

THEMATIQUE « ECONOMIE »

Experts : Anne BRIAND¹ et Isabelle LEBON²

Introduction : Les défis et enjeux de l'évaluation des impacts économiques du changement climatique sur le territoire normand

Dans le contexte complexe du changement climatique, on attend des économistes qu'ils sachent fournir un chiffrage des conséquences de ce phénomène. Cependant, les résultats qui sont avancés doivent être considérés en tenant compte de toutes les difficultés de l'exercice. La plupart de ces résultats prennent la forme de comparaisons, tout comme c'est le cas pour les résultats des études scientifiques faites sur l'évolution des températures ou sur la montée du niveau de la mer. Les scientifiques comparent souvent ces variables à leurs valeurs préindustrielles. Ce point de comparaison n'a pas de sens dans le cas de l'économie, puisqu'il n'est pas possible de se référer à une situation dans laquelle les différentes révolutions technologiques qui fondent notre production et notre niveau de vie actuel n'auraient pas eu lieu. Ainsi, les économistes fondent-ils essentiellement leurs comparaisons sur l'état actuel du pays ou du territoire étudié.

Dans ces conditions, que chiffrent les études économiques quand il s'agit du changement climatique ? La réponse est fort différente d'une étude à l'autre sur ce sujet. Une grande partie de la littérature se consacre à l'évaluation du coût de l'inaction, c'est-à-dire du scénario dans lequel on ne prendrait aucune mesure pour lutter contre le changement climatique ou s'adapter à ses effets. Il s'agit alors de mesurer sous cette hypothèse les pertes en termes de production et même de capital. De tels travaux permettent de montrer *a contrario* la pertinence de l'action dont le coût certes élevé apparaît moindre quand on le compare à ce qui adviendrait si on ne faisait rien. D'autres analyses s'attachent à estimer le coût de telle ou telle mesure de politique publique susceptible de lutter contre ou de s'adapter aux effets du changement climatique, voire aux gains à en attendre. Dans tous les cas, les évaluations qui

¹ LASTA, Université de Rouen Normandie

² CREM, Université de Caen Normandie

sont faites, sont étroitement liées aux hypothèses retenues et aux inexactitudes dont elles peuvent être entachées.

Lorsque l'on s'intéresse à un territoire en particulier, par exemple une région, les effets décrits ne peuvent pas toujours tenir compte de l'impact des mesures qui seraient prises à l'échelle plus globale du pays, du continent ou du monde. En revanche, cette échelle permet d'imaginer et de tester des mesures concrètes. C'est cependant le périmètre pertinent pour décrire la complexité d'une situation dans laquelle les acteurs économiques et sociaux n'ont pas tous les mêmes intérêts face aux problèmes du réchauffement climatique. Il suffit de quelques exemples pour le comprendre. Le réchauffement climatique pourrait engendrer des submersions marines qui vont réduire le territoire de certaines communes et pourrait avoir rendu auparavant ces mêmes territoires inconstructibles, de même que l'agriculture risque de souffrir de ces changements. En revanche, l'augmentation des températures pourraient, temporairement au moins, offrir d'importantes opportunités en termes de tourisme à une région telle que la Normandie où le climat restera durablement plus supportable l'été que dans la plupart des autres régions françaises.

Le présent document s'attache à rendre compte de l'évaluation des conséquences économiques du réchauffement climatique à partir d'une synthèse bibliographique réalisée pour la région Normandie. Ces conséquences sont envisagées selon différents volets : l'urbanisme, l'agriculture, la pêche, la forêt, les disponibilités en eau douce ... Certaines des études retranscrites sont exclusivement descriptives alors que d'autres avancent des résultats quantitatifs. Dans un cas comme dans l'autre, il est primordial de bien prendre en considération la date à laquelle l'étude a été réalisée, car elle traduit forcément l'état des connaissances à cette date, or les connaissances sur cette question sont en constante évolution. En ce qui concerne la Normandie, une grande partie des études existantes a été faite au début des années 2010 et donc en référence aux scénarios alors envisagés pour le futur.

Comme indiqué précédemment, l'évaluation économique des dommages sociétaux et des coûts économiques repose donc par nature sur des exercices de projection nécessitant un ensemble d'hypothèses depuis l'évolution de l'activité économique, jusqu'à l'anticipation et l'adaptation spontanée des acteurs économiques au changement climatique. Aux incertitudes des modèles climatiques s'ajoutent donc les incertitudes liées aux réponses des acteurs économiques (anticipations et mesures d'adaptation individuelles) et des pouvoirs publics (politiques publiques en faveur de l'adaptation). Il est probable que de nombreux impacts ne soient pas anticipés. Il est donc important d'indiquer que les résultats contenus dans ce document présentent davantage de risques de sous-estimation que de surestimation des conséquences régionales du changement climatique. Ces conséquences peuvent être évaluées suivant plusieurs approches :

- L'approche macroéconomique des impacts du changement climatique vise à identifier les différentes manières d'évaluer les impacts, à donner des projections dans un cadre multi-intégré et à présenter les limites de ces projections au regard des hypothèses et paramètres retenus. Aucune étude relevant de cette approche n'a été identifiée concernant la Région Normandie en dehors de celle menée en 2009 par le GIP Expertise collective Seine Aval³.
- Les approches sectorielles et socio-économiques permettent quant à elles d'appréhender des impacts plus isolés et toutes choses égales par ailleurs. C'est donc l'approche usuelle des travaux régionaux sur le changement climatique.

En bref, les objectifs de ce rapport peuvent être ainsi résumés :

- Faire la synthèse des études/connaissances existantes les plus récentes sur les conséquences du changement climatique en Normandie afin de répertorier les expériences/analyses spécifiques menées dans la région (et, éventuellement, les manques/retards par rapport aux études menées ailleurs en France) ;-
- Identifier les éventuelles lacunes de connaissances et besoins de recherche complémentaires, afin de pouvoir juger de la pertinence de l'évolution des politiques publiques et privés pour tenir compte du climat futur.

Dans une première section, nous présentons une synthèse des hypothèses relatives au changement climatique en Normandie qui conditionnent les résultats en matière d'évaluation d'impacts. La seconde section propose un recensement analytique des projections de vulnérabilités et enjeux des secteurs et habitats à l'échelle normande dans le contexte du changement climatique. Une quantification des impacts est présentée dans la troisième section avec un focus sur les dommages sociétaux et coûts économiques pour la Normandie. Il s'agit essentiellement de tentatives d'estimation du prix de l'inaction. La dernière partie du rapport conclut en proposant des jalons de stratégies d'adaptation et de recherches académiques à urgemment étayer pour éclairer les décideurs sur les arbitrages à opérer en matière de politiques pro-environnementales efficaces et socialement acceptables.

³ S.Allain, J. Bodilis, A. Briand, T. Cornier, A. Ducharne, JP. Ducrotoy, H. Flanquart, B. Laignel, AM. Laverman, N. Massei, F. Morel, E. Rochard, S. Souissi, S. Treyer (2009), **Rapport d'expertise collective Les effets du changement climatique dans le contexte des changements globaux. Expertise collective sur l'estuaire de Seine GIP Seine Aval**. Janvier.

https://www.researchgate.net/publication/281598211_Rapport_d%27expertise_collective_Les_effets_du_changement_climatique_dans_le_contexte_des_changements_globaux_Expertise_collective_sur_l%27estuaire_de_Seine_GIP_Seine_Aval

Section 1 : Synthèse des hypothèses de travail des évaluations d'impacts : Cadrage de l'analyse économique

L'analyse des impacts économiques du changement climatique en Normandie tient compte des constats dressés par les travaux successifs qui s'intéressent à ses effets locaux. Dans sa partie prospective, l'analyse économique peut aussi tenir compte des adaptations qui sont envisagées face à ce phénomène.

1.1 Scénarios climatiques en Normandie: paramètres retenus, choix des horizons temporels

A quelques variantes près, les études des impacts du changement climatique réalisées pour le territoire de la Normandie reposent sur les hypothèses suivantes :

- **Niveau marin** : Sachant qu'une élévation de 17 cm du niveau de la mer a été observée au cours du 20^{ème} siècle, les hypothèses faites sur la hausse du niveau de la mer d'ici la fin du 21^{ème} siècle envisagent que celle-ci atteigne 26 à 82 cm, voire 1 m dans les scénarios les plus pessimistes.
- **Températures** : La hausse envisagée du niveau des températures est de 1 à 4 degrés à l'horizon 2080, quelques études plus pessimistes tablent sur une variation qui pourrait aller jusqu'à plus 6 degrés d'ici la fin du 21^{ème} siècle. Il est souvent noté dans les études que la hausse la plus rapide des températures concernerait le sud de l'Orne.
- **Pluviométrie** : Aucune modification du volume des précipitations n'est envisagée à l'horizon 2030, alors qu'une baisse significative pourrait intervenir après 2050 (jusqu'à moins 15 %). Cependant, même à plus court terme, il est possible que les pluies soient plus concentrées dans le temps et que ces épisodes de pluies alternent avec des périodes de sécheresse prolongées.
- **Événements extrêmes** : La multiplication des événements extrêmes, à savoir notamment les canicules et les tempêtes, est une hypothèse régulièrement émise.
- **Augmentation de la température des eaux marines** : Cette augmentation pourrait être de 1 à 2 degrés au cours du 21^{ème} siècle.

Evidemment, les prévisions de ces évolutions sont toutes reliées aux scénarios de réchauffement climatique, et notamment à ceux établis par le GIEC. Le fondement de ces hypothèses est plus ou moins explicitement exposé dans les différentes études. A cet égard, l'étude DATAR / ARTELIA (2013) est particulièrement instructive, car elle fait un lien très précis entre les scénarios du GIEC (2007) et les chiffres retenus pour les évaluations. Le paragraphe

suivant fait un focus sur la manière dont les hypothèses climatiques sont établies dans cette étude.

1.2 Exemple de l'étude DATAR/ARTELIA (2013) : les scénarios climatiques du GIEC (2007) et le modèle Arpège-Climat

Pour l'étude DATAR/ARTELIA (2013), le Centre National de Recherche Météorologique a réalisé des projections du climat futur à l'échelle de la Normandie à partir de son modèle climatique ARPEGE-Climat. Celui-ci donne une résolution avec un maillage d'environ 50 km pour la France, permettant des projections climatiques à échelle régionale.

Choix des scénarios et des horizons temporels

Pour réaliser ses simulations du climat futur de la Normandie pour cette étude, Météo France s'est placé tour à tour dans trois des scénarios établis par le GIEC (2007) :

- **Scénario optimiste** : Ce scénario considère une situation dans laquelle la population mondiale déclinerait à partir du milieu du 21^{ème} siècle et dans laquelle des pratiques viables sur le plan environnemental se mettraient en place.
- **Scénario intermédiaire** : Ce scénario considère le cas d'une croissance économique rapide avec un mix énergétique laissant une place importante au nucléaire et aux énergies renouvelables et avec la mise en place de technologies plus efficaces.
- **Scénario pessimiste** : Ce scénario considère un cas de très forte croissance démographique accompagnée de peu de croissance économique et peu de progrès technologique, ce qui signifie beaucoup d'émissions de gaz à effet de serre.

Tableau 1 : Liste des paramètres retenus pour l'étude (ARTELIA/DATAR, 2013)

Types de paramètres	Paramètres/Indices cartographiées	Unités des indices
Paramètres de températures	• Moyenne de températures annuelles moyennes • Moyennes saisonnières des températures moyennes annuelles Décembre/Janvier/Février • Moyennes saisonnières des températures moyennes annuelles Juin/Juillet/Août	Ecart à la référence en degrés
Paramètres de précipitations	• Moyenne annuelle des précipitations • Moyenne annuelle des précipitations en été • Moyenne annuelle des précipitations en hiver	Ecart à la référence en pourcentage
Paramètre de fortes précipitations	• Moyenne annuelle des nombres de jours où les précipitations atteignent au moins 10 mm	Nombre de jours
Paramètre de canicule	• Nombre cumulé de jours sur 30 ans présentant un caractère de canicule	Nombre de jours
Paramètre de sécheresse	• Temps passé en situation de sécheresse sur les périodes de 30 ans	Temps en pourcentage

Source : https://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/0-analyse_des_simulations_climatiques_de_meteo-france_-_septembre_2013_cle66228f-1.pdf

Pour chacun de ces scénarios, une simulation climatique a été produite pour les horizons 2030, 2050 et 2080. Ce sont neuf paramètres qui ont alors été établis pour définir le climat futur et l'exposition de la Normandie aux effets du changement climatique (voir Tableau 1). La liste des paramètres étudiés est présentée ci-dessous. Comme indiqué dans le tableau 1, il s'agit plus précisément de :

- paramètres de températures reflétant l'évolution du climat (Voir Annexe 1 pour comprendre les fondements de ces projections) ;
- paramètres de précipitations permettant de définir à la fois l'offre en eau mais aussi les besoins, notamment ceux liés à l'agriculture, et de prévoir les épisodes de fortes précipitations pouvant entraîner des risques naturels ;
- paramètres de canicule et de sécheresse, pour appréhender la fréquence et la durée de ces événements extrêmes (Voir Annexe 1 pour comprendre les fondements de ces projections).

Le chiffrage de ces différents paramètres donne une idée beaucoup plus précise du climat futur, ce qui permet d'établir une liste des points de vulnérabilités spécifiques à la Région Normandie face au changement climatique anticipé.

Section 2 : Recensement des vulnérabilités, enjeux des secteurs économiques et des habitats face au changement climatique

Les études disponibles sur la Normandie illustrent toute la difficulté qu'il y a à appréhender l'ensemble des points de vulnérabilité d'un territoire. Cela suppose en effet de s'intéresser en même temps à l'augmentation des températures, à l'élévation du niveau de la mer, à la modification des précipitations, à l'intensification des événements climatiques extrêmes, et à une typologie particulièrement étendue des risques : risques naturels (débordements eau, remontée de nappe phréatique, ruissellements agricoles et urbains, risque submersion marine, risque littoral), risques industriels (accidentels ou chroniques, risques nucléaires, risques transport routier – ferroviaire – maritime – matières dangereuses). Sans oublier que chaque événement va provoquer en plus de ses impacts économiques directs, des évolutions sur les comportements humains ou simplement sur leur situation (en termes de santé mentale et physique, de déplacement etc.), ce qui va rétroagir sur l'économie. Pour le dire plus simplement, les impacts sont à la fois directs et indirects, visibles et invisibles, et surtout interconnectés. C'est ce que l'on appelle en économie publique la problématique des externalités croisées (les phénomènes hors marchés) qui sans quantification (évaluation) aboutit à des politiques publiques sous-dimensionnées. C'est en cela que l'approche économique se distingue radicalement de l'approche gestionnaire. La problématique du

changement climatique appelle à la gouvernance d'un « bien commun » (collectif) nécessitant la prise en compte de tous les secteurs et tous les types d'impacts.

Le travail de synthèse de données a été réalisé en se fondant sur une typologie d'évènements climatiques et d'activités potentiellement impactées :

- **Les types d'évènements climatiques retenus:** sécheresse, canicule, évènements extrêmes (incluant inondation, tempête, submersion marine et retrait-gonflement des argiles) et températures moyennes annuelles ;
- **Les secteurs potentiellement impactés :** l'eau, l'agriculture, le bâtiment et l'aménagement urbain, les réseaux, les milieux et écosystèmes, la santé, les infrastructures industrielles et portuaires et le tourisme.

Différents points de vulnérabilité liés au changement climatique méritent d'être présentés de façon plus exhaustive avant d'aborder les évaluations des impacts. Nous les passons en revue pour identifier ceux auxquels la Normandie est particulièrement exposée.

2.1 Vulnérabilité hydrique et enjeux du partage de l'eau

Une forte diminution du niveau des précipitations liée au changement climatique se traduit par un déficit hydrique qui affecte la plupart des secteurs économiques dans les régions qui sont exposées. Ce type d'événement a pour le moment été rare en Normandie, mais il a déjà été ressenti à plusieurs reprises au cours des dernières décennies. Même si Météo France ne prévoit pas d'importantes baisses de la pluviométrie dans les prochaines décennies, cette baisse pourrait devenir plus tangible à l'horizon 2080 (jusqu'à 30% de baisse). Le cas échéant, cela posera des difficultés quant à l'usage de l'eau et de sa qualité.

En effet, si le prélèvement de l'eau dans les nappes phréatiques comme dans les cours d'eau doit être limité dans le futur, le partage de la ressource deviendra un enjeu conflictuel entre l'alimentation en eau potable, les activités industrielles et l'usage agricole. Et concernant l'alimentation en eau potable, la question se posera rapidement d'un arbitrage entre les besoins domestiques des habitants et ceux liés à l'activité touristique particulièrement concentrée sur le littoral.

La diminution au niveau littoral des nappes souterraines pourrait dans certains cas entraîner leur salinisation du fait de la remontée du biseau salé, ce qui diminuerait encore la ressource en eau douce disponible. Cette question se pose particulièrement dans des secteurs touristiques tels que Dieppe, Fécamp ou Étretat. La diminution du débit des cours d'eau poserait également la question d'une dilution insuffisante des polluants, si ceux-ci ne sont pas régulés à la source, jusqu'à poser le problème de la qualité des eaux sur la zone littorale,

notamment au niveau de l'embouchure de la Seine avec des effets potentiellement défavorables dans le secteur de la conchyliculture.

2.2 Vulnérabilités du secteur primaire

Au-delà de la baisse du niveau des cours d'eau affectant potentiellement, comme nous l'avons vu la conchyliculture mais aussi la pêche, le changement climatique devrait se traduire par la multiplication des épisodes caniculaires et des périodes de sécheresse. L'agriculture normande devrait souffrir de ces phénomènes.

En effet, les épisodes caniculaires vont entraîner un stress thermique pour les animaux d'élevage d'autant que les constructions agricoles de la région n'ont pas été conçues à l'origine pour des épisodes de chaleur. Les deux grands types de cultures de la région pourraient également souffrir de la sécheresse comme de la canicule. Il s'agit notamment des cultures fourragères dont les rendements pourraient fortement baisser, sachant que ces cultures sont déjà actuellement impactées dès que des phénomènes de ce type se produisent. Les grandes cultures de céréales ou d'oléagineux en souffriraient moins, du moins court terme, sauf si des épisodes de sécheresse intervenaient dès le printemps. Le matériel d'irrigation pourrait alors être utilisé pour pallier le problème pluviométrique, mais au risque de faire peser des besoins supplémentaires sur des ressources en eau douce déjà limitées.

2.3 Vulnérabilités thermiques des habitats

En Normandie, la canicule affecterait particulièrement les zones de la vallée de la Seine ainsi que le sud de l'Orne et de l'Eure. Quelques villes pourraient le cas échéant souffrir de phénomènes d'îlot de chaleur urbain. Il s'agirait particulièrement de Caen, Rouen, Évreux et Alençon, Le Havre et Cherbourg étant largement épargnés par leur caractère maritime. La multiplication et l'allongement de la durée des périodes de formation d'îlot de chaleur urbain pourrait se traduire par une augmentation des besoins en énergie du fait de la demande en climatisation qui en résulterait. Avec le vieillissement de la population, les épisodes de canicule se traduiraient aussi par une surmortalité de la population, dans une région qui, parce qu'elle a rarement connu ce type de problème, manque de culture de la chaleur.

L'Institut des Transitions de l'Université de Rouen Normandie mène actuellement un programme de recherche interdisciplinaire nommé HELIOS⁴ visant à évaluer l'impact des

⁴ HELIOS : De la caractérisation spatiale, sanitaire et sociale des phénomènes d'îlots de chaleur urbains à l'exploration et l'évaluation de solutions fondées sur la nature. Programme de recherche pluridisciplinaire de l'Université Rouen Normandie (porté par TURN) de 2 ans (2024-2026). 5 territoires d'études : Le Havre, Métropole Rouen Normandie, Mantes la Jolie, Communauté de l'agglomération de Cergy-Pontoise, Argenteuil. Partenaires : ADEME, FNADT, régions Île-de-France et Normandie.

Solutions Fondées sur la Nature dans la lutte contre les conséquences des phénomènes d'îlots de chaleur urbains (ICU). Sur le volet socio-économique, une enquête quantitative ménages est en phase d'être lancée sur cinq territoires d'études. Les données inédites collectées par l'enquête vise à caractériser la perception et l'impact des ICU sur la population, à comprendre les comportements et les sensibilités des habitants dans les zones propices aux ICU en faisant des comparaisons avec des zones témoins (non ICU), à évaluer les stratégies d'adaptation des habitants (dépenses de protection, de prévention, d'aménagements du lieu de vie et des modes de travail etc.), à identifier les solutions fondées sur la nature (SFN) préférées/plébiscitées par les habitants, à évaluer les avantages, inconvénients, les coûts et bénéfices des SFN pour créer des îlots de fraîcheur urbains (IFU) et, à analyser les attentes envers les autorités locales. Cette recherche en cours permettra d'éclairer les décideurs sur les programmes prioritaires à mener dans le cadre d'une politique d'adaptation visant à développer une véritable résilience urbaine face au changement climatique.

2.4 Vulnérabilités sanitaires, l'enjeu de la qualité de l'air

Les enjeux sanitaires ne se limiteraient pas aux problèmes liés à la canicule. En effet, le caractère très industriel de la vallée de la Seine, ainsi que l'importance des ports du Havre et de Rouen pour le transport maritime pourrait conduire à une forte dégradation de la qualité de l'air étant donné l'importance des émissions de certains polluants aériens comme le dioxyde de soufre.

Sur un plan différent pour la qualité de l'air, l'augmentation des températures annuelles moyennes allongera fortement les périodes de pollinisation, alors même que la part de la population française sensible aux allergènes végétaux ne cesse d'augmenter.

2.5 Vulnérabilités face aux risques de submersion marine et d'inondation intérieure

S'il faut mettre en avant un point de vulnérabilité auquel le territoire normand est spécifiquement exposé de par sa géographie, c'est bien le risque de submersion marine. La plupart des estimations font état d'un risque d'élévation du niveau de la mer de 50 cm à 1 m à la fin du 21^{ème} siècle, ce qui fera courir des risques de submersion sur une grande partie de la zone littorale, surtout si des événements climatiques extrêmes, comme des tempêtes particulièrement violentes, se conjuguent avec la hausse du niveau de la mer. Au-delà des

conséquences sur un habitat fortement concentré sur la zone littorale, la vulnérabilité à la submersion marine concerne aussi les installations portuaires mais également des sites industriels dont un nombre important est classé SEVESO. Dans ces conditions, les risques de submersion marine s'accompagnent de risques sanitaires très importants. Des précautions et des déplacements d'activités devront être mis en place en amont pour prévenir ces risques.

D'autres risques d'inondation liés aux crues cette fois pourraient concerner les vallées de la Seine et de l'Orne avec des conséquences similaires.

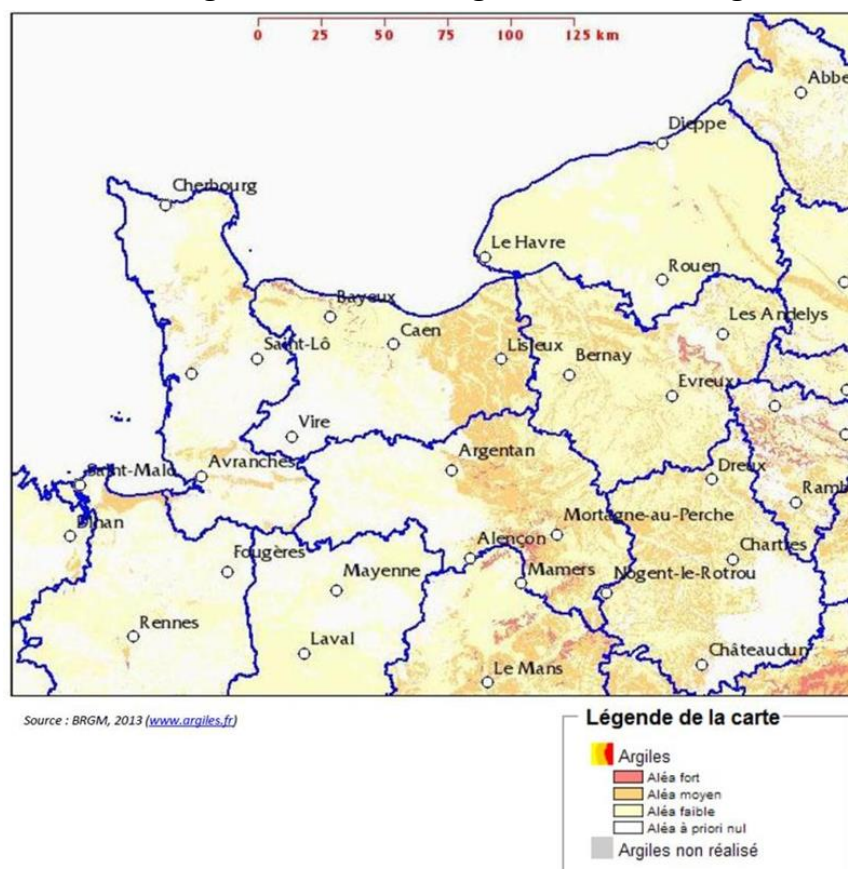
2.6 Vulnérabilité du secteur du tourisme

Actuellement, le changement climatique est plutôt favorable à la Normandie concernant le secteur du tourisme, puisque l'évolution des températures rendra le climat estival normand relativement plus supportable que celui d'autres régions françaises dans l'avenir. Cependant, cet avantage économique pose différents problèmes qui ne feront qu'augmenter dans le temps. En effet, l'accélération du tourisme accroîtra la pression foncière dont souffrent déjà les zones littorales, ainsi que la difficulté du partage des ressources, en particulier celui des ressources en eau potable. L'augmentation du tourisme pourrait aussi accroître la demande énergétique ainsi que les phénomènes d'érosion côtière étant donné la nature des installations que le tourisme suppose.

2.7 Vulnérabilité des logements individuels face au risque accru de retrait-gonflement des argiles

Parce que la région Normandie a jusqu'à présent été relativement peu exposée aux sécheresses, elle a subi des dégâts limités du fait du retrait-gonflement des argiles sur les bâtiments et notamment les maisons individuelles. Le retrait-gonflement des argiles est un phénomène qui se produit lorsque les sols sont argileux dans des régions exposées à des sécheresses durables qui, en asséchant profondément les sols, fragilisent les maisons dont les fondations sont relativement peu profondes. A l'avenir, le changement climatique et notamment, l'allongement des périodes de sécheresse, pourrait venir dégrader une partie du parc résidentiel normand dans les zones dont la composition du sol comporte ces argiles. Ces derniers sont particulièrement présents dans la zone allant de l'embouchure de la Seine jusqu'à Bayeux selon une bande descendante jusqu'à Alençon. Ainsi, les franges franciliennes et le Pays d'Auge, où le logement individuel s'est fortement développé du fait de phénomènes de périurbanisation, pourrait subir d'importants dégâts, si les périodes de sécheresse se multipliaient en Normandie.

Carte 1 : Zonage de l'aléa retrait-gonflement des argiles en Normandie (BRGM, 2013)



Section 3 : Synthèse des évaluations des coûts et dommages associés au changement climatique à l'échelle du territoire normand : le « prix » de l'inaction

3.1 Evaluations, des précautions relatives aux choix méthodologiques et aux hypothèses

Pour comprendre les difficultés de l'évaluation et appréhender la validité des résultats avancés dans cette section, il convient de détailler plusieurs problèmes susceptibles de les affecter : (i) la multiplicité des scénarios envisageables pour le futur et leurs probabilités ; (ii) le choix du facteur d'actualisation, lorsque l'on essaye de mesurer par exemple les coûts et les gains que ferait supporter aux différentes périodes du futur l'inaction ou telle ou telle mesure d'adaptation.

- La diversité des scénarios à envisager trouve son origine dans la variabilité future de facteurs fondamentaux pour appréhender le changement climatique :

- Les scénarios d'émissions reposent sur les hypothèses démographiques à l'échelle mondiale. Comme indiqué précédemment, chaque personne génère un certain niveau d'émission de GES en fonction du pays dans lequel il habite, les niveaux d'émissions à venir dépendent des hypothèses quant à l'évolution de la population humaine et à sa localisation.
- La façon dont les émissions de GES affectent les concentrations atmosphériques de ces gaz et donc, la hausse des températures qui en résulte, comporte également une part d'incertitude.
- Les scientifiques ne cessent de le répéter, les conséquences seront très différentes en fonction de l'ampleur du réchauffement climatique. Ainsi, la fourchette usuellement envisagée d'un réchauffement de 1 à 6 degrés correspond à des futurs tout à fait divergents quant à l'ampleur et à la nature de l'impact. Une estimation valable des impacts du réchauffement supposerait donc d'établir non pas un scénario mais un ensemble de scénarios comme le fait d'ailleurs le GIEC, ainsi que pour chacun d'entre, une anticipation claire des conséquences sur tous les aspects impactés : l'agriculture, la pêche, les cours d'eau, les eaux souterraines, l'urbanisme, les infrastructures, les activités économiques ... Sachant que dans les scénarios extrêmes, au-delà de 4 degrés de hausse des températures, les effets semblent particulièrement compliqués à prévoir pour les scientifiques.
- En dépit des avancées, les modèles climatiques restent imparfaits, ce qui explique les divergences dans les résultats affichés par les différents modèles. Plutôt que l'évolution des températures assez bien prévue, ces divergences concernent surtout l'évolution des précipitations, ou encore la fréquence des événements climatiques extrêmes.
- Finalement, l'échelle régionale constitue une difficulté supplémentaire pour l'estimation des conséquences du changement climatique. Il est en effet plus facile de prévoir des tendances générales que de savoir comment elles vont se traduire au niveau d'un territoire en particulier.

Une fois fait ce travail, il faut encore s'interroger sur la probabilité de survenance de chacun des scénarios qui peuvent être élaborés à partir des hypothèses. Cela constitue un nouveau problème, puisque tout dépend de l'atténuation ou de l'aggravation des tendances actuellement observées, particulièrement des évolutions qui interviendront ou pas notamment dans l'usage des énergies fossiles.

- Une fois établis ces éléments, se pose encore la question de la prise en compte de l'estimation monétaire des impacts à leur valeur actuelle des coûts (ou des gains) du futur, c'est ce que l'on appelle le processus d'actualisation. Le processus

d'actualisation permet d'agréger des sommes qui seront dépensées ou perçues à différentes échéances dans le futur. Ceci est indispensable pour pouvoir établir et évaluer en unité monétaire le coût du changement climatique.

Un petit exemple permet de mettre en lumière toute l'importance du choix du taux d'actualisation. Supposons un coût de 100 millions d'euros que le réchauffement climatique ferait supporter aux échéances 2054, 2074 ou 2104, et considérons trois taux d'actualisation possibles 0%, 2% et 4%. Le tableau 2 indique sur cette base la valeur en 2024 de ces 100 millions d'euros payés dans le futur.

Tableau 2 : Impact des taux d'actualisation

(en millions € de 2024)	2054	2074	2104
Taux d'actualisation = 0%	100	100	100
Taux d'actualisation = 2%	56,31	39,9	20,92
Taux d'actualisation = 4%	32,07	14,63	4,51

Source : Calcul des auteurs

Il apparaît que les coûts supportés dans le futur sont d'autant moins élevés évalués à leur valeur d'aujourd'hui qu'ils interviendront à une échéance éloignée et que le taux d'actualisation choisi sera élevé. De fait, choisir un taux d'actualisation plus élevé signifie que l'on accorde un poids relativement plus important au présent qu'au futur. Forcément ce facteur d'actualisation biaise notre perception des conséquences du réchauffement climatique qui seront surtout ressenties à long terme. Economiquement parlant, les taux de 2 % et 4 % utilisés ici restent pourtant modérés par rapport à la pratique. Mais, ce choix n'est pas seulement économique, il est aussi éthique, car il détermine la façon dont la génération présente et les décideurs publics considèrent le bien-être des générations futures. Ainsi, certains auteurs plaident pour un taux d'actualisation nul afin de mieux prendre en compte les intérêts des générations futures dans les analyses (Weitzman, 1994).

Il est également intéressant de comprendre que la manière d'appréhender le futur dépend des conditions de vie et de normes culturelles de chaque société. Ainsi, les différents pays n'ont-ils pas de raison d'avoir le même taux d'actualisation, ce qui engendre des divergences dans les mesures qu'ils sont susceptibles de prendre pour s'adapter ou limiter le réchauffement climatique. Dans ces conditions, les résultats avancés ne doivent pas être surinterprétés, ils ne constituent que des moyennes vraisemblables qui donnent l'indication d'une tendance mais qui ne doivent pas faire oublier que les possibles écarts à cette moyenne sont d'autant plus grands que l'horizon est lointain.

Les différents points évoqués ci-dessus nous appellent à une lecture vigilante des résultats à venir des évaluations du changement climatique, mais ils ne doivent en aucun cas décourager

ces évaluations qui sont fondamentales pour estimer le coût du changement climatique et les gains qu'il y a à le limiter et à s'y adapter. Car, en dépit des précautions qu'il convient de prendre quant au chiffrage précis des évolutions futures, il n'y a pas de doute sur les grandes tendances d'évolution qui se dessinent et sur le besoin d'action qui en découle.

3.2 Evaluation de dommages, coûts économiques et sociétaux

Le caractère inéluctable du changement climatique fait que celui-ci imposera des coûts quels que soient les choix politiques qui seront faits. Il s'agit ici de retracer l'évaluation des différents scénarios envisagés depuis l'inaction jusqu'aux politiques actives d'adaptation, ceci naturellement dans la limite de l'information disponible.

3.2.1 Evaluation des dommages et coûts en termes d'urbanisme, bâtiments et infrastructures

Avec sa longue façade maritime de 640 km ainsi que les 160 km entre l'estuaire de la Seine et le barrage de Poses, la Normandie est particulièrement exposée aux risques d'inondation et notamment à la submersion marine. Cet aléa concerne des espaces souvent fortement urbanisés le long du littoral et autour de l'estuaire de la Seine, où la population et les activités économiques sont très présentes. Si les enjeux économiques se concentrent sur l'estuaire de la Seine et le littoral calvadosien, d'autres zones de la région doivent également être prises en considération, notamment la Manche.

La montée du niveau des eaux due au changement climatique global favorise les submersions marines mais augmente également le risque de toutes les formes d'inondation de la frange littorale. Entre 1995 et 2014, 164 communes du littoral normand ont connu des sinistres indemnisés en lien avec des inondations au sens large : inondation et coulée de boue, inondation par remontée de nappes et inondation par submersion marine. Les risques d'inondation, dont les conséquences sont envisagées dans les études existantes, prennent donc en compte les risques de submersion marine, les risques associés à la hausse du niveau des nappes littorales ainsi que les risques associés à l'écoulement des cours d'eau qui se jettent dans la mer, voire la problématique du refoulement des eaux.

Ce sont tout d'abord les études faites sur le risque d'inondation dans les zones urbanisées que nous allons retracer dans cette synthèse. Il faut cependant ne pas oublier que le risque sur le bâti n'est pas lié qu'aux potentielles inondations et que le coût lié au changement climatique pèse sur d'autres aspects de la vie économique.

Comme expliqué précédemment, quand il s'agit d'envisager les effets locaux du changement climatique, le risque le plus fréquemment étudié est celui des inondations. Et ceci d'autant plus qu'au-delà des contraintes liées à la géographie, cette problématique est exacerbée par les aménagements qui ont eu lieu au 19^{ème} siècle (transformation des estuaires, poldérisation de certaines zones, assèchement des marais côtiers, ...) visant à gagner des surfaces destinées à l'habitat, aux infrastructures et à l'agriculture.

Dans cette perspective, nous synthétisons les résultats des quelques études qui s'intéressent à ce risque d'inondation aux échelles normandes.

- ✚ S'appuyant sur une étude de la DIREN de 2009, Deniaud et al., dans un article intitulé « Les manifestations du changement climatique sur la façade littorale normande », s'intéressent exclusivement à l'ex-Basse-Normandie. Aux termes de cette étude, la superficie sous le niveau de la mer (particulièrement exposée au risque d'inondation) est estimée à 2,7 % du territoire concerné. Sur cette base, l'étude en question chiffre le coût de la relocalisation des bâtiments et des routes, hors des zones potentiellement submergées. Dans une extrapolation, ils envisagent également une montée du niveau de la mer jusqu'à 1 ou 2 m pour savoir quelles seraient les impacts supplémentaires.

Les auteurs estiment, qu'entre la Manche et le Calvados, il y aurait déjà plus de 10 000 bâtiments et plus de 2 000 km de routes sous le niveau de la mer. Leur évaluation du coût de relocalisation a été calculé à partir des hypothèses suivantes:

- environ 200 000 € pour une maison,
- 500 000 € pour les grands édifices, de type château,
- un million d'euros pour les grosses infrastructures de loisirs,
- plus d'un million d'euros pour les gares, les hypermarchés, etc ..

Pour les bâtiments et les routes, considérés comme étant situés sous le niveau de la mer en 2009, le coût de relocalisation est alors estimé respectivement à 8 milliards d'euros (pour les bâtiments) et 4 milliards d'euros (pour les routes). Soit un total de 12 milliards d'euros pour relocaliser l'ensemble. Avec une élévation de 2 m du niveau de la mer, ce serait plus de 30 000 bâtiments contre 10 000 aux conditions de 2009 qui se retrouveraient sous le niveau de la mer ; le coût de relocalisation augmenterait en conséquence.

- ✚ Le rapport ARTELIA/DATAR (2013) propose une évaluation des coûts que le changement climatique ferait peser sur les infrastructures et les constructions dans l'ensemble de la Normandie. Sont considérées comme menacées de submersion, toutes les zones situées en dessous de la cote centennale des eaux plus un mètre afin de tenir compte de l'augmentation du niveau de la mer et du risque accru d'inondations. **2 446 km de routes seraient alors considérés comme submersibles, représentant un patrimoine de réseau routier évalué à 1,7 milliard d'euros.** S'y ajouteraient des **pertes économiques comprises entre 1,7 et 4,3 milliards d'euros pour les bâtiments situés dans ces zones submersibles à terme (avec l'hypothèse d'une valeur monétaire comprise entre 100 000€ et 250 000€ par bâtiment).** Dans cette étude, le coût global de la submersion est relativement faible par rapport à celui estimé dans d'autres études d'évaluation en raison de cette faible valorisation monétaire des bâtiments.

Au-delà du coût de relocalisation et du coût associé au risque submersion, le coût associé à la perte de terres constructibles doit être pris en compte pour une évaluation qui se veut « globale ». Pour cela, il est important de considérer l'ensemble des zones artificialisées. Sont prises alors en compte dans cette étude, la cote des eaux centennales (à la situation de 2010). **8 544 hectares étaient alors potentiellement considérés comme submersibles. Avec une hausse d'un mètre du niveau de la mer, il s'agirait alors de 10 880 hectares au niveau de la Normandie dans son ensemble.**

- ✚ Une autre étude a été menée par la DREAL sur le périmètre de l'ex-Basse-Normandie (Cribellier et Gresselin, 2015). Celle-ci aboutit à une évaluation d'un coût total d'un montant assez similaire à celle de la DIREN en 2009, soit 11,4 milliards d'euros. Le calcul repose pourtant sur des hypothèses d'évaluation largement différentes. En effet, ce **seraient plus de 33 000 habitations (abritant 450 000 foyers fiscaux) considérés comme bâtis en dessous du niveau de la mer entre la Manche et le Calvados. Le coût de délocalisation s'élèverait alors à 9,4 milliards d'euros** (en considérant le coût de délocalisation compris entre 1 250 et 1 500 € HT/m², auquel s'ajouterait un coût de déconstruction de 60 €/m²). Par ailleurs, les **1 100 km de routes à déplacer considérées dans l'étude coûteraient 2 milliards d'euros. Au regard de ces différentes composantes, le coût global est alors évalué à 11,4 milliards.** Enfin, d'après cette étude, la montée de 1 m du niveau de la mer augmenterait de 80 % le nombre de bâtiments concernés.

- ✚ Une publication de l'INSEE en 2020 s'intéresse enfin à la Normandie à son échelle globale. Dans cette étude, l'analyse est réalisée en termes de zones potentiellement

sous le niveau de la mer qui subiraient une submersion en cas d'événement centennal. Au-delà des zones déjà considérées sous le niveau de la mer, cette analyse intègre également les zones à plus 0,5 m et à 1,1 m afin d'anticiper les effets du réchauffement climatique. Dans ces conditions, la zone totale potentiellement impactée correspondrait à 3,5 % de la superficie régionale (soit 1 000 km carré sur 428 communes). Il s'agirait à 86 % de prairies ou de terres agricoles et à 14 % d'espaces artificialisés dévolus à l'habitat ou à une activité économique. Ces espaces regrouperaient 110 000 logements (soit 6% du parc immobilier) et 122 000 résidents (soit 4 % de la population normande). Il y est à noter que beaucoup de ces logements correspondent à des résidences secondaires. **La valeur monétaire totale de ce parc immobilier affecté est estimée à 20 milliards d'euros sur la base d'une valeur foncière estimée sur la période 2014-2018.**

Le coût de la submersion est dans cette étude très relativement plus important que dans les études citées précédemment alors qu'elle ne tient compte que de l'impact sur le parc immobilier (et non sur les routes). Cette différence ne tient pas tant au fait qu'il s'agit de la Normandie dans son ensemble qu'aux hypothèses sur lesquelles reposent l'évaluation. En effet, elle intègre la valeur du foncier du parc immobilier en question dans la période récente et non le coût d'une éventuelle relocalisation des bâtiments qui se trouveraient dans des zones submergées. La méthodologie d'évaluation est donc différente.

Au-delà des différences dues à l'hétérogénéité des méthodologies de calcul, il faut avoir conscience également qu'une étude ne peut que se baser sur l'état actuel des connaissances en matière de construction. Pour évaluer les impacts du changement climatique sur le patrimoine immobilier dans 50 ans ou même à la fin du 21^{ème} siècle, il est périlleux d'extrapoler à de telles échéances au regard des connaissances actuelles (si on prend l'exemple de 2019, l'Insee fait état de 15 600 mises en chantier en Normandie). Il s'agit d'une des limites de l'exercice : aucune hypothèse « réaliste » ne peut être faite quant à l'état du bâti aux horizons étudiés.

Enfin, les bâtiments de certaines zones du territoire normand sont particulièrement vulnérables face au retrait-gonflement des argiles.

Ce phénomène devrait apparaître ou s'aggraver dans certaines zones du territoire normand à savoir, les franges franciliennes de la vallée de la Seine, l'est du Calvados et de l'Orne. Sur ces territoires, jusqu'à 80% des maisons individuelles pourraient être concernées (voir étude interrégionale de 2013, « la Normandie s'adapte au changement climatique »). L'impact monétaire (le coût) des dommages associés au retrait-gonflement des argiles a

été évalué par le Groupe Interministériel (2009)⁵. L'évaluation a été réalisée sur la base d'un jeu d'hypothèses, mais qui reposent sur des coûts déjà observés, en premier lieu le coût de la canicule de 2003 évalué à 54 millions d'euros. Par rapport à une année moyenne (calculé sur la période 1989-2002), 46 millions d'euros, **le surcoût de 8 millions d'euros correspondrait alors au coût d'une canicule**. Est ensuite estimé le nombre de canicules de type 2003 attendus tout au long du 21^{ème} siècle d'après les projections de Météo France, ainsi que le nombre de constructions concernées à terme par le retrait-gonflement argiles.

Deux scénarios sont alors envisagés pour évaluer le coût associé au retrait-gonflement des argiles : une urbanisation stable *versus* une poursuite de l'urbanisation jusqu'en 2030 (au rythme de +1,112% par an). **Sous l'hypothèse d'une urbanisation stable, le surcoût annuel des dommages monétaires liés au retrait-gonflement des argiles (maisons individuelles) serait estimé jusqu'à 4 millions d'euros à l'horizon 2030, entre 2 et 25 millions d'euros à l'horizon 2050 et entre 23 et 47 millions d'euros à l'horizon 2100. Sous l'hypothèse d'une urbanisation croissante, l'étude évalue, pour l'horizon 2030, un surcoût de 30% par rapport au scénario d'une urbanisation stable.**

- L'étude de la DREAL (Cribellier et Gresselin, 2015) propose également une évaluation du coût associé au retrait-gonflement des argiles. Est posé pour hypothèse, **un coût moyen par construction en cas de sinistre de 15 000 €** (si le risque se réalise ; il s'agit donc du montant du dommage). **Les dépenses de protection nécessaires pour éviter les fissures liées au retrait-gonflement des argiles s'élèveraient à un total de 100 à 240 millions d'euros pour les maisons construites entre 2013 et 2030.**

3.2.2 Evaluation de dommages en termes d'emplois (hors agriculture)

Une analyse de l'INSEE (2020) identifie le nombre d'établissements à usage économique situés dans des zones sous le niveau de la mer et donc, potentiellement exposés au risque inondation lors d'un évènement centennal. En tenant compte des scénarios de hausse du niveau de la mer, l'étude recense **15 800 établissements, parmi lesquels 8 100 établissements non employeurs et de 7 700 établissements employeurs pour un total de 121 000 salariés** (on ne tient pas compte à ce stade des **5 600 exploitations agricoles** également concernées par le risque submersion). L'Insee souligne la concentration forte des activités économiques dans des zones inondables, particulièrement dans l'estuaire de la Seine. Il s'agit notamment

⁵ Groupe interministériel, 2009, Impacts du changement climatique, adaptation et coûts associés en France – Données INSEE et SOeS.

d'activités liées au secteur logistique (transport, entreposage, ...) et industriel (raffineries, ...) ainsi qu'aux services liés au tourisme (hébergement, restauration, ...).

D'autres études (« la Normandie s'adapte au changement climatique », par exemple) soulignent, quant à elles, une hausse de l'attractivité des territoires normands (notamment, littoraux) du fait de la hausse des températures à l'échelle nationale (la Normandie demeurerait relativement plus « respirable » durant les périodes estivales - voir paragraphe 3.2.8). Il ne faut néanmoins pas oublier qu'une hausse de la fréquentation ne pourrait qu'accroître l'érosion des côtes les exposant, par là-même, davantage au risque de submersion marine.

Cette même étude souligne, qu'à terme, le réchauffement climatique pourrait modifier les routes maritimes avec l'ouverture des passages du Nord-Est et du Nord-Ouest du fait de la fonte de la calotte glaciaire arctique. Les conséquences sur les équilibres entre les ports européens pourraient être importantes. A ce stade, aucune étude ne dit si les ports normands, et en particulier celui du Havre, bénéficieraient de nouvelles opportunités ou au contraire, souffriraient d'une concurrence plus forte.

3.2.3 Evaluation des coûts et dommages agricoles liés à la sécheresse et au stress hydrique

L'agriculture est particulièrement exposée aux différentes conséquences du changement climatique : hausse des températures, sécheresse, limitation des possibilités d'irrigation, risque d'inondation.

✚ L'étude commanditée par la DATAR en 2013 (ARTELIA/DATAR, 2013) pour l'ensemble de la Normandie – à cette époque les régions Basse-Normandie et Haute-Normandie – établit une évaluation du coût du changement climatique sur l'agriculture à partir des hypothèses suivantes : le prix d'une tonne de matière sèche (foin) est fixé à 75€ et celui d'une tonne de blé tendre à 133€, ce qui correspond à la moyenne des prix entre 2005 et 2009. A partir de résultats de modélisation qui prévoient la multiplication des épisodes de chaleur et de sécheresse (l'épisode de 2003 étant pris comme référence), **le coût annuel du changement climatique en termes de pertes pour le secteur du blé tendre est évalué jusqu'à 1,2 millions € en 2030, entre 0,6 et 6,4 millions € en 2050 et entre 4,2 et 12 millions € en 2100. En ce qui concerne les prairies, le manque à gagner pourrait atteindre jusqu'à 6,5 millions € en 2030, entre 3,6 et 36 millions € en 2050 et entre 24 et 67 millions € en 2100.** Il faut noter à la fois la très forte hausse des coûts, mais aussi la très grande variabilité des évaluations pour des horizons éloignés que reflète la divergence dans le temps d'un scénario à l'autre.

Par ailleurs, l'augmentation des sécheresses et la hausse des températures vont rendre une partie des terres agricoles submersibles, les pertes associées à cela doivent donc être intégrées dans l'évaluation du coût global du changement climatique sur l'agriculture. D'autres terrains susceptibles de rendre des services écosystémiques pourraient également devenir submersibles. Le rapport identifie alors tout un **ensemble de coûts (pertes) associés au risque de submersion de ces terres non artificialisées** :

- **Les terres agricoles sous la cote centennale des eaux** en 2011 s'étendaient sur 59 957 hectares en Normandie. En supposant un élèvement du niveau de la mer de 1 m à la fin du 21^{ème} siècle, **ce serait 14 240 hectares supplémentaires de terres agricoles qui seraient concernées, les terres en question étant évalués entre 4 470€ et 8 030€ l'hectare en fonction de leurs caractéristiques.**
- **Les zones humides, forêts et autres écosystèmes sous la cote centennale** en 2011 s'étendent sur une surface totale de 5 696 hectares. Ce serait donc 1 424 hectares supplémentaires considérés potentiellement submersibles avec une élévation d'un mètre du niveau de la mer.

✚ L'étude de la DREAL (« changement climatique en Normandie : territorialisation des impacts et enjeux ») propose une anticipation de l'impact de la recrudescence des sécheresses dans le futur. En se basant sur la baisse des rendements observés en 2003, l'étude prévoit **pour 2030 un coût annuel de 10 millions d'euros lié à la baisse de la matière sèche issue des prairies et un coût de 3 millions d'euros lié la baisse des rendements du blé tendre. Entre 2050 et 2100, le coût annuel serait alors de 36 à 102 millions d'euros pour les prairies et de 10,5 à 30 millions d'euros pour le blé tendre** au niveau de la région Normandie dans son ensemble. Les franges franciliennes correspondraient aux territoires les plus touchées par cette baisse des rendements agricoles.

✚ L'analyse de l'INSEE (2020) montre que le risque d'inondation (en anticipant la hausse à venir du niveau de la mer) concernerait 5 600 exploitations (sur la base des exploitations existantes en 2010). A titre indicatif, **les surfaces agricoles concernées produisaient 58 millions de valeur ajoutée en 2018 (soit 4 % de la production agricole normande).**

Bien que chacune de ces études présentent les dommages associés au changement climatique en termes de pertes monétaires, elles soulignent toute la difficulté qu'il y a à évaluer les impacts du changement climatique pour le secteur agricole, certaines montrent même que le réchauffement n'est pas incompatible à court terme avec une amélioration des rendements agricoles sur des productions spécifiques. C'est notamment ce que met en lumière l'édition

2022 du rapport de l'Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique (ORACLE Normandie 2022) sur la période récente.

✚ Le rapport ORACLE Normandie (2022) retrace en effet plus spécifiquement **l'évolution des rendements agricoles de différentes cultures dans la région** sur plusieurs décennies :

- **Blé tendre** : une hausse moyenne des rendements par an de +1,46% par an entre 1973 et 1996, contre +0,15% seulement entre 1997 et 2020. Ces améliorations semblent liées à un changement de variété.
- **Betterave (sucrière) industrielle** : une hausse moyenne des rendements par an de +10,72% par an entre 1970 et 2020. D'après le rapport, la moitié de cette hausse serait liée à l'augmentation des températures.
- **Maïs pour l'ensilage** : une hausse moyenne des rendements de +1,04% par an entre 1980 et 2015.
- **Prairie** : une hausse moyenne des rendements de +0,2% par an entre 1980 et 2016.

L'évolution des rendements agricoles de ces quatre productions serait plutôt favorable en dépit du réchauffement climatique. **Pourtant une seule culture, la betterave (sucrière) industrielle, bénéficie réellement de cette évolution. Pour les autres cultures, la réalité est moins évidente.** C'est le cas notamment du blé tendre dont les rendements s'étaient améliorés depuis une cinquantaine d'années en dépit du changement climatique, mais une rupture de tendance constatée à partir de 1997 fait craindre une évolution moins favorable à l'avenir. Le rapport ORACLE Normandie (2022) ne propose **pas de projections précises. Aucun chiffre n'est non plus avancé quant à l'impact financier des évolutions observées.**

3.2.4 Evaluation des dommages en termes d'approvisionnement en eau : des besoins d'investissements

Au-delà des inondations, se pose la question de la disponibilité en quantité suffisante de l'eau douce interne dans la région Normandie. Les difficultés à venir seraient dues au cumul de plusieurs causes :

✚ L'étude sur « les manifestations du changement climatique sur la façade littorale normande » fait mention de la pénétration progressive de l'eau salée dans les aquifères côtiers au fur et à mesure que le niveau de la mer s'élève. Ce phénomène dit d'« intrusion saline » a pour conséquence l'augmentation de la concentration de sel dans le sol et les eaux souterraines à proximité de la côte. Le remplacement d'eau douce par de l'eau salée pourrait rendre les terres impropres, notamment à certains usages agricoles.

✚ L'étude sur « le changement climatique sur le bassin Seine-Normandie » prévoit une baisse du débit des cours d'eau alors même que s'accroîtraient les besoins en eau de l'agriculture du fait du réchauffement des températures. À terme, le maintien du système d'irrigation pourrait devenir trop coûteux voire impossible obligeant à une modification de la nature des cultures agricoles sur le territoire normand en faveur de celles moins intensives en besoin d'irrigation. Cependant, à court terme, les contraintes financières liées aux investissements déjà engagés (amortissement) dans les infrastructures d'irrigation repoussent les innovations et évolutions nécessaires. La baisse du débit des cours d'eau pourrait également avoir des conséquences sur la qualité de l'eau. Un débit faible n'est pas propice à la dilution des polluants et matières en suspension. Deux conséquences majeures à cela sont à prendre en compte : des problèmes de sédimentation affectant les ports de Rouen et du Havre ; des risques de contamination par différents polluants affectant la conchyliculture.

Potentiellement, un des territoires particulièrement affectés par le risque de manque d'eau, alors même que son attractivité touristique va s'accroître, est la presqu'île du Cotentin.

Aucune étude ne chiffre le montant des investissements à réaliser autrement dit, celui de l'adaptation relativement à l'inaction.

3.2.5 Evaluation des dommages et coûts de préservation des forêts

Il semble clair que la vulnérabilité de la forêt s'accroisse avec le réchauffement climatique. La forêt pourrait notamment particulièrement souffrir d'une éventuelle multiplication du nombre de tempêtes. Une grande partie des essences sont menacées, y compris à court terme, par la hausse des températures. Comme ailleurs en France, une substitution des essences pourrait être nécessaire pour sauvegarder la forêt normande.

Sachant que la forêt occupe 430 000 hectares en Normandie (soit 14 % du territoire) et qu'une étude récente estime au niveau national que 8 à 10 milliards d'euros seront nécessaires pour renouveler un million d'hectares de forêt en France, une simple extrapolation montre **qu'une facture d'environ 4 milliards d'euros pourrait être nécessaire pour adapter la forêt normande au climat futur**. Une grande partie de cette forêt appartient à des propriétaires privés, mais eux aussi devront être accompagnés et aidés pour réaliser les changements nécessaires à la préservation de la forêt.

3.2.6 Evaluation des dommages dans le secteur de la pêche et conchyliculture

Une étude de l'IFREMER publiée en 2020 dans la revue Etudes Marines montre combien les conséquences économiques du changement climatique dans ce domaine sont encore mal documentées, non seulement au niveau régional mais aussi au niveau national. En effet, les conséquences économiques du changement climatique y sont présentées de la façon suivante : *« Les changements attendus qui auront potentiellement le plus d'impact sur la filière pêche seraient les changements de distribution et de productivité des ressources actuelles, l'apparition de nouvelles ressources non encore réglementées dans certaines zones et la nécessité de palier à la probable augmentation des tempêtes. Pour la conchyliculture, les implications du changement climatique se présentent plutôt en termes de risques dans le domaine côtier : hypoxies, acidification, pathogènes et montée du niveau de la mer. En conséquence, des impacts pour les filières sont à identifier, en termes de profits et de revenus des producteurs, de bien-être des consommateurs ou encore de valeur nutritionnelle et sanitaire des produits de la mer. Il est donc essentiel de prévoir des scénarios pour élaborer des stratégies d'adaptation et de prévention. »*

Ce constat qui pourrait être dressé de la même façon aujourd'hui, dit tout le chemin qu'il reste à parcourir pour pouvoir établir un diagnostic quelconque concernant les impacts économiques attendus du changement climatique pour les filières conchyliculture et pêche, spécifiquement en Normandie. Quelques constats ont cependant été réalisés sans qu'il soit possible d'en tirer des conclusions économiques en termes de pertes pour les producteurs. Ainsi, on observe le déplacement vers le nord de différentes espèces de poisson du fait de la hausse de la température de la mer, l'effondrement des stocks de cabillaud a effectivement été constaté dans la Manche. D'autres espèces (bulot, hareng, maquereau) sont à la limite sud de leur aire de répartition géographique dans la région, leur nombre pourrait donc baisser à l'horizon 2100 avec le réchauffement de la mer. En outre, l'acidification des eaux côtières, notamment dans le Calvados, qui est déjà perceptible, pourrait avoir des conséquences néfastes importantes sur la pêche de coquillages et la production d'huîtres.

Aucune étude n'évalue monétairement les pertes et opportunités.

3.2.7 Evaluation des (coûts) -bénéfices associés au changement climatique dans le secteur du tourisme

Seule une évaluation des bénéfices liés à l'attractivité accrue de la Normandie a été réalisée jusqu'alors. Les coûts indirects du changement climatique sur le secteur touristique (hausse de la demande d'énergie et d'eau potable, accentuation du risque érosion des zones côtières) n'ont en revanche pas été évalués. L'approche retenue dans la littérature est basée sur

l'utilisation des résultats d'une modélisation réalisée dans le cadre du programme européen PESETA81 et portant sur l'évolution de l'indice de confort climatique des touristes (ICT) en lien avec le changement climatique. Chacune des ex-régions Basse et Haute-Normandie bénéficierait de 250 000 à 500 000 nuitées supplémentaires en 2080 par rapport à 1970. Afin d'évaluer les bénéfices associés au changement climatique, les hypothèses suivantes ont été retenues à partir de données relatives aux nuitées touristiques recensées en 2011 (année référence). L'augmentation des nuitées étant supposée linéaire entre 1970 et 2080, le surplus (associé au changement climatique) attendu de nuitées entre 2011 et 2080 serait compris entre 313,6 milliers (hypothèse basse) et 627,3 milliers (hypothèse haute) sur l'ensemble de la Normandie.

L'étude d'évaluation se base sur un chiffre d'affaires du tourisme en Normandie à 2,4 milliards d'euros, dont 64 % concernent les activités connexes (restaurants et bars, autres commerces et services), 24 % les hébergements marchands et 12 % les activités de loisirs. En se basant sur le nombre de nuitées de l'époque, ceci correspond à 223 euros par nuitée, arrondis à 220 euros. Dès lors, **en 2080, le changement climatique pourrait générer un surplus de chiffre d'affaires annuel compris entre 69 et 138 millions d'euros.**

L'évaluation des bénéfices sur le secteur touristique est à prendre avec beaucoup de prudence car la hausse des coûts pour l'énergie et l'eau potable, notamment, ne sont pas pris en compte.

3.2.8 Evaluation des coûts en termes de santé publique

L'évaluation du coût sanitaire associé au changement climatique suppose de prendre un certain nombre d'éléments en compte afin de mesurer un coût « global ». Le rapport DATAR (2013) a proposé une évaluation de ce coût pour la Normandie sur la base de travaux existants. L'objectif vise d'abord à estimer le nombre de décès dus à la hausse des températures (canicules incluses) dans la lignée de la méthodologie utilisée dans les travaux PESETA (2009) « Impacts of climate change in human health in Europe » publiés par l'Institute for Prospective Technological Studies du Joint Research Centre de la Commission européenne. Pour élaborer les projections de coûts en termes de santé publique, le modèle PESETA s'appuie sur plusieurs scénarios de changement climatique et deux méthodes pour évaluer l'impact sur la mortalité. Premièrement, une évaluation de l'impact est proposée en extrapolant les relations statistiques observées entre températures moyennes journalières et mortalité dans différentes régions. Deuxièmement, lorsqu'elles sont disponibles, le modèle recourt également aux études épidémiologiques parfois menées dans certaines régions. Enfin, le modèle prend en compte l'évolution de la structure de la population (vieillesse, accroissement démographique). Les évaluations concernent plusieurs grandes régions européennes. L'objectif du modèle vise à calculer le nombre de décès supplémentaires

imputables au changement climatique, selon le scénario socioéconomique A2 du GIEC et les données démographiques de la population, dans la situation « sans adaptation ».

Pour ce faire, plusieurs types de données ont été mobilisées :

- Les projections relatives au nombre annuel moyen de décès pour 100 000 habitants, en Europe du Nord, spécifiquement imputables à la hausse des températures. Selon l'hypothèse basse, il s'agirait de 4 décès par an pour 100 000 habitants sur la période 2011-2040 puis 9 décès par an pour 100 000 habitants pour la période 2071-2100. Selon l'hypothèse haute, il s'agirait plutôt sur les périodes 2011-2040 et 2071-2100 de respectivement 5 et 33 décès par an pour 100 000 habitants.
- Les projections du nombre d'habitants en Normandie à l'horizon 2040 selon les données issues de l'outil Omphale de l'INSEE afin de rendre cohérents les horizons temporels avec ceux des projections de PESETA. Il s'agirait respectivement selon l'hypothèse basse ou haute de 1 573 000 ou 1 946 000 habitants supplémentaires en Normandie à l'horizon 2040.
- Le nombre de décès recensés lors de la canicule en France en 2006, deux ans après la mise en place du SACS. L'objectif est de comparer le nombre de décès prévus, réels et évités grâce au plan et d'identifier d'éventuels marqueurs de l'adaptation. Les données révèlent que si 6 452 décès étaient prévus pour 2006, seuls 2 065 sont avérés (soit 32% de ceux prévus), ce qui porte à 4 387 le nombre de décès évités (soit 68% de ceux prévus).

Evaluation du coût de l'inaction en termes de santé publique (uniquement basé sur les décès en cas de canicule) : Sur la base des projections et données présentées ci-dessus et en appliquant les ratios de surmortalité de l'étude PESETA, la Normandie pourrait comptabiliser en moyenne, sur la période 2011-2040, entre 141 et 176 décès par an imputables à la hausse des températures liée au changement climatique et ceci, en l'absence d'adaptation. La mise en place d'un plan d'adaptation de type SACS (2006) pourrait alors ramener le nombre moyen de décès par an entre 45 et 56. Si l'on raisonne **sur l'ensemble de la période (2011-2040), le nombre cumulé de décès attendus en Normandie à cause de la canicule serait alors compris entre 4 082 et 5 103 sur la période en l'absence d'adaptation. La mise en place d'un plan d'adaptation (de type SACS 2006) pourrait alors ne porter le nombre cumulé de décès qu'à 1 306 selon l'hypothèse basse ou 1 633 selon l'hypothèse haute.**

Rappelons que ces projections tiennent compte des perspectives du vieillissement de la population à l'horizon de 2040 (application du ratio de surmortalité de l'étude PESETA, 2009⁶ pour le scénario A2).

L'évaluation du coût sanitaire imputable au changement climatique est ainsi fortement sous-estimé, car les maladies chroniques exacerbées par la hausse des températures (épisodes de canicules) ainsi que l'apparition éventuelle de nouvelles maladies ne sont pas prises en compte dans les études actuelles. De très probables surcoûts médicaux, hospitaliers et pharmaceutiques ainsi que des surmortalités liées à d'autres causes ne sont

⁶ Rapport du programme européen PESETA- INSEE, Outil Omphale 2010.

actuellement pas pris en compte. Une fois de plus, les besoins d'évaluation de tous ces coûts sont criants. Ils éclaireraient sur les politiques d'adaptation à mettre en œuvre tant du point de vue des aménagements des lieux de vie, des habitats, des quartiers (cf l'étude HELIOS) que du point de vue de la structuration de l'offre de soins médicaux et hospitaliers.

Conclusion : Quid du coût de l'adaptation relativement au coût de l'inaction en Normandie ?

Dans cette synthèse, nous avons dressé un état des lieux de la connaissance des vulnérabilités et enjeux économiques liés au changement climatique en Normandie. Nous avons pu identifier, au regard des scénarios climatiques établis par Météo France, les différentes activités, secteurs et habitats qui seront affectés. Après avoir rappelé toutes les précautions nécessaires à la compréhension des dommages et coûts économiques évalués dans le cadre des études citées, nous avons posé les jalons des besoins de connaissances économiques incontournables pour éclairer les choix publics et privés en matière d'adaptation du territoire. En particulier, des approches élargies, interreliées et holistiques en matière de quantification (monétaires et non monétaires) des impacts sociétaux seront cruciales à développer à l'avenir. La prise en charge du bien commun doit tenir compte des bénéfices et coûts à la fois directs et indirects. Rendre visible l'invisible est fondamental pour définir des politiques d'investissement, de réallocation des ressources et de redistribution des richesses adaptées (et non sous-dimensionnées). La restructuration des activités économiques, de la localisation et de l'offre d'infrastructures et de services mieux adaptés sera incontournable. La Normandie devrait se doter d'études plus approfondies sur les volets à la fois micro et macroéconomique afin d'établir un véritable Schéma Directeur d'Adaptation du Territoire incluant aussi bien les secteurs privés et publics ainsi que les habitants. Face à tous les défis posés par le changement climatique, des actions à la fois cohérentes et efficaces sur le triple versant environnemental, économique et social pourraient ainsi être mises en place.

Rappelons que l'adaptation vise à réduire la vulnérabilité en modifiant les caractéristiques du territoire pour anticiper voire contrecarrer les impacts du changement climatique. L'adaptation nécessite donc des investissements publics et privés (dépenses d'adaptation et de transformations sociétales) ainsi que des changements de comportement des acteurs (entreprises, population etc.). Ces derniers peuvent être « forcés » par des politiques fiscales et de subventionnement, en plus des campagnes d'information et de sensibilisation. Une batterie de mesures incitatives peut orienter les choix d'investissement, de production et de consommation.

Nous prendrons deux exemples de politiques (coûts) d'adaptation dans cette conclusion.

Le premier exemple porte sur la politique incitative (subventionnement) en matière d'adaptation menée par l'ADEME dont on peut dresser un rapide bilan pour la Normandie. En 2020, 2021 et 2022, respectivement 20,6 millions, 76,1 millions et 98,3 millions de subventions ont été versées pour des montants respectifs d'investissements de 95 millions, 320 millions et

424,6 millions d'euros et ceci, à destination des acteurs publics, privés et associatifs. Ces subventions à l'investissement visaient le soutien de :

- L'économie circulaire correspondant à 49,5% du total des subventions en 2020 ; 18,9% en 2021 et 27,2% en 2022.
- La transition énergétique correspondant à 43,2% du total des subventions en 2020 ; 66,2% en 2021 et 54,9% en 2022.

S'il est plutôt aisé d'estimer l'impact espéré de ces subventions en termes de tonnes de déchets non produits (par exemple, en termes de tonnes de plastiques recyclés ou de GW de chaleur renouvelable produite), **il est en revanche bien plus complexe d'évaluer les recettes attendues de ces investissements dans le temps (par exemple, en termes de dommages évités) relativement au volume des subventions distribuées. De ce fait, en l'absence d'études d'évaluation monétaire d'impacts, rien ne permet à ce jour de déterminer dans quels domaines les subventions sont les plus « efficaces » pour assurer la transition face au défi du changement climatique. Aucune étude n'éclaire à ce sujet à l'échelle de la Normandie.**

Le deuxième exemple s'avère illustratif d'un coût d'adaptation face au risque accru de submersion marine. Des solutions de dépenses ont effectivement été préconisées dans le cadre de la stratégie dite « Eviter – Résister – Céder » du référentiel du MEDDE. Ce « Référentiel de travaux de prévention du risque inondation dans l'habitat existant » fournit une typologie d'actions ainsi que des indicateurs de coûts associés aux différentes mesures à partir d'une étude d'évaluation menée aux Pays Bas (sur un panel de constructions neuves de 39 à 81 m² au sol). Certaines mesures n'ont pu être estimées uniquement qu'en termes de réduction des dommages directs sur l'habitat et ne tiennent compte ni de l'objectif de mise en sécurité des personnes ni de la mise en place d'une nouvelle politique d'urbanisation. Sur la base du cas des Pays Bas, **voici des estimations de coûts (par habitation) associés aux différentes mesures d'atténuation/adaptation. Dans le cadre du « EVITER », la surélévation de 0,5 à 1m de l'habitat avec des pilotis coûterait entre 1 000 et 1 900 euros. La surélévation de 0,3 à 0,9 m grâce à des murs coûterait entre 1 700 et 4 300 euros. Dans le cadre du « RESISTER », les mesures temporaires (barrières étanches devant les portes, dispositif d'occultation des prises d'air, clapet anti-retour) coûteraient environ 2 300 euros. Les mesures permanentes (clapet anti-retour, portes extérieures étanches, pompes, lignes de drainage autour de la maison etc.) coûteraient entre 6 600 et 8 200 euros. Enfin, dans le cadre de la stratégie « CEDER », les mesures de types clapet anti-retour, pompage, sol en plastique, portes, fenêtres, encadrements résistants, cuisine résistante, dallage en béton,**

isolant à cellule fermée, mur interne adapté) coûteraient entre 15 000 et 25 000 euros. Ces chiffres sont issus des travaux du CEPRI (2009)⁷ et Gersonius et al. (2008)⁸.

Au regard de cette synthèse bibliographique, des recherches plus étayées et rigoureuses s'avèrent urgentes notamment, sur l'évaluation de la restructuration des activités économiques, des différentes modalités de politiques publiques visant la transition énergétique, de la décarbonation, de la préservation et de la gestion des ressources en eau, de l'aménagement du territoire, et des politiques de sécurisation des populations (notamment, en termes de santé publique) et des habitats. Une quantification des impacts des nouveaux investissements en termes d'évitement de dommages coûteux liés au changement climatique permettrait d'éclairer les acteurs du territoire sur les choix stratégiques à opérer. Le rapport appelle à des évaluations plus complètes et robustes de l'adaptation sociétale au changement climatique.

EN RESUME

Dans l'état actuel des travaux, les effets du changement climatique qui vont avoir un impact économique en Normandie sont pour certains d'entre eux assez bien décrits du point de vue qualitatif. Dans la région, ce sont principalement d'une part les inondations et le retrait gonflement des argiles qui vont entraîner des coûts élevés dans les zones urbanisées, d'autre part la hausse des températures et une moindre disponibilité de l'eau douce qui vont avoir un impact défavorable sur les secteurs agricoles et forestiers. Cependant, la simple connaissance de ces effets ne suffit pas pour avancer une évaluation globale ni du coût économique du changement, ni des bénéfices qui seront retirés des politiques d'adaptation (nouveaux investissements). Les tentatives d'évaluation réalisées dans le cadre de ces différentes études ne concernent à ce jour que quelques impacts associés à des risques très spécifiques, comme les conséquences sur le parc immobilier du risque d'inondation dû à la montée du niveau de la mer. Mais même un risque aussi spécifique et bien documenté a une incidence difficile à prévoir étant donné le manque d'information sur l'évolution du bâti au cours des prochaines décennies dans les zones potentiellement inondables ou qui le deviendront.

La synthèse conclut à un manque de connaissances important à l'échelle de la Normandie quant à l'évaluation du coût de l'adaptation relativement au coût de l'inaction. Les impacts sanitaires liés au changement climatique ne sont par exemple appréhendés que sous l'angle

⁷ CEPRI (2009), Un logement « zéro dommage » face au risque inondation est-il possible ?

⁸ Gersonius et al. (2008), « Efficiency of private flood proofing of new buildings – Adapted redevelopment of a flood plain in the Netherlands ».

des décès supplémentaires ; aucune étude n'expose les surcoûts liés aux maladies exacerbées ou nouvelles.

Au regard de cette synthèse bibliographique, des recherches plus étayées s'avèrent urgentes notamment, sur l'évaluation de la restructuration des activités économiques, des modalités de la transition énergétique, de la décarbonation, de la préservation et de la gestion des ressources en eau, de l'aménagement du territoire, et des politiques publiques de sécurisation des conditions de vie des populations et des habitats. Une quantification des impacts des nouveaux investissements afin d'évaluer monétairement les dommages coûteux évités permettrait d'éclairer les acteurs du territoire sur les choix stratégiques à opérer. Le rapport appelle à davantage d'évaluations, notamment monétaires, de l'adaptation sociétale de la Normandie au changement climatique.

Références :

« LA NORMANDIE S'ADAPTE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE. Une étude interrégionale pilotée par l'État en Basse-Normandie et Haute-Normandie » https://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fiche-normandie-2_cle276f78-1.pdf L'étude interrégionale de Normandie, réalisée en 2013, couvre les régions Basse-Normandie et Haute-Normandie. Elle a été pilotée par les préfets de région (SGAR) en lien avec les services régionaux de l'Etat (DREAL et DRAAF) ainsi que le Conservatoire du littoral.

- **ADEME :**
 - L'ADEME en Normandie. Rapport d'activité 2020. <https://librairie.ademe.fr/institutionnel/4338-l-ademe-en-normandie.html>
 - L'ADEME en Normandie. Rapport d'activité 2021. <https://librairie.ademe.fr/institutionnel/5330-l-ademe-en-normandie-rapport-d-activite-2021.html>
 - La transition écologique avance en Normandie avec l'ADEME. Revue d'activité 2022. <https://librairie.ademe.fr/institutionnel/6163-transition-ecologique-avance-en-normandie-avec-l-ademe-la-revue-de-projets-2022.html>
- S.Allain, J. Bodilis, A. Briand, T. Cornier, A. Ducharne, JP. Ducrotoy, H. Flanquart, B. Laignel, AM. Laverman, N. Massei, F. Morel, E. Rochard, S. Souissi, S. Treyer (2009), Les effets du changement climatique dans le contexte des changements globaux. **Rapport Expertise collective sur l'estuaire de Seine GIP Seine Aval**. Janvier.
- **Changement climatique sur le bassin Seine Normandie** ; avis du comité ; mars 2013.
- **Changement climatique en Normandie : Territorialisation des impacts et enjeux** (2015) M-P. Cribellier et F. Gresselin, DREAL (Direction Régionale de de l'Environnement, de l'Aménagement, et du Logement) <https://www.rolnp.fr/rolnp/index.php/documents/projets/licco/rapports/2-2-profil-des-sites-pilotes/conservatoire-du-littoral/667-profil-des-sites-cdl/file>

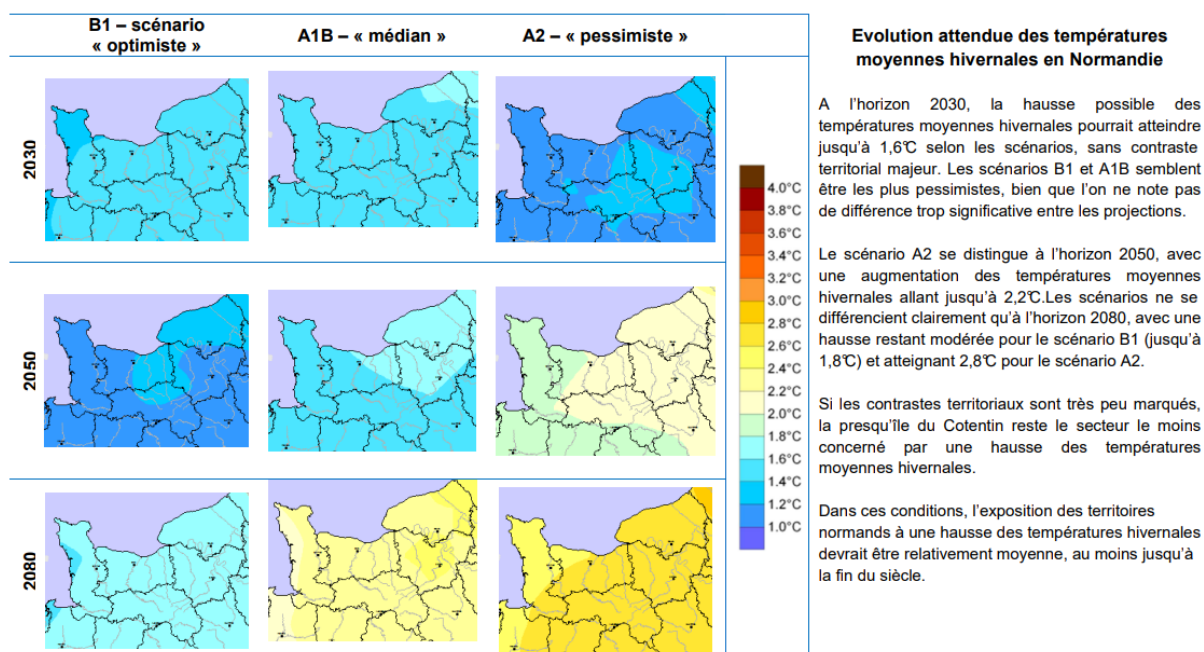
- **Conseil Scientifique au Comité de Bassin Seine-Normandie** : « Le changement climatique sur le bassin Seine-Normandie », mars 2013.
- **DATAR (Artélia)**, Adaptation aux effets du changement climatique en Haute et Basse Normandie ; rapport technique final. 2013. **Profil environnemental de Normandie** ; Le climat en Normandie : présentation et évolution. 2020.
- **Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de Basse Normandie**, avril 2.14 (référentiel des risques)
- **DRAAF, La forêt et le bois en Normandie**, 2023.
<https://draaf.normandie.agriculture.gouv.fr/la-foret-et-le-bois-en-normandie-a1.html>
- **DREAL Basse Normandie, Littoraux et changements côtiers**, Conservatoire du littoral : « Les manifestations du changement climatique sur la façade littorale normande - Le littoral, support des habitats et des usages » ; Guillaume Deniaud, géomaticien Julie Pagny, chef de projet Régis Leymarie, délégué adjoint Normandie Les changements du climat en Normandie : En collaboration avec Frédéric Gresselin, DREAL Basse-Normandie.
<https://www.rolnp.fr/rolnp/index.php/documents/projets/licco/rapports/2-2-profils-des-sites-pilotes/conservatoire-du-littoral/667-profil-des-sites-cdl/file>
- **Études rurales 188**, Archéogéographie et disciplines voisines, Les acteurs locaux face au changement climatique, Le cas du littoral normand ; Salvador Juan. 2011.
- **Etudes de la fabrique écologique**, Fondations pluraliste de l'écologie, L'adaptation au changement climatique sur le littoral français Juillet 2019.
- **GIEC Normand**, Evolution du Climat à l'échelle de la Métropole Rouen Normandie, 2018.
- **GIEC Normand**. <https://www.normandie.fr/giec-normand>
- **HELIOS** " De la caractérisation spatiale, sanitaire et sociale des phénomènes d'îlots de chaleur urbains à l'exploration et l'évaluation de solutions fondées sur la nature". Programme de recherche pluridisciplinaire de l'Université Rouen Normandie (porté par TURN). Partenaires : ADEME, FNADT, régions Île-de-France et Normandie.
<https://multirisques.univ-rouen.fr/nos-projets-de-recherche/helios/>
- **IFREMER**, Conséquences du changement climatique sur les écosystèmes marins exploités par la pêche et la conchyliculture, PETITGAS Pierre, ULRICH Clara, AUBER Arnaud, GOURGET Sophie, HURET Martin, MAZURAIS David 1, PERNET Fabrice, POUVREAU Stephane, RICHARD Marion, SERVILI Arianna, THEBAUD Olivier, ZAMBONINO INFANTE Jose-Luis, 2020, Etudes marines, vol. 18, pp. 40-53.
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00657/76942/78148.pdf>
- **INSEE Analyse Normandie**, décembre 2020. J. Brendler, S. Comte, T. Louza, N. Mouchit (Insee), B. Dardaillon, V. Rose (Dreal), É. Paillette (Draaf)
- **INSEE Bilan économique 2019 – Normandie**
<https://www.insee.fr/fr/statistiques/4475770?sommaire=4476018>

- Lancesseur, Labrousse, Valdenaire, Nakaa. « Impact économique du changement climatique : revue des méthodologies d'estimation, résultats et limites », **Document de Travail de la DG Trésor** • N° 2020/4, Juillet 2020.
- **Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique**, Changement climatique : Coûts des impacts et pistes d'adaptation, La Documentation française, Paris 2009.
- **ORACLE Normandie (2022)** « Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Normandie ». https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=186765
- **Weitzman Martin L**, (1994). "On the Environmental Discount Rate", Journal of Environmental Economics and Management, 26(2), 200-209.

Annexes :

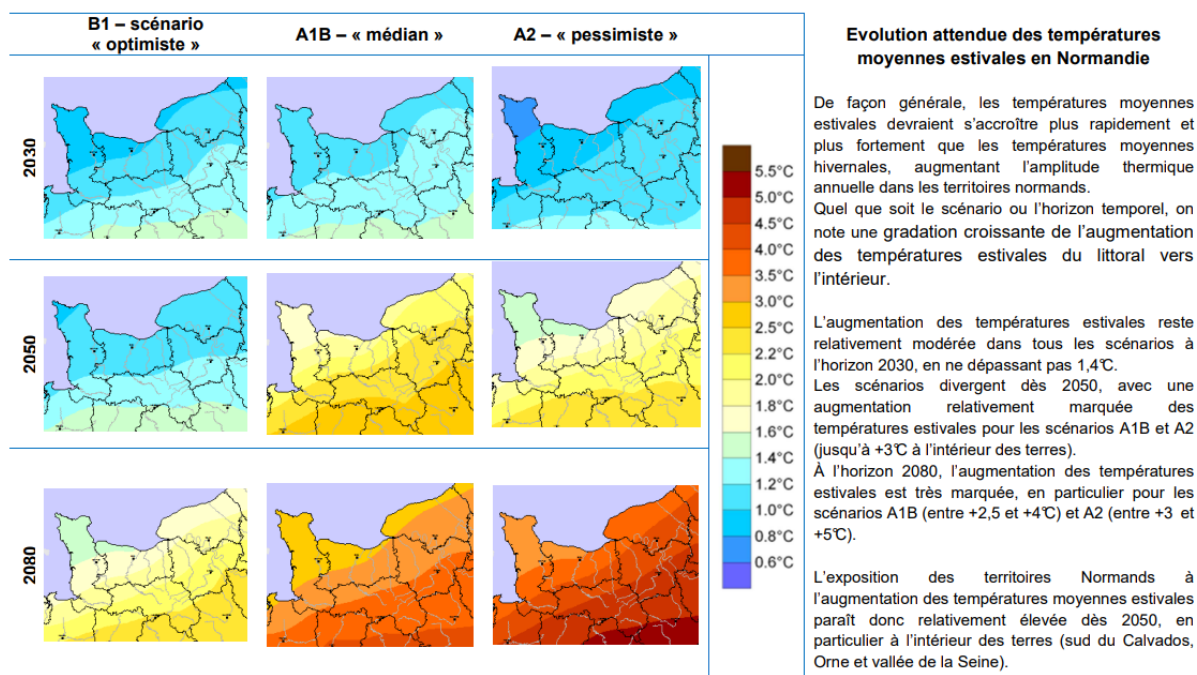
Annexe 1 : Récapitulatif des scénarios d'évolution du climat en Normandie en 2030, 2050 et 2080 (cf. DATAR / ARTELIA, 2013)

Moyennes saisonnières des températures moyennes hivernales (décembre-janvier-février) : écart à la référence en degré aux horizons 2030-2050-2080

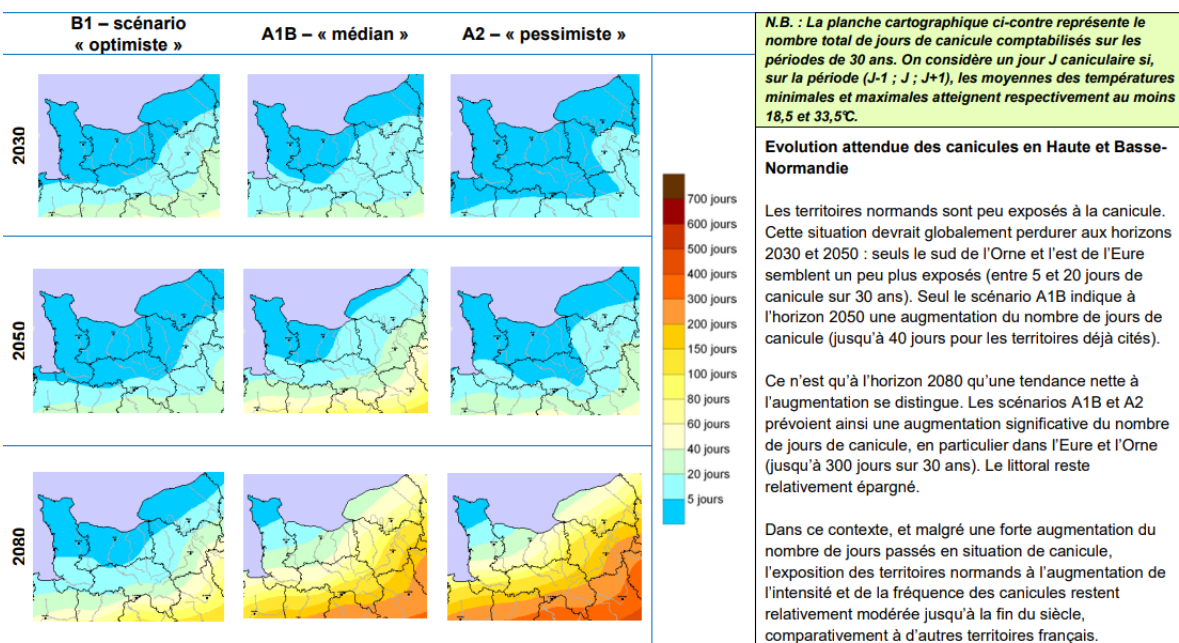


Source des cartes : Météo-France – DATAR, 2010

Moyennes saisonnières des températures moyennes estivales (juin-juillet-août) : écart à la référence aux horizons 2030-2050-2080



Nombre cumulé de jours de canicule sur 30 ans – 2030 - 2050 - 2080



Source : <https://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/0- analyse des simulations climatiques de meteo-france - septembre 2013 cle66228f-1.pdf>