



SURCOTE

**SUBIR, REAGIR ET S'ADAPTER AUX CHANGEMENTS
GLOBAUX : L'EXEMPLE DE LA COTE DES HAVRES**
(Ouest Cotentin, Manche Occidentale)

**TO UNDERGO, REACT AND ADAPT TO GLOBAL CHANGE
IN NORMANDY WEST COAST**

RAPPORT FINAL

Programme LITEAU III

Coordonnateur : Franck LEVOY
Université de Caen Basse-Normandie
CREC – Station Marine, 54 rue Charcot 14530 LUC-SUR-MER
et Laboratoire M2C – UMR CNRS 6143, 2-4 rue des tilleuls 14000 CAEN

N° de contrat : L. 6-0006621

Date de notification du contrat : 20/11/2009

Date de remise du rapport final : 20 novembre 2012.

Table des matières

Résumé Long.....	2
Résumés courts.....	4
Synthèse	5
Contexte général.....	6
Objectifs généraux du projet	7
Quelques éléments de méthodologie (et éventuelles difficultés rencontrées).....	8
Résultats obtenus.....	11
Implications pratiques, recommandations, réalisations pratiques, valorisation	19
Partenariats mis en place, projetés, envisagés.....	19
Pour en savoir plus (quelques références).....	20
Liste des opérations de valorisation issues du contrat.....	21

Liste des figures

Figure 1 : nombre de tempêtes majeures par décennie entre 1950 et 2009	11
Figure 2 : évolution attendue du nombre de jours avec des vents forts à La Hague – Auderville et Agon-Coutainville, d’après les résultats issus de l’ANR SCAMPEI (source : Méto-France)	11
Figure 3 : évolution altimétrique du havre de Regnéville entre 1888 et 2010	12
Figure 4 : exemple de cartographie synthétisant les évolutions historiques du trait de côte à Montmartin-sur-Mer et des schorres à Blainville-sur-Mer pour la période 1947-2010	13
Figure 5 : compartiments biologiques identifiés en 2010 dans le havre de Regnéville	14
Figure 6 : zonage et évolution des récifs d’hermelles à partir d’un levé topographique lidar et d’observation de terrain	15
Figure 7 : exemple de cartographie des zones situées sous le niveau marin sur la base d’un levé lidar (2010) et en utilisant les niveaux marins extrêmes pris en référence par la DREAL	16
Figure 8 : extrait des modélisations réalisées pour simuler les hauteurs d’eau autour du havre de Blainville dans le cas d’un niveau marin de période de retour centennale +1 m	17
Figure 9 : comparaison de l’extension maximale des submersions selon la méthode statique et la modélisation dynamique sur le secteur de Montmartin-sur-Mer – Hauteville-sur-Mer	17
Figure 10 : exemple de solution d’intervention pour limiter l’extension des submersions sur les communes d’Anneville-sur-Mer et de Gouville-sur-Mer	18

RESUME LONG

En Manche occidentale, la côte ouest du Cotentin est une côte caractéristique de du département de la Manche. C'est une côte basse dunaire, encore appelée « Côte des Havres » qui s'étend sur une centaine de kilomètres entre Granville et Barneville-Carteret. Les **havres** sont des embouchures tidales, partiellement fermées par des flèches sableuses, en arrière desquelles se forment des marais maritimes. La mer ne pénètre que lors des marées de moyennes et vives-eaux et les volumes d'eau douce apportés par les rivières sont souvent négligeables face à celui des eaux marines. Il en résulte un transport de sédiment de la mer vers les havres et un comblement progressif de **ces environnements particulièrement remarquables et sensibles aux changements globaux**.

Le projet LITEAU III « SURCOTE » a pour but d'**analyser l'évolution de ce système** afin de montrer quels ont été les **effets des changements naturels et anthropiques**, sur la période 1950-2010, de la zone intertidale de la côte des havres. Il s'agit également, à partir de la dynamique passée et actuelle de ce système, d'en prévoir son devenir.

Cette analyse a également pour objectif de **proposer pour l'avenir**, sur certaines thématiques ciblées, **des modes de gestion concertés et intégrés de cette zone littorale** à forte pression anthropique. L'étude est basée sur les étapes suivantes :

- analyse des **changements météorologiques et climatiques** (régime des vents, intensité et fréquence des tempêtes et surcotes associées) ;
- étude de **l'érosion et de la sédimentation** et de l'évolution des **unités bio-géo-sédimentaires** des havres ;
- analyse des **impacts anthropiques** (travaux de poldérisation d'extraction de sables et graviers, de rechargement des plages) ;
- **réglementations** et inventaires patrimoniaux existants ;

L'approche systémique mise en œuvre aborde, en associant les diverses disciplines impliquées dans le projet, les questions suivantes :

- quels ont été les grands changements depuis 1950 sur la zone intertidale et son espace supralittoral contigu (espaces dunaires) ? : Quelles parts les aménagements et usages du littoral ont eues sur les changements observés? **Analyse rétrospective**.
- quel sera le **devenir à long terme des havres** d'un point de vue physique (évolution du colmatage) ?
- quelles trajectoires pour ces éco-socio-écosystèmes à l'échéance 2050 / 2100 ? **Analyse prospective** présentant quelques scénarii.

Bien que l'ensemble de la côte des havres soit considéré, un **focus** est réalisé sur deux d'entre eux : le **havre de Regnéville-sur-Mer et celui de Blainville-sur-Mer** où il existe aujourd'hui des problèmes concrets liés à l'érosion du littoral et où il est nécessaire, au delà des réflexions menées, de prendre des décisions de gestion. Une étude récente concernant les havres du Nord de la zone (Portbail, Surville et Saint-Germain ; [GRESARC, 2002a]) a permis des rapprochements avec les résultats issus du programme. Au plan biologique, des **comparaisons ont également faites avec d'autres sites normands** pour lesquels les équipes impliquées ont des données : Baie du Mont Saint Michel, Baie de Seine...

Une part importante du travail porte sur une **analyse rétrospective de l'évolution passée du littoral** à l'aide de photos aériennes (trait de côte, schorres...), de cartes bio-morpho-sédimentaires, d'une analyse des événements météorologiques, d'entretiens avec des gestionnaires du littoral de la côte des havres, d'une étude de l'évolution du linéaire de littoral aménagé et des espaces protégés, notamment sous l'emprise foncière du Conservatoire des Espaces Littoraux et des Rivages lacustres.

Une deuxième partie du travail a pour but de dresser un **bilan aussi exhaustif que possible de l'état actuel de la zone intertidale, du littoral et des havres** tant du point de vue morpho-sédimentaire que des habitats naturels et de l'anthropisation du système. L'utilisation du LIDAR aéroporté disponible au sein de l'UMR M2C est un outil important de cartographie. Couplé avec des photographies aériennes, il permet de cartographier les grandes unités bio-morpho-sédimentaires actuelles et de les comparer avec les données existantes. Une attention particulière est portée aux habitats d'intérêt patrimoniaux comme les récifs d'hermelles et, pour les havres, les surfaces d'herbus, de vase (slikke) et des filandres importants pour la faune macrobenthique et les espèces qui s'en nourrissent. Un SIG (Système d'Informations Géographiques) est développé pour intégrer les informations recueillies et faciliter leur transmission.

Une troisième partie plus **prospective** est consacrée à **l'élaboration de scénarii d'évolution** selon les choix d'aménagements et les conséquences attendues du changement climatique (élévation du niveau de la mer, tempêtes et érosion des cordons dunaires). L'impact des scénarii a été évalué grâce à différentes approches (cartographie statique, modélisation dynamique) afin de préciser l'intérêt de ces outils et de tendre vers une meilleure définition des conséquences des changements globaux sur le littoral. Finalement, les travaux réalisés apportent des éléments concrets d'aide à la décision pour les gestionnaires.

Enfin, les **méthodes de travail** utilisées sur le secteur particulier de la côte des havres peuvent être **transposées plus largement** aux zones littorales sensibles aux changements globaux à l'échelle nationale.

Mots-clés : côte des Havres (ouest cotentin) – environnements littoraux à marées – côte sableuse – changements anthropiques – changements climatiques – long-terme – érosion – colmatage – décision publique – concertation – méthodologies transposables.



RESUMES COURTS

En français

RESUME

Le projet LITEAU III « SURCOTE » a pour finalité d'analyser les modes d'évolution de la côte des Havres sur le littoral ouest du Cotentin et de présenter les effets des changements naturels et anthropiques (1950-2010) mis en évidence sur la zone intertidale afin d'en prévoir l'évolution possible à l'échelle des prochaines décennies.

L'objectif est aussi, à partir de la documentation existante, d'observations entreprises pendant la durée du projet et de concertations avec les gestionnaires, de faire la part des effets anthropiques et climatiques sur les changements observés depuis 60 ans. Cette analyse du passé et de l'actuel permet de proposer pour l'avenir, sur des thématiques particulières comme les risques littoraux, un mode de gestion concerté et intégré de cette zone littorale à forte pression anthropique. Ce travail s'appuie sur l'analyse des changements climatiques, sur l'évolution des usages, sur l'étude des phénomènes d'érosion et de sédimentation, sur l'analyse des opérations de poldérisation, d'extractions de sables et de rechargements des plages. Les évolutions des unités bio-géo-sédimentaires ainsi que les impacts sur les espèces endémiques sont étudiés en tenant compte des réglementations et des inventaires patrimoniaux existants.

Une réflexion sur les trajectoires futures de ces éco-socio-écosystèmes, menée de manière concertée avec les acteurs locaux et nationaux de la gestion des côtes, permet le développement de protocoles de suivi transposables aux autres zones littorales sensibles aux changements globaux.

MOTS CLES : côte des havres (ouest cotentin) – environnements littoraux à marées – changements anthropiques – changements climatiques – érosion – colmatage – usages – décision publique – concertation – protocole de suivi transposable.

In English

ABSTRACT

The LITEAU III "SURCOTE" project aim to analyze the Normandy west coast changes regarding natural phenomena and human activities (since 1950) to forecast future trends for next decades. One goal is also to discriminate both impact of climate changes and human activities during last 60 years by studying scientific literature, by proceeding to data acquisition and by exchanging with stakeholders. Past and present analysis help to propose an integrated coastal management affected by human pressure. This study deals with climate changes, coastal erosion and sedimentation, poldering, sand extraction and beach fill... Environmental changes and its impact on local species are studied regarding National and European rules.

This work leads to consider, with stakeholders, the future trends in coastal changes to find survey methods that could be used on any shore zone under effects of global changes.

KEY WORDS: coastal zone – climate change – human actions – erosion – stakeholders – survey methods



SYNTHESE

SURCOTE

**Subir, réagir et s'adapter aux changements globaux :
l'exemple de la côte des havres**
(Ouest Cotentin, Manche Occidentale)

RAPPORT FINAL

SYNTHESE

Programme LITEAU III

Coordonnateur : Franck LEVOY
Université de Caen Basse-Normandie
CREC – Station Marine, 54 rue Charcot 14530 LUC-SUR-MER
et Laboratoire M2C – UMR CNRS 6143, 2-4 rue des tilleuls 14000 CAEN

Contributeurs :

M2C UMR CNRS 6143 - UCBN :
J-C. Dauvin, P. Bretel, O. Monfort, L. Froideval, L. Benoit S. Vallée, C. Goin,

GEOPHEN UMR CNRS 6554 - UCBN :
S. Costa, O. Cantat, P. Letortu

LUSAC – ESIX -UCBN :
M. Rott, S. Guillou, F. Hadri, J. Thiébot

LOG UMR CNRS 8187 - USTL :
G. Beaugrand, S. Lenoir

CREC-UCBN :
O. Lozachmeur, G. Izabel, E. de Saint-Léger, L. Thomas, J-B. Delhay,
G. Thirard, M. Colin

CONTEXTE GENERAL

Lors du dépôt du projet SURCOTE au début de l'année 2009, l'expérience des équipes impliquées s'était traduite par le montage d'un programme d'actions visant à accroître les connaissances sur le littoral. **L'intérêt était de caractériser les changements climatique et anthropique** pouvant affecter l'évolution de la zone étudiée. Le développement de nouvelles méthodologies et l'utilisation d'outils innovants avaient pour objectif de mieux cerner les trajectoires du devenir d'un secteur côtier - la côte des havres du Cotentin - afin de proposer des solutions de gestions adaptées à ces évolutions.

Le contexte était alors largement influencé par l'incertitude importante concernant les impacts du changement climatique et ses conséquences potentielles sur l'environnement et les activités humaines.

Ces interrogations restent pleinement d'actualité.

Toutefois, depuis le démarrage du projet SURCOTE en novembre 2009, un événement majeur est venu bouleverser la réflexion concernant l'échéance des risques littoraux. En effet, avec la tempête Xynthia et ses conséquences catastrophiques, les travaux relatifs à l'étude du domaine littoral s'inscrivent dans le présent. **La vulnérabilité de nos côtes est redevenue un enjeu d'actualité** et ne relève plus seulement d'hypothèses sur le futur.

Suite à cet événement exceptionnel survenu début 2010, un nouveau contexte politique est venu mettre en lumière **l'intérêt des travaux pour une gestion intégrée du littoral**. De nouvelles politiques publiques sont venues compléter les dispositifs existants pour **faire face aux risques littoraux** (accélération de l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Littoraux, développement de Programmes d'Actions de Prévention des Inondations et de Plans Submersion Rapide...).

Ce nouveau contexte a globalement accru les attentes suscitées par les travaux de recherche sur le domaine littoral.

Tout en s'attachant à répondre aux questionnements de base soulevés lors du montage du programme, l'équipe du projet SURCOTE a jugé opportun **de prendre part aux démarches engagées par les organismes publics** (DREAL, DDTM...). En proposant de **développer des méthodologies adaptées aux problématiques des risques littoraux**, l'équipe a souhaité renforcer les liens avec les acteurs des politiques publiques et contribuer, à son niveau, à la mise en œuvre de **solutions de gestion fonctionnelles**.

Dans cette optique, des réflexions complémentaires ont porté sur les thèmes suivants :

- Quelle nouvelle méthodologie pour élaborer une cartographie des risques littoraux ? Quelle précision est nécessaire ?
- Quels sont les moyens de réduire la vulnérabilité des activités humaines ? Quelles adaptations envisager en matière d'occupation du sol ?

Ces réflexions étaient déjà intégrées au programme d'action initial, mais les événements récents ont largement contribué à rappeler l'actualité de ces problématiques.

OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET

L'**approche systémique** développée s'est attachée, en associant les diverses disciplines impliquées dans le projet, à répondre aux questions suivantes :

- Quels ont été les grands changements sur la côte des havres depuis 1950 ?
- Quelles parts les aménagements du littoral et les usages ont eues sur les changements observés (analyse rétrospective) ?
- Quel serait le devenir des havres d'un point de vue physique (échéance du colmatage, notamment pour les havres de Blainville et de Regnéville et position du trait de côte), et biologique (présences d'espèces patrimoniales, invasives ou introduites) ?
- Quelle vulnérabilité à court, moyen et long terme et quelle gestion de cet espace remarquable (analyse prospective sur la base de scénarios) ?

Bien que l'ensemble de la côte des havres soit considéré, un focus est réalisé sur deux d'entre eux : le havre de Regnéville et celui de Blainville où il existe aujourd'hui des problèmes concrets liés à l'érosion du littoral et où il est nécessaire, au-delà des réflexions, de prendre des décisions d'aménagement. De plus, plusieurs études récentes concernent les havres du Nord de la zone (Portbail, Surville et Saint-Germain) et des comparaisons sont également prévues avec d'autres sites normands pour lesquels les équipes impliquées ont des données.

Devant la complexité des environnements étudiés, l'analyse de l'évolution de la côte des havres s'est basée sur **l'étude d'indicateurs des modifications du milieu physique, du milieu biologique et des activités humaines**. Ces indicateurs ont été choisis sur la base de critères liés à leur impact sur le système, à la disponibilité de données historiques et aux compétences des scientifiques impliqués dans le programme.

La démarche entreprise a également pour but d'aboutir à des **méthodologies de suivi** de l'évolution de ce type d'environnements côtiers qui soient transposables à d'autres sites français affectés par les impacts liés aux changements globaux.

Les principaux résultats s'articulent autour de la constitution d'un **socle de connaissances commun aux scientifiques et aux gestionnaires**. Cette meilleure appréhension collective des évolutions de la zone littorale et des enjeux environnementaux comme humains se base sur le **développement d'outils analytiques favorisant la diffusion de l'information**.

L'un des objectifs majeurs du programme consiste également à développer des **méthodologies d'aide à la décision transposables à l'échelle du territoire français**.

QUELQUES ELEMENTS DE METHODOLOGIE (ET EVENTUELLES DIFFICULTES RENCONTREES)

Le projet s'articule autour des 5 tâches suivantes :

- **Forçages météo-marins ;**
- **Evolution du milieu physique ;**
- **Evolution du milieu biologique ;**
- **Rôle de l'Homme** (modes de gestion, impacts, vulnérabilité et règlementations) ;
- **Prospective et propositions d'adaptation** pour une contribution à la gestion intégrée du littoral.

Les méthodologies employées dans chaque thématique sont synthétisées ci-après.

FORÇAGES METEO-MARINS

Concernant les **forçages météo-marin**, le travail s'est articulé autour du recensement des événements extrêmes passés afin de définir les conditions à l'origine de ces phénomènes. L'objectif de ce travail est de définir les types de temps à risques pour le secteur d'étude afin de mieux les anticiper et de s'y préparer.

Le **recensement des tempêtes majeures** s'est basé sur l'exploitation des archives départementales et universitaires.

L'analyse climatique a essentiellement exploité les données fournies par Météo France. Ainsi, les données de vents tri horaires à Gouville-sur-Mer (2002-2012) mais également à Caen et Dinard pour la période 1981-2010 ont été analysées à l'aide de modèles ([Cantat et Bensaid, 2010]). En parallèle, une analyse des circulations atmosphériques a permis d'étendre la période d'étude dans le temps, de façon à caractériser les types de temps à l'origine des tempêtes destructrices survenues depuis soixante ans.

L'analyse des **niveaux marins extrêmes** s'est basée sur l'exploitation des données de surcotes mesurées à Granville (mises à disposition par le CG50). Ces informations ont été traitées pour extraire les niveaux marins maximums au cours des dernières décennies.

EVOLUTION DU MILIEU PHYSIQUE

L'évolution du milieu physique s'est concentrée sur les indicateurs suivants, caractéristiques des modifications affectant la côte des havres :

- l'altimétrie du littoral ;
- le trait de côte ;
- les surfaces de schorre à l'intérieur des havres.

L'altimétrie du littoral est approchée à différentes échelles temporelles (long, moyen et court terme) grâce à l'exploitation d'un plan historique du havre de Regnéville (1888), des données de suivi du littoral de la Manche (1991-2011) et de levés lidar réalisés dans le cadre du projet (2010 et 2011). Les paramètres des levés lidar ont été adaptés pour obtenir les niveaux de précision requis aux différentes approches.

Les évolutions du trait de côte et des surfaces de schorre dans les havres se sont appuyées sur une méthodologie basée sur l'exploitation de prises de vues aériennes. Les photographies historiques de l'IGN (1947 - 1997) et les orthophotoplans (IGN, 2000, CG50, 2007 et CLAREC 2010) sont les principales sources utilisées. Un géoréférencement des clichés et une digitalisation du trait de côte et des limites de schorre (à l'échelle du 1/1000^{ème}) ont été nécessaires pour permettre le calcul des évolutions.

EVOLUTION DU MILIEU BIOLOGIQUE

Le **milieu biologique** étant très complexe des indicateurs d'évolution ont également été identifiés :

- les **surfaces de schorre, slikke vaseuse et sable** dans les havres et la **faune benthique** associée ;
- les **récifs d'hermelles** et les **herbiers de zostères** sur l'estran.

Plusieurs missions de terrain ont été réalisées afin de caractériser la **faune benthique** présente à l'intérieur des havres. La méthode de prélèvement et de traitement des données recueillies a permis la comparaison avec les données existantes issues du programme Interreg BRANCH. Des estimations de biomasse ont ensuite été réalisées en fonction des différents milieux (schorre, slikke, sable) dans lesquels les échantillons ont été prélevés.

Ces informations ont ensuite été recoupées avec les **surfaces des différents milieux** mesurées par photo-interprétation selon une méthode équivalente à celle développée pour l'étude du milieu physique. Cette approche permet d'aboutir à une notion d'évolution de la charge trophique du havre (capacité du système à nourrir les espèces qui le fréquentent).

En parallèle de cette étude focalisée sur l'intérieur des havres, une démarche méthodologique a été entreprise pour caractériser les **peuplements d'hermelles** sur l'estran au droit des havres. Des missions de terrain ont été réalisées pour préciser les zonages des récifs d'hermelles afin de les comparer avec les résultats issus de la photo-interprétation. Cette action a également permis de tester le couplage entre l'acquisition de données lidar et de photographies aériennes synchrones.

Bien que la photo-interprétation ait atteint ses limites pour évaluer précisément les surfaces colonisées par les espèces cibles, l'apport des opérations aéroportées est prometteur. Une méthodologie visant à exploiter les **données lidar** pour le suivi de l'évolution des hermelles (limites de répartitions haute et basse, volume des récifs) a été développée sur la base des travaux existants ([Noernberg *et al.*, 2010]).

ROLE DE L'HOMME

Les paramètres pris en compte pour caractériser l'**impact anthropique** sur la côte des havres sont notamment relatifs à l'évolution de l'**occupation du sol**, à la **vulnérabilité des enjeux humains** et à l'**artificialisation du trait de côte**. Les impacts concernant les autres usages de la zone littorale et les interventions de l'homme sur l'environnement ont toutefois également été recensés au travers de l'exploitation des travaux antérieurs menés sur le secteur. En outre, l'étude du **contexte réglementaire** a également été prise en compte.

La problématique de l'**occupation du sol** a été traitée grâce à l'exploitation de données sur le bâti actuel (fournies par la DDTM50) et des photographies aériennes historiques de l'IGN. Afin de caractériser les évolutions historiques, une méthodologie basée sur la définition de la « tache urbaine » du Centre d'Etudes des Réseaux, des Transports, de l'Urbanisme et des constructions publics ([CERTU, 2008]) a été mise en œuvre sur le secteur d'étude. Des seuils de densité de bâti ont été créés de façon à pouvoir caractériser différentes intensités à l'intérieur de la tache urbaine. Cette méthode a ensuite été testée sur plusieurs environnements urbains de façon à la rendre transposable à l'échelle nationale.

L'étude de la vulnérabilité des **enjeux humains** s'est appuyée sur la définition précise de l'aléa submersion rendue possible par les acquisitions lidar. En effet, ces données topographiques, de haute densité et d'une précision de l'ordre de 10 cm, ont été acquises et exploitées pour permettre une comparaison entre les cartographies existantes (DREAL) et celles produites dans le programme (approche statique et dynamique grâce à la modélisation). Les informations relatives à l'occupation du sol fournies par la DDTM50 ont également été exploitées pour caractériser la vulnérabilité du secteur aux risques littoraux sur la base de méthodologies existantes ([CREC, 1994], [GRESARC, 1996b] et [GRESARC, 2002b]).

Les impacts liés à l'**artificialisation du trait de côte** ont été étudiés grâce au recensement des aménagements et à leur expertise. Cette partie du travail est inspirée par une méthode proposée par le Centre des Etudes Maritimes Et Fluviales ([CETMEF, 2010]) qui a été complétée par une approche plus environnementaliste visant à caractériser l'impact de ces structures sur le milieu afin de proposer des solutions de gestion adaptées.

L'étude du **contexte réglementaire** s'est orientée vers l'analyse des différents cadres existants (Loi « littoral », PLU, SCOT et protections environnementales réglementaires) afin de définir leur intérêt dans la gestion des changements globaux. Les nouvelles politiques menées suite à la tempête Xynthia (révision des Plan de Prévention des Risques, mise en place du Plan Submersion Rapide et des Plans d'Action pour la Prévention des Inondations) et la stratégie nationale pour la gestion du trait de côte ont également été intégrée à cette réflexion.

PROSPECTIVE ET PROPOSITIONS D'ADAPTATION

Les approches prospectives relatives à l'évolution de la côte des havres concernent à la fois les problématiques liées aux **forçages météo-marins**, à l'évolution des **milieux physiques et biologiques** et aux **modes de gestion** de cet espace littoral. La démarche entreprise dans le programme SURCOTE s'appuie sur la définition de scénarios d'évolutions qui ont servi de contexte aux propositions d'adaptation.

En matière de **forçages météo-marins**, les recherches ont notamment porté sur la définition des événements extrêmes et sur leur prévention. Une réflexion sur les différents paramètres à l'origine de ces événements a été menée, de même qu'une étude de l'évolution probable de ces forçages dans le futur.

Les **scénarios d'évolution du milieu physique** intègrent les résultats de l'étude historique et les travaux existants ([Robin et al., 2009], [GRESARC, 1996b] et [GRESARC, 2002a]). Différents impacts du changement climatique (plusieurs niveaux d'eau testés par exemple) et différents modes de gestion (entretien des ouvrages, des espaces dunaires...) ont été pris en considération au travers d'une approche statique et d'une étude dynamique par modélisation (utilisation du modèle commercial TELEMAR 2D).

L'**évolution future du milieu biologique** a également été abordée au travers de scénarios intégrant les résultats des évolutions historiques. Une méthodologie consistant à tester la probabilité de présence de certaines espèces cibles sur la côte des havres ([Beaugrand *et al.*, 2011]) a été mise en œuvre dans le programme. Toutefois, cette approche semble difficile à mettre en œuvre à l'échelle locale en raison du manque de données exploitables.

Enfin, l'**élaboration de propositions d'adaptation** s'est appuyée sur un échange avec l'ensemble des gestionnaires et acteurs du littoral étudié afin d'aboutir à des solutions partagées.

RESULTATS OBTENUS

Les résultats obtenus lors du projet SURCOTE concernent les évolutions historiques des forçages météo-marin, des milieux physique et biologique et l'impact des actions humaines ainsi que les évolutions futures probables de ce milieu. Les nombreuses données collectées lors des opérations d'acquisition sur le secteur ont été analysées pour dresser un bilan de l'état actuel du littoral de la côte des havres et ainsi prévoir son évolution future.

Les résultats concernant l'évolution historique de la côte des havres concernent notamment le **recensement des évènements extrêmes** (27 tempêtes majeures ayant impacté le littoral) depuis 1947 et des conditions dans lesquelles ils ont eu lieu.

Les résultats de cette approche mettent en évidence une **diminution de l'occurrence des tempêtes** impactant les activités humaines depuis les années 70 (figure 1). L'analyse des types de temps a permis d'identifier les conditions de vent à l'origine de ces évènements mais de nombreux autres paramètres (altimétrie des plages, agitation intégrant les houles océaniques) doivent être pris en compte dans l'optique d'un système d'alerte. Par ailleurs, les travaux ont également porté sur l'évolution des vents à l'échéance du siècle mettant en évidence une **diminution prévisible du nombre de jours de vent fort à l'avenir** (figure 2). Il semble donc qu'il n'y ait pas d'augmentation à craindre du nombre des tempêtes comme pouvait le laisser craindre certaines prévisions.

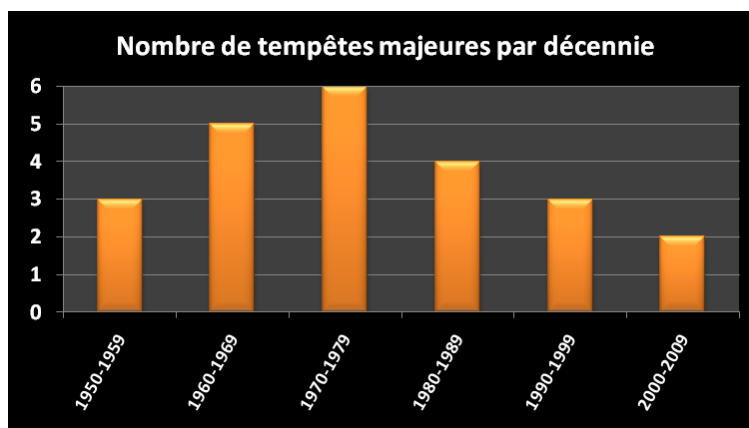


Figure 1 : nombre de tempêtes majeures par décennie entre 1950 et 2009

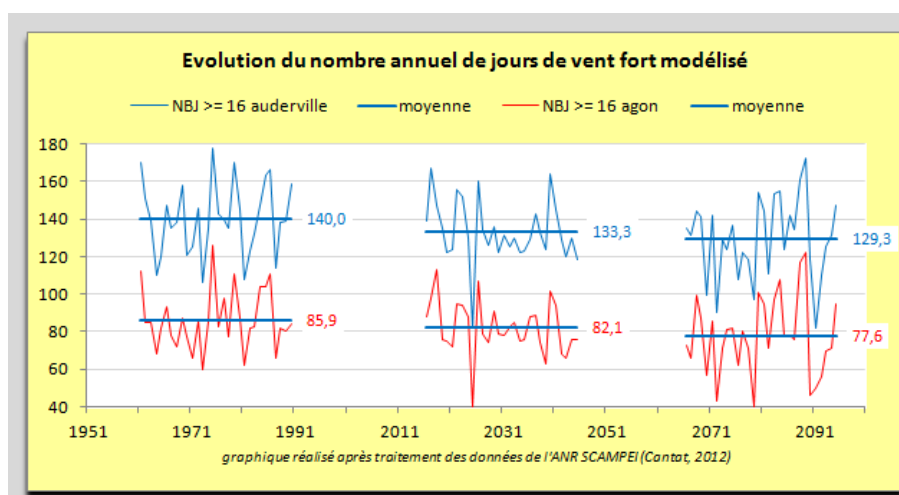


Figure 2 : évolution attendue du nombre de jours avec des vents forts à La Hague –Auderville et Agon-Coutainville, d'après les résultats issus de l'ANR SCAMPEI (source : Méto-France)

L'étude de l'évolution historique du milieu physique a permis de tester l'intérêt du **lidar** dans le cadre de l'analyse de l'évolution altimétrique des havres (figure 3) et des plages.

L'étude de l'évolution altimétrique des havres de Blainville et de Regnéville a permis de constater des **modifications importantes** de ces environnements sur le **long comme sur le court terme**. Ainsi, la dynamique de comblement prononcée mise en évidence sur le long terme à Regnéville et les mouvements sédimentaires conséquents identifiés à l'embouchure du havre de Blainville sont autant de résultats qui justifient l'utilisation du lidar pour étudier ces environnements. Toutefois, les contraintes liées au **coût des opérations aéroportées** plaident pour une **optimisation des acquisitions** par une définition claire des besoins de suivi et des fréquences de levés adaptées aux indicateurs, ainsi que pour une valorisation maximale des résultats obtenus.

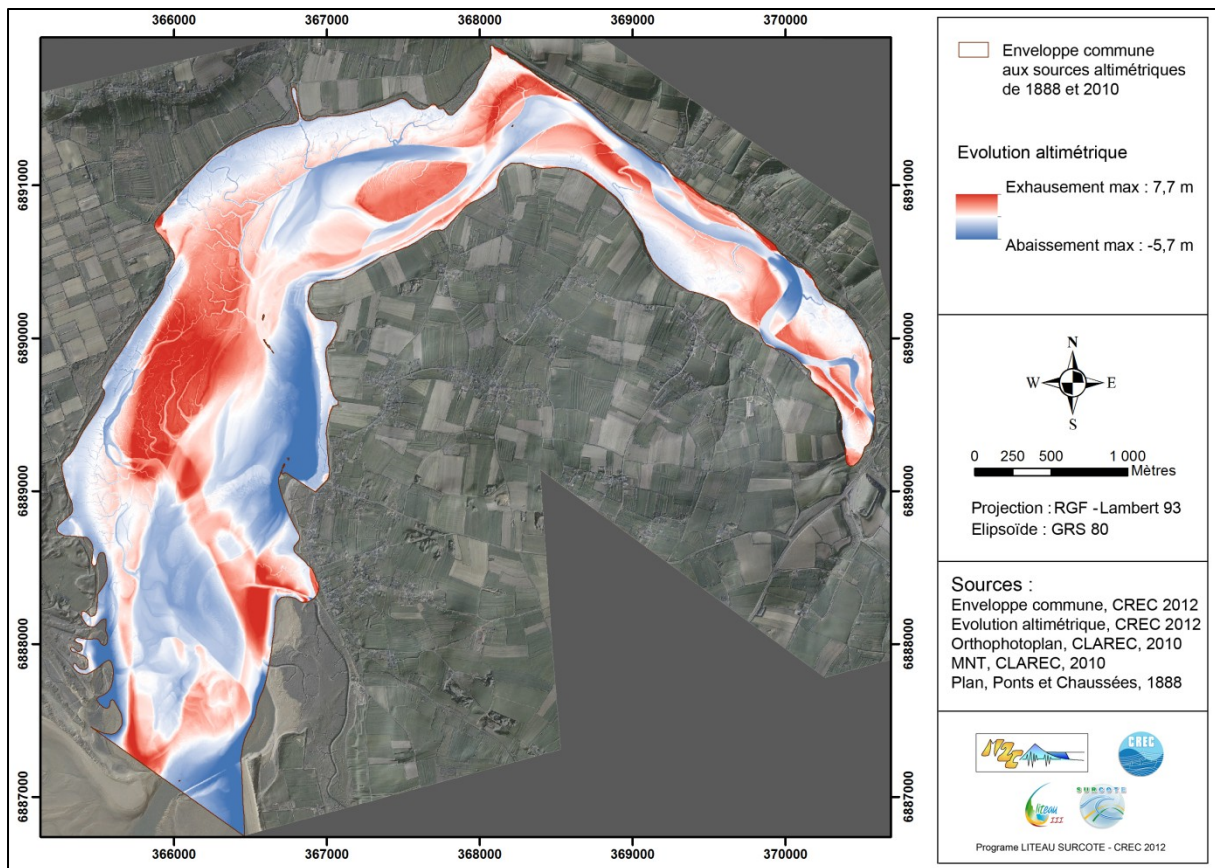


Figure 3 : évolution altimétrique du havre de Regnéville entre 1888 et 2010

Des résultats sont également disponibles pour l'évolution du trait de côte et des schorres à l'intérieur des havres pour l'ensemble de la période 1947 – 2010 (figure 4). Une centaine de photographies historiques ont été géoréférencées afin que les traits de côte et les limites de schorre soient digitalisés. L'aboutissement de ce travail a permis de calculer l'ensemble des évolutions entre chacune des dix années étudiées (1947, 1955, 1965, 1972, 1984, 1992, 1997, 2002, 2007 et 2010). Autour des évolutions brutes constatées, l'équipe s'est attachée, sur la base d'études antérieures et d'expertises, à déterminer la **part de l'impact des forçages naturels et humains** (aménagement du littoral, usages). Plusieurs documents de synthèse ont été produits à la fois au travers de cartographies et de base de données consultables par les acteurs concernés à l'aide de logiciels de **SIG**.

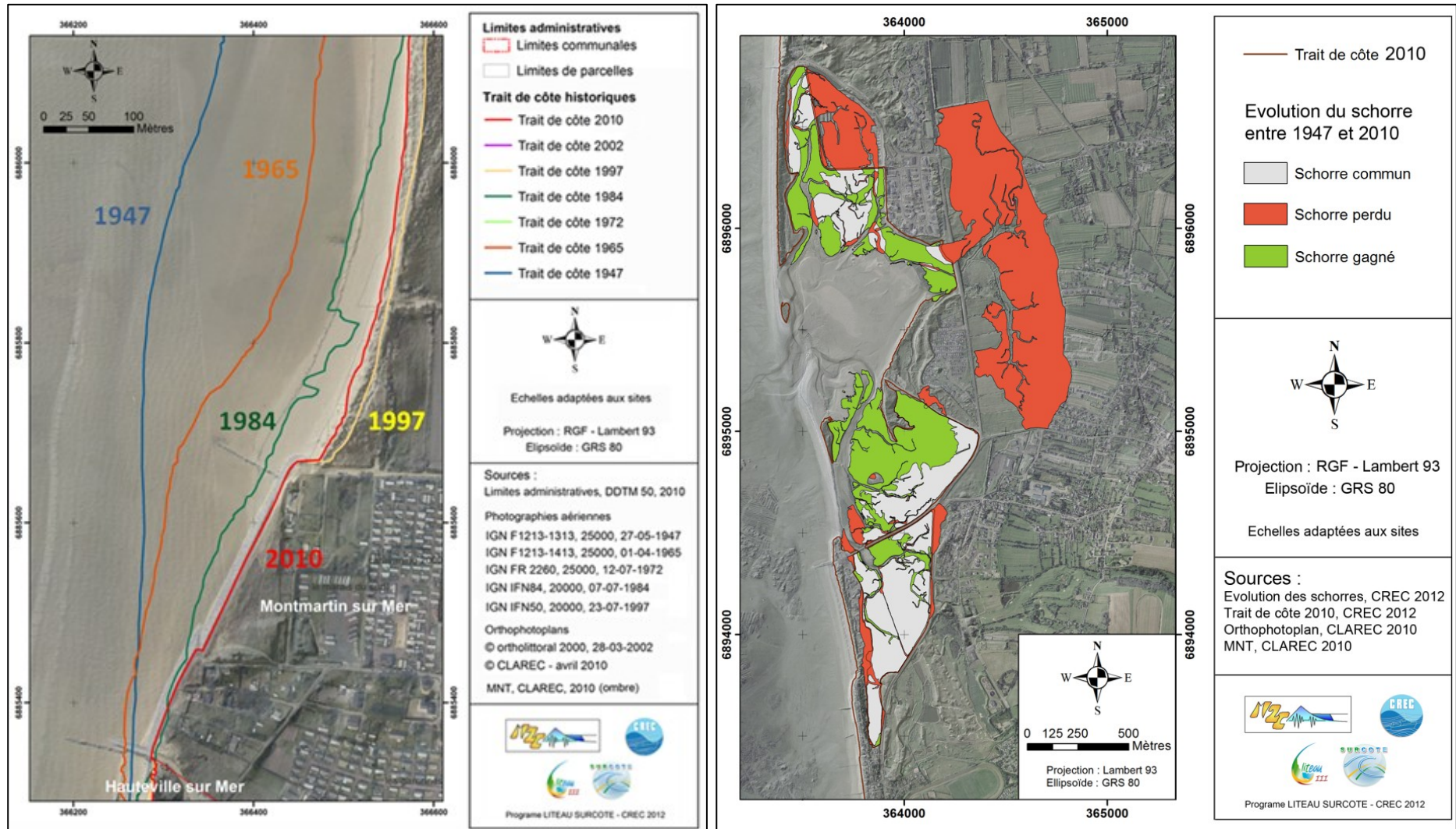


Figure 4 : exemple de cartographie synthétisant les évolutions historiques du trait de côte à Montmartin-sur-Mer et des schorres à Blainville-sur-Mer pour la période 1947-2010

Les travaux réalisés sur le milieu biologique ont permis de caractériser les tendances évolutives de quelques indicateurs jouant un rôle essentiel dans les systèmes littoraux de la côte des havres. Les missions réalisées dans le programme SURCOTE ont notamment permis d'acquérir des données sur les espèces benthiques qui ont été comparées aux informations existantes sur le secteur d'étude et sur des sites comparables à l'échelle régionale. Un croisement des données obtenues avec les surfaces des compartiments biologiques (figure 5) a également permis de caractériser la **charge trophique de ces environnements**.

L'intérêt primordial du **havre de Regnéville en tant que ressource trophique majeure** de la côte des havres a été souligné. A l'inverse, les **pressions anthropiques importantes pesant sur le havre de Blainville** ont vraisemblablement contribué à la diminution de son rôle environnemental à l'échelle du secteur d'étude.

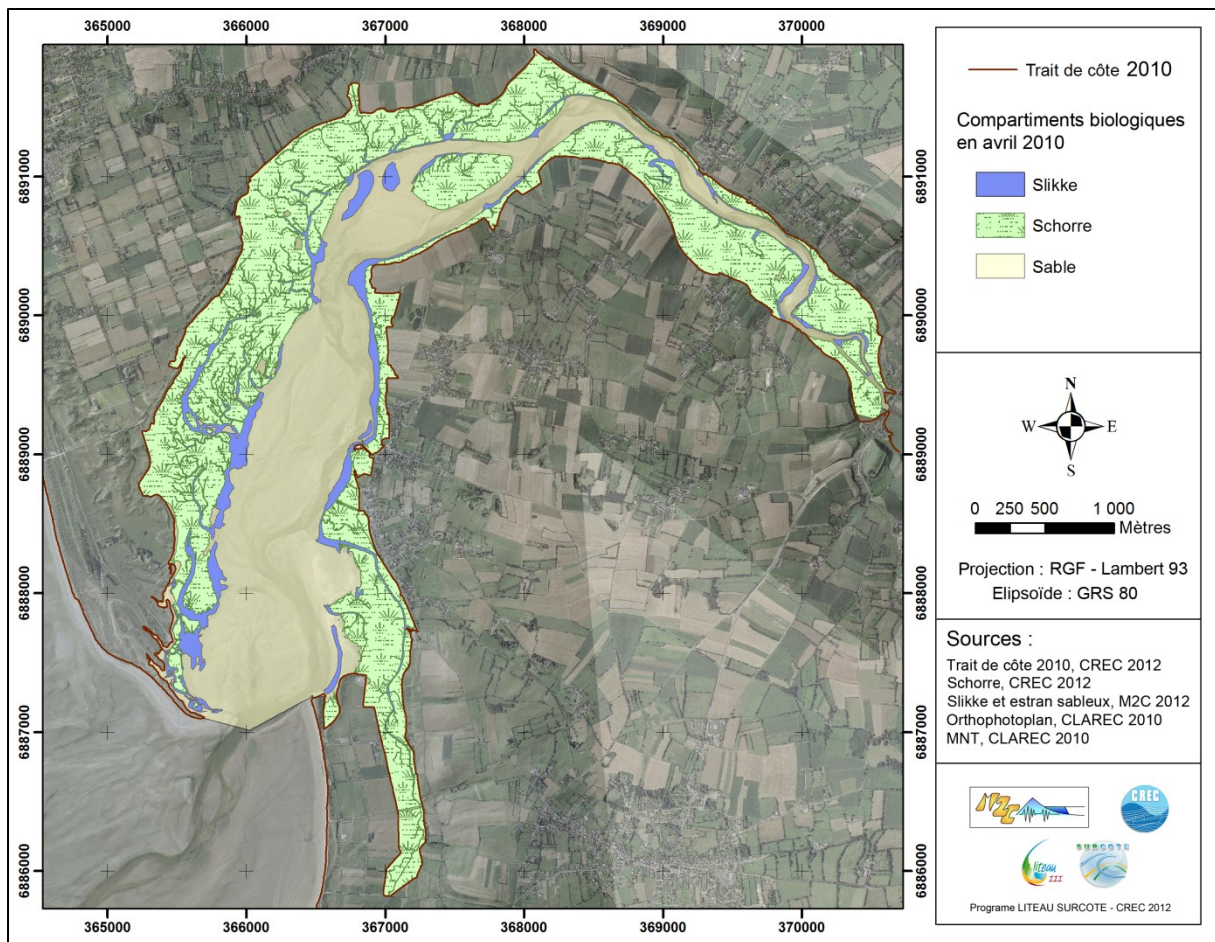


Figure 5 : compartiments biologiques identifiés en 2010 dans le havre de Regnéville

Par ailleurs, l'outil **lidar a été exploité** afin de caractériser **l'évolution des récifs d'hermelles** (figure 6). Les habitats constitués par cette espèce tubicole présente un grand intérêt écologique (classés au titre de la directive habitat dans le cadre de NATURA 2000) et justifient le développement de moyens d'investigation efficaces pour suivre leur développement.

Les différentes approches méthodologiques se sont appuyées sur des travaux existants et sur les données disponibles dans le cadre du programme (lidar, photographies aériennes) afin de tester des **protocoles de suivis** qui, à terme, seraient transposables à l'échelle nationale.

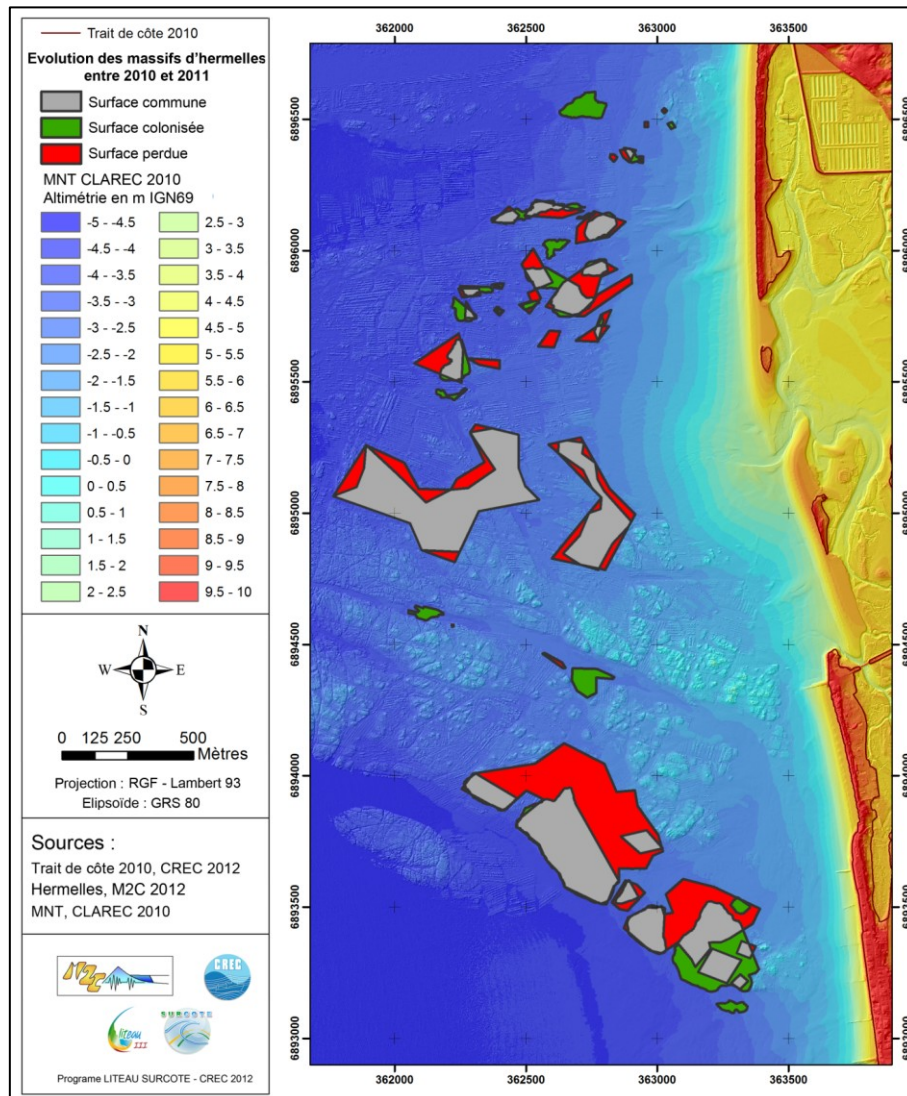


Figure 6 : zonage et évolution des récifs d'hermelles à partir d'un levé topographique lidar et d'observation de terrain

Le **rôle de l'homme** a également été intégré à cette réflexion sur les évolutions du milieu.

Ainsi, l'analyse historique du développement urbain s'est appuyée sur une méthodologie tirée des travaux du CERTU. Des adaptations ont été nécessaires à la prise en compte des problématiques littorales et ont permis d'aboutir à un protocole d'étude transposable à d'autres sites français. Ces travaux ont par ailleurs mis en évidence une **augmentation très conséquente de la pression foncière sur la côte des havres** expliquant en grande partie les modifications radicales du paysage depuis une soixantaine d'année.

La prise en compte des actions anthropiques en matière **d'artificialisation du trait de côte** a conduit au développement d'une **méthodologie** intégrant une part d'expertise des **impacts induits par les ouvrages**. Les travaux réalisés restent interopérables avec les bases de données existantes car ils s'appuient sur la méthode de recensement développée par le CETMEF. L'apport de l'expertise permet de caractériser l'effet des structures sur le milieu et apporte un degré **d'aide à la décision** supplémentaire dans la gestion de ces aménagements.

Le cas de plusieurs ouvrages impactant l'évolution des systèmes sédimentaires ont été soulevés ce qui devrait guider la réflexion sur des modes d'intervention plus respectueux de l'environnement et idéalement réversibles. Enfin, le recensement des multiples actions humaines sur le littoral de la côte des havres plaide également pour des **modes de gestion plus intégrés de cette zone sensible** compte tenu de la diversité des pressions qui s'y exercent.

La précision des levés lidar a été exploitée pour définir plus précisément les **zones basses du littoral** de la côte des havres. L'**approche statique** mise en œuvre (figure 7) s'est révélée beaucoup plus précise que les zonages existants, permettant d'imaginer des **solutions de gestion à l'échelle de la parcelle**. Cette approche a cependant été jugée insuffisante pour caractériser la réalité de l'aléa submersion, car elle ne prend pas en compte les phénomènes d'écoulements. En parallèle, une analyse plus poussée des aléas a donc été conduite sur la base de **modélisations numériques** (figure 8). Cette étude a mis en évidence la pertinence d'une vision dynamique des phénomènes de submersions. En effet, cette méthode permet de prendre en compte les facteurs à l'origine des submersions (brèche, franchissement, surverse...), l'évolution temporelle du niveau d'eau et les écoulements sur une topographie précise évitant ainsi de **surestimer l'aléa submersion** contrairement à la méthode statique (figure 9).

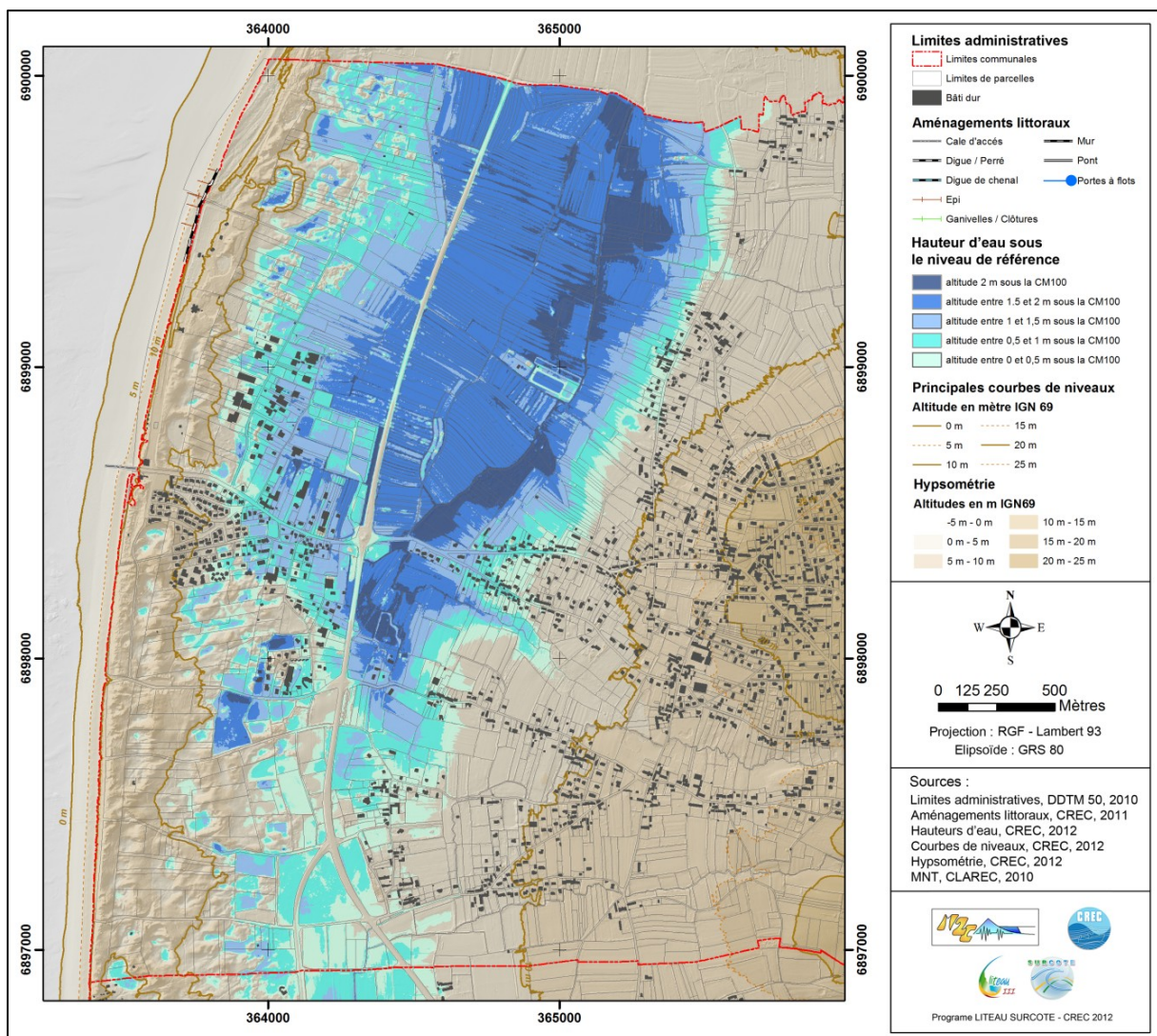


Figure 7 : exemple de cartographie des zones situées sous le niveau marin sur la base d'un levé lidar (2010) et en utilisant les niveaux marins extrêmes pris en référence par la DREAL

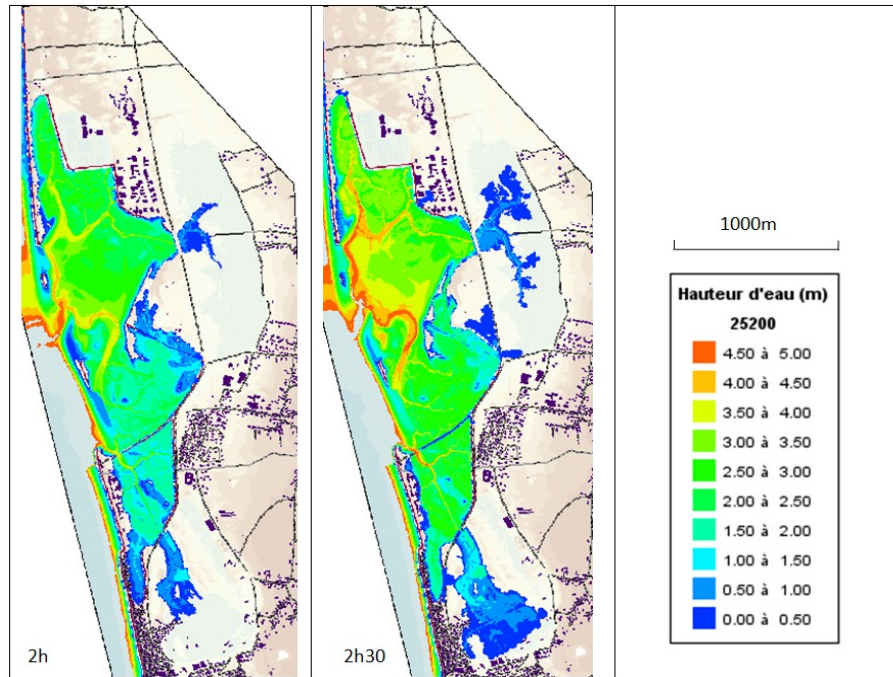


Figure 8 : extrait des modélisations réalisées pour simuler les hauteurs d'eau autour du havre de Blainville dans le cas d'un niveau marin de période de retour centennale +1 m

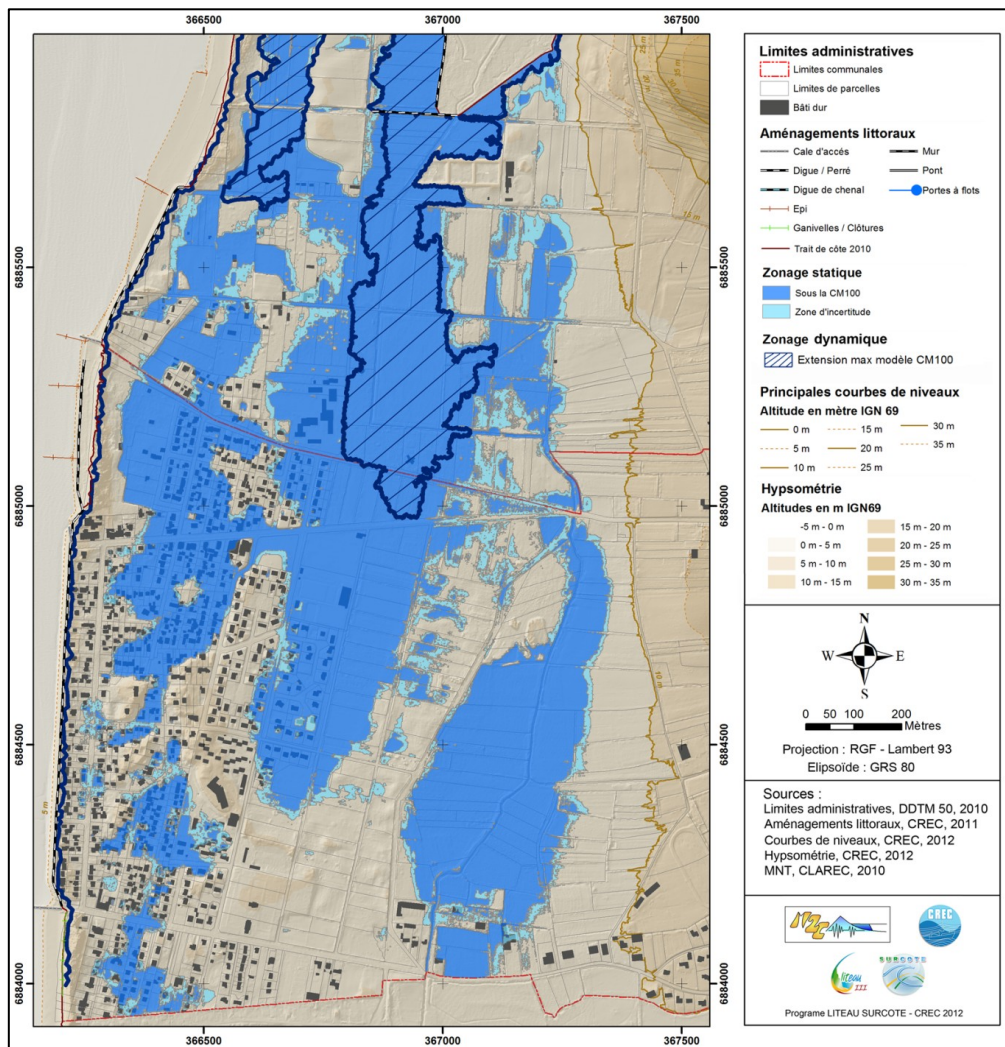


Figure 9 : comparaison de l'extension maximale des submersions selon la méthode statique et la modélisation dynamique sur le secteur de Montmartin-sur-Mer – Hauteville-sur-Mer

Malgré des contraintes techniques qui limitent l'intégration de l'ensemble des données topographiques issues du lidar et les précautions à prendre dans la prise en compte des ouvrages et de l'hydrodynamique du secteur étudié, **l'approche dynamique de l'aléa submersion apparaît beaucoup plus réaliste que sa vision statique**. La modélisation permet également de tester plusieurs scénarios en fonction des choix de gestion envisageables et des évolutions attendues du milieu naturel. Ainsi, des **solutions concrètes ont pu être testées**, telle que la mise en place d'ouvrages légers à terre et non sur le trait de côte, pour limiter l'extension des submersions (figure 10).

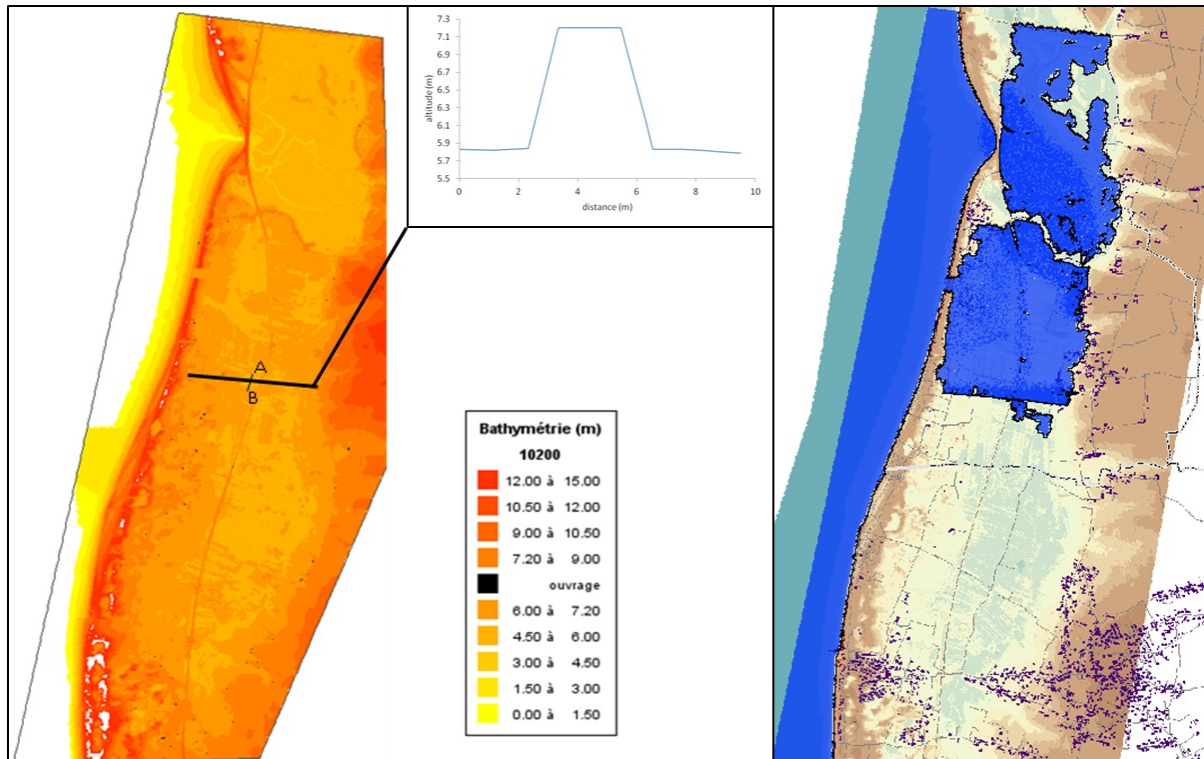


Figure 10 : exemple de solution d'intervention pour limiter l'extension des submersions sur les communes d'Anneville-sur-Mer et de Gouville-sur-Mer

Par ailleurs, **l'analyse juridique** menée en parallèle a permis de rappeler la portée des textes réglementaires existants en s'appuyant notamment sur les conclusions du grenelle de la mer (rapport [Cousin, 2011]).

Le recoupement des dispositions réglementaires en matière d'urbanisme (notamment la loi « littoral ») **et des cartes de risque de submersion marine s'avère nécessaire** dans l'optique d'une gestion intégrée de la zone côtière. Toutefois, sur le secteur d'étude, cette démarche conduit à une forte diminution des secteurs urbanisables et révèle des incohérences entre les documents de planification (SCOT, PLU...) et la législation en vigueur (« loi littoral »).

Au final, de **nombreuses données ont été acquises et valorisées** dans le cadre de l'étude des tendances historiques qui ont marquées ce littoral et de la caractérisation de son état actuel. Les travaux entrepris ont également tentés d'apporter des **réponses sur le devenir de ce système littoral dans les prochaines décennies**, et ont permis de **proposer des protocoles de suivi** de l'environnement et quelques **solutions de gestion** face aux modifications attendues du milieu. L'ensemble des résultats est plus largement détaillé dans le rapport scientifique et dans les rapports qui y sont annexés.

IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, REALISATIONS PRATIQUES, VALORISATION

- Implications pratiques :

Le projet SURCOTE s'inscrit dans un contexte particulier en raison de l'impact des dernières tempêtes sur le littoral français. **Les attentes des partenaires non-scientifiques sont importantes en matière de solutions de gestion appliquées.**

La quantité de données acquises depuis 2010 sur le secteur d'étude a été optimisée pour permettre une exploitation par l'ensemble des acteurs de la gestion du littoral. Ces informations constituent un **socle commun de connaissances** qui favorise la prise de **décisions concertées.**

Les différentes **méthodologies développées** et testées dans le cadre du programme SURCOTE ont vocation à **favoriser une gestion intégrée des zones côtières** à l'échelle locale comme nationale. Leur caractère **transposable** a été démontré, mais doit encore être testé à l'échelle nationale pour optimiser ces méthodes.

- Recommandations et limites éventuelles :

Certaines méthodologies testées ont atteint leurs limites (photo-interprétation, descente d'échelle pour le travail sur les niches écologiques...) et d'autres doivent encore être **optimisées** pour une meilleure adaptabilité à l'échelle nationale.

- Réalisations pratiques et valorisation :

Les produits de ce travail concernent principalement l'élaboration de méthodologies de suivi du littoral transposables. Des **outils analytiques performants** ont développés (bases de données, système d'information géographique...) afin de **favoriser l'appropriation des résultats** par les gestionnaires et les acteurs du littoral.

La valorisation est encore partielle dans l'attente de **publications scientifiques** qui concerneront la capacité trophique des havres et l'intérêt du lidar pour l'étude des récifs d'hermelles et de l'aléa submersion notamment.

PARTENARIATS MIS EN PLACE, PROJETS, ENVISAGES

Les échanges avec les partenaires non-scientifiques du programme laissent entrevoir de nombreuses possibilités de **partenariats futurs** dans le cadre du programme ou même au-delà. Ainsi, des échanges de données avec les services de l'Etat (DDTM50 et DREAL) ont permis des avancées importantes dans le programme et, inversement, les **méthodologies produites pourraient bénéficier à l'application des politiques publiques** (PSR, PAPI, PPR...). D'autre part, l'implication importante d'acteurs locaux (élus, associations syndicales autorisées...) s'est traduite par des **échanges constructifs** qui pourraient conduire à des collaborations plus étroites dans le futur (sites pilotes pour tester des solutions de gestion ?).

Au plan scientifique, plusieurs actions de recherche vont profiter des résultats du programme SURCOTE. Ainsi, le projet SODYC (Système d'Observation DYnamique du trait de Cote) piloté par l'UMR CNRS-UCBN M2C a déjà commencé à exploiter les résultats du programme. De même, le programme Interreg LiCCo (Living with a Changing Coast), piloté par le Conservatoire du Littoral côté français, doit **capitaliser sur les résultats du projet**, notamment en valorisant l'importante base de données géographiques produite dans SURCOTE.

POUR EN SAVOIR PLUS (QUELQUES REFERENCES)

- [Beaugrand *et al.*, 2011] Impact du changement climatique sur la distribution spatiale potentielle de quelques espèces cibles de poissons et d'invertébrés. Programme LITEAU SURCOTE, 32 p.
- [Braun et Dequé, 2011] La réponse sur la France dans les scénarios SCAMPEI. Météo-France. 16 p.
- [Cantat et Bensaid, 2010] Contribution à l'analyse des types de temps à risques : conception et réalisation du logiciel TTSR. In « Les risques climatiques liés aux changements en cours dans la dynamique des masses d'air sur l'Europe occidentale », Programme Fondation MAIF.
- [CERTU, 2008] Etude expérimentale : détermination d'un MOS et calcul d'une tache urbaine à partir de la BD TOPO® d'IGN. P. Lorient, CETE du Sud Ouest. 70 p.
- [CETMEF, 2010] Préconisations pour le recensement des ouvrages et structures de défense contre les aléas côtiers. Notice méthodologique. 58 p.
- [Levoy et Larsonneur, 1994] Etude globale concernant la défense contre la mer. Conseil Général de la manche. Synthèse des études, 141 p.
- [Cousin, 2011] Propositions pour une stratégie nationale de gestion du trait de côte, du recul stratégique et de la défense contre la mer, partagée entre l'État et les collectivités territoriales. Grenelle de la Mer. MEDDTL, 2011. 60 p.
- [Delhay, 2012] Outils cartographiques des espaces intertidaux de la côte ouest du Cotentin. Diplôme Supérieur de Recherche. USTL – UCBN. 65 p.
- [GRESARC, 1996a] Etude des risques d'érosion et de submersion sur les côtes du Calvados. Synthèse bibliographique et atlas. Actualisée en 2006.
- [GRESARC, 1996b] Etude des conséquences d'une élévation du niveau moyen des mers sur l'évolution des côtes sableuses. Ministère de l'Environnement. 80 p.
- [GRESARC, 2002a] Etude hydrosédimentaire des Havres du Cotentin en vue de leur préservation. CG50. 83 p. +annexes.
- [GRESARC, 2002b] Etude des risques littoraux sur les côtes françaises métropolitaines : révisions méthodologiques pour la prise en compte des phénomènes à l'origine des submersions et l'inclusion des mesures de suivi dans la délimitation des zones érodables. 25 p. + atlas.
- [GRESARC, 2004] Réalisation d'un SIG adapté au suivi de l'état des ouvrages de défense contre la mer. Conseil Général du Calvados. Application informatique.
- [James, 2007] *An objective classification for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe. Theor. Appl. Climatol.*, 88 (2007), 17-42.
- [Levoy, 1985] Les risques naturels en milieux littoraux sableux – Côte ouest du Cotentin. UCBN, 290 p.
- [Noernberg *et al.*, 2010] Using airborne laser altimetry to estimate Sabellaria alveolata (Polychaeta: Sabellariidae) reefs volume in tidal flat environments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **90**, 93–102.
- [Robin *et al.*, 2009] Short term morphodynamics of an intertidal bar on megatidal ebb delta. *Marine Geology*, **260**(1-4), 102 – 120.

LISTE DES OPERATIONS DE VALORISATION ISSUES DU CONTRAT (ARTICLES DE VALORISATION, PARTICIPATIONS A DES COLLOQUES, ENSEIGNEMENT ET FORMATION, COMMUNICATION, EXPERTISES...)

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES	
Publications scientifiques parues Publications scientifiques à paraître	« Geomorphology evolution and Carrying Capacity of Western Cotentin Estuaries (English Channel) » Dauvin <i>et al.</i> (soumis) « Using LIDAR data and aerial photographs to estimate surfaces and volumes of Sabellaria alveolata (Polychaete, Sabellariidae) reefs in the Normanno-breton Gulf (western English Channel) » Dauvin <i>et al.</i> (soumis) « Anisotropic surfaces detection using near IR Lidar intensity maps over coastal environments. IEEE » Garestier <i>et al.</i> (soumis) « Formation and migration of transverse bars along a tidal sandy coast deduced from multi-temporal Lidar datasets » Levoy <i>et al.</i> (soumis)
Publications scientifiques prévues	Apport de la modélisation et du lidar pour l'évaluation des risques côtiers Guillou <i>et al.</i> (en rédaction)
COLLOQUES	
Participations passées à des colloques	Colloque LITEAU - Montpellier - décembre 2009 Colloque GICC/ LITEAU – Fréjus – octobre 2010 IGARSS – Vancouver - juillet 2011 European Liar mapping forum - Sazlburg - novembre 2011 Colloque LITEAU – Talence – février 2012 IGARSS – Munich - juillet 2012 Colloque – GIZC DATAR - mars-2012 JST CETMEF Paris - décembre 2012
Participations futures à des colloques	Coastal Dynamics – Bordeaux – juin 2013
THESES	
Thèses passées	Nicolas Robin, 2009 : « Morphodynamique des systèmes de flèches et de barres sableuses. »
Thèses en cours	Yoann Bonte : « Quantification du recul du trait de côte lors de conjonctions associant grandes marées et tempêtes. » Emilie Poulain : « Exploitation de l'intensité du signal LASER d'un lidar topographique aéroporté en environnement littoral sableux. »
ARTICLES DE VALORISATION-VULGARISATION	
Articles de valorisation parus / à paraître / prévus	Info Océan – novembre 2010 La Recherche Hors série – janvier 2011 Le Nouvel Observateur – avril 2011
AUTRES ACTIONS VERS LES MEDIAS	
Actions vers les médias	Interview Ouest –France – juin 2011 et nov. 2012
Actions vers les médias prévus	Articles de presse - Télévision
ENSEIGNEMENT - FORMATION	
Enseignements/formations dispensés	M2 pro « Ingénierie du Littoral 2011-2012 » de l'UCBN
Enseignements/formations prévus	M2 IGL / Aquacaen de l'UCBN 2012-2013
EXPERTISES	
Expertises menées	Défense du littoral de Blainville-sur-Mer (2009) Protection de la plage de Barneville (2010)
Expertises en cours	Synthèse de l'évolution du havre de Portbail (2012)
Expertises prévus	
METHODOLOGIES (GUIDES...)	
méthodologies produites	Evolution historique de la tache urbaine Inventaire et expertise des aménagements littoraux Utilisation du lidar pour le zonage des risques littoraux Utilisation du lidar pour le suivi des récifs d'hermelles
AUTRES	
Précisez...	