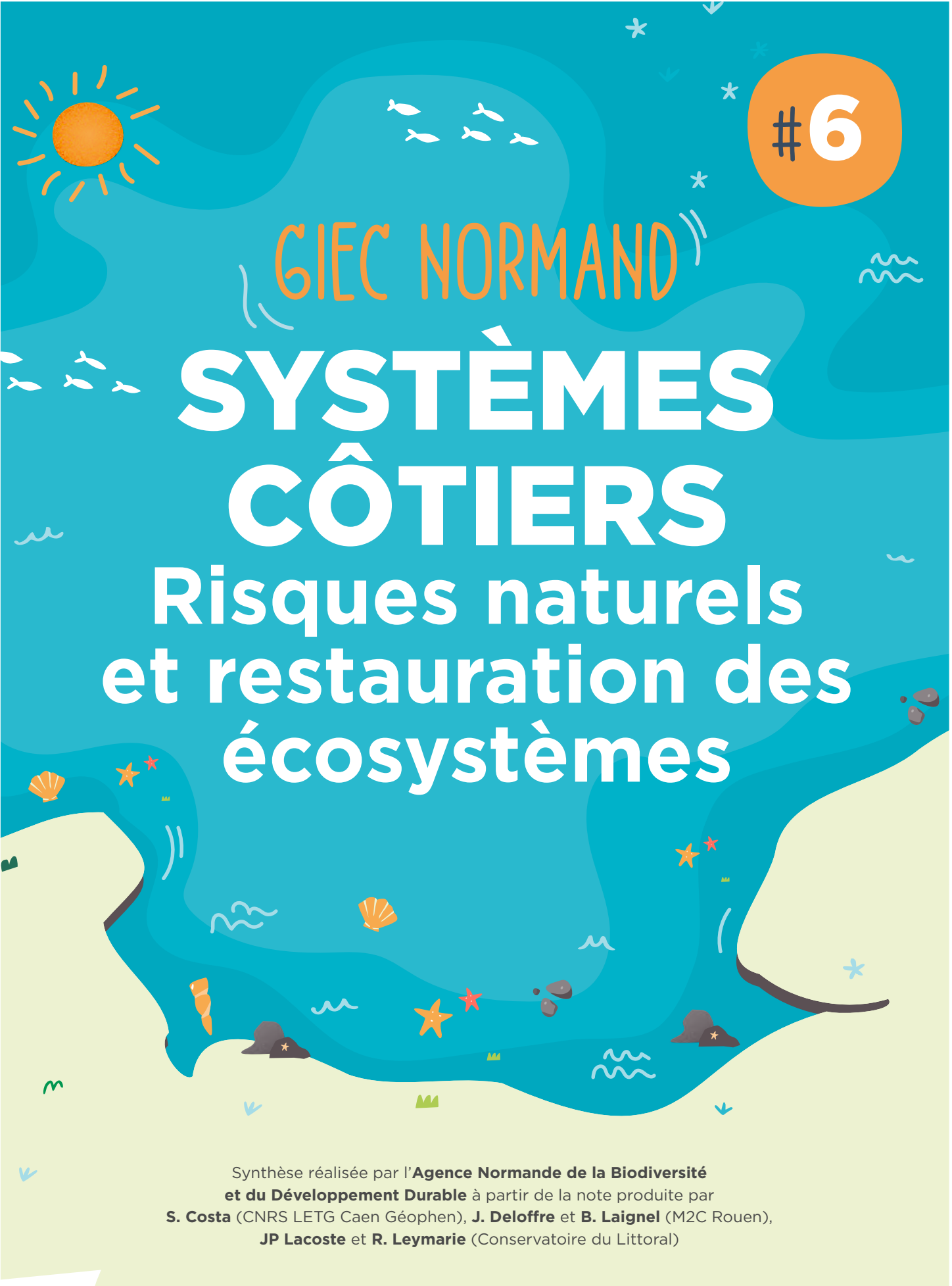




#6

GIEC NORMAND

SYSTÈMES CÔTIERS

Risques naturels et restauration des écosystèmes

Synthèse réalisée par l'**Agence Normande de la Biodiversité
et du Développement Durable** à partir de la note produite par
S. Costa (CNRS LETG Caen Géophen), **J. Deloffre** et **B. Laignel** (M2C Rouen),
JP Lacoste et **R. Leymarie** (Conservatoire du Littoral)



RÉGION
NORMANDIE

www.normandie.fr

UN GIEC POUR LA NORMANDIE

La Région Normandie a confié à un groupe de 23 chercheurs et experts normands l'étude des conséquences locales du changement climatique, pour éclairer l'action politique et mieux informer le grand public.

MÊME COMBAT

- En référence au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat mis en place en 1988, à la demande des sept plus grandes puissances économiques de la planète, **la Région Normandie a créé un GIEC normand.** À l'image de son aîné, il associe les meilleurs experts **pour appréhender les conséquences possibles du changement climatique en Normandie.**

23 SPÉCIALISTES

- **Le GIEC normand est composé de 23 chercheurs et experts, tous issus d'universités et agences normandes.** Il est coprésidé par **Stéphane Costa**, professeur de Géographie Physique et environnement à l'Université de Caen Normandie, également président du Conseil scientifique de la stratégie nationale de gestion du trait de côte, et **Benoît Laignel**, professeur en géosciences et environnement

à l'Université de Rouen Normandie et membre du GIEC international. Il **regroupe climatologues, géographes, écologues, géomorphologues, agronomes, écophysiologistes, géologues, biologistes, océanologues, épidémiologistes...**

9 DOMAINES D'ÉTUDE

- De janvier à décembre 2020, ils **ont établi un diagnostic dans neuf domaines d'étude :** les changements climatiques et aléas météorologiques, la qualité de l'air, l'eau, la biodiversité, les sols et l'agriculture, la pêche et la conchyliculture, les territoires (habitat et mobilités), les systèmes côtiers, la santé (pollutions, nouvelles maladies).

ÉTAT DES LIEUX

- La somme de leurs travaux est traduite au sein d'un corpus de documents de synthèse à destination de tous les décideurs de la région et du grand public. **Grâce à ce travail de projection, le GIEC normand endosse le rôle de lanceur d'alerte auprès des normands.** ●

POUR EN SAVOIR +

Suivez l'évolution de travaux de recherche du GIEC normand sur **normandie.fr**

Caractéristiques du littoral normand

Du fait de la diversité géologique de la Normandie, et des caractéristiques de la mer de la Manche (peu profonde, de faible largeur et avec des marées de marnage supérieur à 7 m), on trouve sur les quelques **600 km de côtes normandes, tous les types de littoraux des milieux tempérés** :

- Des côtes à falaises et rocheuses : des **falaises de roches sédimentaires à recul rapide** (craie, marnes, etc.) et des **falaises à recul très lent** car taillées dans des matériaux résistants (granite, gneiss du massif armoricain situés à l'ouest de la Normandie),

- Des **formes d'accumulation**, dans les espaces de faible altitude par rapport au niveau marin actuel, mais qui sont aussi les emplacements sur lesquels les populations et activités se sont implantées préférentiellement :

- **plages de galets** de silex en Seine-Maritime,
- **plages sableuses**, principalement dans la Manche et le Calvados, associées à **des dunes**, voire des massifs dunaires et des zones humides côtières,



- **baies, estuaires et environnements estuariens** : havres de l'ouest Cotentin, baies dont certaines particulièrement remarquables (Mont-Saint-Michel), estuaires de la Seine ou de l'Orne. Ces milieux se colmatent naturellement.

Ces formes d'accumulation qui sont en constant ajustement avec le niveau moyen de la mer, les vagues, les marées et les courants associés, constituent les meilleurs moyens de protection contre les houles de tempête.

Cette diversité génère une qualité environnementale et paysagère très attractive. Mais l'appropriation de ces bords de mer a aussi entraîné une forte urbanisation et des développements d'activités qui rendent ce littoral encore plus vulnérable face au changement climatique et aux aléas côtiers. ●

Données et modèles utilisés dans le cadre de cette étude

SUR LES DYNAMIQUES DU LITTORAL

- Indicateur national de l'érosion côtière (Ministère Transition écologique et solidaire, Cerema, 2015),
- Cartographie des ouvrages de défense du CEREMA
- Synthèse de l'évolution historique des falaises sédimentaires de Normandie (Costa et al., 2019).
- Évolution historique du littoral des Départements du Calvados et de la Manche (côtes d'accumulation) (ROL/DREAL, 2014 ; CREC-Unicaen, F. Levoy, 2019) : réalisé par le Réseau d'Observation du Littoral Normand et des Hauts de France en collaboration avec la DREAL Normandie (ROL/DREAL, 2014) sur la Manche et le Calvados : <https://rolnp.fr/>
- Travaux de recherche sur le littoral de la Manche, réalisés par le CREC (Station Marine de Luc-sur-mer), de l'Université de Caen Normandie (F. Levoy) : <https://crec.unicaen.fr/st>

SUR LES INONDATIONS PAR LA MER

- Travaux des services de l'Etat, DREAL et DDTM : Territoire à risque d'inondation (TRI) ; Plan de prévention des risques inondation (PPRI) ; Plan de prévention des risques littoraux (PPRL) et Rapport du MTES, 2017.
- Étude de l'INSEE (2020) sur la Normandie

SUR LE NIVEAU MOYEN DE LA MER

- Travaux de l'IPCC/GIEC : 2007, 2013 ; 2017 ; 2019 rapport spécial
- Cazenave et al., 2018
- Zemp et al., 2019 ; Bamber et al., 2019

SUR LES IMPACTS DE L'ÉLEVATION DU NIVEAU MOYEN DES MERS SUR LE LITTORAL

- Données du réseau de suivi en continu de la qualité des eaux de la Seine, collaboration entre le GIP Seine-Aval, les ports et les scientifiques,
- GIEC 2019 ; Haigh et al., 2011
- Costa, 2020, 2019
- Travaux du BRGM et projet Rivages Normands 2100 (Préfecture/DREAL Normandie)

SUR LES ESTUAIRES

- Etudes et travaux du GIP Seine-Aval (et le programme PIREN pour la « partie Amont ») et de la fédération de recherche SCALE et sa plateforme PRESEN,
- Études du CNRS : SNO DYNALIT et Zone Atelier Seine
- Graff, 2019
- Druine, 2018

- Données du réseau SYNAPSES et modèles développés dans les programmes HYMOSED et MORPHOSEINE (Grasso et al., 2020).
- Lesourd et al., 2016
- Ducharne et al., 2007, 2008 et 2009
- Synthèse des connaissances de la dynamique sédimentaire de l'estuaire de Seine (Lemoine, 2021)
- Sweet et al., 2017
- Gardes et al., 2020
- Bacq et al., 2013

SUR LA PRISE EN COMPTE DES CHANGEMENTS GLOBAUX DANS LES PROJETS DE TERRITOIRE ET LA RESTAURATION DES ÉCOSYSTÈMES

Études et programmes menés par le Conservatoire du littoral en Normandie, en association avec de nombreux partenaires locaux et nationaux : programme franco-anglais LiCCo, programme Adapto. ●

EVOLUTION du littoral et des estuaires en NORMANDIE au COURS des dernières décennies = LES CONSTATS

DYNAMIQUES DU LITTORAL

Deux types d'aléas¹ naturels majeurs affectent déjà le littoral normand : l'**érosion côtière** et les **inondations par la mer**.

De nombreuses études sur les dynamiques littorales mettent en évidence :

- que le **littoral est marqué par une évolution régressive importante : près de 2/3 du littoral normand serait en érosion** (indicateur national de l'érosion côtière) ;
- que les **falaises sédimentaires, qui ne peuvent que reculer, sont affectées par des retraits pluri-décimétriques en haut d'escarpement de l'ordre de 20 à 25 cm/an**. Ces retraits peuvent localement atteindre, voire dépasser les 40 cm/an, dans les cas d'affleurements de roches plus tendres ou d'implantation d'ouvrages transversaux (épaves et jetées portuaires) qui réduisent la présence de sédiments au pied des falaises ;
- que de **nombreux sites du département de la Manche sont en érosion, parfois sévère, mais qu'il existe également des secteurs de plage qui ont très peu évolué** entre 1991 et 2019, voire qui ont progradé (avancé vers la mer).

Des cartographies très fines de cette dynamique du trait de côte sont disponibles sur le site du Réseau d'Observation du Littoral de Normandie et des Hauts-de-France (<https://rolnp.fr>).

Le littoral normand est naturellement sensible aux inondations par



Figure 1 |
Territoires normands sous divers niveaux marins de référence (inf. au niveau des pleines mers de vive-eau et pour divers scénarios de tempêtes).
(DREAL Normandie, 2014)

la mer et aux submersions de tempêtes, pour au moins trois raisons :

- 1. Le rivage normand est ouvert aux flux atmosphériques d'ouest perturbés,**
- 2. Il présente de très nombreuses zones topographiquement basses** où se concentrent les populations côtières, leurs biens et leurs activités,
- 3. La Manche est une mer peu profonde et en forme d'entonnoir** favorisant le développement de fortes surcotes.

Une étude de l'INSEE menée en 2020 sur la Normandie, révèle que **plus de 111 000 logements, 122 000 résidents, et 54 000 emplois sont actuellement menacés par cet aléa « inondation marine »**. ●

¹ L'aléa est un phénomène résultant de facteurs ou de processus qui échappent, au moins en partie, au contrôle humain. L'aléa ne devient un risque qu'en présence d'enjeux humains, économiques et environnementaux, possédant une certaine vulnérabilité (fragilité)

LES ESTUAIRES

En estuaire, la connaissance de l'évolution des **niveaux d'eau** est complexe en raison des **interactions entre le compartiment de surface**, contrôlé par de nombreux phénomènes hydro-météo-marins (marée, houle, surcote, fleuve), et le **compartiment souterrain** (particulièrement puissant en Normandie), fortement karstifié et possédant sa dynamique propre.





D'autres paramètres entrent également en jeu (Cf. fiche Eau) :

- **dynamique de l'eau** : deux phénomènes principaux sont déterminants pour le risque inondation/submersion dans les estuaires : les phénomènes de **concomitances** et les phénomènes de **blocage**
- **qualité de l'eau (liée à la température, la salinité ou la turbidité)** : elle peut évoluer du fait du réchauffement de l'eau et des changements de débit, notamment

des baisses de débit en été, qui agissent sur la dilution, la sédimentation et les temps de rétention.

- **sédiment et contaminants associés** (y compris historiques) : la dynamique des sédiments en estuaire est essentiellement liée à deux modifications majeures :
 - modification des flux de sédiments en fonction des modifications de l'hydrodynamisme, par exemple une érosion des berges

localement plus intense,

- modification de la position des corps sédimentaires (bouchon vaseux, vasières) en raison de la modification de la physico-chimie des eaux et de l'hydrodynamisme (déplacement du front de salinité).
- **écosystèmes** : variations liées au déplacement du gradient de salinité ou à l'évolution des habitats (Cf. études RIVAGES normands 2100 et fiche Eau). ●

PROJECTIONS SUR L'ÉVOLUTION DU LITTORAL, DES ESTUAIRES ET SYSTÈMES CÔTIERS EN NORMANDIE À L'HORIZON 2100 = LE FUTUR

CONSÉQUENCES SUR LE NIVEAU MARIN, LES TEMPÊTES ET LES FORMES LITTORALES

Si l'on souhaite prévoir les impacts du changement climatique sur l'évolution du littoral et donc sur l'érosion côtière et les inondations par la mer, plusieurs paramètres majeurs sont à étudier :

NIVEAU MOYEN DE LA MER

Le réchauffement climatique va se répercuter sur le niveau moyen de la mer. En Normandie, cette élévation atteint en moyenne près de 3 mm/an désormais et aurait induit **une hausse du niveau marin de 20 cm en 100 ans.**

Cette **hausse pourrait encore s'accroître pour atteindre +1,1m à +1,8m à l'horizon 2100, si nous ne pouvons maintenir le réchauffement climatique en dessous de +4°C.**



TEMPÊTES

La fréquence des forts vents et tempêtes ne semble pas évoluer pour le moment vers une augmentation. Cependant, la simple élévation du niveau des mers servira mécaniquement de tremplin, contribuant à augmenter significativement la fréquence et l'intensité des franchissements par la mer. Pour la Manche Orientale et Occidentale, il a été montré que les marées hautes de forts coefficients de marée (110-115) qui apparaissent 3 à 4 fois annuellement, pourraient, avec +1m d'élévation, apparaître près de 65 fois/an (Costa, 2019).

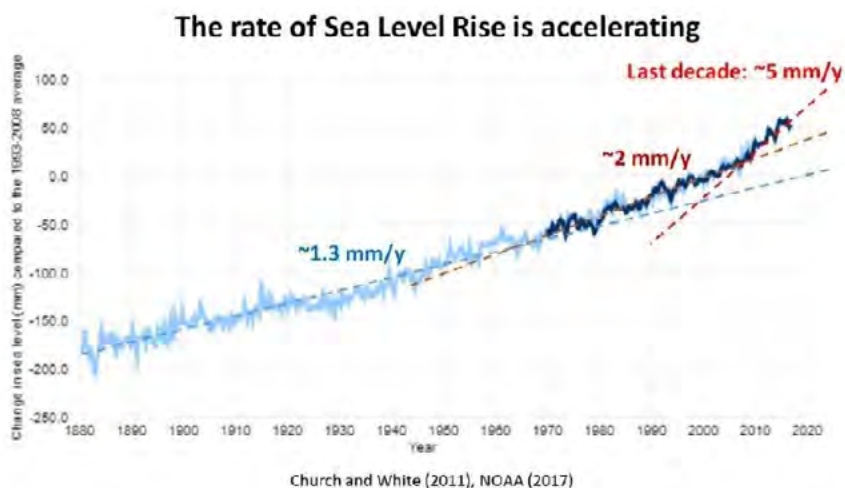


Figure 2 | Accélération de l'élévation du niveau moyen des mers à l'échelle planétaire.



DÉFICIT SÉDIMENTAIRE

La réduction du volume de sédiments diminue la capacité des formes d'accumulation à jouer leur rôle de tampon protecteur contre l'assaut des houles. L'origine de ce déficit qui affecte tous les littoraux dans le monde, est naturelle. À cela s'ajoutent (plus localement) les actions anthropiques (extractions, perturbation du cheminement des sédiments ...).

Dans ce contexte de pénurie sédimentaire, il est admis que **l'élévation future du niveau marin se traduira par une érosion accrue des côtes**. Une élévation du niveau des mers rapide et atteignant +1m **va exacerber les problèmes d'érosion** (translation du rivage vers l'intérieur des terres) et de **submersion**. Dans ce contexte, **les côtes les plus vulnérables sont les espaces actuellement proches du niveau des pleines mers actuelles**. En revanche, les linéaires côtiers « fixés » par des ouvrages de défense longitudinaux ne pourront pas s'adapter par translation. **Au droit des ouvrages**, les plages vont disparaître, permettant l'accentuation des forces marines (houle) sur les ouvrages et une **accentuation des submersions de tempête**.

Le recul des falaises sera proportionnel à la résistance des matériaux et à la probable augmentation d'intensité de certains agents et processus d'érosion marins et continentaux, générant davantage d'érosion. Pour les **falaises crayeuses de Seine-Maritime, un doublement des vitesses actuelles de recul est envisagé** (Costa, 2002).

L'enjeu serait donc de faire percevoir dès à présent aux populations la ligne de rivages d'après-demain ou « bande des 100 ans » et inviter les territoires à sortir de la gestion du « trait » de côte, pour préférer celle de l'interface terre-mer et de ces espaces interdépendants.

Le changement climatique et l'élévation du niveau moyen des mers n'affecteront pas que la frange littorale : en relation avec l'élévation du niveau marin, des **inondations pourront être générées du fait de la remontée des nappes phréatiques souterraines, notamment dans la Manche et le Calvados, mais aussi loin à l'intérieur des terres via les cours d'eau. Des remontées du biseau salé dégraderont également la qualité des ressources souterraines littorales par salinisation des eaux.** ●

CONSÉQUENCES SUR LES ESTUAIRES ET COURS D'EAU

● **Impacts sur la dynamique de l'eau** : des phénomènes de blocage des écoulements fluviaux par la mer sont à attendre, induisant de plus hauts niveaux d'eau dans les fleuves et rivières, plusieurs kilomètres, voire dizaines de kilomètres à l'intérieur des terres. La fréquence et l'intensité des débordements des cours d'eau seront fortement accentués, notamment lors de concomitances avec des crues (cf. *fiche Eau*)

● **Impacts sur les paramètres physico-chimiques de l'eau** : des simulations, principalement réalisées pour le bassin de la Seine, prévoient que l'impact du changement climatique à l'issue du 21^e siècle serait une augmentation des teneurs en nitrates par rapport à celles de 2000, que ce soit dans les aquifères (+20 mg/l environ) ou dans les cours d'eau (+10 mg/l environ). L'élévation du niveau marin peut également engendrer une modification des

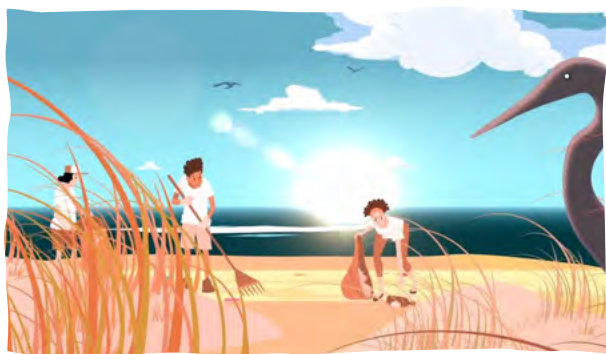
dynamiques estuariennes avec en particulier une remontée vers l'amont du bouchon vaseux des estuaires et du gradient de salinité, impliquant une **modification des habitats aquatiques et des répercussions sur la faune et la flore** (cf. *fiche Eau*).

● **Sédiments et contamination** : toute évolution morphologique de l'embouchure est extrêmement dépendante des flux particuliers échangés en amont et en aval. Surtout, ces flux « naturels » sont considérablement modifiés par les flux anthropiques. La réponse morpho-dynamique de l'estuaire dépend donc des stratégies de dragage.

L'estuaire de Seine a la capacité de s'adapter et suivre la montée du niveau de la mer avec une accretion globale de l'embouchure. La montée du niveau de la mer n'est pas systématiquement associée à une perte des zones intertidales, en particulier si suffisamment de sédiments sont disponibles pour nourrir l'adaptation morphologique de l'estuaire vers l'intérieur des terres.

L'ensemble des modifications des masses d'eau estuariennes (vitesses de courant, salinité, turbidité, oxygène) et des sédiments ont/auront des conséquences sur les écosystèmes et le relargage éventuel de contaminants historiques dans l'environnement. ●

FAVORISER LA RÉSILIENCE DU LITTORAL



Bien que les changements globaux soient encore peu pris en compte dans les **projets de territoire et la restauration des écosystèmes**, du fait de problèmes d'échelle territoriale et temporelle et du manque de données précises, plusieurs initiatives permettent déjà d'entrevoir le cadre politique, méthodologique, juridique et financier nécessaire à cette prise en compte. Parmi ces projets, on citera le dispositif Notre Littoral pour Demain, piloté par la Région Normandie, ainsi que les nombreux projets pilotés notamment par le Conservatoire du littoral (via le Syndicat Mixte Littoral Normand, qui rassemble le Conservatoire et la Région en Normandie) :

- **Programme franco-anglais LiCCo** (accompagner les populations côtières pour comprendre, se préparer et s'adapter aux effets du changement - 5 sites expérimentaux en Normandie) de 2011 - 2014.
- **Programme Adapto** (solutions d'adaptations fondées sur la nature - site de l'estuaire de l'Orne en Normandie) 2018 - 2023
- **Projet territorial de la Saône** (76) avec le projet franco-anglais Interreg PACCo (Promouvoir l'Adaptation aux Changements Côtiers)
- **Opération d'adaptation du site de Fréval à Fermanville** (50)
- **Les réflexions en cours par la communauté de communes Coutances mer et bocage** à travers, notamment, le contrat de transition écologique (CTE) et le Projet partenarial d'aménagement (PPA) issus d'appel à projets du ministère de la transition écologique.

Désormais, l'hypothèse de la relocalisation des ensembles bâtis les plus exposés est à l'ordre du

jour. Les stratégies de gestion des écosystèmes côtiers destinées à consolider leurs fonctionnalités sont vouées à se développer, car elles garantissent souvent des gains sur le plan de la régénération écologique, en même temps qu'elles accentuent la résilience de toute une façade littorale avec ses habitants et son potentiel économique.

La place accordée aux espaces naturels côtiers devra également être anticipée : les habitats et espèces d'une particulière richesse sur ces milieux, devront pouvoir disposer d'une place suffisante pour assurer une translation vers l'arrière/ l'amont, fréquemment occupé par des espaces agricoles.

De nouveaux modes de gestion devront être choisis au profit d'écosystèmes capables de s'adapter tout en gardant leur capacité d'accueil des espèces sauvages, par exemple en « migrant » au fur et à mesure du recul du trait de côte. Il s'agit donc de privilégier des écosystèmes « résilients » c'est-à-dire capables de retrouver leurs qualités et fonctions initiales après une perturbation

Il faut faire partager à la société et aux acteurs politiques l'utilité et la nécessité de protéger une parcelle de dune ou un hectare de marais dans une optique de prévention, d'anticipation, d'accompagnement des effets liés à un risque majeur. Il s'agit ainsi de réarticuler le petit et le grand, le contenu (la parcelle, la zone stratégique à protéger) et le contenant, c'est-à-dire le littoral en général où hommes, biens, animaux sont « embarqués » ensemble.

Les communautés humaines littorales doivent donc mobiliser des technologies, mais aussi transformer leurs réflexes acquis pour « composer » avec une nouvelle complexité, tout en anticipant des stratégies foncières.

Les collectivités sont ainsi incitées à planifier l'urbanisme en conséquence des impacts du changement climatique sur la bande côtière pour déterminer une stratégie spatiale du " littoral de demain ", bande côtière de 2100 ou bande de 100 ans. Les documents de planification, approches foncières ou de protection (ScoT, PLU, PLUi) devront traduire la prise en compte des risques liés au changement climatique par des règles d'usage des sols, l'identification des secteurs naturels à préserver ou restaurer, des modalités de recomposition spatiale le cas échéant. ●

Données à surveiller et études complémentaires à mener

Dans le cas d'une hausse de quelques centimètres du niveau moyen de la mer (telle celle de +20 cm observée au cours du XX^e siècle), le lien de causalité entre érosion côtière et élévation du niveau marin est loin d'être évident. En effet, de nombreux facteurs locaux (échanges sédimentaires avec les petits fonds ou l'intérieur des terres, disponibilité de sédiments, conditions hydrodynamiques, actions anthropiques) contrôlent également la position du trait de côte et ont favorisé accumulation et progradation locales. Ce fait explique la difficulté actuelle de la communauté scientifique à prévoir l'ajustement des rivages à cette montée du niveau marin. La prévision des impacts du changement climatique sur le littoral nécessite donc **un suivi régulier et pérenne de la position du rivage et des stocks de sédiments intertidaux qui déterminent l'ajustement des littoraux aux forçages. A ce titre, la stratégie de suivi 3D portée par le ROL pour le compte de ses partenaires est essentielle.**

Concernant les remontées du biseau salé, en relation avec l'élévation du niveau marin, qui vont dégrader la qualité des ressources souterraines littorales, il conviendra de préciser leur ampleur car elle est fonction d'effets de site (l'influence pourrait se faire sentir sur plusieurs centaines de mètres à l'intérieur des terres).

La connaissance scientifique des milieux estuariens et fleuves côtiers et in fine l'impact du changement climatique sur ces zones est extrêmement variable en Normandie. De nombreux programmes scientifiques ont été portés sur le fonctionnement de

l'estuaire de la Seine, comparativement aux autres systèmes d'interface Terre-mer (Baie du Mont-Saint-Michel, Baie des Veys...) où la connaissance est beaucoup plus limitée car il y a eu peu de travaux. Sur ce point, des études complémentaires seraient nécessaires sur les espaces en voie de renaturation, d'adaptation et notamment sur la translation d'habitats et d'espèces. L'étude des habitats néoformés (suite à une dépoldérisation, à une reconnexion terre-mer volontaire ou suite à des tempêtes...) devrait également être envisagée.

Les exemples issus du programme LIFE Adapto (en Atlantique ou sur l'estuaire de l'Orne) pourront être utiles.

Il serait nécessaire de constituer **une base de données centralisée et uniformisée** des paramètres permettant l'évaluation du changement climatique et de sa prédiction, en renforçant l'acquisition de données sur les « petits » systèmes, car **les données sont éparpillées entre les acteurs** (e.g : Agence de l'eau, ports, Météo-France, BRGM, DREAL, GIP Seine-aval...).

Concernant les phénomènes de **concomitances** et les phénomènes de **blocage** qui sont déterminants pour le risque inondation/submersion dans les estuaires et fleuves côtiers, les cartes issues de modélisation sont des outils précieux. Elles permettent une réflexion et une gestion optimisée de ces espaces en s'appuyant sur la modification de la zonation actuelle des basses vallées (niveaux d'eau et inondations, salinité, température, régime fluvial) et ainsi sur les zones à protéger ou non

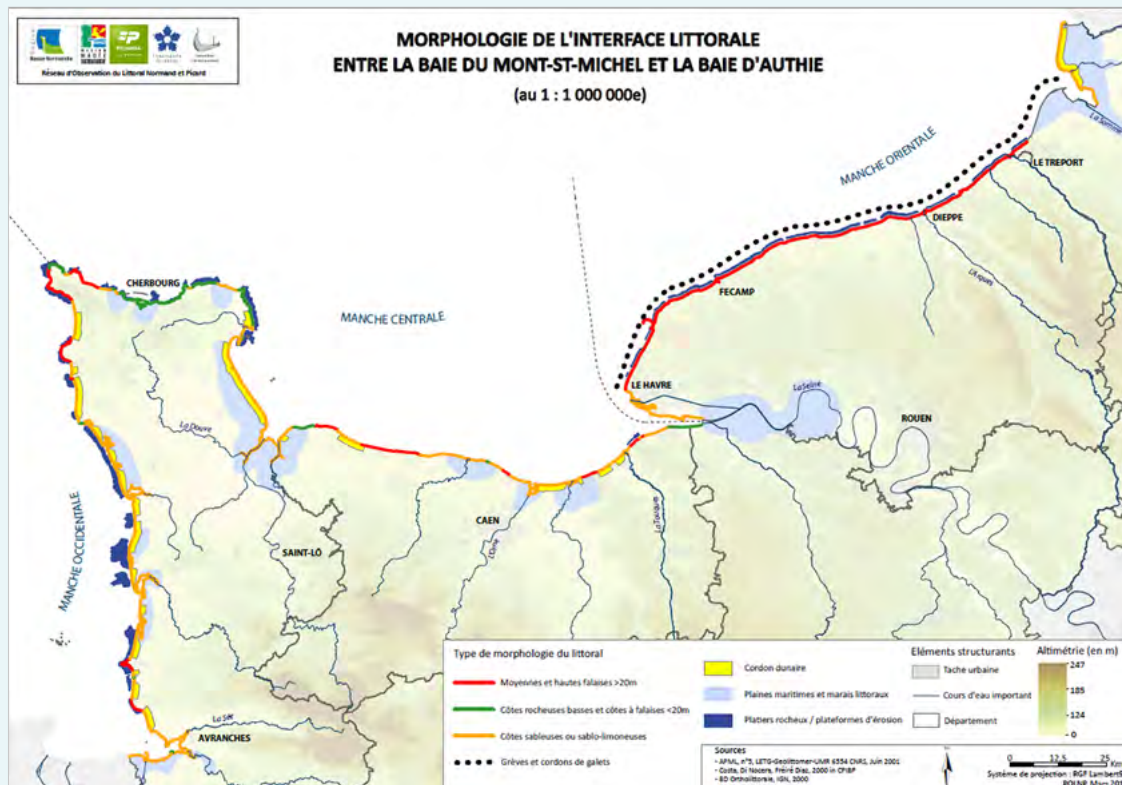
(que ce soit pour les biens et les personnes ou pour les espaces naturels) et sur les actions de restauration éventuellement à mener. Cependant, aucune des modélisations ne prend en compte l'ensemble des phénomènes (Graff, 2019). Or, les projections sur les zones potentiellement inondables peuvent être assez différentes dans les basses vallées selon que l'on tient compte de l'ensemble des concomitances ou non. Des efforts devront donc être faits dans ce sens dans les futures études par la prise en compte **des concomitances** (préconisé par le GIEC) et **des phénomènes de blocage** issue des interactions entre les compartiments marins (élévation du niveau marin, augmentation des fréquences/intensité des tempêtes), continentaux en surface (crues et déficits hydriques) et souterrains (niveaux des nappes).

La complexité de l'impact des changements climatiques sur les estuaires nécessite de développer plus fortement les recherches proposant des approches couplées permettant le croisement entre sédimentologie, écologie, chimie et socio-économie. En outre, ce type d'approche permet de proposer des solutions plus pertinentes permettant l'adaptation des sociétés aux changements climatiques

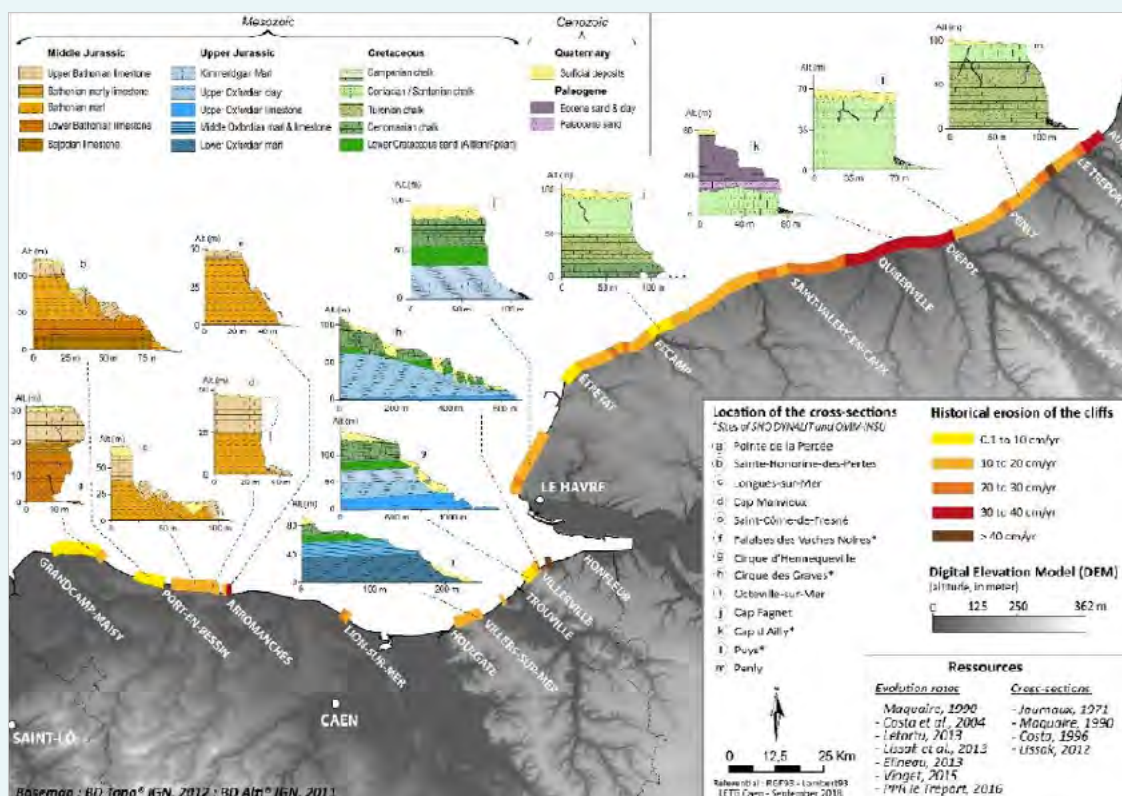
Enfin, le développement d'outils (e.g. machine learning, multicapteurs, modélisation morphologique...) permettrait de lever les verrous liés aux transferts d'échelles qui limitent notre connaissance des impacts du CC (et plus particulièrement des événements extrêmes) en Normandie. ●

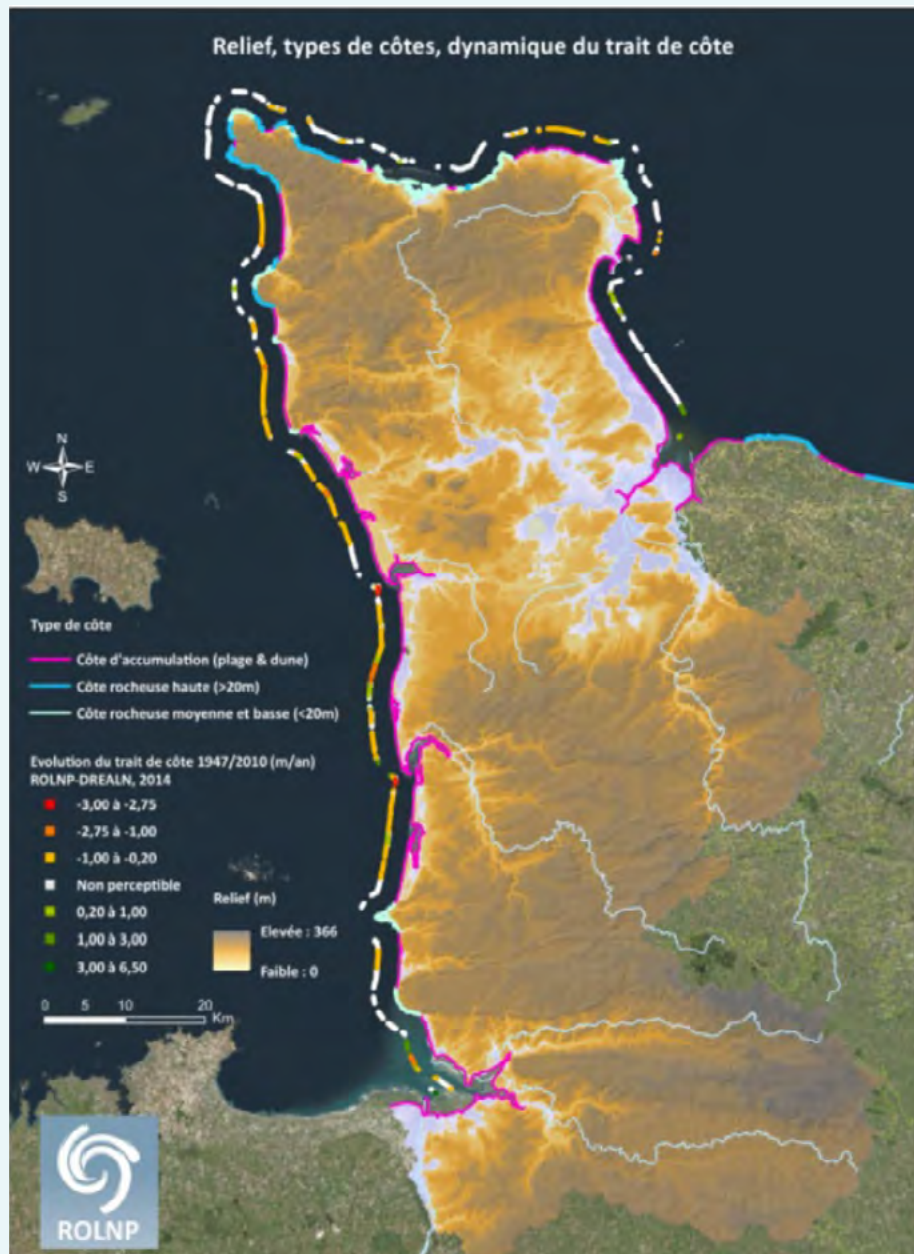
Annexes

Annexe 1 | Morphologie du littoral de Normandie (ROL, G. Thirard, 2012)



Annexe 2 | Vitesses de recul historiques des falaises sédimentaires normandes (en cm/an). (Costa et al., 2019).





Annexe 3 I

Dynamique du trait de côte du littoral de la
Manche entre 1947 et 2010

(ROL/Dreal Normandie, 2014)

Points de veille

Les résultats sur les “inondations marines” sont issus de cartographies statiques (seule prise en compte d’une topographie continentale se situant sous un niveau marin, maximisant l’ampleur spatiale des inondations) mais ne prennent pas non plus en compte l’ampleur annoncée en 2100 de la hausse du niveau marin (+1m), ni même les phénomènes de concomitance entre des hauts niveaux marins et de hautes eaux fluviales.

Le réchauffement climatique contemporain va se répercuter sur le niveau moyen de la mer. S’agissant du futur, de nombreuses incertitudes demeurent quant aux rythmes et à l’ampleur du phénomène. Cela est en étroite dépendance avec notre capacité à réduire les émissions de gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique contemporain.

La fréquence des forts vents et tempêtes ne semble pas évoluer pour le moment vers une augmentation. Les modélisations sont ambivalentes pour le futur, car certaines indiquent une possible accentuation de la fréquence et de l’intensité des événements de forte énergie.

Dans le contexte de pénurie sédimentaire, il est admis que l’élévation future du niveau marin se traduira par une érosion accrue des côtes. Cependant, dans le cas d’une hausse de quelques centimètres (telle celle de +20 cm observée au cours du XX^e siècle), le lien de causalité entre érosion côtière et élévation du niveau marin est loin d’être évident. En effet, de nombreux facteurs locaux (échanges sédimentaires avec les petits fonds ou l’intérieur des terres, disponibilité de sédiments, conditions hydrodynamiques, actions anthropiques) contrôlent également la position du trait de côte et ont favorisé accumulation et progradation locales. Ce fait explique la difficulté actuelle de la communauté scientifique à prévoir l’ajustement des rivages à cette montée du niveau marin.

À ce jour, il est délicat de déterminer la réaction des falaises et côtes rocheuses au changement climatique et à la hausse du niveau marin.

Concernant les sédiments et contaminations en estuaires, les simulations prospectives sont un défi scientifique pour prédire les évolutions à moyen et long-terme (10-50 ans). Selon Grasso et al. (2020), l’essentiel est de déterminer les objets d’étude et de connaître les capacités (forces/faiblesses) des outils numériques mis en œuvre pour y répondre. Ce sera toujours en considérant ce rapport « confiance/incertitude » que nous pourrions aborder objectivement les réponses potentielles de l’estuaire face aux pressions climatiques et anthropiques. Par ailleurs, concernant le relargage éventuel de contaminants historiques dans l’environnement, il est extrêmement difficile de quantifier son impact, car il est dépendant de la pollution historique contenue dans les sédiments. ●



Abbaye-aux-Dames • Place Reine Mathilde
CS 50 523 • 14035 Caen Cedex 1
Tél. : 02 31 06 98 98 • Fax : 02 31 06 95 95

Direction Énergies, Environnement, Développement Durable
DEEDD@normandie.fr • 02 31 06 96 91
www.normandie.fr