



Journée scientifique de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (SNGITDC)

25 juin 2019, Dieppe

Diffuser la connaissance scientifique – illustrations au travers de projets menés en Normandie





Journées scientifiques de la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte - 25 juin 2019, Dieppe

Diffuser la connaissance scientifique – illustrations au travers de projets menés en Normandie

Programme



10h30 – 12H45 - Présentations en salle (Dieppe – Hôtel de l'Agglomération) :

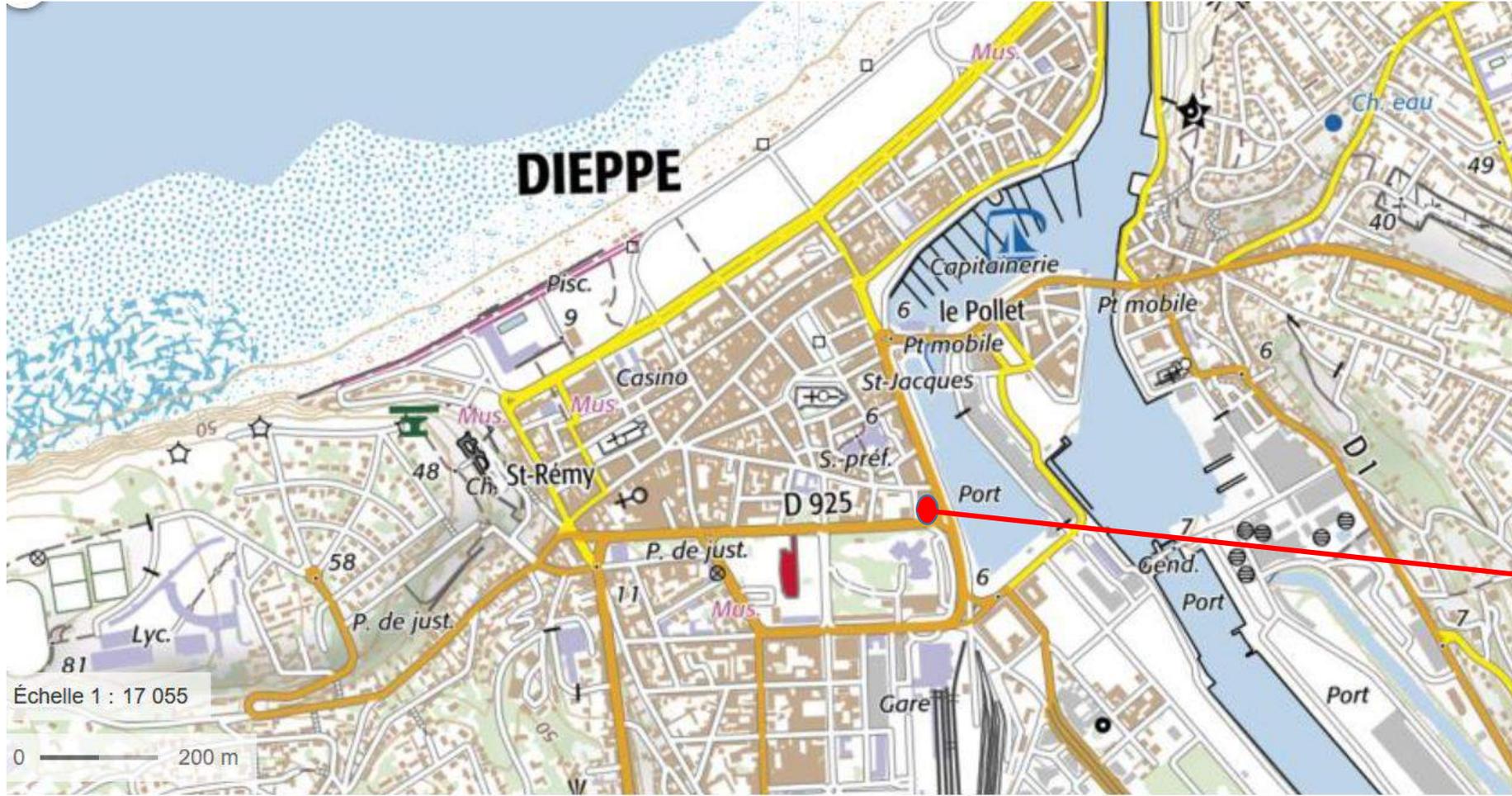
- 10h30 - 11h00 : Discours d'introduction : Patrick Boulier (Président de la communauté d'agglomération de la région dieppoise), Nicolas Langlois (Maire de Dieppe), Stéphane Buchou (Député de Vendée et président du comité de suivi de la stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte), Simone Saillant (ministère de la transition écologique et solidaire / direction de l'eau et de la biodiversité) *sous réserve*
- 11h00 - 11h10 : Présentation générale de la journée et du littoral normand (S. Costa, Univ. de Caen Normandie CNRS-LETG Géophen)
- 11h10 - 11h50 : Dispositif régional « notre littoral pour demain » Présentation générale (Juliette Henri, Service Environnement, Région Normandie, présence de Messieurs H. Dejean de La Batie Vice-Président Région, et Pierre Vogt, Conseiller Région)
 - . Retour expérience dans l'Est Cotentin (Clément Nalin, Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin)
 - . Perception d'élus et questions (Elus de Normandie dont M. Aubril, maire de Ravenoville et élu de la Baie du Cotentin)
- 11h50 - 12h10 : Réseau d'Observation du littoral de Normandie et des Hauts de France (Julie Pagny)
- 12h10 - 12h45 : Projet Raiv-Cot - diffusion de la connaissance par la réalité virtuelle
 - . Présentation du CIREVE, Centre Interdisciplinaire de Réalité Virtuelle (S. Madeleine, Université de Caen)
 - . Présentation du Projet scientifique (S. Costa ; Univ. De Caen Normandie, CNRS-LETG Géophen)
 - . Présentation des premiers résultats par casque de réalité virtuelle (S. Madeleine)
- **12h45 - 13h45 REPAS**
- 13h45 - 14h00 Projet de recomposition territoriale de la basse vallée de la Saône
 - . Présentation générale (R. Leymarie, Conservatoire du littoral)

14h00 – 18h00 - Présentations sur le terrain

- 14h00 - 15h00 : Déplacement de la route Dieppe/Pourville (D75) induite par l'érosion des falaises et projets territoriaux inhérents
 - . Contexte général (S. Costa)
 - . Etudes et projet (A. Gruet DDTM Dieppe ; BRGM)
 - . Projets de territoire (Ville de Dieppe, communauté d'Agglomération de la région dieppoise, Département 76)
 - . Vue panoramique de Pourville
- 15h00 – 15h25 : Transit vers Quiberville Sainte Marguerite (vallée de la Saône)
- 15h25 – 18h00 Recomposition territoriale de la Vallée de la Saône suite à la reconnexion terre/mer
 - . Le projet scientifique Ricochet (O. Maquaire, Univ. de Caen Normandie, CNRS-LETG Géophen)
 - . Visite du site, projets, parole aux acteurs du projet (R. Leymarie, L. Topin (Syndicat de bassin versant Saône), Jean-François Bloc (Maire de Quiberville)).
 - . Le projet scientifique Rivages Normands 2100 (A. Gauvain, Univ. de Rennes et DREAL Normandie)
- 18h00 départ en bus pour Dieppe gare SNCF (arrivée prévue entre 18h30 et 19h)



Journée Scientifique de la SNGITDC 25 Jun 2019 Normandie (en salle – matin)



Données cartographiques : © IGN, FEDER, Région Normandie, Esri France



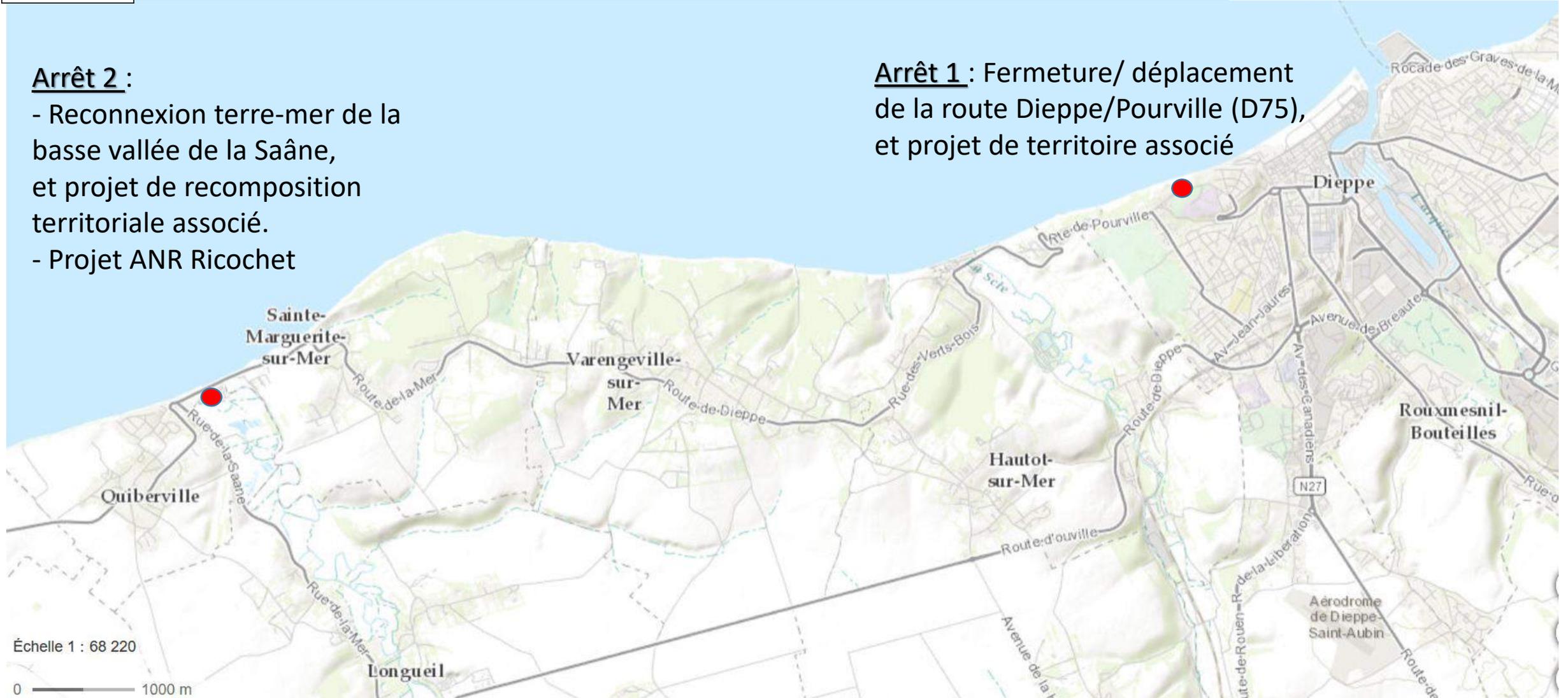
Salle de Réunion
Hôtel de l'Agglomération
(Ancienne CCI de Dieppe)
Croisement Quai Duquesne et
Boulevard G. De Gaulle

Journée Scientifique de la SNGITDC 25 Juin 2019 Normandie (partie terrain Après midi)

Arrêt 2 :

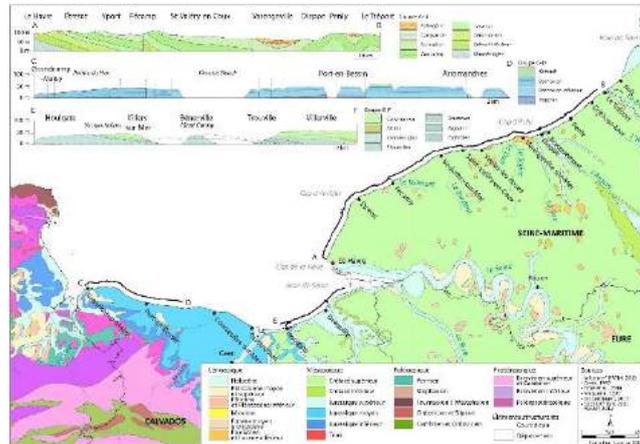
- Reconnexion terre-mer de la basse vallée de la Saône, et projet de recomposition territoriale associé.
- Projet ANR Ricochet

Arrêt 1 : Fermeture/ déplacement de la route Dieppe/Pourville (D75), et projet de territoire associé



Présentation du littoral Normand

Au contact de la Manche, la diversité des couches géologiques constituant la Normandie permet de retrouver dans cette région tous les types de côte des milieux tempérés. C'est cette richesse qui confère au littoral normand de très fortes aménités environnementales attirant populations et activités côtières.



- Tous les types de falaises :

(1) falaises sédimentaires à recul rapide (dm/an ; Seine Maritime, Calvados, Bessin),



(2) falaises à recul lent (mm/an) taillées dans les matériaux résistants



- Des dunes et plages de sables ainsi que des cordons de galets

- Des zones humides côtières et des Havres (8)



- Des baies dont l'une des plus connues au monde (le Mt St Michel)

- Des estuaires, notamment la Seine reliant la Normandie à la « ville monde » : Paris

Mais une région marquée par d'importants problèmes d'aléas côtiers :

L'érosion côtière :



Seine Maritime : 55% en érosion et 45% non perceptible

Calvados : 22% en érosion, 25% en accrétion, 55% non perceptible

Manche : 35% en érosion, 17% en accrétion, 48% non perceptible

(non perceptible = essentiellement falaise à faible recul et surtout « fixées » par des ouvrages (indiquant l'existence de problèmes !). En fait, près des 2/3 du littoral normand en érosion.

(Cerema, 2015 in SNGITDC)

Les inondations par la mer :



Les côtes normandes naturellement sensibles aux niveaux marins extrêmes et aux inondations par la mer (côtes ouvertes au flux atmosphériques d'Ouest perturbés ...)

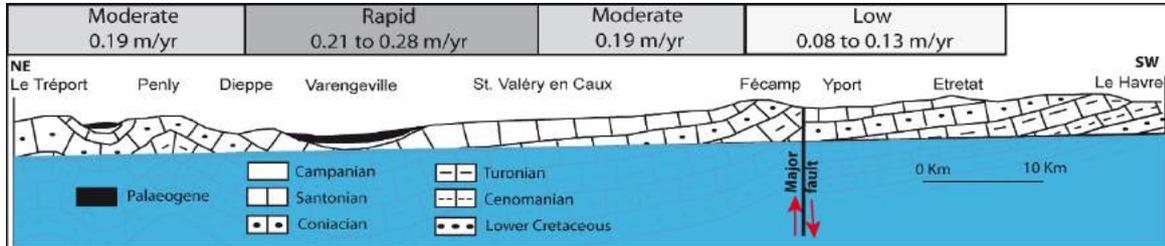
Des phénomènes d'érosion et de submersion qui semblent s'accroître alors que les forçages ne semblent pas connaître d'augmentation franche de leur fréquence et de leur intensité (littoralisation, pénurie sédimentaire, actions anthropiques).

De forts dégâts alors qu'une conjonction parfaite des facteurs météo-marins qui n'a jamais été observée. Une conjonction qui rehausserait de plusieurs dizaines de cm les événements les plus destructeurs !

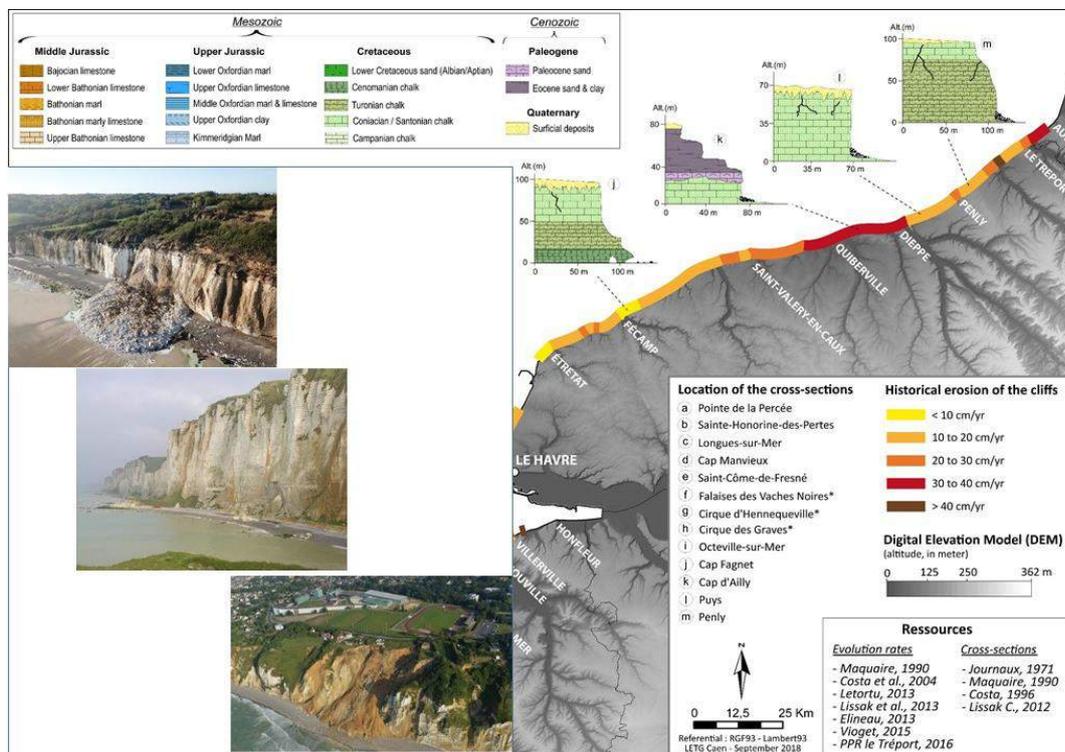
Quid de l'influence de l'élévation du niveau des mers sur ces aléas côtiers ? quelle hauteur (+ 1 m ? pour quelle échéance ?).

Le littoral de Seine Maritime

Des falaises taillées dans des craies d'âge Crétacé supérieur, mais des déformations tectoniques qui font affleurer divers étages de craies expliquant des formes de falaises différentes aux vitesses de recul variées.



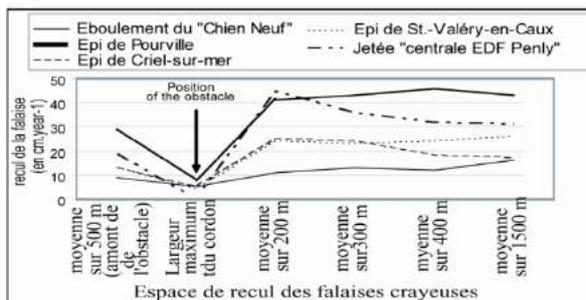
Costa et al., 2004



Costa et al., 2018

Des falaises dont le recul pluri-décimétrique rattrape actuellement l'urbanisation.

Des ouvrages transversaux de « défense contre la mer » qui peuvent localement doubler les vitesses de recul des falaises

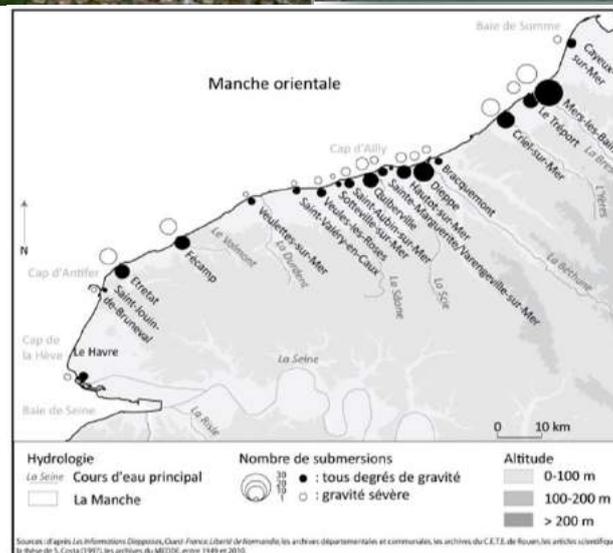


Costa et al., 2004.

Des falaises interrompues par des vallées perpendiculaires au rivage constituant les zones basses du littoral. C'est pourtant dans ces espaces inondables (inondations continentale et marine) que se concentrent les populations côtières et leurs activités, car ces vallées constituent le seul lien entre la mer et l'intérieur des terres.



Une sensibilité aux inondations par la mer induite par une pénurie de galets dont la cause sont, (1) l'interruption par les jetées portuaires du déplacement des galets le long du littoral (du SO vers le NE). (2) exploitation jusqu'en 1972 des galets par l'industrie du silex.



Letortu, 2013.

Face à cette situation déjà critique et dans le contexte actuel d'élévation du niveau des mers, la situation risque de ne pas s'arranger. Nous avons quelques décennies devant nous. Que faisons-nous ? Des programmes de recherche, des initiatives régionales et des projets de territoires prenant en compte ces changements globaux se développent en Normandie. Leur présentation fait l'objet de la première journée scientifique de la SNGITDC.



Notre Littoral Pour Demain, un dispositif de la Région pour inciter les territoires littoraux à anticiper les conséquences du changement climatique dans leurs projets.

En Normandie, le littoral s'étend sur 650 km de côtes diversifiées. Les collectivités littorales regroupent 18% de la population normande, avec des densités variables, et doivent gérer au quotidien les modifications du trait de côte. La partie immédiatement visible de cette problématique est la gestion des ouvrages de défense contre la mer, d'autant plus que la nouvelle compétence GEMAPI invite également à organiser la gestion et le financement de ces systèmes de défense.

Cependant sur le long terme, les conséquences du changement climatique, et en particulier la hausse du niveau de la mer et des nappes phréatiques, obligent à changer de vision et à prendre le temps de la réflexion pour les générations futures, qui devront vivre dans un environnement aux caractéristiques modifiées. C'est pourquoi la Région a mis en place dès 2014 un dispositif d'accompagnement intitulé « Notre Littoral Pour Demain ».

Ce dispositif vise à :

- Permettre aux territoires de se donner le temps de la réflexion, aux bonnes échelles d'espace et de temps
- Prendre en compte les conséquences du changement climatique
- Elaborer des stratégies sur le long terme, partagées avec les acteurs du territoire (usagers, acteurs socio-économiques, habitants, élus...).

Les accompagnements octroyés sont de différentes natures (subventions, accompagnement technique, mise à disposition de données, formation des élus...) et font intervenir un réseau d'acteurs normands (Université, DREAL, IRD2, ROL...).

A ce jour, plus de 200 élus ont bénéficié de journées de sensibilisation/formation, et trois territoires cohérents se sont lancés, avec les acteurs locaux et le grand public, dans l'écriture de stratégies de gestion durable de la bande côtière, à échelle de 20,50 et 100 ans.

L'objectif de ces stratégies, en cohérence avec le projet de SRADDET, est de prévoir les modalités d'aménagement et de planification de l'espace de manière la plus cohérente possible avec les modifications attendues sur les côtes, afin de pouvoir continuer à vivre sur le littoral normand et à bénéficier des atouts qu'apporte la proximité de la mer.

Pour plus d'informations : <http://aides.normandie.fr/>

Illustration 1 : Carte croisant les limites géographiques, échelles des phénomènes naturels, et les limites administratives, échelle pour l'action et la gestion. La planification des activités sur les territoires littoraux est dépendante de la bonne gestion des bassins versants (qualité de l'eau, épisodes de débordements de cours d'eau aux confluences) et de la prise en compte des mouvements côtiers à l'échelle des cellules hydrosédimentaires.

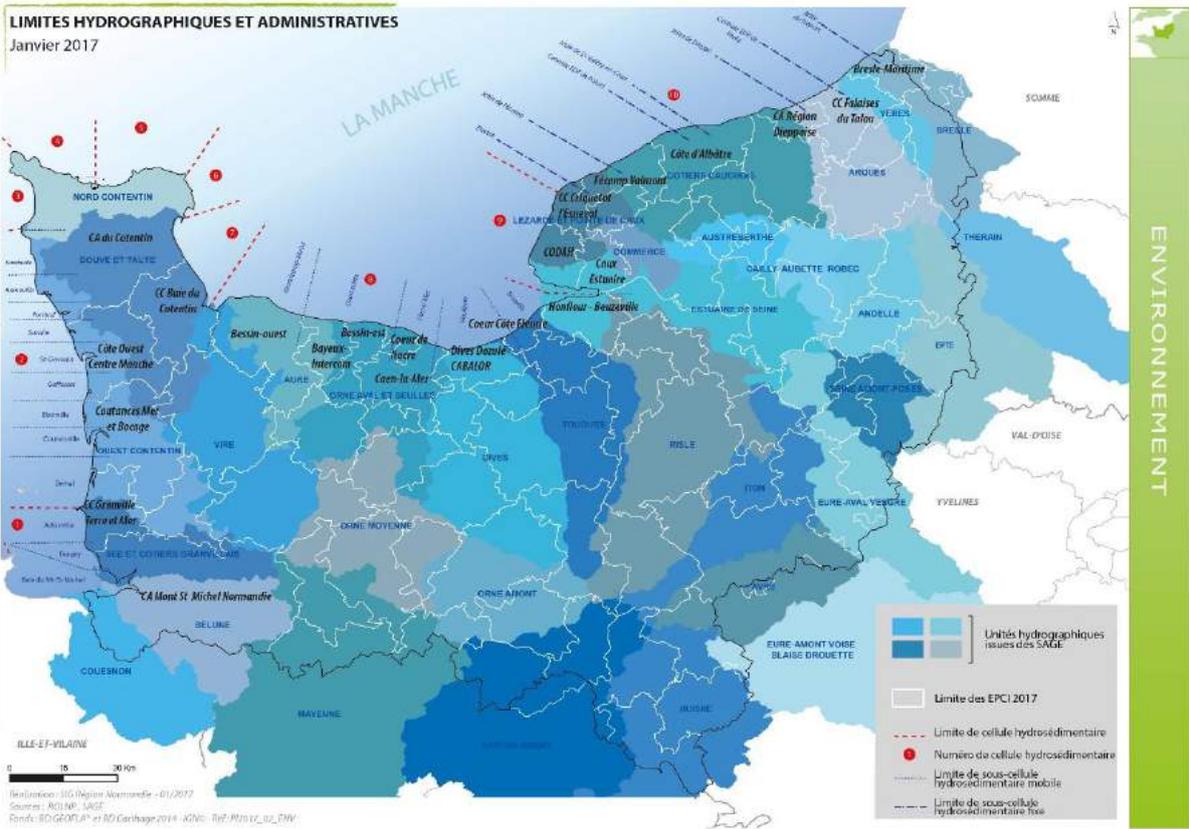
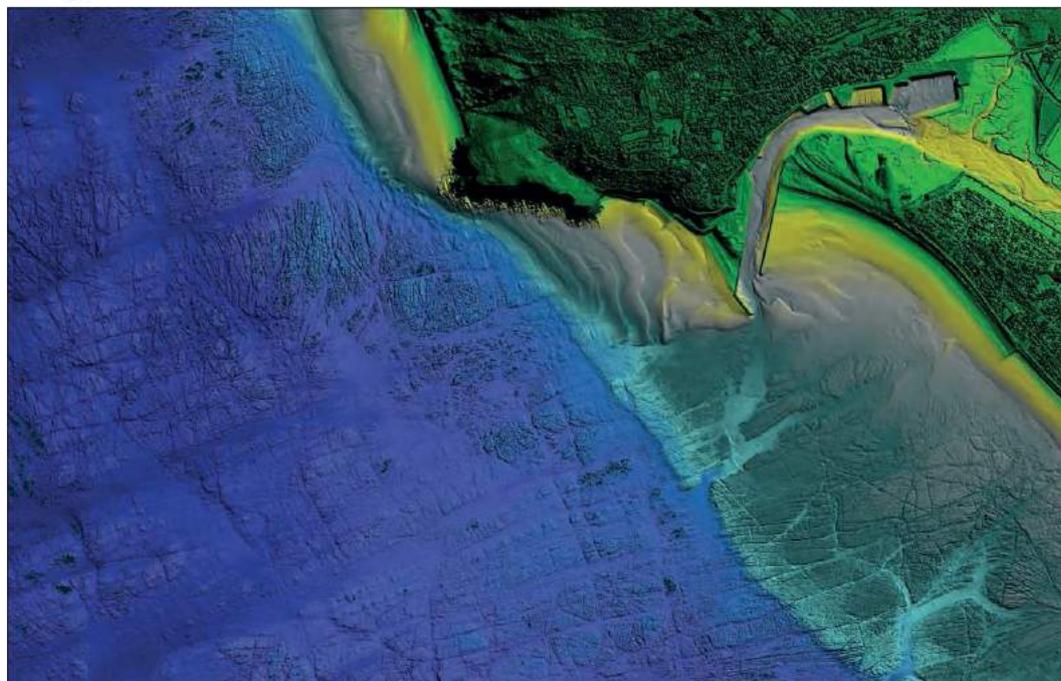


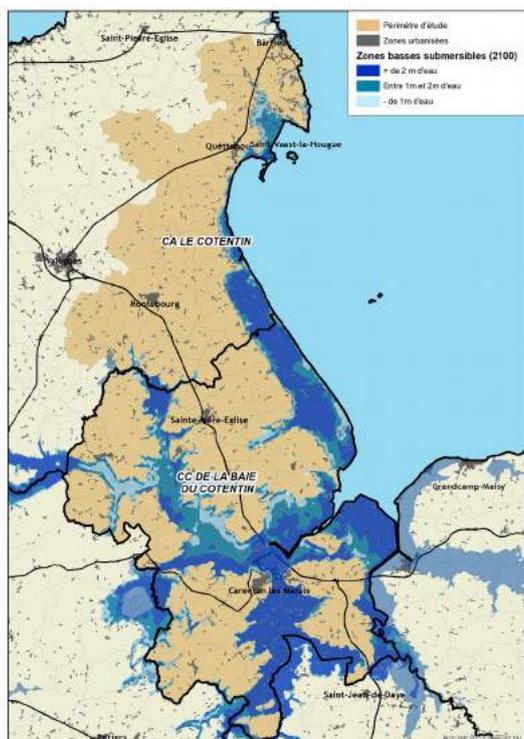
Illustration 2 : une session de formation des élus dans la Manche. Source IRD2



Illustration 3 : Pour l'élaboration des stratégies de gestion durable de la bande côtière, mise à disposition de données du Réseau d'Observation du Littoral de la Normandie et des Hauts-de-France , Levé topo-bathymétrique © ROLNP - Shom 2017, Stratégie de suivi homogène, récurrent et pérenne du littoral, secteur de Barneville-Carteret (50)



Elaboration d'une stratégie locale de gestion durable de la Côte Est du Cotentin dans le cadre du dispositif « Notre littoral pour Demain » de la Région Normandie



1) La côte Est du Cotentin, un territoire vulnérable au changement climatique

Avec la hausse du niveau marin et l'accentuation des tempêtes en fréquence et intensité, le changement climatique va rendre la Côte Est du Cotentin, encore plus vulnérable aux submersions marines, à l'érosion, à la hausse du niveau des nappes littorales et à leur salinisation, ainsi qu'aux inondations.

Quelles sont les raisons de cette vulnérabilité ?

- La présence de marais exploités par l'agriculture et déjà situés sous l'actuel niveau de la mer (jusqu'à moins 2 mètres)
- Un trait de côte endigué, héritage de travaux de poldérisation liés à la conquête passée de terres sur la mer ou sur zones humides
- Des cordons dunaires souvent sensibles à l'érosion
- Une urbanisation en front de mer et dans les zones basses littorales avec 2 secteurs particulièrement exposés : Saint-Vaast-la-Hougue et Carentan

Le risque submersion marine est déjà élevé sur la côte Est, en cas de conjonctions de phénomènes météorologiques (marée, pression atmosphérique faible et vent fort du large)

Quels sont les enjeux exposés au risque de submersion ?

- 5400 logements
- 7200 personnes
- 1000 entreprises
- 3700 emplois
- 19 établissements publics
- 19000 ha de terres agricoles

Valeur des biens exposés = 1,2 milliards €

Coût des dommages (en cas de submersion) = 0,3 milliards €

2) « Notre littoral demain ? Côte Est Cotentin » : une démarche innovante pour élaborer une stratégie

Face à la vulnérabilité de la Côte Est, les collectivités locales ont souhaité définir et mettre en œuvre une **stratégie de gestion durable du littoral**, entre Réville et Les Veys.

L'objectif est d'anticiper les changements en repensant l'aménagement et le développement des espaces littoraux à court, moyen et long terme, pour mieux **s'adapter** aux risques.

Avec le projet participatif « **Notre littoral demain ? Côte Est Cotentin** », il a été fait le choix innovant d'associer élus, habitants, acteurs économiques et usagers, pour élaborer collectivement leur stratégie littorale.

Plus de 250 acteurs du territoire ont apporté leur contribution en participant à l'un ou plusieurs des **6 ateliers** organisés entre fin 2017 et début 2019.

- **Maîtres d'ouvrages** : Communauté de communes de la Baie du Cotentin et Communauté d'Agglomération Le Cotentin
- **Partenaire** : Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin
- **Financeurs** : Europe (Leader), Etat (FNADT), Agence de l'Eau et Région Normandie



3) Principales conclusions issues des ateliers participatifs de co-construction de la stratégie

La grande majorité des participants a accepté au fur et à mesure de l'avancée du projet, le principe qu'une lutte active sur tout le littoral est utopique sauf à vouloir mener un combat sans fin et extrêmement coûteux et à augmenter les risques pour les biens et personnes.

Pour continuer de vivre sur la Côte Est du Cotentin, tout en maintenant son attractivité, 2 choix se sont majoritairement imposés lors de l'élaboration collective de la stratégie :

- **La « lutte active » pour protéger les espaces à forts enjeux** et maintenir des activités et biens menacés, en renforçant les ouvrages de protection afin de tenter de résister aux phénomènes naturels ou au moins se laisser le temps de s'adapter ;
 - **L'adaptation** qui passe par une amélioration de la résilience (personnes, biens et activités), une réduction de leur vulnérabilité, jusqu'à envisager une recomposition spatiale du territoire avec la relocalisation des enjeux vers le « haut pays » pour les mettre à l'abri des risques côtiers.
- ➔ Grands principes des scénarios de gestion à court-moyen terme (2050) :
- La lutte active avec un renforcement des ouvrages de défense contre la mer est envisagée pour protéger les habitats denses et moyennement denses, les ports et équipements publics
 - L'habitat diffus (bâtiments isolés) doit devenir résilient et adapté à la réalité du risque présent et futur (zone refuge, barrières anti-inondations, surélévation des équipements...), en prévision d'une relocalisation future
 - Pratiques agricoles, activités aquacoles et zones de loisirs devront s'adapter aux futurs contraintes
 - Envisager une relocalisation pour les habitats diffus, si le niveau d'eau en 2100 > 2m
 - Quand les enjeux ne justifient pas de lutte active, l'entretien des digues et ouvrages existants mais aussi le suivi et l'accompagnement des processus naturels sont préconisés
 - Le site historique d'Utah beach et son musée pourraient faire l'objet d'une réflexion spécifique (rechargement massif en sable à court terme avant une relocalisation à moyen terme ?)

Coût de la stratégie court-moyen terme (2050) = 179 000 000 €

- ➔ Grands principes des scénarios de gestion à long terme (2100) :
- Les 2 zones d'habitat dense (Saint-Vaast-la-Hougue et Carentan) seront l'objet d'une poursuite de la lutte active
 - Les participants sont restés partagés concernant le devenir des zones d'habitat moyennement dense (Réville, Morsalines, Quinéville à Ravenoville) : poursuite de la lutte active ou relocalisation ?
 - Les autres espaces et activités continueront de s'adapter si c'est encore possible ou devront avoir été relocalisées

Coût de la stratégie long terme (2050-2100) si « lutte active » = 343 000 000 €

Coût de la stratégie long terme (2050-2100) « relocalisation » = 394 000 000 €

Dès maintenant, il apparaît indispensable de :

- adopter politiquement la stratégie et en retranscrire les principes dans les documents de planification territoriale (SCOT, PLUi)
- éviter la surconsommation foncière du littoral et privilégier les constructions dans des secteurs non vulnérables
- faire des réserves foncières sur l'arrière pays, pour les enjeux de relocalisation de demain
- impliquer la population et développer une véritable culture du risque pour faciliter l'acceptabilité sociale des futures profondes transformations auxquelles sera confronté le littoral de la Côte Est

Le Réseau d'Observation du Littoral de Normandie et des Hauts-de-France

Genèse

Un besoin crucial de connaissance pour une gestion intégrée du littoral

Le littoral est depuis toujours soumis à des enjeux qui se superposent et parfois s'opposent. Alors que les risques côtiers liés à l'érosion et aux inondations par la mer se font de plus en plus pressants, les décideurs se trouvent confrontés à des problématiques sans précédents : comment gérer durablement cet espace ? Comment réagir autrement que par une stratégie défensive qui a montré ses limites ?

Si de nombreux réseaux ou initiatives assurent déjà un suivi du littoral sur nos régions côtières, cette information trop dispersée et parfois peu comparable rend la tâche difficile aux décideurs en charge de la mise en place de politiques littorales.

Devant ce besoin de coordonner et de synthétiser l'information dans ce domaine, les Régions Basse-Normandie, Haute-Normandie et Picardie ainsi que le Conservatoire du littoral ont décidé de créer, en 2010, le **Réseau d'Observation du Littoral Normand et Picard**, véritable «plateforme unique» au service des territoires. Le Syndicat Mixte littoral Normand, siège de la délégation Normandie du Conservatoire du littoral, accueille la cellule d'animation du ROLNP. Suite à la fusion des Régions en janvier 2016, le périmètre d'intervention du Réseau d'Observation du Littoral (ROL) s'est étendu à l'ensemble de la Région des Hauts-de-France.

Missions

Rassembler, communiquer, accompagner

Les missions du ROL Normandie Hauts-de-France consistent à :

- **Valoriser la connaissance** scientifique et technique,
- Fournir aux régions un **argumentaire** pour préciser leur **politique littorale**,
- Mettre à disposition des acteurs du territoire un **outil d'aide à la décision**.

Véritable réseau qui contribue à une coopération interrégionale, le ROL n'est pas un observatoire de plus, il a vocation à constituer le siège d'une expertise partagée permettant d'éclairer la prise de décision des élus et des acteurs du littoral.

Trois grandes thématiques de travail :

- Dynamique côtière
- Risques naturels en milieu littoral (érosion et submersion marine)
- Biodiversité comme marqueur de l'évolution des milieux

Une échelle de travail unique en France

De la Baie du Mont Saint Michel à la frontière belge, l'échelle de travail interrégionale permet d'appréhender des phénomènes qui, par leur nature, dépassent les frontières administratives.



Actions

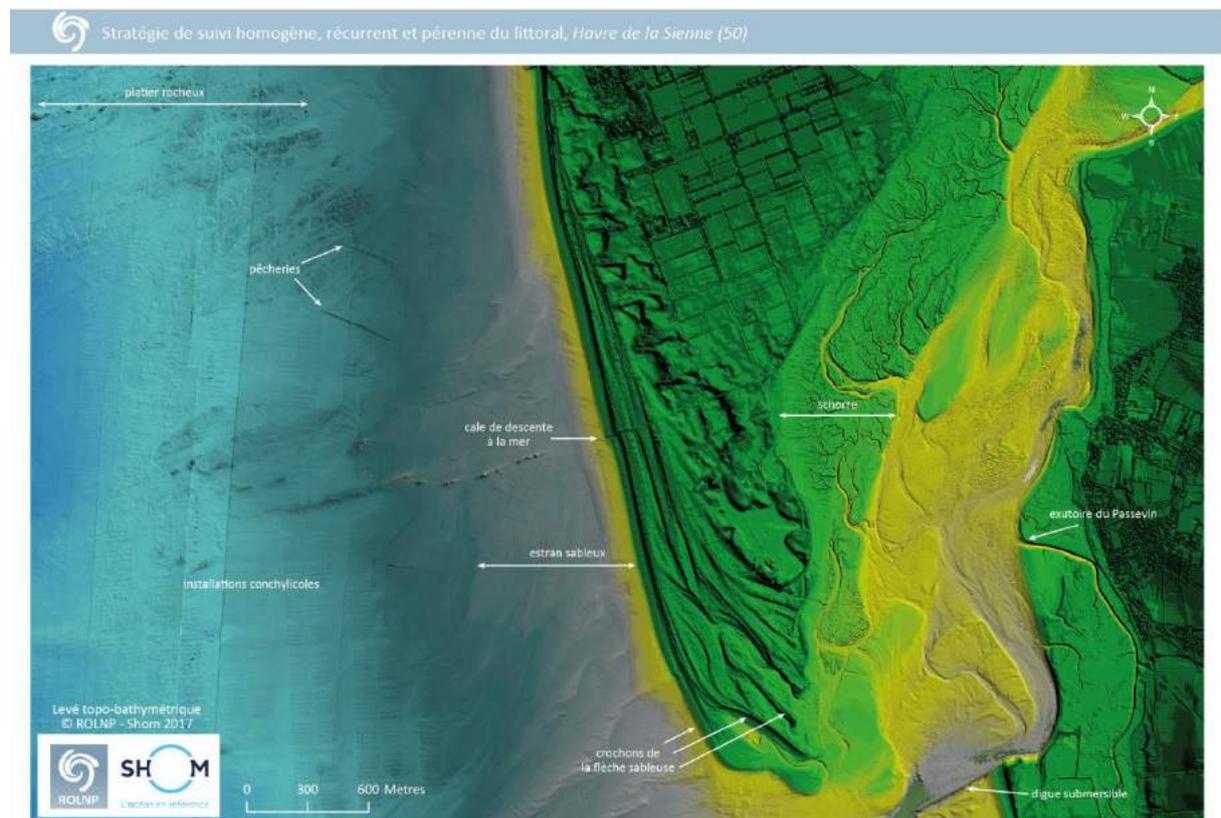
Identifier qui fait quoi, où, quand et comment

Le ROL s'est attaché dans un premier temps à **identifier**, **consolider** et **valoriser** la **connaissance**. Il s'agissait d'identifier aussi bien la connaissance scientifique que les laboratoires et chercheurs travaillant sur la dynamique côtière, afin d'identifier « qui fait quoi ou quand comment ». Afin de valoriser et de diffuser cet état de l'art constamment actualisé, plusieurs outils ont été développés par l'équipe du ROL : une plateforme internet (www.rolnp.fr) qui comprend un catalogue de métadonnées, des annuaires, un atlas dynamique organisé selon 8 thématiques (approche historique du littoral, dynamique et risques côtiers, population, et des événements ...).

La stratégie interrégionale de suivi du littoral

Depuis 2016, le ROL coordonne une stratégie de suivi fiable, homogène, récurrent et pérenne du littoral depuis la baie du Mont-Saint-Michel jusqu'à la frontière belge. L'intérêt de ce levé topo-bathymétrique est la continuité terre-mer, fondamentale pour comprendre la dynamique côtière.

Cette stratégie répond ainsi à la question initiale posée par ses membres fondateurs: quelle stratégie de suivi mettre en place pour connaître la dynamique littorale et ses effets induits ? Les données ainsi récoltées permettront aux autorités locales de prendre les décisions qui leur incombent. L'Etat, les Agences de l'eau Seine-Normandie et Artois-Picardie, l'Europe, le Shom et le Parc marin des estuaires picards et de la mer d'Opale se sont associés aux Régions et au Conservatoire pour soutenir ce projet.



ROL Réseau d'Observation du Littoral
Normandie – Hauts-de-France





l'université de Caen en 1944

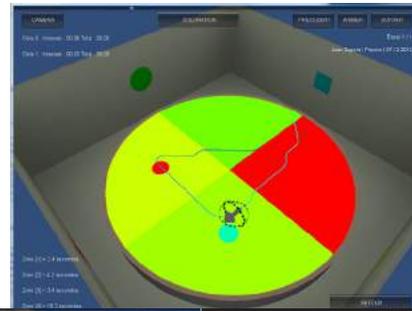
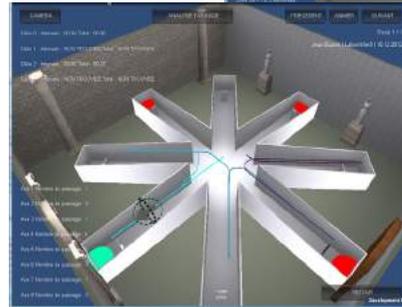
LE CIREVE UN PLATEAU TECHNIQUE UNICAEN

Les projets scientifiques réunis autour du CIREVE se répartissent dans une dizaine d'équipes labellisées de l'Université de Caen Normandie, représentant un total de 316 enseignants chercheurs, chercheurs, ingénieurs. Ces projets s'organisent en trois axes :

LA REPRÉSENTATION : la réalité virtuelle permet de représenter et de visualiser, interactivement et en trois dimensions, des environnements disparus, dégradés, inaccessibles, ou des environnements futurs. Domaines concernés : littératures, patrimoine, histoire, archéologie, géographie, industrie, architecture, arts du spectacle...

L'EXPÉRIMENTATION : en permettant d'interagir en temps réel avec un monde numérique 3D, la réalité virtuelle offre de nouvelles perspectives d'expérimentations dans des environnements de plus en plus proches du réel et en même temps parfaitement contrôlables. Domaines concernés : santé, neuropsychologie, psychologie, sociologie, activités physiques et sportives...

LA FORMATION : par la représentation de la connaissance, par les diverses possibilités d'expérimentation, la réalité virtuelle est un formidable outil de formation.

labyrinthe virtuel
UMR S1075

MISSIONS

- Promouvoir et soutenir la réalité virtuelle et la réalité augmentée dans tous les secteurs de la recherche
- Mutualiser les moyens humains et matériels dans le domaine de la réalité virtuelle et de la réalité augmentée

MOYENS

- Un personnel à double compétence : scientifique / informatique & infographique
- Du matériel et des logiciels adaptés à la réalité virtuelle
- Des salles de présentation équipées pour l'interactivité en temps réel et la stéréoscopie, dont deux amphithéâtres de 150 et 200 places
- Une salle immersive 4 faces de 9 m sur 4,80 m

COMPÉTENCES

- Restitution historique scientifique
- Valorisation du patrimoine
- Modélisation d'environnements pour l'expérimentation
- Modélisation d'environnements sensibles
- Réalisation d'animations de synthèse
- Réalité augmentée sur supports nomades



simulation de conduite • UMR S1075



étude sur le mouvement • EA 4260

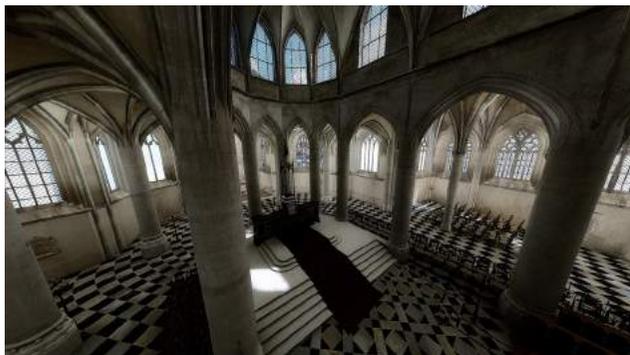
le musée
Mémorial de Caen
UMR S1077



le Forum romain vu depuis la basilique émilienne



un navire automoteur du IV^e siècle p.C



l'église de Saint-Lô en 1944

DIRECTION

Eric LEROY DU CARDONNOY

directeur

téléphone 02 31 65 62 38

courriel leroyeric@club-internet.fr

Sophie MADELEINE

directrice adjointe

courriel sophie.madeleine@unicaen.fr

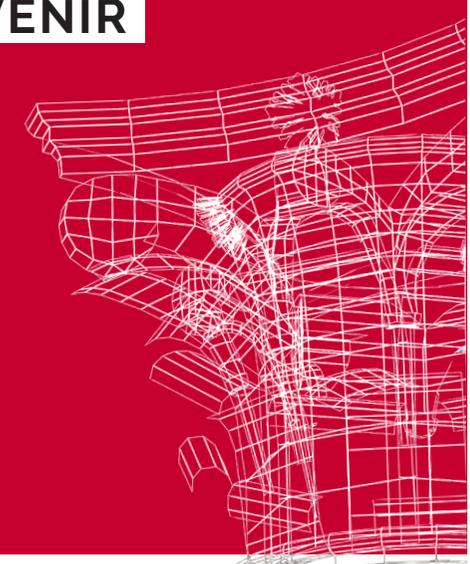
adresse université de Caen Normandie • CIREVE
MRS • SH 208 • CS14032 • 14032 Caen cedex 5



CENTRE
INTERDISCIPLINAIRE
DE RÉALITÉ VIRTUELLE

UFR HUMANITÉS ET SCIENCES SOCIALES

**RESTITUER
LE PASSÉ
EXPÉRIMENTER
L'AVENIR**



Projet de recherche : Risque et Aléa « inondation » de villes côtières : Approche quantitative et diffusion par la réalité virtuelle (Raiv Côt)

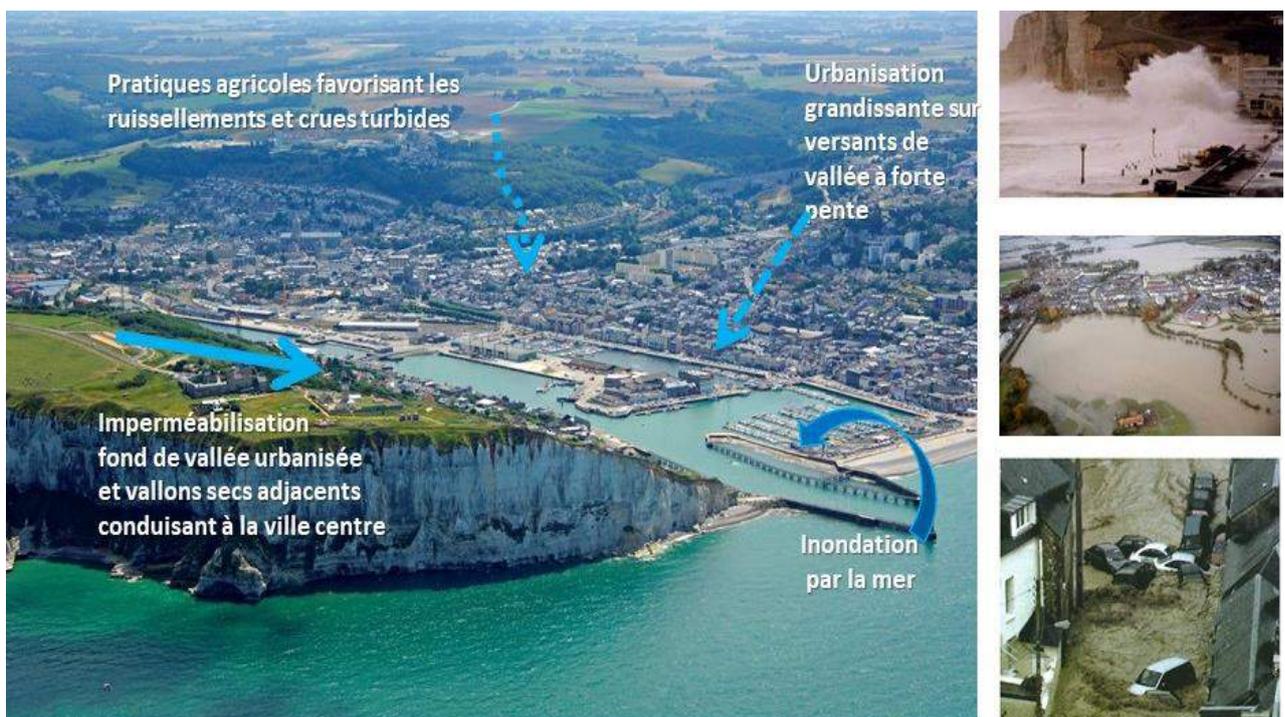
Financement : Région Normandie et Fondation de France

Partenaires scientifiques :

- **Chef de file** du projet Laboratoire Laboratoire LETG-Caen Géophen ; Équipe : S. Costa; D. Delahaye ; O. Maquaire; M. Mejdkan; O. Cantat; R. Davidson
- **Partenaire (2)** : Laboratoire : CIREVE Equipe : Philippe Fleury-Sophie Madeleine, C. Morineau; N. Lefebvre; S. Gorzkowski (DSI) Equipe de recherche : Plateau technique rattaché à l'UFR Humanités & Sc. Sociales
- **Partenaire (3)** : Laboratoire : Laboratoire IDEES Caen, David Gaillard
- **Partenaire (4)** : Laboratoire : M2C Rouen-Caen: : Benoit Laignel, Imen Turki, Nicolas Massei, Matthieu Fournier (Rouen), Franck Garestier, Laurent Froideval
- **Partenaire (5)** : Laboratoire LGO Univ de Bretagne. Equipe France Flock et Christophe Delacourt
- **Partenaire (6)** : LETG Dinard EPHE Dinard. Equipe Dorothée Jame, Samuel Etienne, Antoine Collin

Contexte de l'étude : pourquoi les villes côtières

- Populations préférentiellement implantées à proximité du littoral et dans zones basses (débouchés)
- Ville côtière = catalyse tous les problèmes hydrologiques (notamment Normandie) (topographie basse, versants de vallée à fortes pentes, imperméabilisation (fond de vallée, versant, vallons secs), pratiques agricoles sur ensemble du BV
- Acceptation sociale difficile notamment lors de la présentation de documents réglementaires



Objectifs du projet :

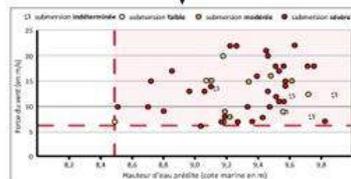
- Améliorer la connaissance de l'aléa actuel « inondation marine et continentale »
- Etudier et cartographier l'évolution de ces phénomènes dans le cadre d'un changement climatique et d'une élévation du niveau marin induite (modélisations numériques),
- Diffuser les résultats auprès des acteurs : par un outil novateur (la réalité virtuelle et augmentée) :
 - . « vivre ou revivre » les aléas actuels et futurs
 - . « se promener » dans le paysage, voire dans la possible ville côtière de demain.
 - . 4 sites (Vallée de la Saône, Etretat, Villers-sur-mer, Lancieux)

3 étapes :

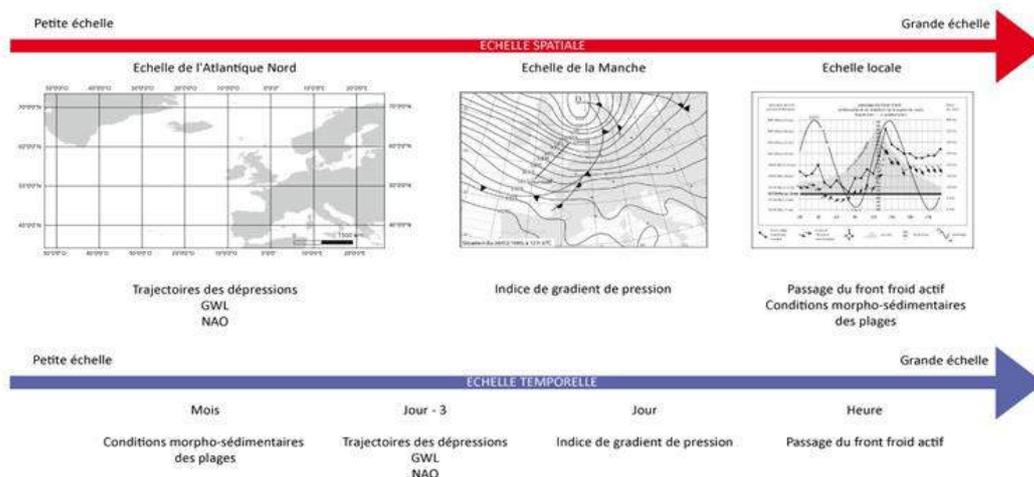
1^{ère} étape : Approche Historique (recensement des événements) et définition des facteurs responsables du déclenchement



Passage de l'information locale aux seuils marégraphique et anémométrique locaux

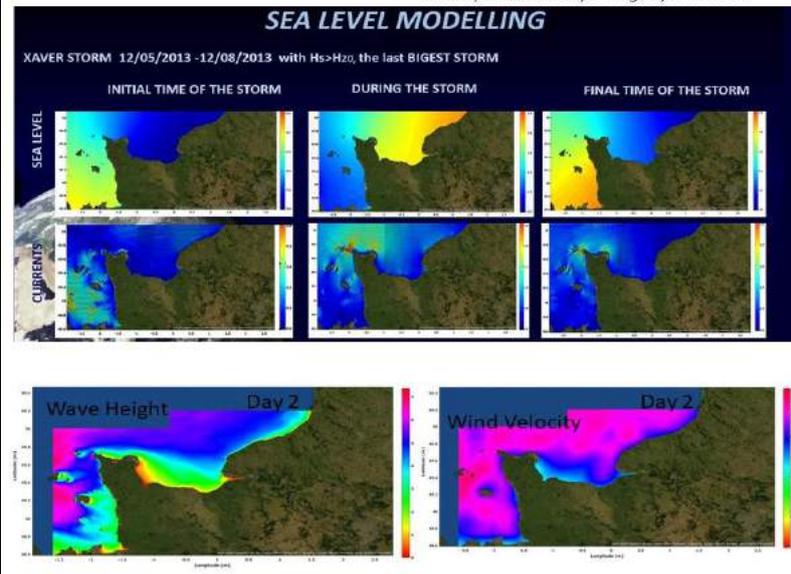


L'intensité des submersions ne s'expliquant pas en lien avec l'intensité des facteurs vent et hauteur d'eau
⇒ d'autres facteurs influencent la survenue et l'intensité de la submersion

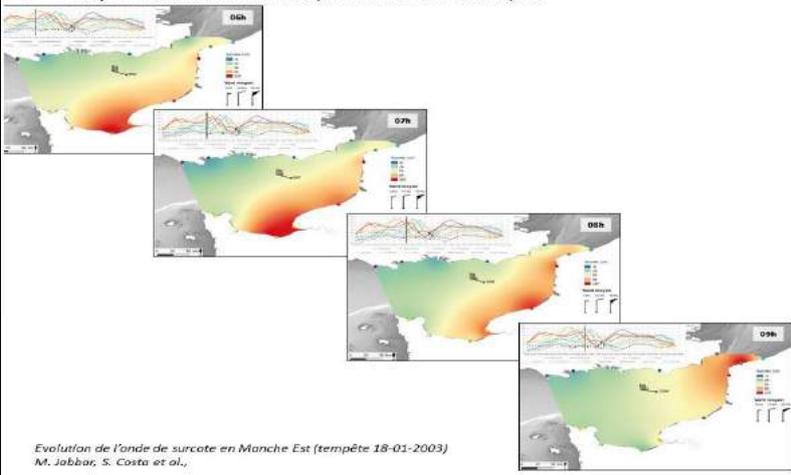


2^{ème} étape : Modélisation des phénomènes historiques

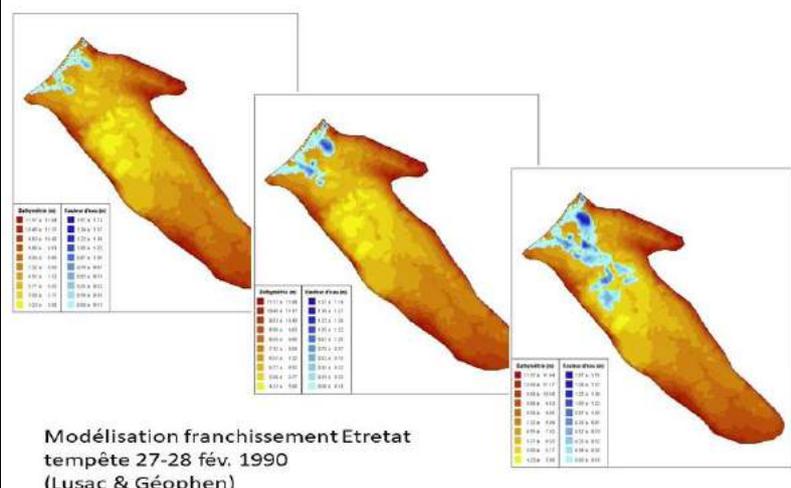
L. Turki, D. Itir Dilmen, B. Laignel, In Raiv Cot



2^{ème} étape : Reconstitution des phénomènes historiques



2^{ème} étape : Modélisation des phénomènes historiques, puis avec 1 m d'élévation du niveau des mers pour scénarisation et diffusion réalité virtuelle



- **3^{ème} étape** : Scénarisation, diffusion, appropriation de l'aléa inondation par la réalité virtuelle et augmentée (CIREVE-Centre interdisciplinaire de Réalité Virtuelle) : S. Madeleine, Ph. Fleury, N. Gautier, N. Lefevre, Ch. Morineau, A. Tiller, E. Leroy du Cardonnoy



- **4^{ème} étape** :
(1) Réflexion collective sur la ville côtière possible de demain par la réalité virtuelle et augmentée (vallée de la Sâne) : collaboration Projet reconnexion Sâne : Conservatoire du littoral, AESN, Syndicat de Bassins, Région, Département 76
(2) Promenade en réalité virtuelle (« en drone ») dans la ville possible de demain



Projet territorial de la Saône (76)

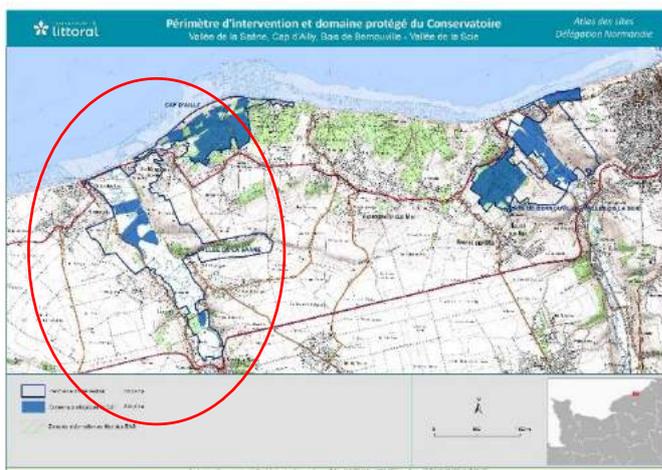


Vallée de la Saône © Conservatoire du littoral – Frédéric Larrey

Le Conservatoire du littoral, anime, coordonne le projet territorial de la Saône depuis plusieurs années. Les objectifs sont identifiés depuis le début de l'écriture du projet territorial :

- Intégrer la question des risques (inondation et submersion) car le site est vulnérable (inondé à plusieurs reprises dans les années 90 et submergé en 1977)
- Maintenir l'attractivité économique du site (notamment le camping de Quiberville),
- Restaurer la biodiversité du site et notamment les zones humides (reconnexion terre-mer).

Le site de la basse vallée de la Saône

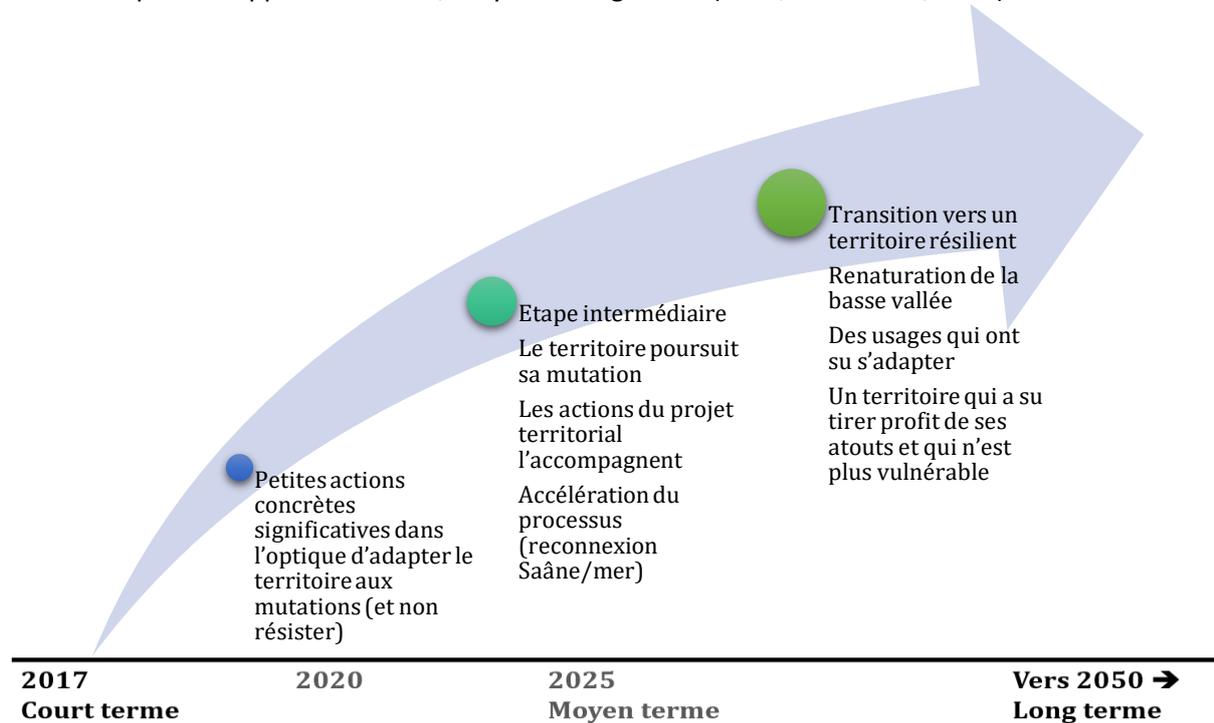


Un extrait de l'approche paysagère

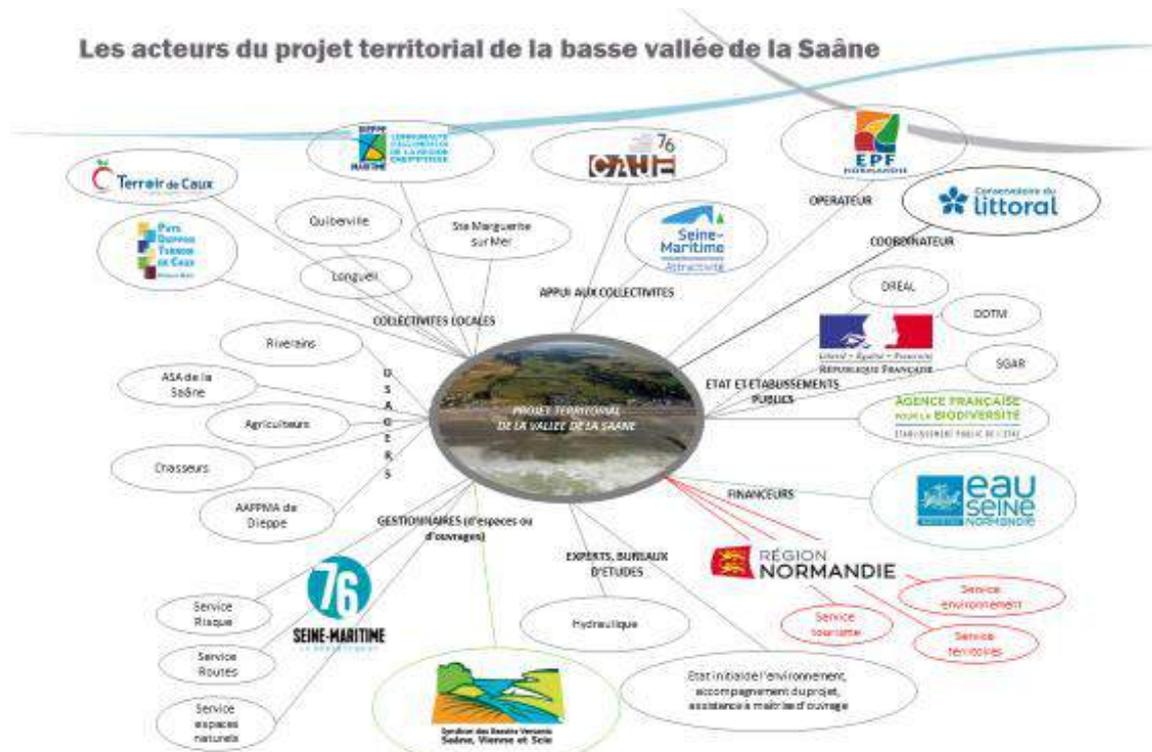


Au-delà des approches classiques de « diagnostic », il a également été fait appel à un prestataire (Atelier de l'île) en paysage afin d'identifier, de révéler le site et ses potentialités

Le projet se décline de manière opérationnelle à travers une recombinaison spatiale par séquences. Il se décline par une approche à court, moyen et long terme (2020, 2025-2030, 2050).



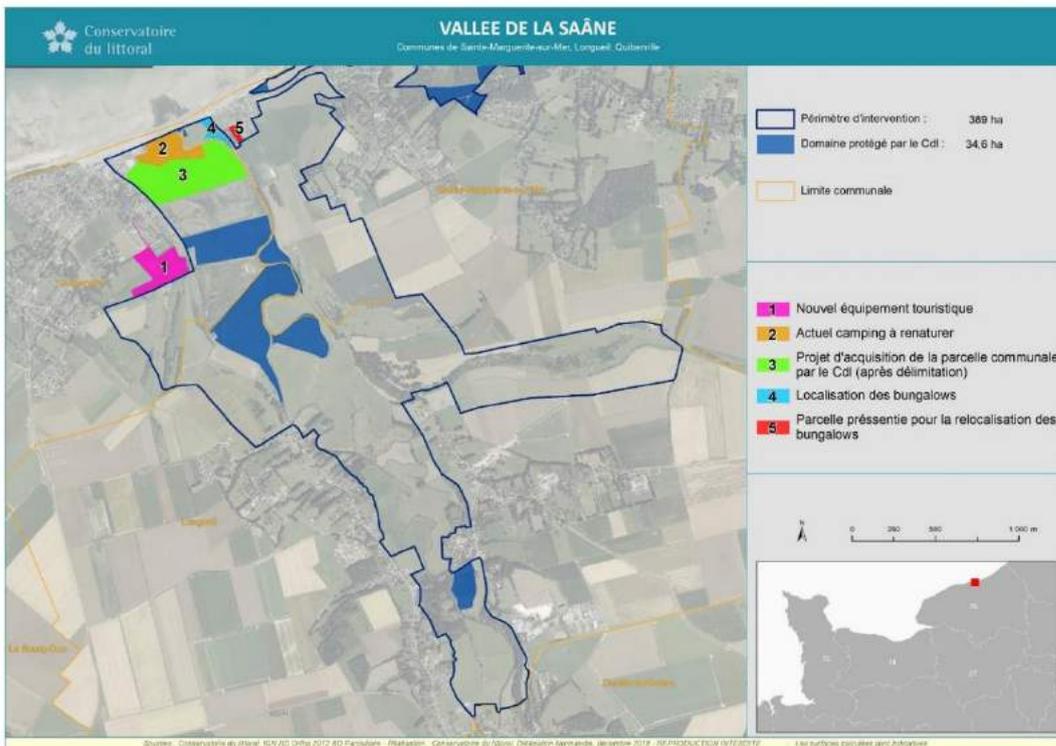
Les acteurs du projet territorial de la basse vallée de la Saône



Le Conservatoire a mené une large concertation locale. Les collectivités locales se sont réparties les opérations en fonction de leur compétence. Un chronogramme a été esquissé fin 2018 afin d'envisager les séquences de mise en œuvre du projet (il sera mis à jour prochainement).

2018	2019		2020	2021	2022	2023	2024	2025
S O N D	J F M A M J J A S O N D							
Faisabilité du nouveau camping								
	Mise en œuvre du nouvel équipement touristique							
			Ouverture du nouvel équipement touristique					
			Renaturation du site du camping					
Concertation/ négociation sur la relocalisation des bungalows								
		Mise en œuvre de la relocalisation des bungalows						
			Renaturation du site des bungalows					
Résultats de l'étude de faisabilité de la reconnexion de la Saône à la mer								
	Etudes réglementaires et complémentaires avant travaux							
						Travaux de reconnexion		
Travaux hydrauliques connexes								
Acquisitions des terrains de la basse vallée par le Cdl en fonction des opportunités foncières								
		Assainissement collectif Longueil						
							Intégration paysagère, interprétation du site, etc.	
Accompagnement à la définition et la mise en œuvre du projet territorial								
Projet Interreg PACCo								
	Animation, coordination du projet							

Voici les séquences de mise en œuvre du projet territorial avec la création du nouvel équipement touristique préalable à la mise en œuvre du reste du projet :



A l'issue de la création du nouvel équipement touristique toutes les (autres) phases (et actions) du projet se mettent en œuvre :

- Déconstruction de l'actuel camping et renaturation du site par l'EPFN (Etablissement Public Foncier de Normandie)
- Acquisition de la parcelle (renaturée) par le Conservatoire du littoral
- Construction du pont cadre (maitre d'ouvrage de l'étude préalable le Syndicat des Bassins Versants Saône Vienne & Scie) appui financier à 80 ou 100% de l'AESN (Agence de l'Eau Seine Normandie)
- Déconstruction de l'actuel épi-buse
- Restauration de la biodiversité

A l'issue de ces étapes :

- L'attractivité économique du site est maintenue voire renforcée (évolution de l'offre),
- Les risques sont diminués : moins d'enjeux exposés avec le départ de l'actuel camping,
- La sur inondation est revue à la baisse avec la création du pont cadre,
- L'intrusion marine est gérée avec une ouverture à la mer de 10 mètres,
- La reconnexion terre-mer restaure la biodiversité du site,
- Etc.

Il s'agit à la fois d'un projet territorial et de recomposition spatiale qui intègre de nombreux aspects dont le principal est l'adaptation au changement climatique.

Le projet territorial de la Saône c'est :

- L'appui de l'Agence de l'Eau Seine Normandie et la Région Normandie.
- La coordination des services de l'Etat (Sous-Préfecture, DDTM et son Service Territorial, la DREAL, le SGAR),
- Les études préalables de la reconnexion à la mer réalisée par le Syndicat des bassins Versants Saône Vienne & Scie,
- L'engagement des partenaires institutionnels tels que le Département de Seine Maritime, de la Communauté de Communes Terroir de Caux,
- Les échanges au quotidien avec les 3 communes concernées par le projet : Quiberville, Sainte Marguerite et Longueuil,
- De l'écoute des associations locales ou des propriétaires de la basse vallée (ASA)
- Etc.

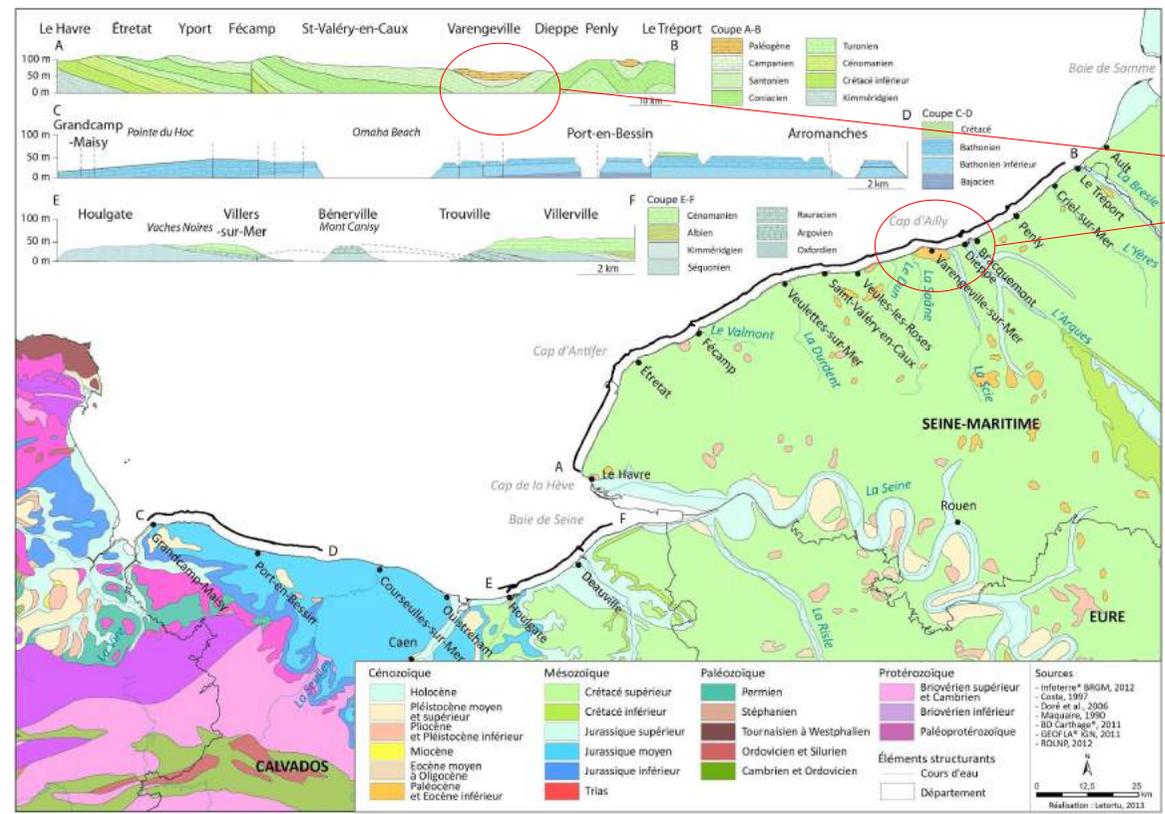
Une communication dédiée a été mise en œuvre : ateliers locaux, lettres d'information, affiches. Pour en savoir plus, site web du Conservatoire du littoral : <http://www.conservatoire-du-littoral.fr/117-projets-de-territoire.htm>

En conclusion :

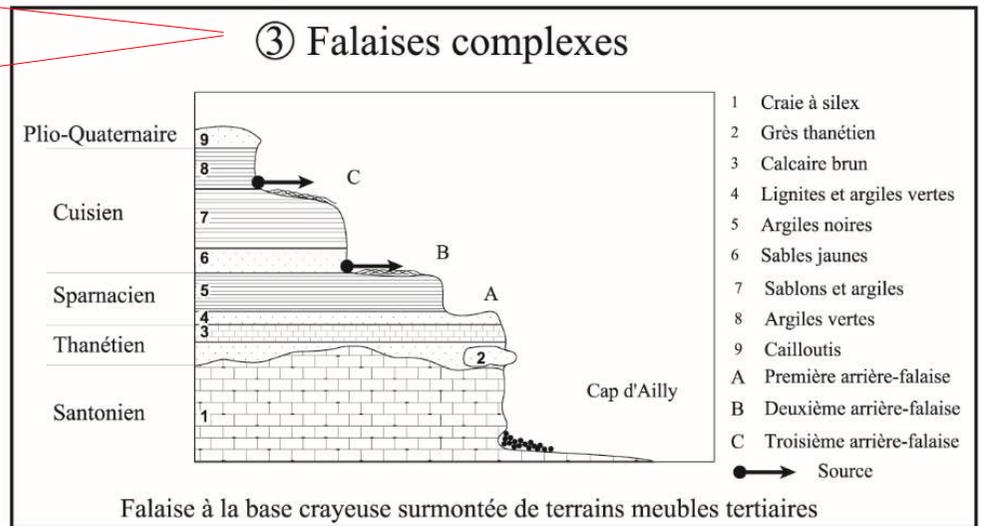
Nous sommes dans la phase pré-opérationnelle, la première action à financer est le nouvel équipement touristique de Quiberville. La recherche de financement est passée par le montage d'un projet Interreg PACCo. Le contexte du Brexit rend ce projet délicat voire impossible.

La démarche repose désormais sur la recherche de financements franco-français « classiques » Etat, Région Normandie, Département de la Seine Maritime, etc.

La côte aux Hérons : une géologie particulière favorable aux phénomènes d'écroulement/glissement



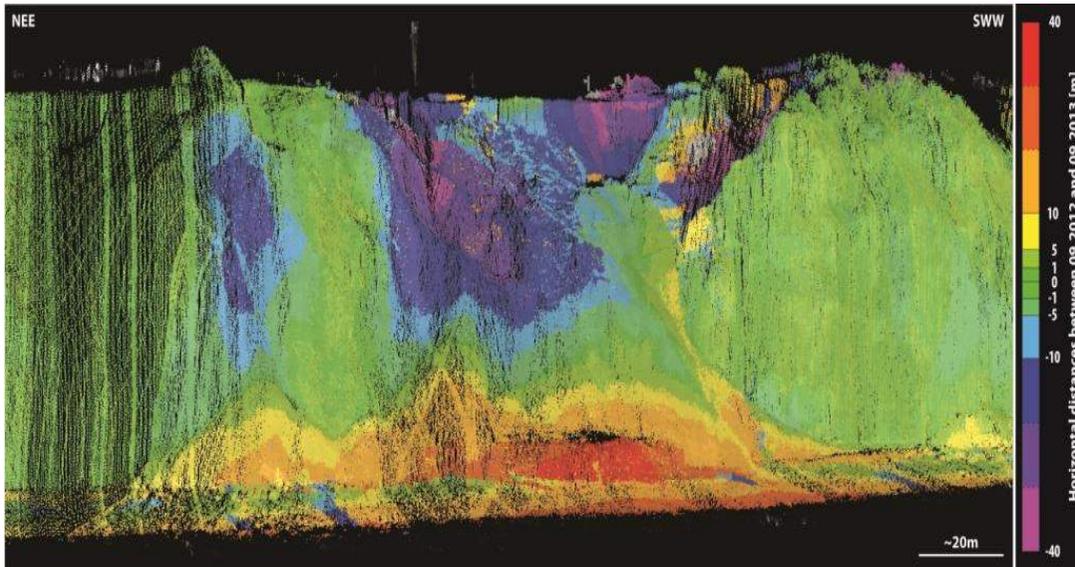
- La présence d'un lambeau de terrains sablo-argileux d'âge tertiaire surmontant les craies



- Mais deux modes de disposition :



Evolution de la falaise par écroulement des craies et/ou par vidange de poches sablo-argileuses



Volume perdu entre sept 2012 et sept 2013 (40m et plus de 120 000 m3).
Lidar mobile Lausanne - LETG Caen (Michoud et al., 2013)

Un phénomène qui n'est pas récent



Et portant une piste de ski en haut de falaise en 1967 !

La falaise tremplin de futurs champions ?

DU SKI EN TOUT TEMPS FACE AU GOLF DE DIEPPE



Dans un cadre presque montagnard, les membres de l'équipe de France se sont essayés sur la piste dieppoise.



Informations Dieppoises 18 avril 1967

Eboulement majeur sur Dieppe le long de la RD 75

Le constat

Le 20 décembre 2012, un éboulement impacte la falaise littorale située à quelques hectomètres au sud-ouest de Dieppe, en direction de Pourville-sur-Mer. Cet éboulement, d'un volume estimé entre 20 000 et 30 000 m³, a généré la formation d'un cône d'éboulis s'étalant sur une longueur de plus de 100 m en direction de la mer, pour une épaisseur maximale estimée à 5 m. A cet endroit, la falaise crayeuse présentait avant l'évènement une hauteur de 45 m environ. Les blocs de craie se sont propagés sur une distance plus de deux fois supérieure à la hauteur de la falaise, ce qui est exceptionnel.

L'éboulement de la paroi crayeuse a engendré la mise en déplacement des formations tertiaires sus-jacentes à la craie sous la forme d'un impressionnant glissement de terrain de plus de 100 000 m³. Entre 2012 et 2014, le glissement de terrain a entraîné un recul maximal de plus de 40 m, et celui-ci continue à évoluer.



Figure 1 : Zone de propagation des éboulis sur le platier en décembre 2012 (BRGM)



Figure 2 : Glissement de terrain en avril 2014 (BRGM)

L'absence de craie à l'arrière de la partie de falaise éboulée indique la présence d'un volume conséquent de matériaux meubles à l'arrière de la masse crayeuse écroulée. D'après les géométries de ces dépôts argilo-sableux, déposés sous forme de « poches » dans la craie, cet éboulement résulte très probablement d'une surpression hydraulique qui s'est progressivement accumulée dans ces matériaux suite à un deuxième semestre 2012 très pluvieux, et qui a finalement fait céder un pinacle de craie.

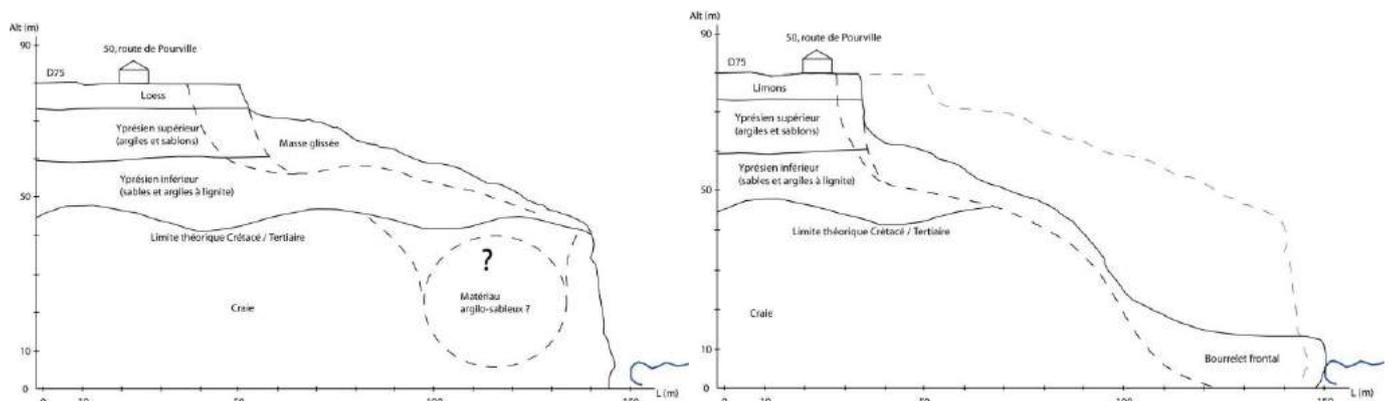


Figure 3 : Coupes schématiques simplifiées (SSW/NNE) du versant avant et après rupture (BRGM, 2013)

A la suite du constat la DDTM et le BRGM ont lancé une étude afin de connaître la probabilité d'occurrence d'autres événements similaires, dans une zone accueillant aujourd'hui de nombreux enjeux (route départementale, maisons d'habitation, lycée, complexe sportif, golf, etc.), les objectifs suivants ont été fixés :

- Compréhension du phénomène en cours et définition de son extension maximale à terme ;
- Caractérisation de l'aléa de recul du trait de falaise côtière à différentes échéances ;

Pour ce faire, différents travaux et méthodes, dont certaines ont été développées pour l'occasion, ont été réalisés sur :

- La falaise : étude des caractéristiques intrinsèques à la falaise ; étude des moyennes de recul passé et des modalités de recul ; étude des formations couvrant la tête de versant ;
- La géologie à l'arrière du trait de falaise : croisement de méthodes géophysiques (8 profils sismiques et levé gravimétrique à la maille de 15 m (1003 stations)) dans le but de délimiter l'extension de la poche argilo-sableuse à l'origine de l'éboulement de falaise ayant eu lieu en décembre 2012 et de détecter et localiser la présence d'éventuelles autres poches argilo-sableuses sur le secteur ;
- La dynamique sédimentaire ;
- L'impact anthropique.

Les investigations sismiques ont permis de mettre en évidence une couche de surface tabulaire et argilo-sableuse coiffant les assises tertiaires en place d'environ 30 m d'épaisseur. Les profils sismiques ont également mis en évidence une couche profonde pouvant correspondre aux bancs de craie peu altérée. De manière plus ponctuelle, il a été détecté des anomalies de vitesse des ondes P (V_p faible < 1000 m/s) pouvant être interprétées comme des « poches » de remplissage de limons argileux. Des discontinuités verticales, identifiées comme failles, bordant les anomalies de vitesse décrites précédemment.

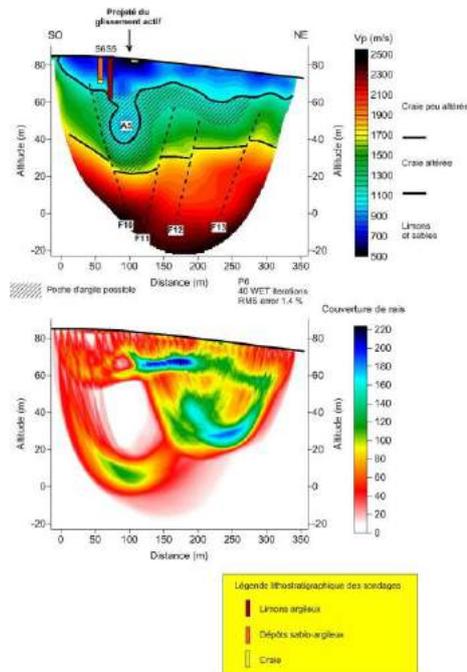


Figure 4 : Exemple de modèle de vitesse d'ondes P obtenu par tomographie sismique réfraction (BRGM)

Les investigations gravimétriques ont mis en évidence des zones d'anomalies fortement négatives supposées correspondre à des épaisseurs de craie peu altérée, et des anomalies positives correspondant probablement aux « poches » de remplissage argilo-sableux.

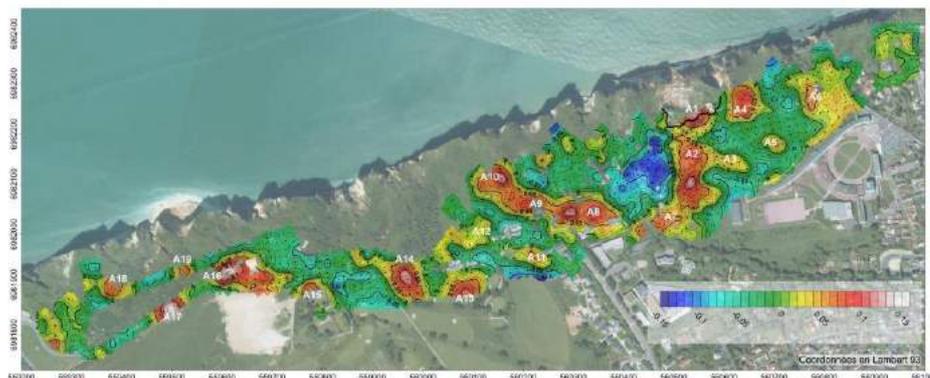


Figure 5 : Anomalies positives et négatives mises en évidence par les investigations gravimétriques (BRGM)

Les interprétations présentées ci-dessus ont été validées par la réalisation de forages.

Les données acquises durant l'étude ont permis de définir un zonage de péril « imminent » puis 3 zonages à court (10 ans), moyen (50 ans) et long terme (100 ans).

La comparaison de ce nouveau zonage avec celui obtenu par l'analyse des reculs passés a mis en évidence l'importance des deux méthodes. L'analyse de reculs passés est une information importante à prendre en compte mais non suffisante sur des secteurs de morphologie plus complexe qui nécessitent une étude plus fine de la géologie et de la morphologie locale.

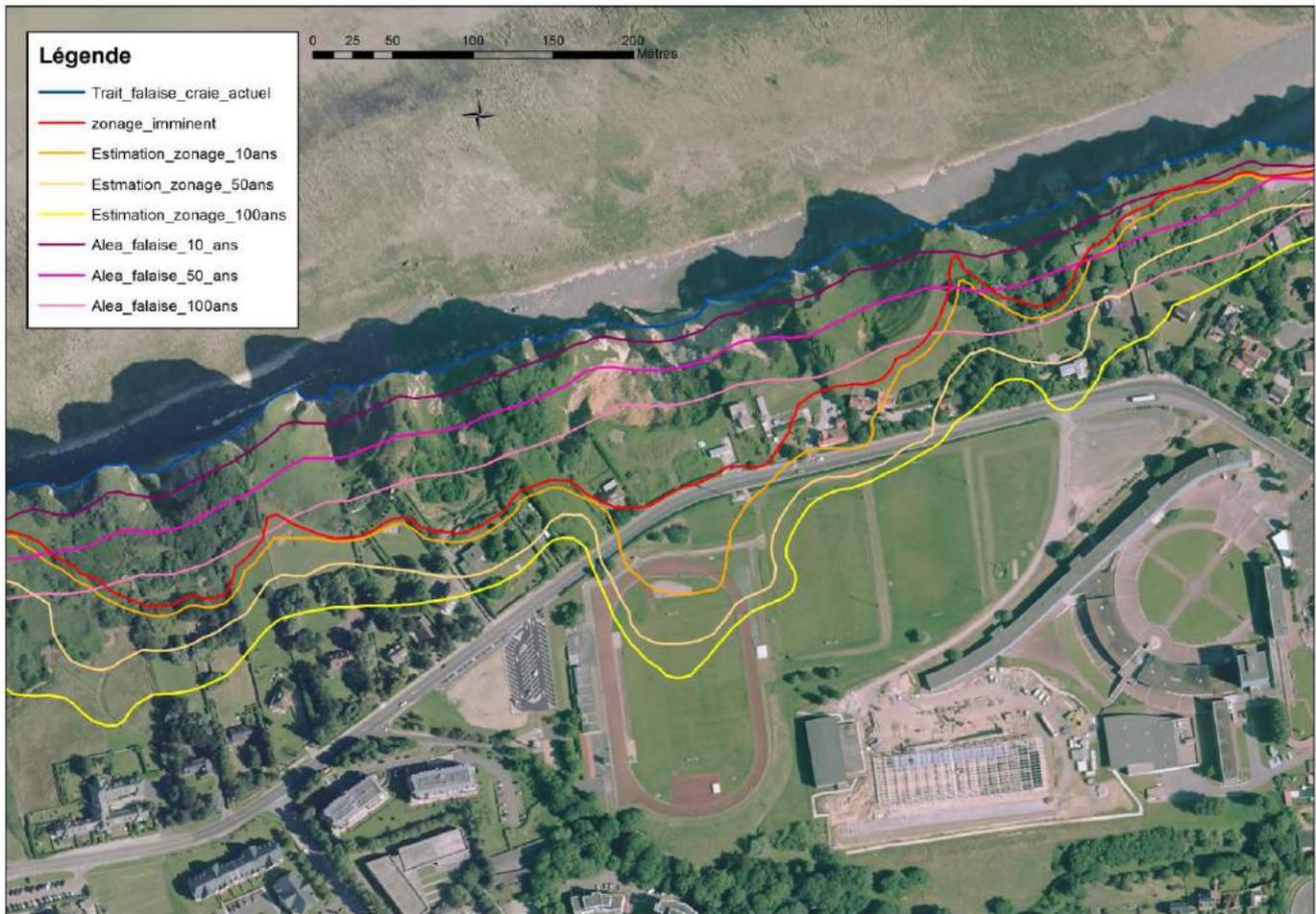


Figure 6 : Comparaison des résultats des deux méthodes de zonage. Les tracés violets sont obtenus par l'analyse des reculs passés, et les tracés rouge à jaune sont issus de la combinaison des résultats des méthodes géophysiques et de l'analyse des reculs passés. (BRGM)

En conclusion de l'étude, le BRGM affirme que :

- le glissement actif continuera à reculer sur un temps relativement long ;
- il n'existe pas de massif crayeux permettant d'endiguer ce recul ;
- d'autres phénomènes similaires se produiront à différents termes sur des secteurs proches du glissement actif ;
- il s'agit de phénomènes inéluctables et imparables ;
- il s'agit de phénomènes très dépendants des apports en eau. Le contrôle de l'eau en tête de falaise est donc primordial ;
- il sera nécessaire de réaliser un suivi régulier pour actualiser la carte d'aléa en fonction des dynamiques climatiques notamment.

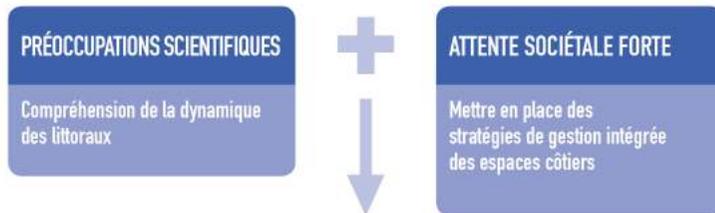
Le zonage réalisé constitue un outil d'aide à la décision pour la gestion du territoire prenant en compte l'ensemble des facteurs actuellement connus comme générant des instabilités.

La tempête Eléonor Janvier 2018 à Pourville



Introduction

Le projet RICOCHET s'intéresse à la gestion des aléas et des risques naturels, qui sont souvent **multiples et potentiellement concomitants** (érosion côtière et submersion marine pour le littoral, inondations, crues turbides, mouvements de versants pour le secteur arrière littoral). Dans un contexte de changements environnementaux et sociétaux globaux et locaux, ces menaces appelleront probablement la **relocalisation** des personnes et des biens qu'il convient d'anticiper.



Ce projet a vocation à répondre à des **questions de recherche fondamentale** (compréhension du fonctionnement et de la dynamique de la frange côtière), et **de recherche appliquée** pour d'apporter des **éléments de réponse à une demande sociétale forte** (gestionnaires des territoires).

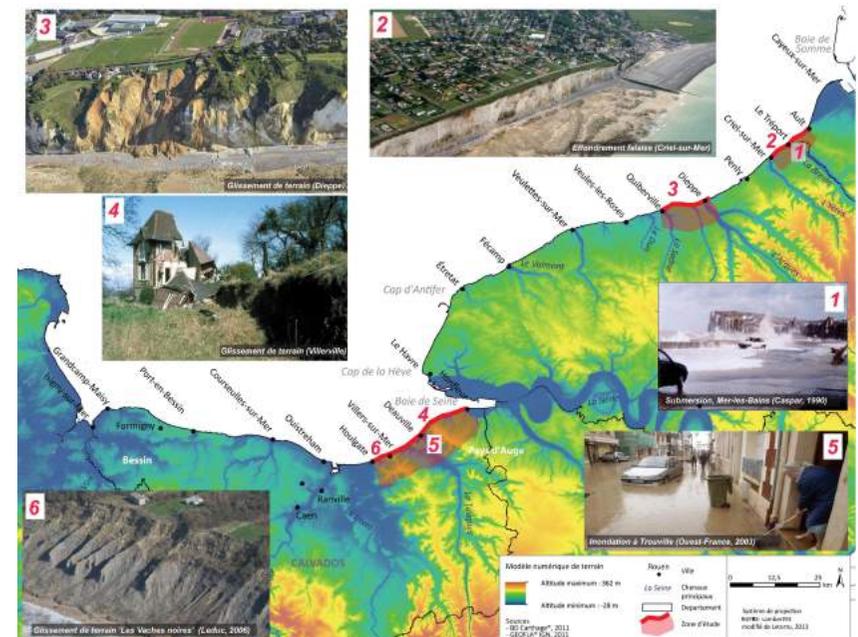
Objectifs. Sites de recherche.

Le projet RICOCHET a **trois objectifs principaux** :

- 1.) Mieux comprendre la **dynamique actuelle du continuum Terre / Mer** (arrière littoral / falaise / plage) et réaliser **le bilan des échanges de matière** ;
- 2.) Déterminer les **impacts multisectoriels du changement global** (climatiques, environnementaux et socio-économiques), de l'augmentation des tempêtes et de l'élévation du niveau moyen de la mer sur le fonctionnement du système falaise-plage, et de l'arrière littoral ;
- 3.) **Accompagner l'appropriation de la thématique du changement côtier par les élus locaux** et mieux cerner leurs préoccupations face aux impacts du changement global.

Trois territoires potentiellement **sensibles aux effets en cascade des aléas** ont été choisis : de Houlgate à Honfleur, de Quiberville à Puits et de Criel-sur-Mer à Ault.

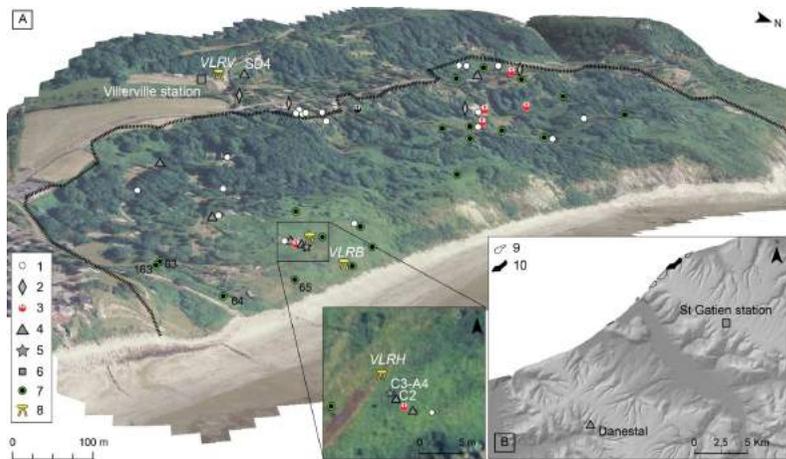
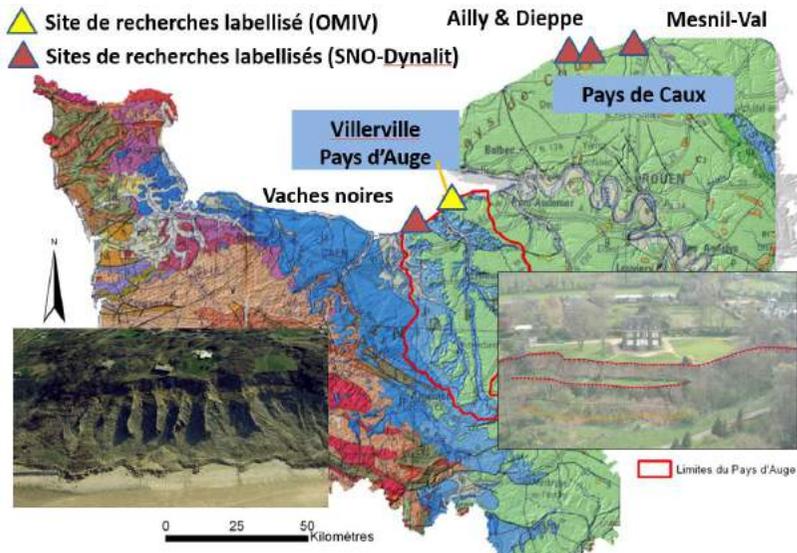
Ce projet se focalise sur des **côtes à falaises à reculs rapides** encadrant des vallées soumises aux inondations continentales et marines.



Observations à différentes résolutions spatiales et temporelles (chroniques de données, ...)

Des observatoires labélisés (INSU-OMIV, DYNALIT) :

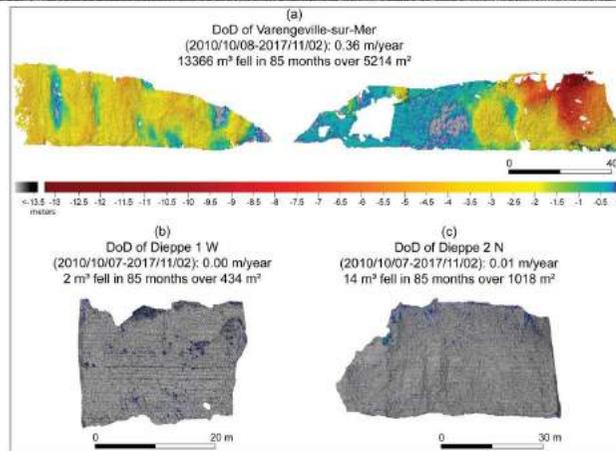
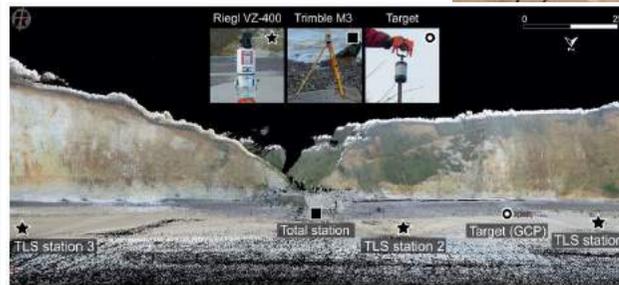
Suivi haute fréquence des secteurs sensibles



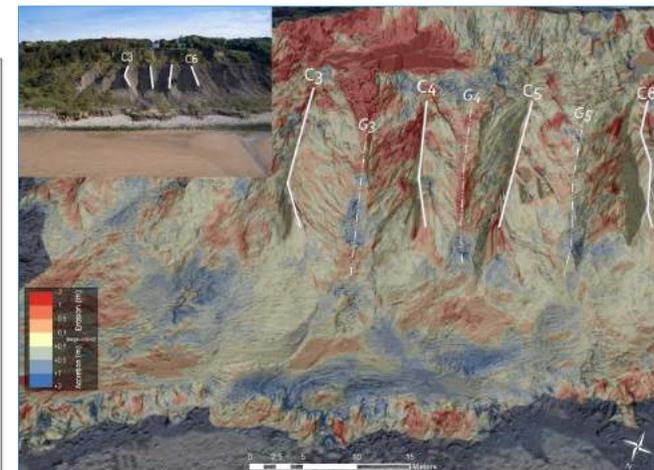
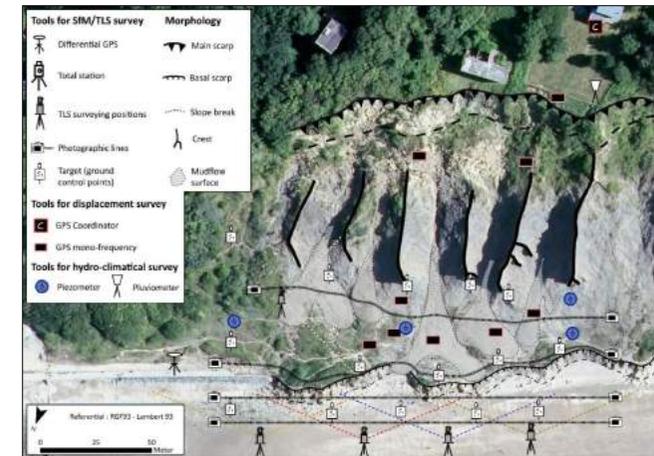
Observatoire OMIV : glissement de Villerville

Différentes méthodes et outils :

L'imagerie pour caractériser l'évolution des versants par photogrammétrie et lasergrammétrie : acquisitions pluri-annuelles (**taux d'ablation**)



Evolution des falaises du Pays de Caux par TLS entre 2010 et 2017



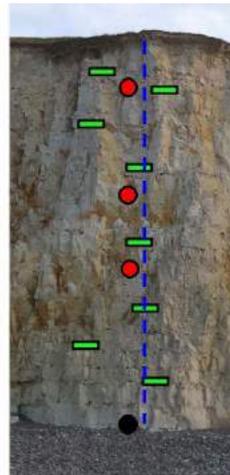
TLS et photogrammétrie : Comparaison des MNT (5cm) de mars 2015 à octobre 2017
 Juin 2015 aux falaises des Vaches Noires

Observations à différentes résolutions spatiales et temporelles (chroniques de données, ...)

Suivi multi-capteurs (Falaise de Sainte-Marguerite-sur-Mer) :

Observations de terrain avec **mesures simultanées** et à **haute résolution temporelle** (Novembre 2018-Décembre 2019) :

- **facteurs de forçage** - **Suivi hydrodynamique** (vagues, niveaux d'eau), météorologique (température), hydrologique (nappe, pression interstitielle, ...)
- **réponse de la falaise** (mouvements, fracturation) - **Suivi sismologique**
- **évolution morphologique** (recul, effondrements) - **Suivi topo et par caméra**



Dispositif multi-capteurs à Sainte-Marguerite-sur-Mer

Forçages marins :

Vagues, niveaux d'eau, chargement, impact

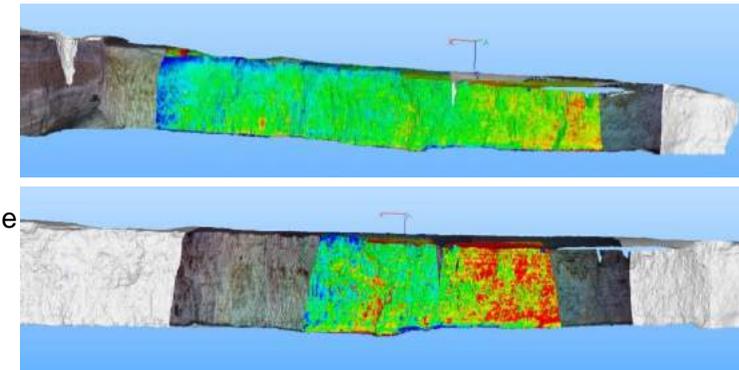
- **Capteurs de pression** (4 capteurs sur estran)
 - conditions de vagues (houle, IG, incident vs réfléchi)
 - niveaux d'eau (marée, vague à vague)
- **Caméra de suivi**
 - conditions d'agitation (qualitatif), synchronisation



Forçages continentaux :

Température, précipitations, hydrologie

- **Stations météo** (sommets de falaise)
 - précipitations, température, vent
- **Capteurs de température** (front de falaise),
 - température de paroi (gel, gradients)
- **Caméra thermique**
 - température de paroi, mesure spatialisée
- **Piezomètre** (sommets de falaise)
 - pour battement de la nappe
- **Fibre optique**
 - mesure de température spatialisée
 - infiltration, écoulements internes



Sismologie environnementale, mesure de la déformation

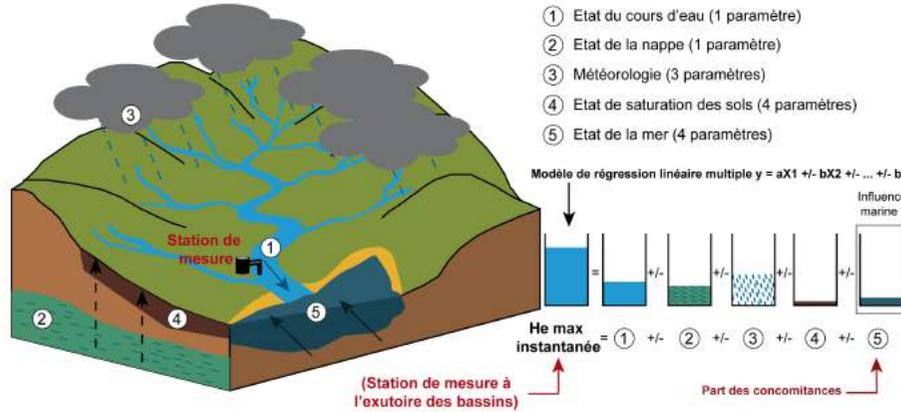
- **Sismomètre** (sommets de falaise)
 - capteur large-bande (120s - 100 Hz)
 - déplacement ('global') du sommets de falaise
- **Géophones** (front de falaise [3] et en sommets [1])
 - micro-fracturation
 - capteur 3 axes, 4,5 Hz,
 - mesure indirecte de changements (teneur en eau)
- **Extensomètres** (front de falaise)
 - déformation, mesure ponctuelle
- **Fibre optique**
 - mesure de déformation spatialisée



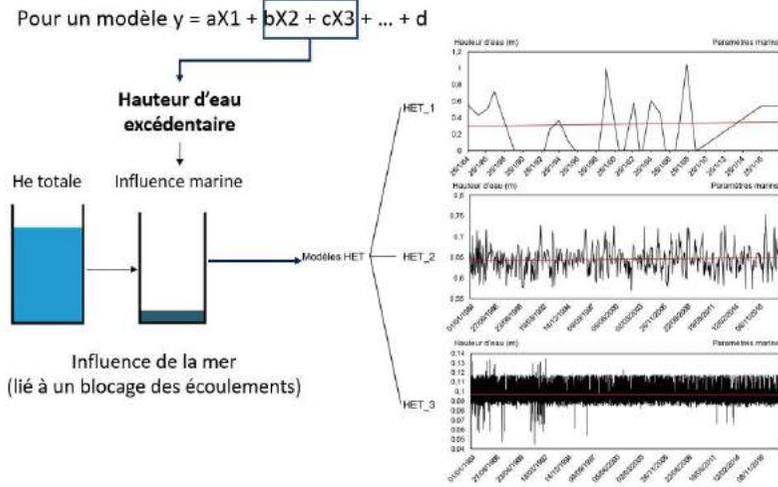
Scénarios de concomitances, Modélisation, ...

A. Données et méthode utilisée pour reconstituer les concomitances

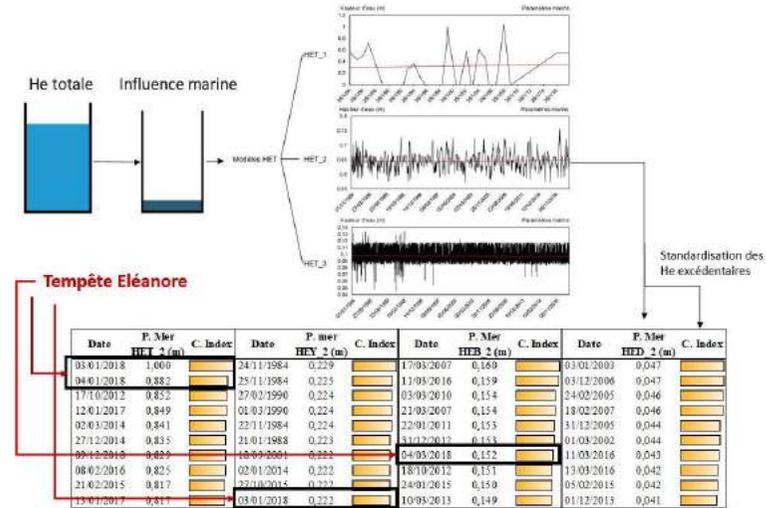
Réponse du bassin sur ~30 ans de données



B. Résultats des modèles de concomitance hydrologique

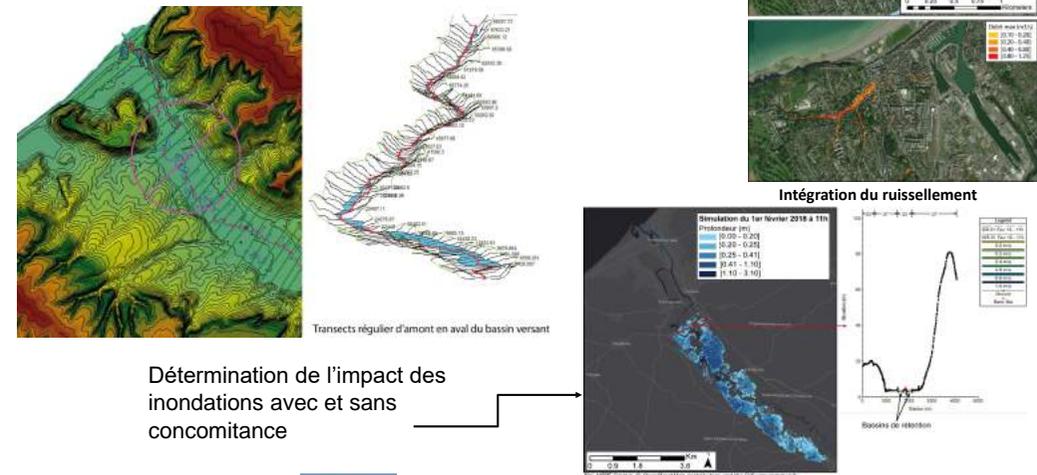


C. Création d'un indice de concomitance et analyse des concomitances les plus fortes



D. Reconstitution spatiale des concomitances

Modélisation spatiale sous HEC Ras à partir des données mesurées



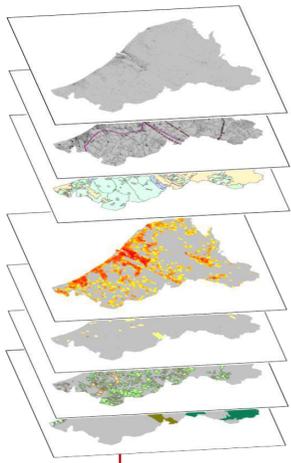
Source : Thèse de doctorat de Kévin Graff (en cours)

Caractérisation des éléments à risque à différentes échelles spatiales : évaluation des conséquences

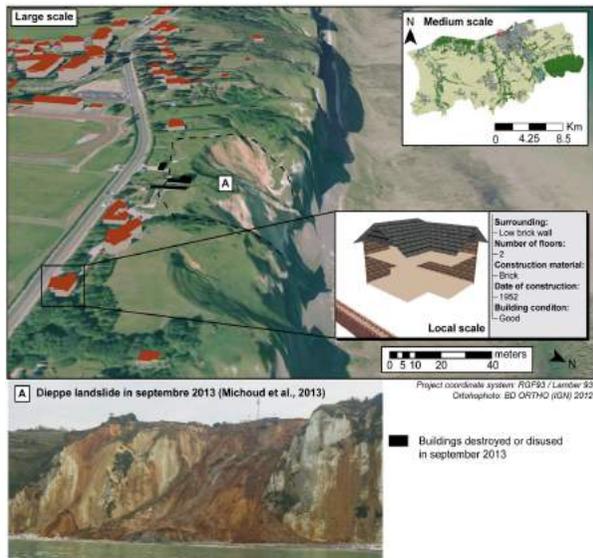
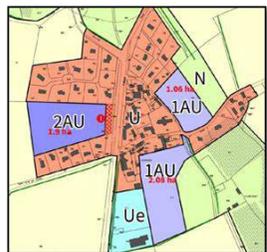
A. Caractérisation des EaR (éléments à risque)

Utilisation de multiples bases de données géographiques et approches multi-scalaires

Range	Source	Data provided	Update	M	L	I	
Global	Open Street Map (OSM)	1. Building (surface, function, type, name)	2018	•	•		
		2. Land use (surface, type, name)	2018	•	•		
		3. Natural area (surface, type, name)	2018	•	•		
		4. Places (surface, type, name)	2018	•	•		
		5. Network (type, name)	2018	•	•		
National (France)	IGN (BD TOPO®)	1. Traffic network (surface, type, name, state, etc.)	2017	•	•		
		2. Lifeline (type, tension, operating)	2017	•	•		
		3. Natural area (surface, type)	2017	•	•		
		4. Building (surface, height, function, type)	2017	•	•		
		5. Land use (surface, function)	2017	•	•		
National (France)	CdL	1. Protected area (surface, name)	2011	•			
		2. Land cover (type)	2011	•			
	RPG	1. Agricultural plot (surface, type)	[2007–2016]	•			
	National (France)	INSEE	1. Tiles 200*200 (population)	2010	•		
			1. Protected area (surface, type, name)	2017	•		
1. Land price (value)			2018	•			
Local	PLU/PLUi	1. Land use (surface, function)	[2007–2018]	•	•		



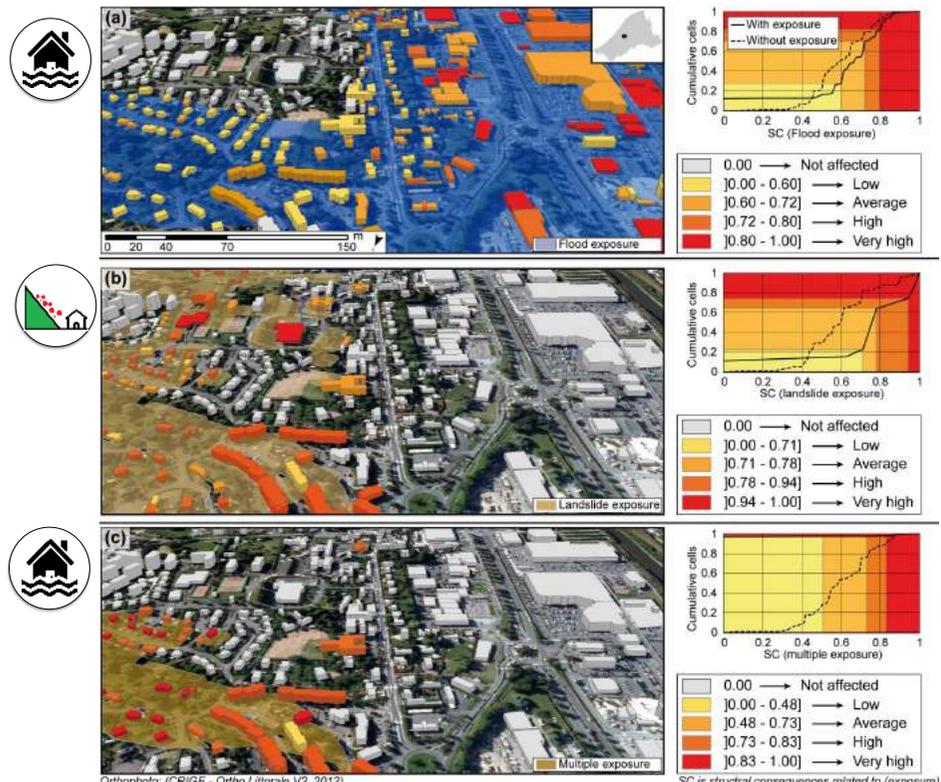
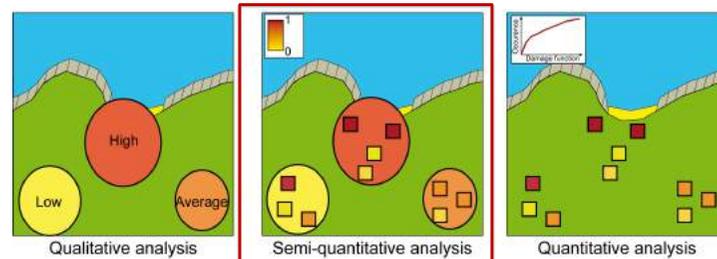
Intégration des Plans locaux d'urbanisme (PLU) dans la base de données



Source : Thèse de doctorat de Kévin Graff (en cours)

B. Quantification des conséquences potentielles

Analyse semi-quantitative orientée « indices » avec pondération (conséquences physiques, structurelles et fonctionnelles)

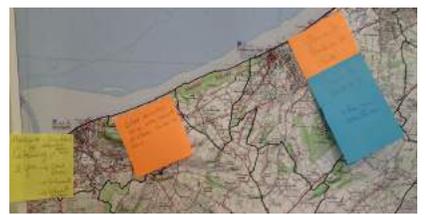


Formuler et partager les préoccupations des élus et des scientifiques sur les impacts du changement climatique sur les espaces côtiers

Animer des temps d'échanges constructifs entre acteurs locaux et « experts » impliqués dans Ricochet

→ Comités locaux

- Comprendre les enjeux / aléas locaux et leurs perceptions ;
- Fournir aux acteurs locaux les connaissances complémentaires ;
- Identifier les besoins en termes de recherche pour mettre en place une stratégie durable d'adaptation ;
- Favoriser une réflexion plus globale sur le caractère transposable / généralisable des résultats de Ricochet à d'autres territoires.



→ Comité global

- Favoriser l'échange d'expérience entre territoires et l'appropriation des résultats à l'échelle nationale ;
- Assurer le caractère transposable des résultats ;
- Communiquer à l'échelle nationale sur l'avancée de l'élaboration de l'outil d'aide à la décision et sur les difficultés rencontrées ;
- Communiquer sur d'autres expériences nationales sur le sujet.



Adapter Littosim à un territoire normand

Collaboration avec : Nicolas Becu (CNRS, La Rochelle), Elise Beck (Univ. Grenoble), Cécilia Pignon-Mussaud (Univ. La Rochelle), Marion Almaric (Univ. Tours), Nicolas Marilleau (IRD), Frédéric Rousseaux (Univ. Lyon)

Qu'est-ce que LittoSIM ?

Pour susciter la réflexion des participants, un atelier LittoSIM utilise un format original qui mobilise la modélisation scientifique et les techniques de jeu sérieux.

Une plateforme informatique reproduit les enjeux de gestion des risques littoraux et intègre une modélisation réaliste de la submersion marine. LittoSIM illustre les effets de diverses stratégies d'aménagement du territoire sur le risque de submersion



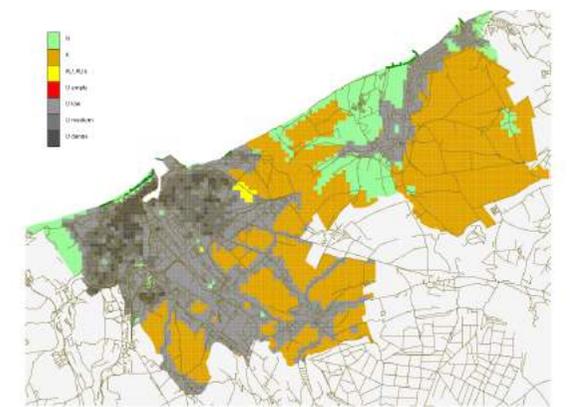
Gérez le risque de submersion !

Pendant un atelier LittoSIM, vous aménagez le territoire via une interface numérique, vous assistez à une simulation de submersion, vous analysez ses impacts, vous élaborez, discutez et testez des scénarios avec les autres équipes.

1/2 journée | 8 participants | 4 équipes | 1 équipe d'animation | Modélisation informatique



L'interface « Défenses côtières » du joueur de la commune de Criel



Occupation des quatre communes



Objectifs

Le programme de recherche Rivages normands 2100 a pour objectif de proposer des stratégies réalistes d'adaptation des activités socio-économiques sur le littoral de la Manche et du Calvados pour répondre aux impacts de l'augmentation des risques hydrogéologiques (inondation et salinisation) en lien avec l'élévation du niveau marin. Il repose sur l'étude en profondeur d'un nombre de sites de référence, sélectionnés pour leurs caractéristiques hydrologiques et socio-économiques. Ce projet est structuré à travers 4 objectifs :

- (1) Améliorer la connaissance de l'évolution des aléas hydrogéologiques (salinisation, inondations...) sur le littoral normand, en réponse aux changements climatiques à travers la modélisation hydrologique des sites caractéristiques instrumentés ;
- (2) Identifier à partir de ces modèles le rôle des mécanismes principaux selon les configurations morfo-hydrologiques ; extrapoler la connaissance à l'ensemble des territoires et produire une typologie des risques sur l'ensemble du littoral de Normandie occidentale es différents territoires ;
- (3) Analyser des trajectoires potentielles d'évolution socio-économique de ces territoires.
- (4) Proposer à partir des études conjointes hydrologiques et socio-économiques, les stratégies réalistes d'adaptation.

Méthodologie

La méthodologie est divisé en plusieurs phases :

- Phase 1 : Instrumentation de 5 sites d'études.
- Phase 2 : Suivi des sites avec mesures des niveaux d'eau et suivi hydrochimique.
- Phase 3 : Mise en œuvre, exploitation des modèles hydrologiques et géochimiques.
- Phase 4 : Identification des facteurs hydrologiques majeurs et de leur rôle.
- Phase 5 : Simulation de la saturation et de la salinisation des aquifères.
- Phase 6 : Typologie des territoires par vulnérabilité lié aux résultats des simulations.
- Phase 7 : Simulations socio-économiques des effets des inondations par usage.
- Phase 8 : Analyse des perceptions sociétales.
- Phase 9 : Propositions de stratégies d'adaptation.

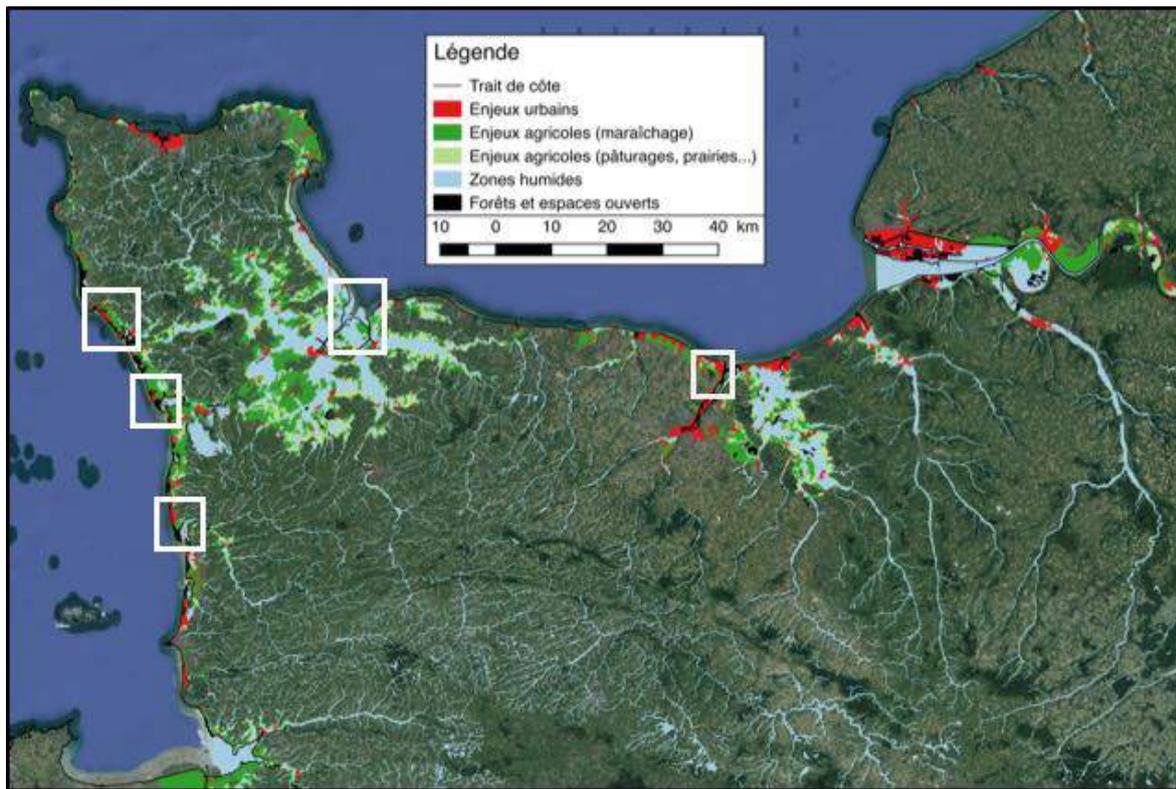


Figure 1 - Représentation des potentiels enjeux et identification des site d'études (rectangle blanc)

Résultats

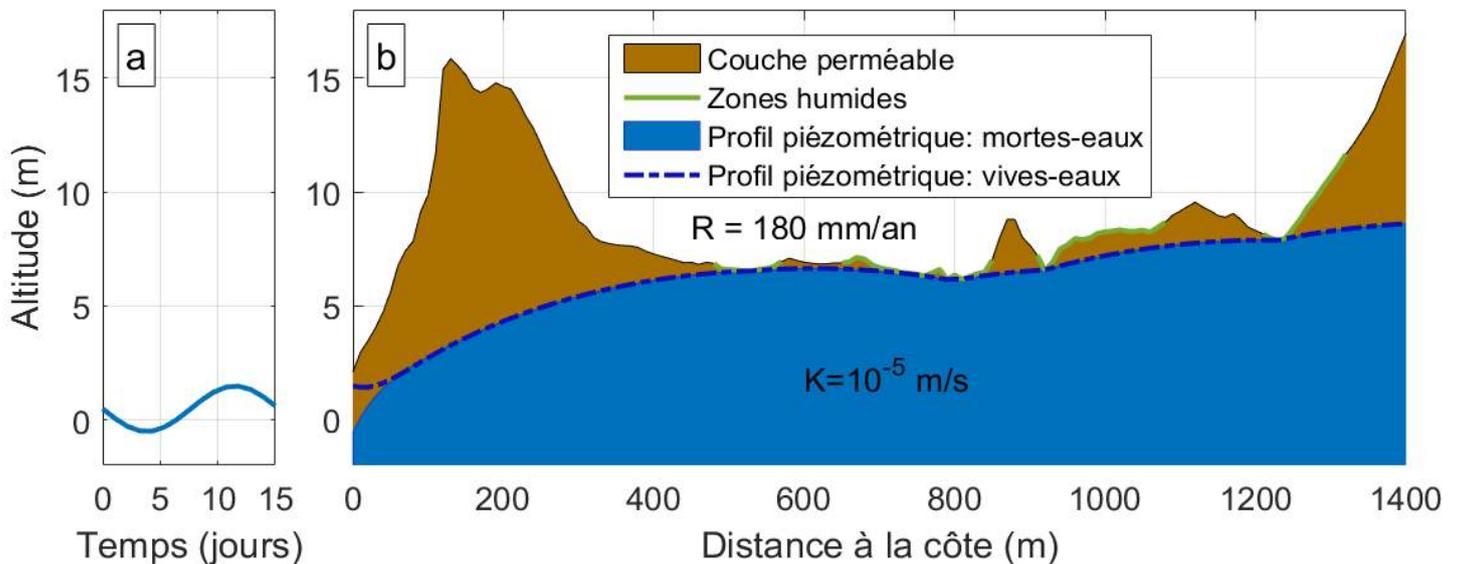


Figure 2 – a. Représentation du signal de marée correspondant aux périodes de vives eaux et mortes eaux. b. Représentation des profils piézométriques en période de vives eaux et mortes eaux dans l'aquifère de Bréville-sur-Mer impacté par une recharge R de 180mm

Les premiers résultats montrent que :

- La marée a très peu d'influence sur la dynamique de la nappe phréatique
- Les paramètres qui contrôlent l'apparition des inondations par débordement de nappe sont le niveau moyen de la mer et la quantité de pluie qui recharge les nappes phréatiques.
- Les écoulements souterrains venant du continent vers ces zones vulnérables sont non-négligeables dans la caractérisation de cet aléa.

Perspectives

- (1) Mise en place des sites d'études et mesures de terrain.
- (2) Réalisation de modèle 3D calibré sur les 5 sites de référence.
- (3) Exporter la connaissance acquise sur ces sites de référence à l'ensemble du littoral normand.
- (4) Exploration de l'impact sur ces systèmes des scénarios climatiques à l'horizon 2050/2100.

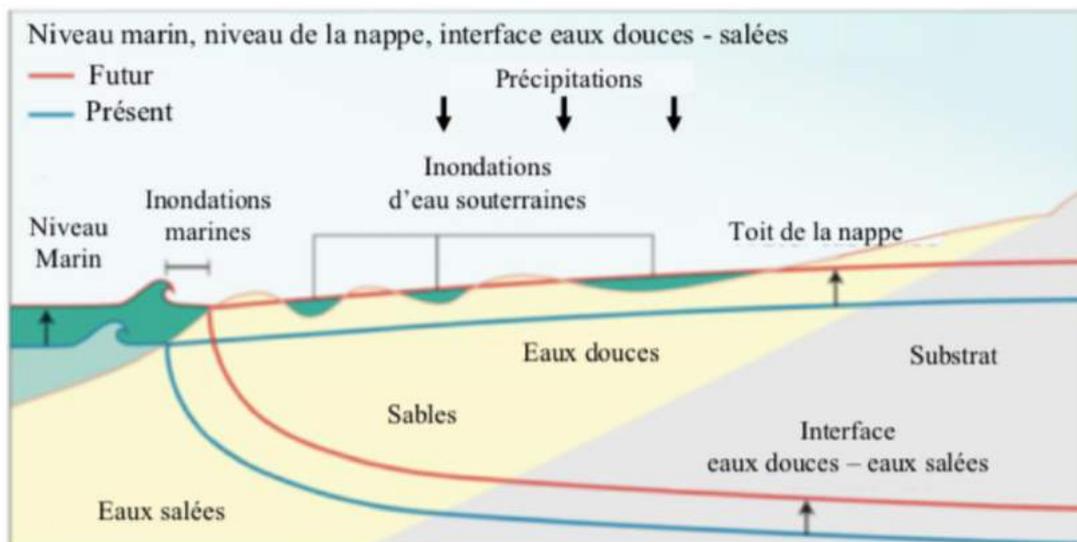
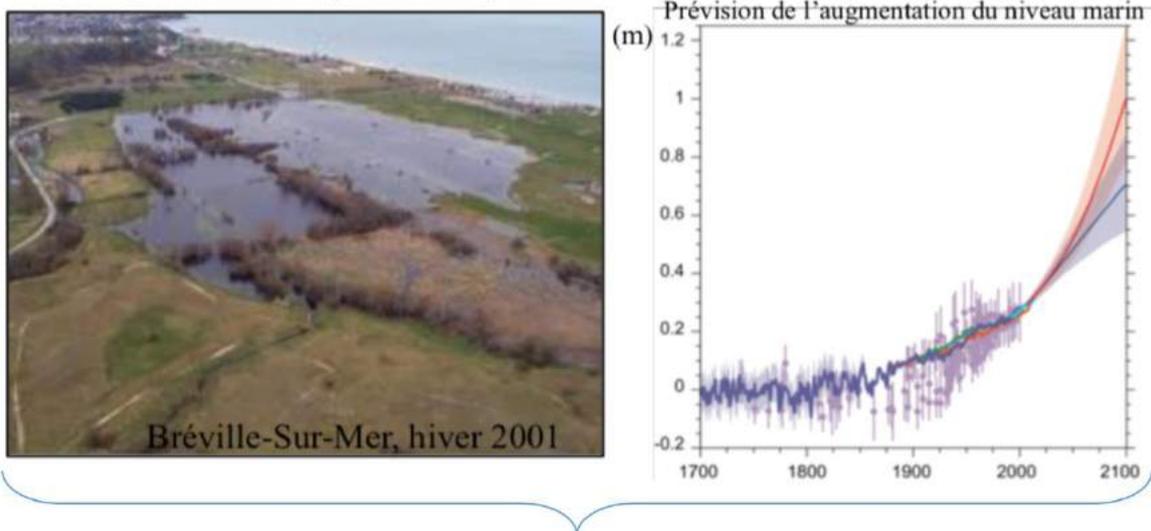


Figure 3 - Schéma conceptuel de l'impact des changements climatiques sur les aquifères côtiers.

Partenaires



Communauté de Communes



Ville de
Carentan les Marais
Argenteuil-Pain - Bécherel - Capellen - Fouville - Saint-Omer-de-la-Rivière - Saint-Pierre - Les Vais



Journée Scientifique du Trait de Côte - 25 juin 2019 - Dieppe
Liste des participants

Nom	Prénom	Structure, organisme et/ou fonction
Amalric	Marion	Université de Tours Laboratoire CITERES
Aubril	Pierre	Maire de Ravenoville et élu de la Baie du Cotentin
Belot	Christophe	DREAL Nouvelle Aquitaine
Bertin	Stéphane	IUEM Laboratoire Géosciences Océan
Bloc	François	Maire de Quiberville
Boudaud	Léonie	Assemblée Nationale - Collaboratrice du député Stéphane Buchou
Boulier	Patrick	Président de la communauté d'agglomérations de Dieppe
Buchou	Stéphane	Député de Vendée, président du CNS de la SNGITC
Costa	Stéphane	Université de Caen (LETG Caen géophen)
David	Julie	Secrétaire générale de la sous-préfecture de DIEPPE
De Pins	Charlotte	DGALN/DEB/ELM2
Dejean De La Batie	Hubert	Vice Président de la Région Normandie
Devulder	Valérie	Réseau d'Observation du Littoral de Normandie et des Hauts-de-France
Duboscq	Christel	DREAL de Normandie
Fleury	Ronan	DDTM 50
Gaillet	Nicolas	Communauté d'agglomérations de Dieppe
Gauvain	Alexandre	Géosciences Rennes
Gouguet	Loïc	Office national des forêts
Grandjean	Gilles	BRGM
Gruet	Arnaud	DDTM 76 Service de Dieppe
Hédou	François	Cerema
Henri	Juliette	Région Normandie coordinatrice Pôle eau, littoral mer
Hermant	Pauline	Association Nationale des Elus du Littoral
Huguet	Emile	DGALN/DEB/ELM2
Lacoste	Jean Philippe	Conservatoire du littoral (directeur-Normandie)
Langlois	Nicolas	Maire Dieppe
Leymarie	Régis	Conservatoire du littoral (directeur Adjoint Normandie)
Lopin	Maëlys	Réseau d'Observation du Littoral de Normandie et des Hauts-de-France
Lucari	Thibaut	DGALN/DEB/ELM2
Madeleine	Sophie	Université de Caen (CIREVE)
Maquaire	Olivier	Université de Caen (LETG Caen géophen)
Mejecaze	Remi	DGALN/DEB/ELM (adjoint à la sous-directrice de la protection et de la restauration des écosystèmes littoraux et marins)
Meunier	François	DDTM 50
Monod	Kathleen	DGALN/DEB/ELM2
Morand	Sabine	DGALN/DEB/ELM2
Nalin	Clément	Parc Régional Cotentin-Bessin et SAGE Douve taupe
Pagny	Julie	Réseau d'Observation du Littoral de Normandie et des Hauts-de-France
Pain	Guillaume	DDTM76
Ruysschaert	Frédéric	DGALN/DEB/ELM2
Savary	Laetitia	DREAL Normandie
Thibault	Jean-Pierre	CGEDD, appui mission parlementaire Stéphane Buchou
Thulie	Arnaud	Réseau d'Observation du Littoral de Normandie et des Hauts-de-France
Topin	Laurent	Syndicat de bassins versants Saône Vienne Scie (directeur)
Trouessin	Alain	Maire de Criel sur Mer
Veyssiere	Kévin	Collaborateur parlementaire de Stéphane Buchou
Vigné	Pierre	Cerema
Vogt	Pierre	Région Normandie conseiller régional