



Impacts, Vulnérabilité et Adaptation du Calvados au Changement Climatique

Note de Synthèse

25 juin 2011.

CL!MPACT



Ce document est la note de synthèse de l'étude sur les impacts, les vulnérabilités et les stratégies d'adaptation du Calvados au changement climatique. Les références utilisées sont listées dans le rapport complet.

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.

L'étude des vulnérabilités à l'échelle 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. Ainsi, 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. Enfin, la dernière partie constitue une analyse des stratégies d'adaptation possibles et prioritaires pour le territoire.

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 les écosystèmes, l'eau, la santé, les infrastructures, l'agriculture et les milieux urbain et littoral.

Sommaire

1.0	Introduction et contexte de l'étude	5
2.0	Caractérisation et vulnérabilités actuelles du territoire	7
1.	Le contexte géographique du développement du Calvados	7
2.	Les enjeux et dynamiques actuels face au climat	7
3.	Synthèse des vulnérabilités actuelles du Calvados aux changements climatiques.....	9
3.0	Scénarios de vulnérabilités futures au changement climatique.....	10
1.	Méthodologie pour la construction des projections climatiques	11
2.	Résultats des scénarios climatiques futurs	11
3.	Analyse et synthèse des vulnérabilités futures	14
4.0	Evaluation économique des impacts du changement climatique	21
1.	Méthode et hypothèses de calcul.....	21
2.	Résultats de l'évaluation du coût de l'inaction	21
5.0	Identification des stratégies d'adaptation	23
1.	Analyse prospective : les enjeux principaux du Calvados face au changement climatique	23
2.	Méthodologie pour l'élaboration de stratégies futures	24
3.	Les 20 stratégies principales	24
4.	Les 5 stratégies prioritaires	25
6.0	Présentation des stratégies prioritaires.....	27
7.0	Conclusions et perspectives	33

Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Aires bioclimatiques de la Basse Normandie (Cantat et al., 2008 modifié dans DREAL, 2010).	7
Figure 2 : Tempête et marée haute à Vers sur mer en mars 2010 (Source AFP) et inondation du 31 décembre 1925 à Caen.	10
Figure 3 : Diagrammes ombrothermiques de Caen pour le présent puis selon 3 scénarios et 3 horizons (DREAL à partir de MétéoFrance, 2011).	12
Figure 4 : Diagrammes ombrothermiques d'Ajaccio présent et Caen en 2080 avec le scénario A1B (profil d'Ajaccio :educorsica.fr, et Météo France pour Caen).	12
Figure 5 : Les vulnérabilités du littoral du Calvados au changement climatique.	14
Figure 6 : Les vulnérabilités du milieu urbain du Calvados au changement climatique.	16
Figure 7 : Les vulnérabilités futures du milieu rural du Calvados au changement climatique.	17
Figure 8 : Les vulnérabilités futures de l'agriculture du Calvados au changement climatique.	18

Tableaux

Tableau 1 : Les chiffres clés du Calvados.	8
Tableau 2 : Synthèse des vulnérabilités futures des pays du Calvados face au changement climatique.	19
Tableau 3 : Résultats de l'étude coûts et bénéfices du changement climatique pour le Calvados.	21
Tableau 4 : Evaluation des actions prioritaires suivant les critères de développement durable.	26

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..

Cette note de synthèse de l'étude est destinée à fournir une vision des impacts du changement climatique sur le Calvados. Il est proposé également une liste de stratégies d'adaptation principales et prioritaires qui pourraient contribuer à l'élaboration du Plan Climat du Calvados.

2.0 Caractérisation et vulnérabilités actuelles du territoire

L'identification des stratégies d'adaptation du Calvados au changement climatique implique de comprendre et recenser les sources de vulnérabilité. Avant d'intégrer les potentiels changements futurs du climat, il est donc important de saisir les caractéristiques du territoire et ses vulnérabilités actuelles.

1. Le contexte géographique du développement du Calvados

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).

2. Les enjeux et dynamiques actuels face au climat

L'étude des caractéristiques du département du Calvados permet de mettre en valeur la richesse de son patrimoine.

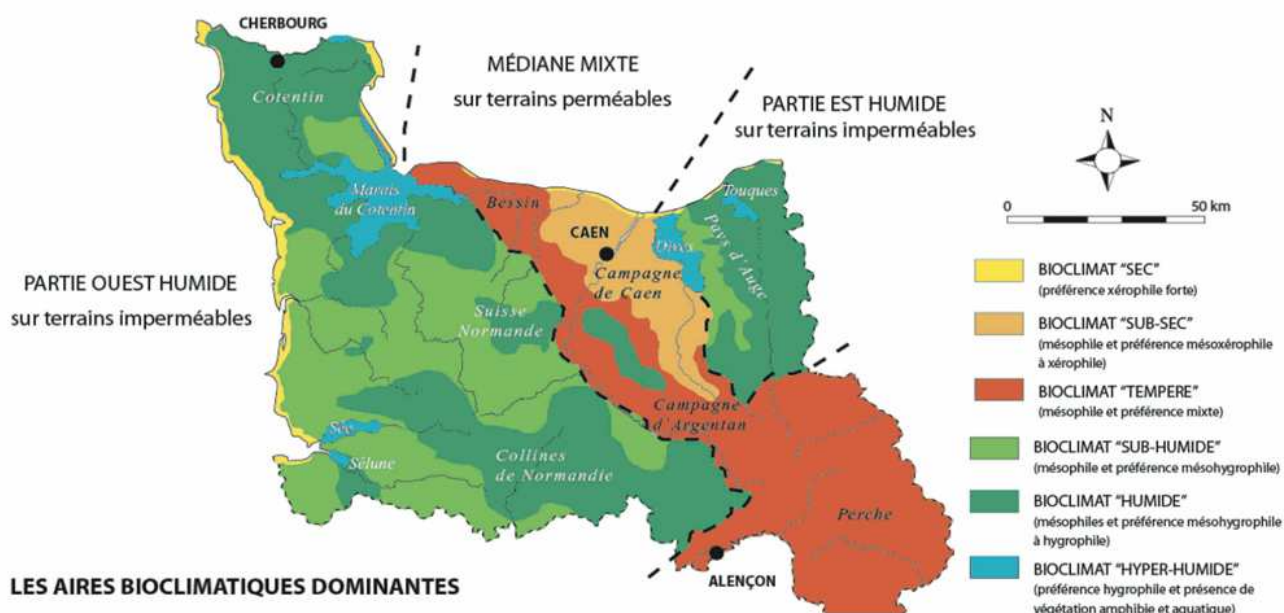


Figure 1 : Aires bioclimatiques de la Basse Normandie (Cantat et al., 2008 modifié dans DREAL, 2010).

Chiffres clés du Calvados (n. : national.)

Superficie	5 547,92 km ²
Densité	121,4 hab/km ² (n. 112)
Altitude maximum	365m à Mont Pinçon
Climat	Océanique tempéré Subdivisions régionales marquées (bocage, plaines, intérieur) Variabilité temporelle forte (sécheresse, inondation, froid, chaud)
Nombre de Kilomètres de côte	116
Superficie des aires boisées	48 800 hectares (9%)
Aires naturelles protégées (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
Taux d'urbanisation	62,3% (n. 73,4%)
Nombre total de communes	706
Nombre d'agglomérations urbaines > 10 000 hab	9
PIB/hab (INSEE, 2005)	23 902 (n. 27 811) millions d'euros
Répartition PIB par secteur (%)	Primaire 2,9 Industrie 14,4 Construction 6,5 Services marchands 51,0 Services administrés 25,2

Tableau 1 : Les chiffres clés du Calvados.

La rencontre entre les ensembles géologiques Armoricaïn et Parisien et la présence d'un littoral expliquent l'organisation spatiale des ressources naturelles, et de la majorité des activités humaines. 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 alourdie par les inadaptations des réseaux et services qui constituent un frein au développement économique et à l'attractivité des territoires isolés.

Plusieurs enjeux et dynamiques importantes à mettre en perspective du changement climatique en découlent :

1. la pression appliquée sur les importantes **ressources naturelles** est élevée : 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 ;
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 restant déjà trop peu nombreux et isolés ;
3. 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 ;
4. 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, ...).
5. Une **capacité d'adaptation** des habitants aux changements comme en témoignent 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, et la reconversion des secteurs industriels ;

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. Synthèse des vulnérabilités actuelles du Calvados aux changements climatiques

L'étude de la réponse du territoire face aux événements climatiques passés permet d'indiquer le degré de résilience des éléments du Calvados face au changement climatique. Le climat normand présente une variabilité temporelle très marquée : « 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). L'étude des impacts de ces événements passés met en valeur plusieurs enjeux :

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.



Figure 2 : Tempête et marée haute à Vers sur mer en mars 2010 (Source AFP) et inondation du 31 décembre 1925 à Caen.

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 conchylicoles, 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

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.

1. Méthodologie pour la construction des projections 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. Basée sur la climatologie de référence de 1970 à 2000 et le modèle ARPEGE-Climat de Météo France, les projections sont réalisées selon 3 scénarios du GIEC (A2 « pessimiste », B1 « optimiste » et A1B tendanciel) et pour 3 horizons (2030, 2050 et 2080).

Il existe plusieurs sources d'incertitude à considérer dans l'utilisation des résultats: l'exercice de la modélisation des systèmes climatiques, l'utilisation d'un seul modèle, la visualisation des résultats à des échelles plus fines (interpolation selon la méthode Aurelhy), les scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (SRES). Cela étant, ces résultats peuvent donner une première vision très utile des futurs possibles.

2. Résultats des scénarios climatiques futurs

Les résultats issus de Météo France permettent d'avoir une vision des palettes des futurs potentiels, pour les températures et précipitations. 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).

➤ Les profils température et précipitation

Les résultats pour les moyennes mensuelles selon les scénarios tendanciels et « pessimiste » se rejoignent à l'horizon 2080. Des tendances semblent se dégager. Le cumul 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).

Projection d'indicateurs climatiques

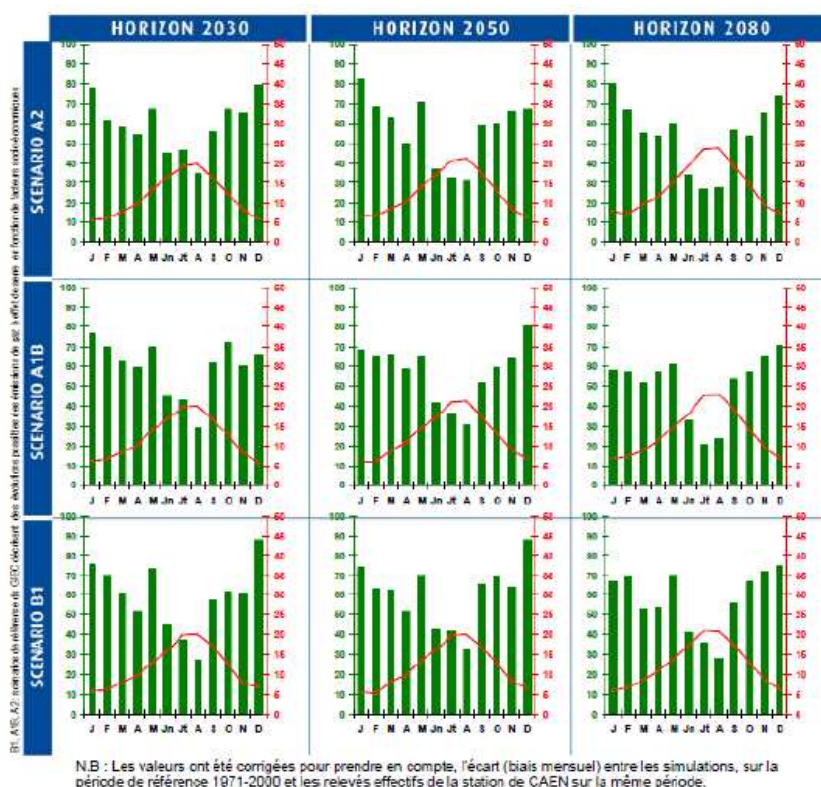
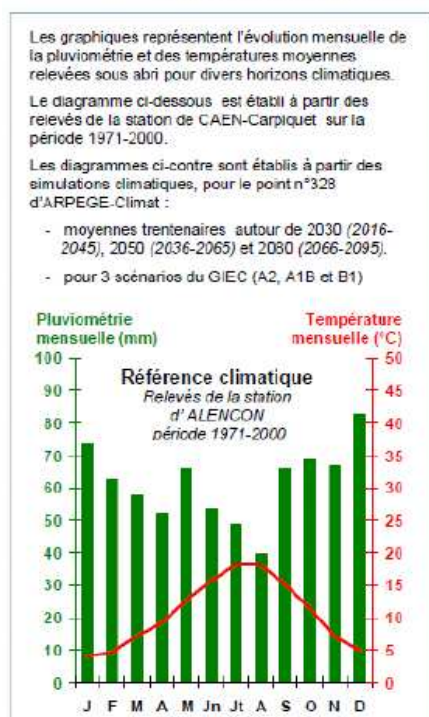


Figure 3 : Diagrammes ombrothermiques de Caen pour le présent puis selon 3 scénarios et 3 horizons (DREAL à partir de MétéoFrance, 2011).

D'autres résultats sont disponibles à travers des études plus spécifiques et des analyses croisées.

➤ 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). Sans passer par la modélisation des correspondances, de manière qualitative donc, le profil climatique futur potentiel en 2080 pour Caen semble se rapprocher de celui de certaines villes de Corse.

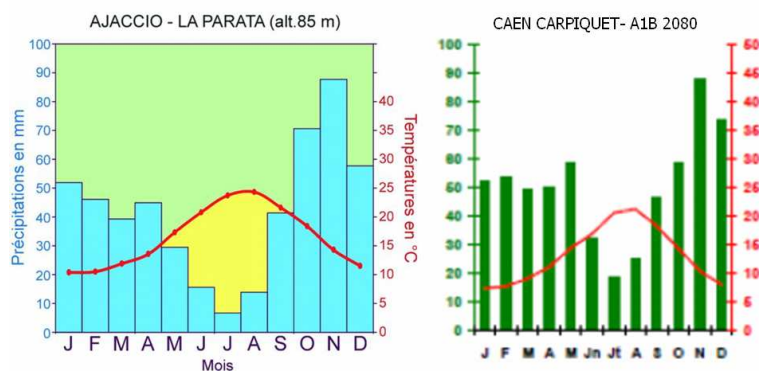


Figure 4 : Diagrammes ombrothermiques d'Ajaccio présent et Caen en 2080 avec le scénario A1B (profil d'Ajaccio : educorsica.fr, et Météo France pour Caen).

Ainsi, Ajaccio présente un profil de précipitation 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.**

➤ **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). L'ONERC a choisi de prendre comme base de prospective une submersion de 100 cm à l'horizon 2100.

➤ **La concentration en CO2**

La concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère augmente exponentiellement depuis la révolution industrielle. De 280 ppm en 1850, elle atteint 364 en 1998 puis 388 ppm en octobre 2010. 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).

➤ **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, Clim'act, 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-Carpique). L'irradiation au sol est de 125 Wh/m2 en moyenne entre 1995 et 2005 (station de Caen-Carpique). **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.**

➤ **Autres changements climatiques : les tempêtes et l'Indice NAO positif**

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 expliqués 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 de régimes 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 et synthèse des vulnérabilités futures

Le changement actuel et futur de certaines variables clés des climats du Calvados semble affecter les éléments structurant le territoire. 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.

3.1 Synthèse des résultats par milieu

Milieu littoral

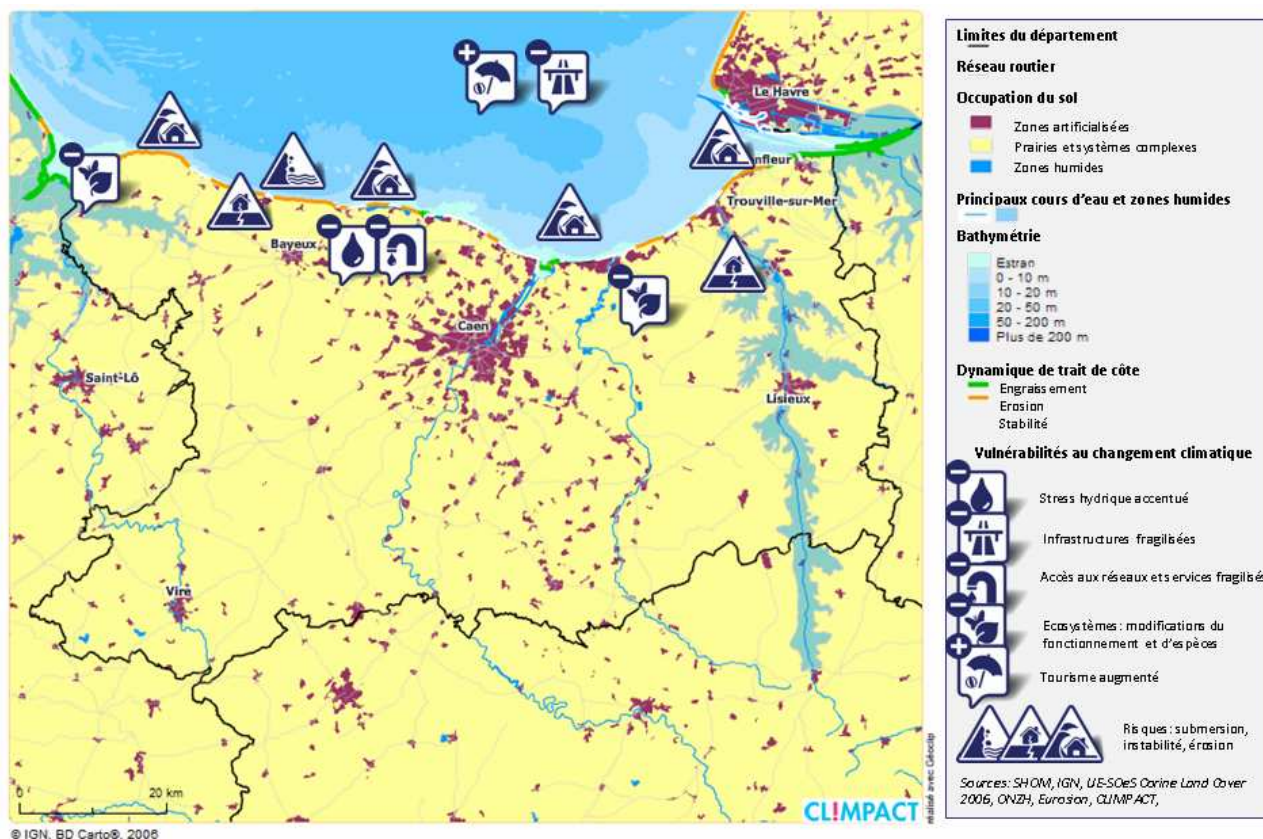


Figure 5 : Les vulnérabilités du littoral du Calvados au changement climatique.

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 (mouvements de terrain, tempêtes, submersion marine, changement de trait de côte, crues, érosion), et vulnérable par la densité des éléments humains présents. Les impacts pourraient devenir plus importants du fait de l'accroissement de l'intensité ou fréquence de ces événements et des éléments présents impactés. Ainsi les phénomènes d'avancée ou de retrait du trait de côte pourraient être accélérés. 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 exposées 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).

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 dans les aires déjà vulnérables. 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, l'élevage 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.

Milieu urbain



Figure 6 : Les vulnérabilités du milieu urbain du Calvados au changement climatique.

1. 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.

2. 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).

3. 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.

4. 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.

Milieu rural

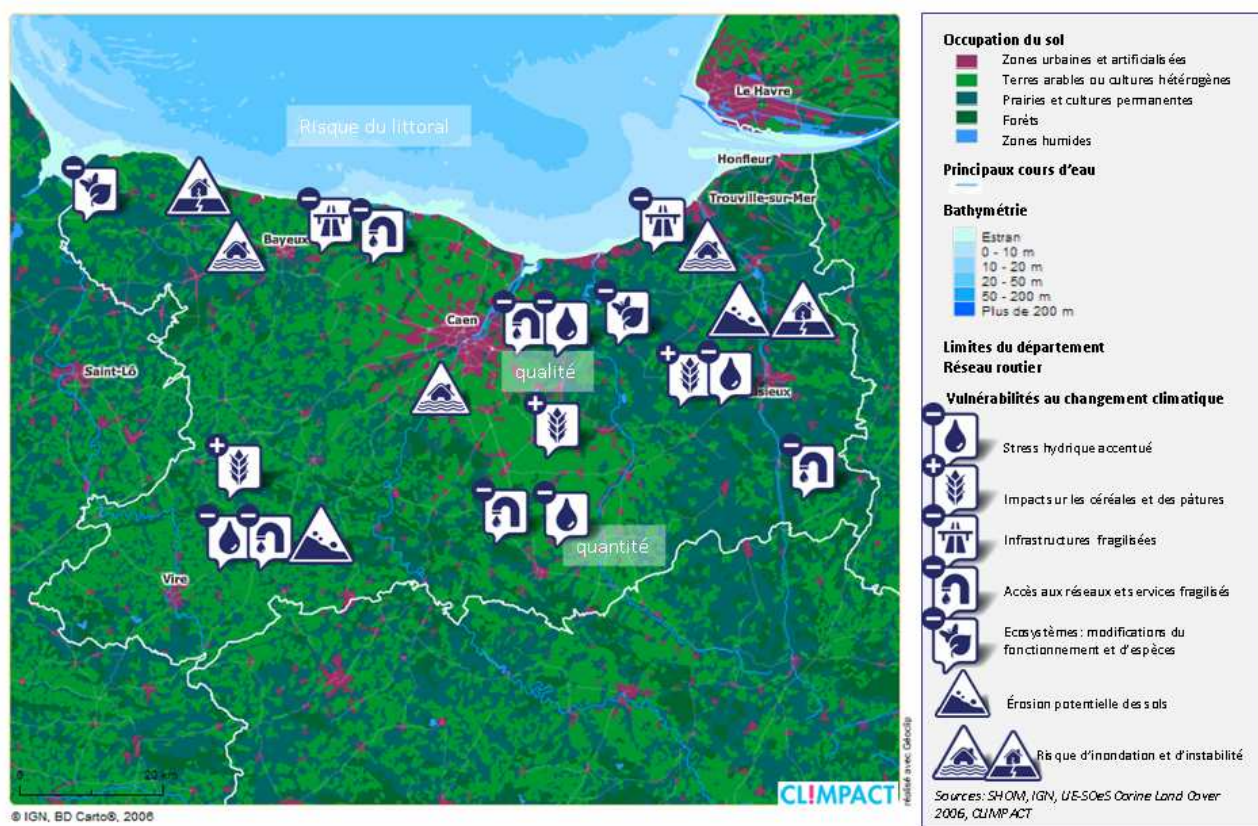


Figure 7 : Les vulnérabilités futures du milieu rural du Calvados au changement climatique.

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 (migration, méditerranéisation). 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.

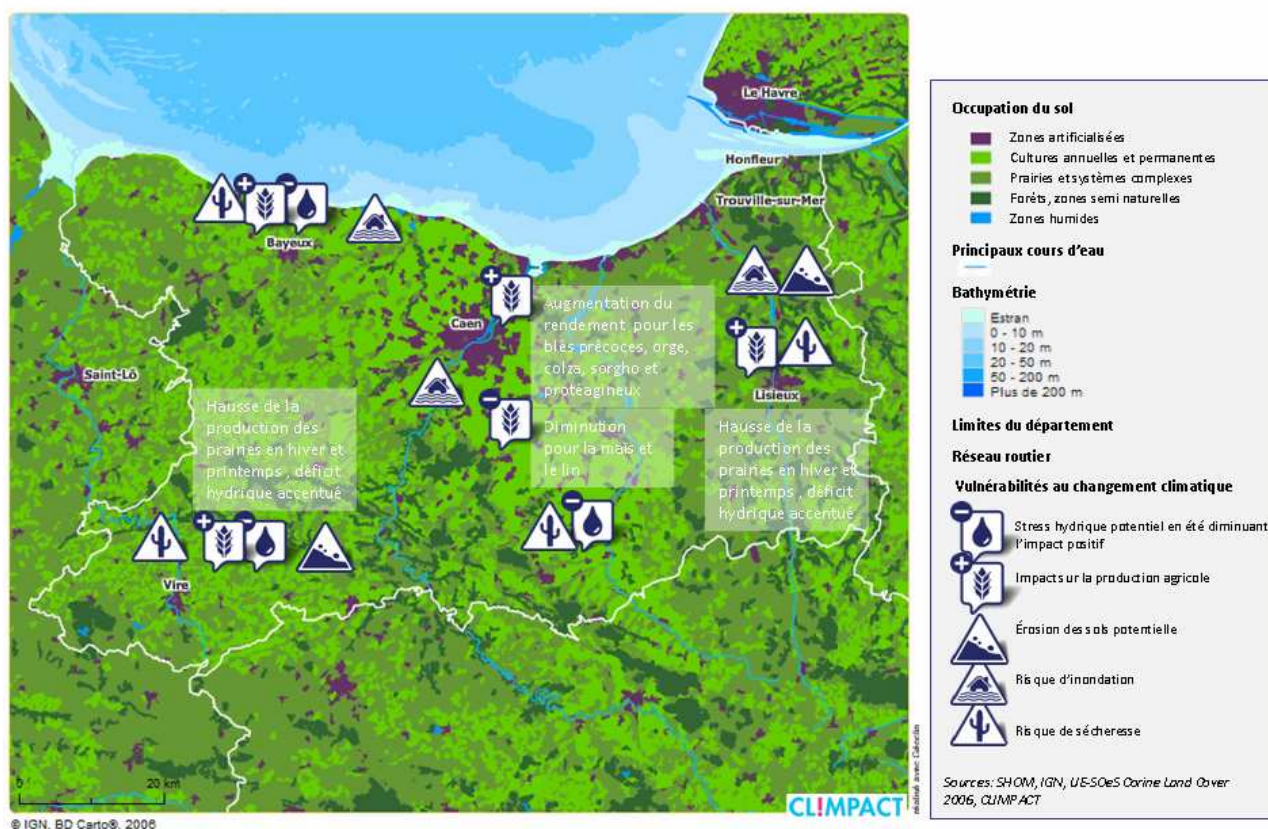


Figure 8 : Les vulnérabilités futures de l'agriculture du Calvados au changement climatique.

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 (fragmentation, sur-utilisation,...), pour se développer.

3.2 Synthèse des résultats par pays

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

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

4.0 Evaluation économique des impacts du changement climatique

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 pour les différentes thématiques concernées.

1. Méthode et hypothèses de calcul

La méthodologie s'inspire 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. On s'intéresse ici au coût de l'inaction, c'est-à-dire au 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. 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. Cela équivaut à mesurer l'impact du climat futur sur l'économie actuelle. De plus, on travaille ici en euros constants, donc sans prendre en compte le taux d'actualisation.

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. L'évaluation montre donc une portion du coût et non sa globalité.

2. Résultats de l'évaluation du coût de l'inaction

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 calcul 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 (sans événement extrême)	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 3 : Résultats de l'étude coûts et bénéfices du changement climatique pour le Calvados.

5.0 Identification des stratégies d'adaptation

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).

1. Analyse prospective : les enjeux principaux 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 principaux : des ressources naturelles (eau, écosystème, terres,...) menacées, des infrastructures et réseaux fragilisés, un milieu littoral très exposé, et un cadre de vie diminué. Les politiques existantes traitent certaines de ces problématiques mais de manière partielle ou sectorielle. Ainsi le changement climatique, mis en regard des éléments prospectifs existants, exacerbe les vulnérabilités déjà présentes et soulève 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 les 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 populations 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 événements extrêmes et limiter leurs impacts négatifs ?
- 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 anticiper les changements possibles des écosystèmes et les conséquences économiques et environnementales ?
- 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 : l'incertitude, l'inertie, la transversalité et la continuité du processus. Pour faire face à ces enjeux, plusieurs critères sont à intégrer dans l'identification de stratégies d'adaptation « robustes » et pour répondre aux attentes prioritaires des acteurs du territoire. Il s'agit entre autres :

- 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 et le champ des possibles, les actions auront un impact bénéfique, autrement dit « les co-bénéfices sont supérieurs aux coûts » ;
- la définition des horizons visés (court, moyen ou long terme);
- l'acceptabilité des actions proposées par les acteurs du territoire ;
- la cohérence avec les objectifs d'atténuation, c'est-à-dire de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

3. Les 20 stratégies principales

109 options d'adaptation ont été identifiées à l'échelle du département pour augmenter la résilience du territoire face au changement climatique. Parmi cette liste, les critères de sélection ont permis de sélectionner 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 (pilotis 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. Les 5 stratégies prioritaires

A partir des enjeux principaux du territoire du Calvados face au changement climatique, 5 stratégies prioritaires ont été retenues de par leur pertinence pour adresser la transversalité du changement et faire face à la forte hétérogénéité spatiale des enjeux du Calvados¹, leur degré de flexibilité, et leur cohérence avec les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

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.

¹ En outre, elles considèrent l'ensemble du territoire mais leur mise en œuvre nécessite de les dimensionner et de les adapter aux spécificités locales du département.

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

6.0 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 stratégies ;
- l'intitulé détaillé de la stratégie, permettant de révéler l'objectif de la stratégie ;
- le contexte, expliquant le cadre, et les problématiques auxquelles la stratégie apporte une réponse ;
- des exemples d'actions concrètes 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 préparer à l'identification et au dimensionnement des actions prioritaires à mettre en place pour mettre en œuvre la 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 de par (i) son exposition à de nombreux types d'évènements fortement sensibles au changement climatique, (ii) les éléments socio-économiques densément répartis, et (iii) la forte hétérogénéité spatiale des impacts et des dynamiques des côtes. Toute politique d'aménagement du littoral 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.



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

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 jouant un rôle essentiel dans le soutien des activités ou éléments humains qu'ils supportent ou protègent. De nombreux changements sont à prévoir du fait des modifications du climat. 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 et sur les services fournis par ces divers écosystèmes. Par ailleurs, l'eau tient un rôle important dans le soutien des écosystèmes. Une meilleure gestion de son utilisation est essentielle.



Jachères fleuries à Epaney (DREAL, 1999).

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 entraînent des mutations supplémentaires qui auront un impact non négligeable sur les éléments exposés aux changements climatiques.

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.



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

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 et de canicule renforcent les problèmes de qualité de l'air, notamment la concentration en ozone. Or l'ozone a des répercussions sanitaires et environnementales significatives. Il apparaît donc efficace de réduire les sources de pollution atmosphérique (transport individuel en particulier) qui contribuent à la production d'ozone, notamment pendant les périodes de fortes chaleurs.



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



Digues fragilisées à Asnelles (Ouest France).

Le changement du climat implique une probable accentuation de la fragilité et de la détérioration des ouvrages de protection, transport, production et réseau. 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. Il apparaît donc essentiel de développer le suivi de l'état des vulnérabilités des infrastructures.

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

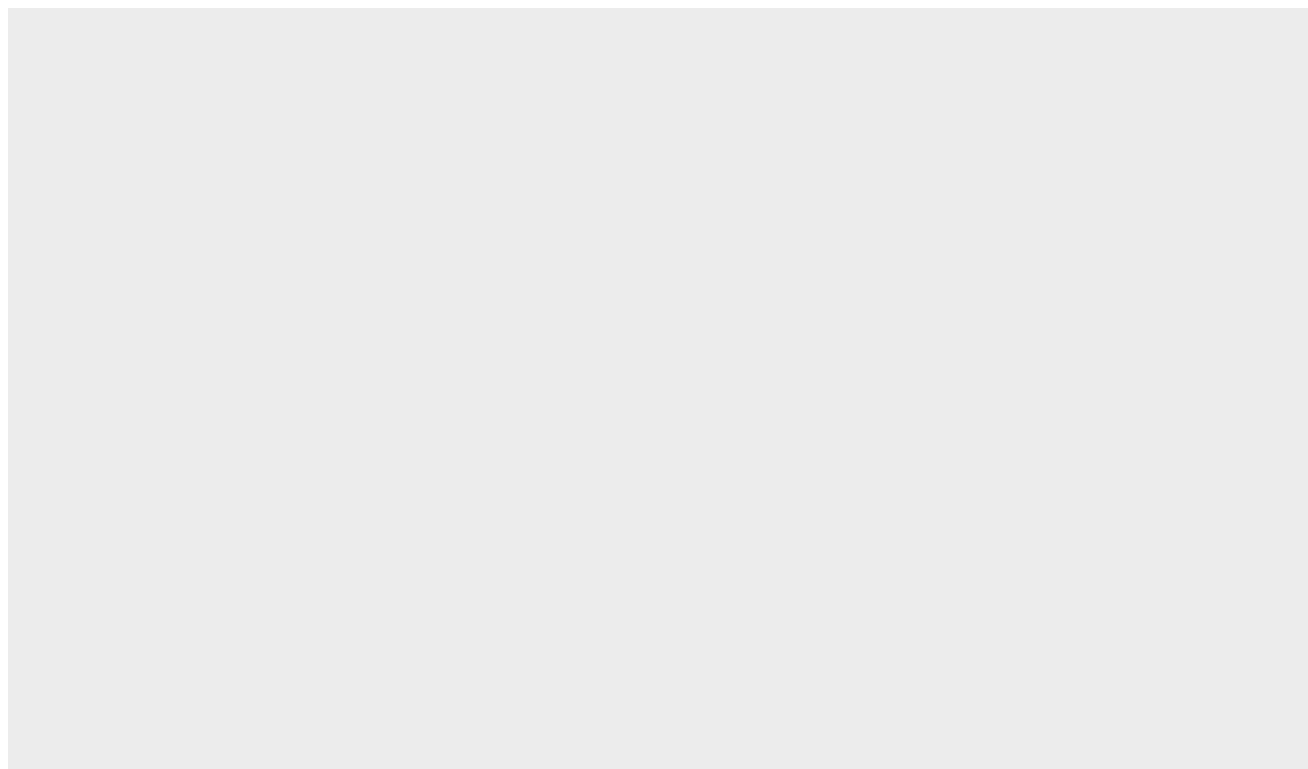
Conseil Général, Région, Pays, organismes techniques, EDF, REDF, SDEC Energie, CPIE, ...

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)

7.0 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.



Legal Disclaimer

France +33 1 55 07 85 75
Email info@climimpact.com
Web www.climimpact.com

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@climimpact.com - www.climimpact.com

Document réalisé par

CLIMPACT

www.climimpact.com

*Contact au Conseil Général
Marine Tabard*



www.calvados.fr

Avec le soutien financier de :

