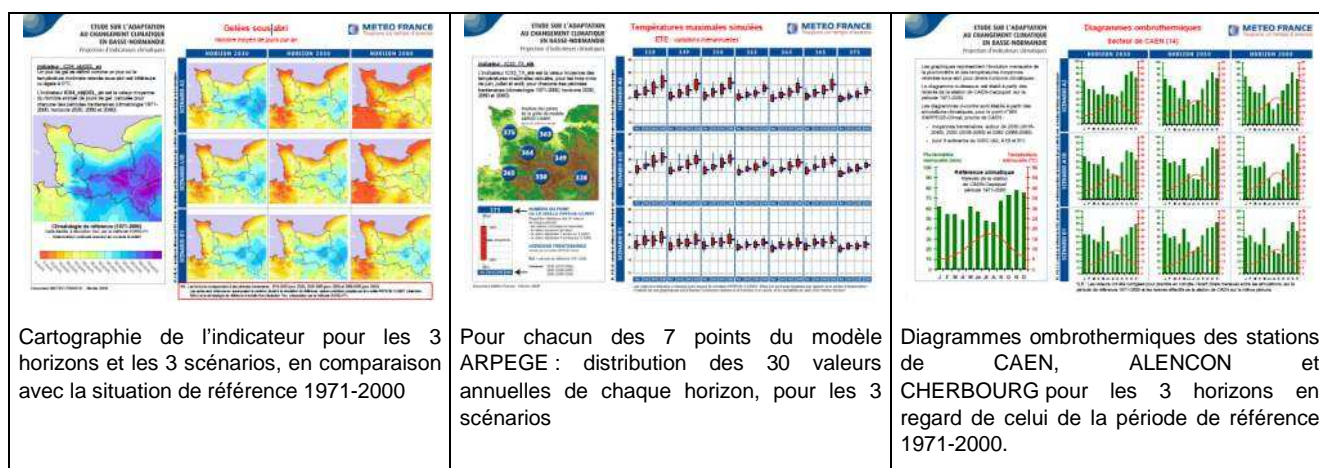
INTRODUCTION

Le bureau d'étude FACTEA-Durable a réalisé, en réponse à l'appel d'offre 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 de FACTEA-Durable des simulations climatiques aux horizons 2030, 2050 et 2080⁷ 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 sensée 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.



LES INDICATEURS CLIMATIQUES

Les indicateurs ont été définis et sélectionnés en concertation avec FACTEA-Durable 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 jusqu'à 18 heures UTC le jour.

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

⁷ 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.

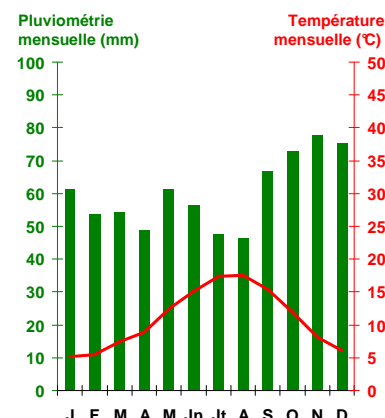
Le nombre moyen de jours de forte pluie par an est le nombre de jours par an où la pluie atteint ou excède 10 mm soit 10 litre par m².

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.



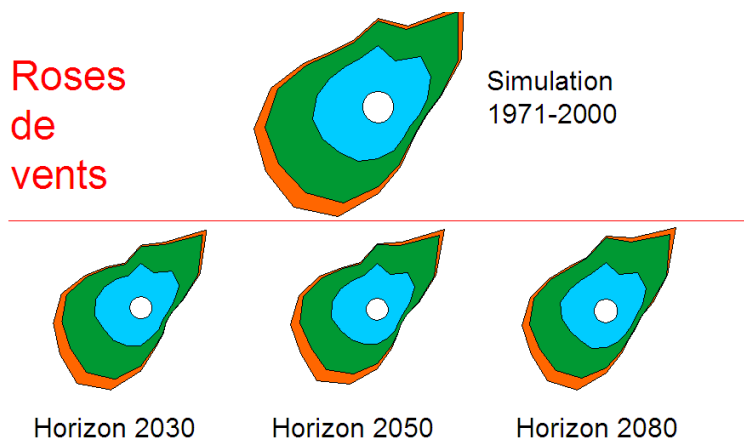
Liste des indicateurs étudiés

INDICATEUR	Libellé	CARTES	GRAPHES
IC01_TM_an	<i>1.1.1.1.1.1 Température moyenne sous abri ANNEE</i>	1.1.1.1.2 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)	1.1.1.1.3 X	1.1.1.1.4 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 Ete (avril à septembre))	X	
IC_70_BHP_an	Bilan hydrique potentiel (RR-ETP)	X	
Diag_ombro_Caen	Diagrammes ombrothermiques CAEN		1.1.1.1.5 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



d'une 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.

LA CLIMATOLOGIE DE REFERENCE

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. BENICHO, 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 :

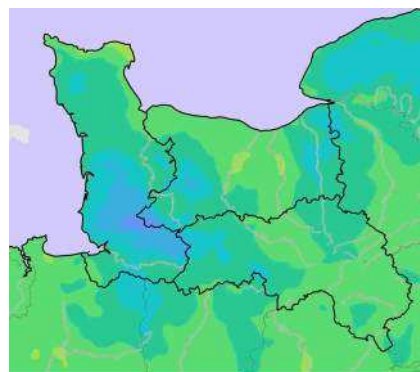
- reconnaissance automatique du lien statistique entre le paramètre étudié et les composantes du relief avoisinant les stations météorologiques (formes générales de paysage),
- utilisation de ce lien statistique pour reconstituer les valeurs du paramètre sur une grille de maille régulière, typiquement 1km,
- 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)



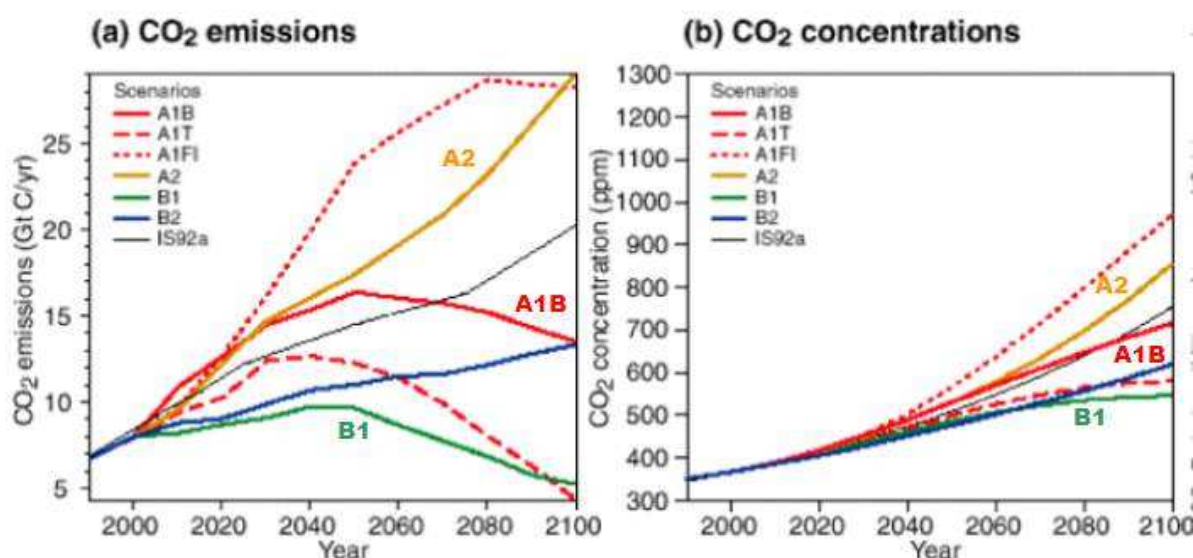
LES PROJECTIONS CLIMATIQUES

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 efficiente. 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'Evolution 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)

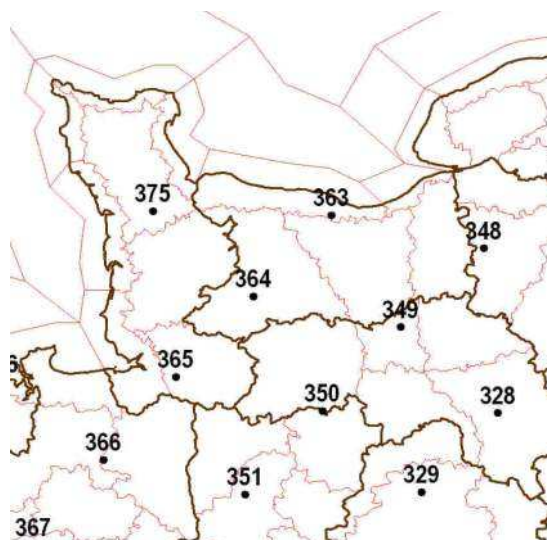
La version 4 du modèle ARPEGE-Climat, utilisée pour cette étude, a la particularité d'être en mode « étiré ». Sa résolution est variable, nettement plus fine sur une zone d'intérêt qu'aux antipodes. Sur la France métropolitaine, cette version apporte une résolution de l'ordre de 50 km.

La carte ci-dessus 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.

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) :

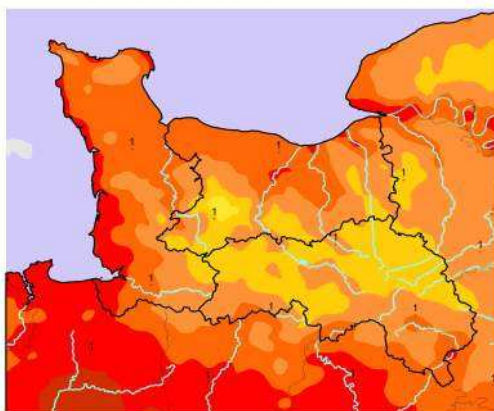
La base est, pour un indicateur donné, une climatologie de référence qualifiant, avec la meilleure résolution disponible, le climat récent (typiquement, la période 1971-2000). Cette carte de référence peut être obtenue par une méthode d'interpolation optimale telle que la méthode AURELHY, utilisée à 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 le modèle (écarts à résolution 50 km, spatialisés ensuite à résolution 1km par une méthode de krigage à résolution 1km).

Les incertitudes

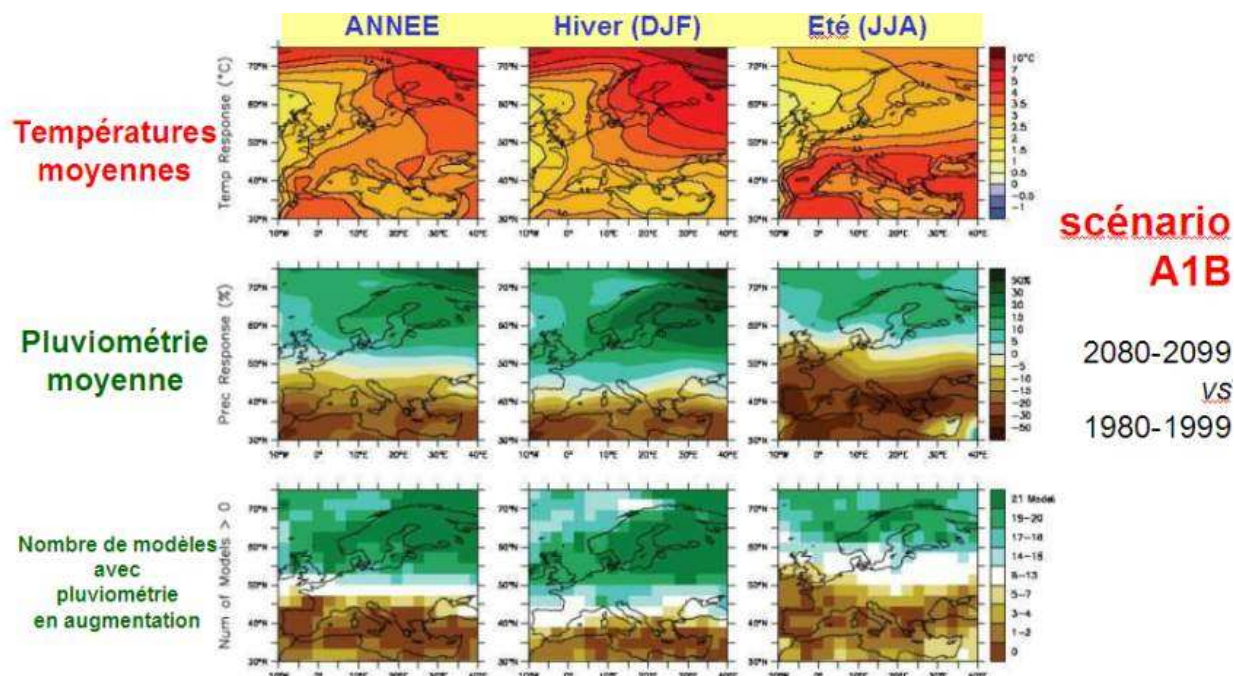
Tout d'abord notre système atmosphérique n'est pas entièrement prévisible. C'est bien pour cela qu'il arrive que la météo - qui travaille avec les mêmes équations de physique, même si leurs modèles sont essentiellement atmosphériques - se trompe, même si, statistiquement, elle a souvent raison (mais 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 donc obligé de traiter de manière approchée),
- puits et sources du carbone océanique et continental, et notamment 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 modèle 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.



Ces cartes illustrent la variabilité pour un même scénario des résultats des différents modèles utilisés par le GIEC

Annexe 4 : Caractérisation par pays : Pays d'Auge, Pays Sud Calvados, Pays de Caen Métropole et Pays du Bessin au Virois.

Pays d'Auge

Situé en partie sur le socle du Bassin Parisien composés de terrains crayeux et marneux, le Pays d'Auge apparaît comme une alternance de larges vallées dissymétriques et de plateaux recouverts d'argile à silex et de loess. Les pentes fortes favorisent les phénomènes d'érosion sur les versants exposés et la présence des argiles et de cavités souterraines (marnière et de type karstique) entraîne des mouvements de terrain. En ce qui concerne la côte, elle présente des parties rectilignes sableuses entrecoupées de falaises.

Le climat dominant est de type océanique tempéré : une température moyenne et des pluies abondantes toute l'année. En raison de l'orographie, les précipitations peuvent atteindre 900 mm par an. Le Pays d'Auge n'est pas épargné par la forte variabilité temporelle qui apporte des sécheresses, inondations, fortes chaleurs et tempêtes.

La Dives et la Touques sont les deux fleuves côtiers qui structurent le Pays d'Auge. Ce sont également les plus importantes zones inondables du département : la Touques avec des crues relativement rapides et la Dives plutôt lentes. Les nappes qui les alimentent sont puissantes, les aquifères captifs et piégés sous les couches d'argiles. L'alimentation de ces aquifères est amortie et en partie déconnectée des fluctuations périodiques saisonnières ou pluriannuelles et l'infiltration prédomine. Les cours d'eau sont donc plus rarement sujets au stress en été. Enfin, les eaux du littoral sont de qualité moyenne comparée au reste du Calvados. Ainsi, plusieurs stations se sont retrouvées non conformes en 2008.

Par rapport à la zonification bioclimatique du Calvados, le Pays d'Auge correspond à un ensemble humide sur terrains imperméables comprenant notamment les marais de la Dives et de la Touques. Le Pays d'Auge concentre des milieux naturels très remarquables et conservés au sein de son maillage de prairies et milieux humides.

Le Pays d'Auge présente un habitat dispersé mais dense. De par sa position géographique stratégique, il accueille 23% de la population du Calvados avec une densité allant de 76 à 100 hab/km² selon un gradient sud-nord (jusqu'à 343 hab/km² pour les communes du littoral). Il comprend également plusieurs villes moyennes assez développées. Le littoral est très artificialisé et l'espace périurbain y occupe 56% du territoire. Ainsi, la part de surface agricole utile (SAU) est la plus faible du département (53%) et décroît rapidement. La « périurbanisation » de la Côte Fleurie explique en partie cette artificialisation des terres et la spéculation foncière associée, ainsi que la conservation des types d'habitat.

L'accès aux réseaux et services ainsi que la qualité du cadre de vie est élevée. Le Pays d'Auge accueille notamment les ports de Honfleur, l'aéroport de Deauville et de nombreux axes routiers importants. L'accès aux services de santé et services administratifs est également de meilleure qualité que dans le reste du département. Par ailleurs, les formations aquifères permettent de fournir une eau potable de qualité et en quantité. Le Pays d'Auge a la consommation d'énergie par habitant la plus élevée, notamment imputable au résidentiel, aux services et à l'industrie.

Les activités économiques principales sont agricoles et industrielles dans le sud du département et plutôt tertiaires près du littoral (commerce, construction, tourisme). L'agriculture est dominée par l'élevage lait et viande (les prairies toujours en herbe représentent 65% de la SAU), la production cidricole et les activités liées au cheval. De plus, le Pays d'Auge héberge quelques uns des grands ports de pêche du Calvados. Au niveau industriel, c'est la métallurgie qui est le plus implantée. L'industrie agro alimentaire est également bien présente ainsi que quelques entreprises de transformation du bois. Le tourisme, enfin, se concentre sur la frange littorale et est le moteur de croissance du tertiaire.

Les outils de planification disponibles à l'échelle locale (Agenda 21, SCOT, PCET, PLU,...) sont moins utilisés (en particulier dans le sud) que dans le reste du département. La prévention des risques est néanmoins plus

encadrée avec les PPR et la connaissance du département est de plus en plus développée. Son littoral très urbanisé est cependant soumis à des risques multiples et certaines communes sensibles ne sont pas encore couvertes par des PPR.

Pays Sud Calvados

Situé sur le socle du Bassin Parisien à l'est et le Massif Armoricaïn vers l'ouest, le Pays Sud Calvados repose dans sa majeure partie sur un substrat sédimentaire calcaire du Bathonien, et est bordé à l'ouest par des collines et vallées escarpées. Les sols plus ou moins profonds sur loess ou argilo-limoneux sont soumis au phénomène de battance et sont sensibles à l'érosion et au déficit hydrique (dans le sud). Ils présentent néanmoins un très bon potentiel agricole. Les cavités karstiques amènent également une exposition aux mouvements de terrains. Plus à l'ouest, les sols peu profonds et pauvres dominent.

Le climat dominant est de type océanique tempéré : une température moyenne et des pluies abondantes. En raison de l'orographie, les précipitations sont comprises entre 700 et 900mm par an. Le Pays Sud Calvados n'est pas épargné par la forte variabilité temporelle qui apporte des sécheresses, inondations, fortes chaleurs et tempêtes.

L'Orne et la Dives, deux fleuves côtiers importants dans le département, traversent et structurent le territoire. L'Orne présente des débits importants et est une zone inondable majeure. Le Pays Sud Calvados présente des aquifères d'intérêt majeur, notamment de par leur volume, leur qualité et leur propriété de dénitrification naturelle. Alimentées par infiltration, elles sont sensibles aux pollutions. Elles confèrent un soutien d'étiage remarquable aux rivières. De plus, elles sont protégées par une couche argileuse vers Falaise.

Par rapport à la zonification bioclimatique du Calvados, le Pays Sud Calvados correspond en grande partie à un ensemble tempéré voire sec sur terrains perméables très fertiles et sujets à assèchements. Cependant, l'ouest du pays accueille également des collines au climat tempéré sub-humide. Il héberge aussi des milieux remarquables parmi lesquels de longues vallées humides et des milieux forestiers.

Le Pays Sud Calvados accueille 47 000 habitants pour une densité moyenne de 56 hab/km², c'est un territoire à dominante rurale. Trois villes principales structurent le pays et les densités de populations y sont les plus importantes. L'étalement urbain se concentre le long des axes majeurs de communication. Le nord du Pays étant à la périphérie de Caen, les dynamiques de population sont fortes. En termes de paysage, la partie est correspond aux campagnes de Caen-Falaise, et l'ouest à la Suisse Normande aux vallées creusées.

L'accès aux réseaux et services ainsi que la qualité du cadre de vie sont relativement élevés du fait de la proximité de Caen et de l'axe Caen-Alençon. L'accès aux services de santé et services administratifs est également de bonne qualité. Par ailleurs, les eaux superficielles et souterraines permettent de fournir une eau potable en quantité mais de qualité variable. Le Pays Sud Calvados présente la consommation d'énergie (totale et par habitant) la plus faible du département.

Les activités économiques principales sont agricoles, industrielles et tertiaires. 73% des surfaces sont consacrées à l'agriculture. L'agriculture est dominée par les grandes plaines céréalières et industrielles dans l'est et par l'élevage lait viande dans l'ouest. Au niveau industriel, c'est la filière automobile, la filière édition-imprimerie et la filière agro alimentaire qui dominent en plus de l'industrie des biens intermédiaires. Les services sont sur représentés.

Les outils de planification disponibles à l'échelle locale (Agenda 21, SCOT, PCET, PLU,...) sont relativement moins utilisés que dans le reste du département. De plus, il apparaît que la connaissance des aléas n'est pas aussi importante bien qu'autant voire plus exposé. Le territoire est soumis à des risques multiples et certaines communes sensibles ne sont pas encore couvertes par des PPR.

Pays de Caen Métropole

Situé sur le socle du Bassin Parisien, le territoire de Caen-Métropole repose dans sa majeure partie sur un substrat sédimentaire calcaire du Bathonien, entrecoupées de quelques horizons marneux et est composé de plaines relativement peu accidentées se transformant en collines vers l'ouest. Les sols plus ou moins profonds sur loess ou argilo-limoneux sont soumis au phénomène de battance et sont sensibles à l'érosion et au déficit hydrique (dans le sud). Ils présentent néanmoins un très bon potentiel agricole. Les cavités karstiques amènent également une exposition aux mouvements de terrains.

Le climat dominant est de type océanique tempéré : une température moyenne et des pluies abondantes. En raison de l'orographie, les plaines reçoivent moins de 700 mm par an. Le Pays de Caen Métropole n'est pas épargné par la forte variabilité temporelle qui apporte des sécheresses, inondations, fortes chaleurs et tempêtes.

L'Orne est le principal fleuve côtier du Pays Caen-Métropole, et le plus important de Basse Normandie de par sa longueur. C'est également la zone inondable la plus importante du département. Les aquifères crayeux sont parmi les plus productives et confèrent aux rivières un soutien d'étiage remarquable. Ces terrains calcaires rendent les nappes très vulnérables aux pollutions. Elles sont alimentées par infiltration et présentent des battements importants. A cet égard, les terrains mal drainés du nord induisent une sensibilité aux inondations par remontées de nappe. Enfin, les eaux du littoral sont de qualité moyenne et plusieurs stations se sont retrouvées non conformes en 2008.

Par rapport à la zonification bioclimatique du Calvados, le Pays de Caen Métropole correspond en grande partie à un ensemble tempéré voire sec sur terrains perméables très fertiles et sujets à assèchements. Cependant, l'est du Pays accueille également une partie des marais humides de la Dives et au sud ouest une zone tempérée humide. Il héberge aussi des milieux remarquables parmi lesquels l'estuaire de l'Orne et ses marais.

Le Pays de Caen Métropole rassemble l'essentiel de la population de l'aire urbaine de Caen (340 000 habitants soit près de 60% de la population du département). Elle est la 21^{ème} aire urbaine française en termes de population et d'emplois. La forte densité de 369 hab/km² est expliquée par une périurbanisation très étendue et la concentration des activités économiques, sociales et culturelles. Ainsi, 10% des surfaces agricoles ont été artificialisées entre 1996 et 2005. Les grandes plaines agricoles entourent les zones urbaines et les routes rectilignes.

L'accès aux réseaux et services ainsi que la qualité du cadre de vie sont élevées. Le Pays de Caen-Métropole accueille notamment les ports de Caen-Ouistreham (10^{ème} port français), l'aéroport de Caen-Carpiquet et de nombreux axes routiers importants. L'accès aux services de santé et services administratifs est également de meilleure qualité que dans le reste du département. Par ailleurs, les eaux superficielles et souterraines permettent de fournir une eau potable en quantité mais de qualité variable. Enfin, le Pays de Caen-Métropole présente la consommation d'énergie par habitant la plus faible mais la consommation énergétique totale représente 50% de celle du département.

Les activités économiques principales sont agricoles, industrielles et tertiaires. L'agriculture est dominée par les grandes plaines céréalières (43% de la SAU, blé, orge et maïs), les protéagineux et oléagineux (colza), les cultures industrielles (lin et betterave) et un peu d'élevage dans les vallées. Le Pays de Caen-Métropole héberge quelques petits ports, notamment pour la pêche de la coquille Saint Jacques. Au niveau industriel, c'est la métallurgie, l'électronique et la construction automobile qui sont les plus implantées. L'industrie agro alimentaire, la pharmaceutique, l'énergie et les équipements sont également bien représentés. Les services sont très présents, dont un tiers correspond à des emplois publics. Le tourisme, enfin, est une composante économique importante et se concentre sur la frange littorale.

Les outils de planification disponibles à l'échelle locale (Agenda 21, SCOT, PCET, PLU,...) sont relativement plus utilisés que dans le reste du département. La prévention des risques est encadrée avec les PPR et la

connaissance du département est de plus en plus développée. Son littoral très urbanisé est cependant soumis à des risques multiples.

Pays du Bessin au Virois

Situé en partie sur le socle du Bassin Parisien au nord est et sur le Massif Armoricaire, le Pays du Bessin au Virois apparaît au nord comme la continuité des plaines de Caen, et se transforme en collines de bocage vers le sud, avec quelques lignes de crêtes culminantes et drainées par de nombreux ruisseaux. Les sols pauvres ou peu profonds du sud et les pentes fortes favorisent les phénomènes d'érosion importants. Les cavités karstiques au nord peuvent provoquer des mouvements de terrain. En ce qui concerne la côte, elle présente des parties rectilignes sableuses entrecoupées de falaises de natures diverses.

Le climat dominant est de type océanique tempéré : une température moyenne et des pluies abondantes. En raison de l'orographie, les précipitations peuvent atteindre 1 100 mm par an dans le bocage et pré-bocage, et moins au nord. Le Pays du Bessin au Virois n'est pas épargné par la forte variabilité temporelle qui apporte des sécheresses, inondations, fortes chaleurs et tempêtes.

La Seulles, l'Aure et la Vire sont les trois fleuves côtiers qui structurent le Pays du Bessin au Virois. L'Aure et la Vire se rejoignent à l'ouest du Pays, dans les marais du Bessin, qui constitue une zone inondable. La Vire a un débit moyen élevé et une saisonnalité forte. En effet, les dynamiques dépendent des nappes et de la nature du sol, qui privilégie le ruissellement. Les débits hivernaux sont donc importants et les tarissements en été prononcés. Les eaux superficielles sont donc également très vulnérables aux pollutions et les aquifères du Massif Armoricaire sont très sensibles aux sécheresses climatiques. Enfin, les eaux du littoral sont de bonne qualité par rapport au reste du département.

Par rapport à la zonification bioclimatique du Calvados, le Pays du Bessin au Virois accueille plusieurs ensembles distincts : une partie des campagnes de Caen tempérées voire sèches, le sud ouest sub-humide entrecoupé de versants chauds et plus secs, la zone du synclinal boisé et une zone très humide qui correspond au marais de la Baie des Veys. Le Pays du Bessin au Virois concentre des milieux naturels très remarquables et conservés au sein de son découpage bocager, ses masses forestières et milieux humides.

Le Pays du Bessin au Virois accueille 138 123 habitants pour une densité de 78 hab/km². Cette faible densité cache un territoire très urbanisé puisque 70% de la population vit dans les deux aires urbaines de Vire et Bayeux. Le littoral du Bessin est particulier car il est presque exclusivement constitué d'un rivage naturel. Cela étant, il n'est pas épargné par l'artificialisation des terres. L'occupation du sol apparaît donc comme irrégulière, liée aux aires d'influences des 2 villes principales, la proximité de Caen et la nature des sols (les terrains de la campagne de Caen ont une SAU de 90%).

L'accès aux réseaux et services ainsi que la qualité du cadre de vie est élevée dans le nord et plus faible dans le sud. L'accès aux services de santé et services administratifs est également de qualité hétérogène. Par ailleurs, les eaux superficielles sont sollicitées pour l'alimentation en eau potable. De par leur dynamique et l'occupation du sol la qualité de ces eaux est souvent moins bonne que dans le reste du département. Le Pays du Bessin au Virois a une consommation d'énergie par habitant élevée, mais la consommation totale la plus faible du département. Il possède un fort potentiel de développement de la filière bois.

Les activités économiques principales sont agricoles et industrielles. L'agriculture est dominée par les productions céréalières dans le nord et des agricultures mixtes avec élevage lait et viande dans le reste du Pays. Il héberge trois ports de pêche dont deux des plus importants de la Basse Normandie, essentiellement orientés vers la pêche de mollusques. Au niveau industriel, c'est la mécanique, la métallurgie, la sous-traitance automobile, les matériaux électriques et de construction qui sont les plus implantés. L'industrie agro alimentaire est également bien présente ainsi que quelques entreprises de transformation du bois. Le secteur

tertiaire concentre le plus grand nombre d'emplois et d'établissements (santé, commerce, éducation, social). Le tourisme, enfin, est développé autour de sites remarquables et des paysages bocagers.

Les outils de planification disponibles à l'échelle locale (Agenda 21, SCOT, PCET, PLU,...) sont plus utilisés dans le Bessin que dans leVirois. De plus, il apparaît que la connaissance des aléas n'est pas aussi développée que dans le reste du département bien qu'elle soit autant voire plus importante. Le territoire est de plus soumis à des risques multiples et certaines communes sensibles ne sont pas encore couvertes par des PPR.

France +33 1 55 07 85 75
Email info@climpact.com
Web www.climpact.com

Legal Disclaimer

Marque: CLIMPACT, Logo CLIMPACT, et/ou tout produit ou marque CLIMPACT référencés dans ce document sont des marques déposées ou des marques de CLIMPACT en France et/ou dans d'autres pays. L'absence de symbol marque, produit, nom de service ou logo de cette liste ne constitue pas un abandon de la marque CLIMPACT ou d'autres droits de propriétés intellectuelles concernant les noms ou logos. Les noms de sociétés, marques déposées, marques de services, noms de commercialisation, images et/ou produits mentionnés dans ce document peuvent être des marques appartenant à leurs propriétaires respectifs. Tout droit réservé.

CLIMPACT SA au capital de 127 838 euros
Siège 79 rue du Faubourg Poissonnière F75009 Paris
RCS Paris B 445 254 329 - Siret 445 254 329 00011 - N° TVA FR33 445 254 329
Tel : +33 (0) 1 55 07 85 75 - Fax : +33 (0) 1 55 07 85 79
Email : contact@climpact.com - www.climpact.com

Document réalisé par

CLIMPACT

www.climpact.com

*Contact au Conseil Général
Marine TABARD*

Conseil Général



Calvados

www.calvados.fr

Avec le soutien financier de :

