

# Atlas Littoral de la Haute-Corse de Bastia à Galéria – Phase finale

Rapport final

BRGM/RP-64052-FR  
janvier 2016



Direction départementale des Territoires  
et de la Mer de Haute-Corse (DDTM2B)



# Atlas Littoral de la Haute-Corse de Bastia à Galéria – Phase finale

Rapport final

**BRGM/RP-64052-FR**  
janvier 2016

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2014

**R. Belon, Y. Balouin, G. Bodéré**  
Avec la collaboration de  
**A. Merour, C. Riotte, G. Dectot et A. Calistri**

**Vérificateur : C. MALLET**

**Approbateur : N. FRISSANT**

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.**

Direction départementale des Territoires  
et de la Mer de Haute-Corse (DDTM2B)



**Mots clés** : Submersion marine, érosion côtière, gestion du littoral, Haute-Corse.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : **Belon R., Balouin Y., Bodéré G**, (2016) – Atlas Littoral de la Haute-Corse de Bastia à Galéria – Phase finale. Rapport BRGM/RP-64052-FR ; 86 p., 50 ill., 2 annexes.

## Synthèse

Cette étude, réalisée par le BRGM dans le cadre de ses missions d'appuis aux politiques publiques en partenariat avec la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Haute-Corse (DDTM2B), a été menée en deux phases ; la première entre 2011 et 2013 et la seconde entre 2014 et 2016.

La première phase, a donné lieu à l'Atlas littoral de la Haute-Corse de Bastia à Galéria- Phase 1 (Belon *et al.*, 2013, rapport BRGM/RP-62214-FR). Il y est présenté la géomorphologie, la climatologie et l'hydrodynamique du littoral de la Haute-Corse ainsi que l'évolution historique de son trait de côte entre 1948 et 2012.

L'objectif de cette seconde phase est de préconiser des modes de gestion adaptés aux contextes spécifiques de ces plages de poches. A cette fin, il a été réalisé un atlas hydrodynamique permettant de caractériser la houle à l'approche de la côte pour les directions de provenance dominantes, et d'évaluer l'impact des tempêtes en termes de sensibilité à l'érosion et à la submersion marine.

Ce rapport présente les résultats de la seconde phase de l'étude.

Le présent document a la vocation d'être un outil d'aide à la décision. Il présente la méthodologie utilisée pour réaliser le diagnostic sur les phénomènes d'érosion côtière et de submersion marine et l'évaluation des enjeux potentiellement exposés.

Un bref rappel des solutions techniques à disposition pour lutter contre ces aléas côtiers est présenté, pour aboutir à un panel de préconisations de gestion les plus adaptées et les plus durables, intégrées à l'échelle pertinente, la cellule sédimentaire.

Les analyses et préconisations sont réalisées pour chacune des plages étudiées en s'appuyant sur un atlas cartographique.

## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>7</b>
1.1. CONTEXTE .....	7
1.2. OBJECTIFS .....	7
<b>2. Méthodologie</b> .....	<b>9</b>
2.1. LES CELLULES SEDIMENTAIRES .....	9
2.2. EVALUATION DES ALEAS COTIERS .....	9
2.2.1. Evolution du trait de côte .....	9
2.2.2. La submersion marine et sensibilité à l'érosion.....	9
2.2.3. Incertitudes .....	11
2.3. EVALUATION DES ENJEUX .....	11
2.3.1. Les enjeux anthropiques : .....	11
2.3.2. Les enjeux naturels : .....	11
2.4. ECHELLES TEMPORELLES .....	11
<b>3. Stratégies de gestion du littoral</b> .....	<b>13</b>
3.1. LES TECHNIQUES D'ADAPTATION A L'EVOLUTION DU LITTORAL ET LEURS LIMITES .....	13
3.1.1. La relocalisation des biens et des services (recul stratégique).....	13
3.1.2. Le laisser faire .....	13
3.1.3. L'intervention limitée ou l'accompagnement par des solutions souples.....	13
3.1.4. Le maintien du trait de côte par des techniques dures .....	14
3.2. SYNTHÈSE SUR LES STRATÉGIES DE GESTION ET SOLUTIONS TECHNIQUES DE DEFENSE CONTRE LA MER .....	16
<b>4. Diagnostic et préconisation de gestion par plages considérées comme étant des cellules sédimentaires propres</b> .....	<b>19</b>
4.1. ATLAS HYDRODYNAMIQUE .....	19
4.1.1. Données bathymétriques .....	20
4.1.2. Simulations des conditions météo marines .....	20
4.2. LES ALEAS AFFECTANTS LES PLAGES DE HAUTE CORSE .....	22
4.2.1. Le phénomène de submersion marine.....	22
4.2.2. Synthèse de l'évolution du trait de côte et de la submersion marine .....	23
4.3. PRECONISATIONS DE GESTION .....	24
<b>5. Conclusion</b> .....	<b>33</b>
<b>6. Bibliographie</b> .....	<b>35</b>
<b>7. Annexes</b> .....	<b>37</b>

<b>Illustration 1 – Localisation des plages de poches du département de Haute-Corse</b> .....	<b>8</b>
<b>Illustration 2 - Traits de côte historiques issus des photos aériennes disponibles pour chacun des sites</b> .....	<b>9</b>
<b>Illustration 3 - Processus physiques en action lors d'une tempête : agitation et surélévation du plan d'eau</b> .....	<b>10</b>
<b>Illustration 4 – Localisation des points de sorties ANEMOC pour les statistiques des événements extrêmes</b> .....	<b>10</b>
<b>Illustration 5 - Tableau récapitulatif des données des bouées utilisées pour les calculs de submersion</b> .....	<b>10</b>
<b>Illustration 6 - Régimes d'impacts des tempêtes définies par Sallenger, 2000</b> .....	<b>11</b>
<b>Illustration 7 - Exemple de rechargement de plage, USA</b> .....	<b>13</b>
<b>Illustration 8 - Exemples de gestion souples des cordons dunaires (EID Méditerranée, Conservatoire du Littoral, ONF)</b> .....	<b>14</b>
<b>Illustration 9 - Schéma de principe d'un drainage de plage. ECOPLAGE®</b> .....	<b>14</b>
<b>Illustration 10 - Système de by-pass</b> .....	<b>14</b>
<b>Illustration 11 - Schéma de fonctionnement d'un ouvrage longitudinal</b> .....	<b>15</b>
<b>Illustration 12 - Principe de fonctionnement d'un ouvrage transverse (épi)</b> .....	<b>15</b>
<b>Illustration 13 - Principe de fonctionnement d'un brise-lames</b> .....	<b>15</b>
<b>Illustration 14 - Exemple de structures en géotextiles longitudinal en pied de dune (à gauche) ou en épi en T (à droite).</b> .....	<b>15</b>
<b>Illustration 15 - Synthèse des avantages et limites des différentes solutions de protection contre la mer. * coûts moyens issus de la littérature (d'après De la Torre et al., 2014)</b> .....	<b>17</b>
<b>Illustration 16 - Rose des houles pour 5 points autour de la Haute-Corse (données ANEMOC sur la période 1979 – 2008)</b> .....	<b>19</b>
<b>Illustration 17 - Emprise approximative des grilles des modèles de houle pour l'atlas hydrodynamique</b> .....	<b>20</b>
<b>Illustration 18 – Conditions de houle et niveaux marins des 4 grands secteurs</b> .....	<b>20</b>
<b>Illustration 19 – Niveau de set-up estimé avec le modèle SWAN le long des plages de la côte est du Cap Corse</b> .....	<b>21</b>
<b>Illustration 20 – Niveau de set-up estimé avec le modèle SWAN le long des plages de la côte ouest du Cap Corse</b> .....	<b>21</b>
<b>Illustration 21 – Niveau de set-up estimé avec le modèle SWAN le long des plages situées entre l'Ostriconi et Calvi</b> .....	<b>21</b>
<b>Illustration 22 – Niveau de set-up estimé avec le modèle SWAN le long des plages de Crovani à Galéria</b> .....	<b>22</b>
<b>Illustration 23 – Comparaison des niveaux d'eau obtenus sur chacune des plages</b> .....	<b>23</b>
<b>Illustration 24 – Synthèse des phénomènes de submersion marine et d'érosion côtière des plages entre L'Arinella et Saleccia</b> .....	<b>23</b>
<b>Illustration 25 – Synthèse des phénomènes de submersion marine et d'érosion côtière des plages entre L'Ostriconi et Galéria</b> .....	<b>24</b>
<b>Illustration 26 – Classification des plages en fonction de leur exposition aux phénomènes côtiers (« * » signifie une présence de zone basse)</b> .....	<b>24</b>
<b>Illustration 27 – Plages de Pietranera (à gauche) et Lavasina (à droite)</b> .....	<b>25</b>
<b>Illustration 28 – Présence de banquettes de posidonies sur chacune des plages jouant un rôle de protection face aux assauts de la mer (respectivement sur Sisco, Pietacorbara, Porticciolo et Santa Severa)</b> .....	<b>25</b>
<b>Illustration 29 – Présence de banquettes de posidonies protégeant les enjeux situés en haut de la plage de Meria</b> .....	<b>26</b>
<b>Illustration 30 – Présence de posidonies et d'une falaise d'érosion sur la plage de Macinaggio (à gauche). Haut de plage végétalisé et non protégé des effets de piétinement à droite sur la plage de Tamarone (à droite)</b> .....	<b>26</b>

## Liste des illustrations

<b>Illustration 31 – Photographies présentant le caractère naturel des plages, de gauche à droite respectivement Finocchiarola, Santa Maria, Cala Genovese et Cala Francese .....</b>	<b>26</b>
<b>Illustration 32 – Plage de Barcaggio (à gauche) avec quelques installations de protection du haut de plage réalisées par le Conservatoire du Littoral et plage de Tollare (à droite) .....</b>	<b>27</b>
<b>Illustration 33 – Pages de Centuri au nord (à gauche) et au sud (à droite) .....</b>	<b>27</b>
<b>Illustration 34 – Présence d’éléments antropiques sur le haut de la plage de Cadarelli pouvant accentuer les phénomènes d’érosion côtière .....</b>	<b>27</b>
<b>Illustration 35 – Présence d’enrochements (à gauche), de mur vertical (au centre) et d’habitation en haut de plage sur le secteur de l’Ospedale .....</b>	<b>28</b>
<b>Illustration 36 – Banquettes de posidonies présentes sur la plage de l’Ospedale jouant un rôle de protection face au assauts des vagues .....</b>	<b>28</b>
<b>Illustration 37 – Présence de posidonies sur la plage de la Roya de manière plus ou moins abondante (à gauche). Falaise d’érosion en haut de plage (au centre). Secteur de la pinède (à droite).....</b>	<b>28</b>
<b>Illustration 38 – Environnements dunaires pouvant être détériorés par les effets de piétinements sur les plages du Lotu (à gauche), Saleccia (au centre) et de l’Ostriconi (à droite) .....</b>	<b>28</b>
<b>Illustration 39 – Exemple d’action de communication entreprise par le Conservatoire du Littoral sur la plage de Saleccia avec également une canalisation des accès à la plage par la pose de ganivelles.....</b>	<b>29</b>
<b>Illustration 40 – Plage de Lozari avant les aménagements en 2012 (à gauche) et après les aménagements en 2014 (au centre) avec la canalisation des accès à la plage (à droite) .....</b>	<b>29</b>
<b>Illustration 41 – Plages de l’Ile Rousse : Présence de posidonies (à gauche). Haut de plage dont la végétation tend à disparaître qui pourrait être protégé (à droite).....</b>	<b>29</b>
<b>Illustration 42 – Plages de Corbara : Absence de protection du haut de plage à l’ouest (à gauche) alors qu’à l’est un dispositif a été mis en place pour limiter la détérioration de la dune de haut de plage (à droite).....</b>	<b>30</b>
<b>Illustration 43 – Flèche sableuse présente au nord-est de la plage d’Aregno .....</b>	<b>30</b>
<b>Illustration 44 – Plage d’Algajola : Secteur nord-est de la plage qui pourrait bénéficier d’actions de protection de la végétation en haut de plage (à gauche) et extrémité sud-ouest de la plage avec la présence d’enjeux (à droite) .....</b>	<b>30</b>
<b>Illustration 45 – Massifs rocheux présents sur la plage de Lumio .....</b>	<b>30</b>
<b>Illustration 46 – Plage de Lumio : Présence dune falaise d’érosion en haut de plage avec présence d’enrochements .....</b>	<b>31</b>
<b>Illustration 47 – Photographies prises dans le cadre du ROL en 2013 montrant l’érosion marquée du haut de la plage de Calvi .....</b>	<b>31</b>
<b>Illustration 48 – Exemples des aménagements sur Calvi avec le renforcement du haut de plage (à gauche) et deux brise-lames (à droite) .....</b>	<b>31</b>
<b>Illustration 49 – Présence de mate morte de posidonies « stockées » en haut de plage.....</b>	<b>32</b>
<b>Illustration 50 – Présence de la falaise à l’est exposée à la houle .....</b>	<b>32</b>

# 1. Introduction

## 1.1. CONTEXTE

Le domaine littoral qui est l'interface entre le continent et la mer, est particulièrement sensible à l'intervention humaine ainsi qu'aux changements environnementaux et climatiques. La stabilité de cet environnement conditionne l'évolution du trait de côte et ses répercussions sur les activités humaines.

A l'heure actuelle, les scénarios de réchauffement global suggèrent une accélération de la montée du niveau marin, une altération des régimes climatiques affectant la pluviosité et la fréquence et/ou l'intensité des tempêtes... Ces modifications peuvent entraîner une accélération de l'érosion côtière tant sur les côtes basses que sur les falaises (augmentation des effondrements, éboulements, ...), des changements du transport des sédiments, et un risque plus élevé de submersion côtière.

Deux grands processus sont responsables de l'évolution du littoral :

- la dynamique globale, faisant intervenir le climat de houle et les courants induits par les vagues et par la circulation générale ;
- et les phénomènes événementiels (tempêtes).

Sur les plaines côtières, le littoral se découpe, du fait de la présence d'interruption naturelles (embouchures) ou anthropiques (ports, ouvrages de défenses), en cellules sédimentaires. Ces cellules sédimentaires sont des portions de côte relativement indépendantes les unes des autres en termes de fonctionnement. Toute gestion de l'érosion littorale doit être élaborée à l'échelle de la cellule sédimentaire (MEDDTL, 2010), échelle la plus cohérente avec les phénomènes naturels. Une approche à l'échelle des cellules sédimentaires a été faite dans le cadre d'un précédent projet du BRGM réalisé en partenariat avec la DDTM 2B sur la Plaine orientale.

Sur les côtes rocheuses, en revanche, les unités de circulation sédimentaire sont limitées aux baies sableuses situées entre deux caps rocheux. Elles sont qualifiées en termes géomorphologiques de « plages de poches » (Pocket beaches). En fonction de la géométrie des caps, et selon leur position plus ou moins proéminente vers le large, ceux-ci peuvent constituer des zones d'interruption de transfert sédimentaire, et donc des limites de cellules. A plus grande échelle, une cellule sédimentaire peut également être constituée de plusieurs anses sableuses s'il existe des transferts sédimentaires entre elles.

En Corse, ces anses sableuses sont souvent situées au droit de vallées incisées par une rivière dont l'embouchure marine interrompt le cordon littoral sableux. En arrière de celui-ci se développe généralement une zone humide, siège d'intérêts écologiques importants et des aménagements touristiques. Une bonne connaissance du fonctionnement sédimentaire de ces systèmes, de leur évolution dans le passé, et de leur état de conservation actuel, est une étape importante pour assurer une meilleure gestion des risques côtiers : érosion et submersion marine.

Cette étude est réalisée en l'état actuel des connaissances et compte tenu de son échelle de validité ne peut pas être directement utilisée à des fins réglementaires (PPRL : Plans de Prévention des Risques Littoraux ou TRI : Territoires à risque d'inondation important par exemple).

## 1.2. OBJECTIFS

Le secteur d'étude concerne le littoral de la Haute Corse entre Bastia et Galéria, soit un linéaire de 350 km constitué majoritairement de côtes rocheuses entrecoupées d'anses sableuses où sont

concentrés les principaux aménagements liés aux activités touristiques (camping, etc...). L'étude concerne 41 plages dites « de poche » sableuses (Illustration 1).

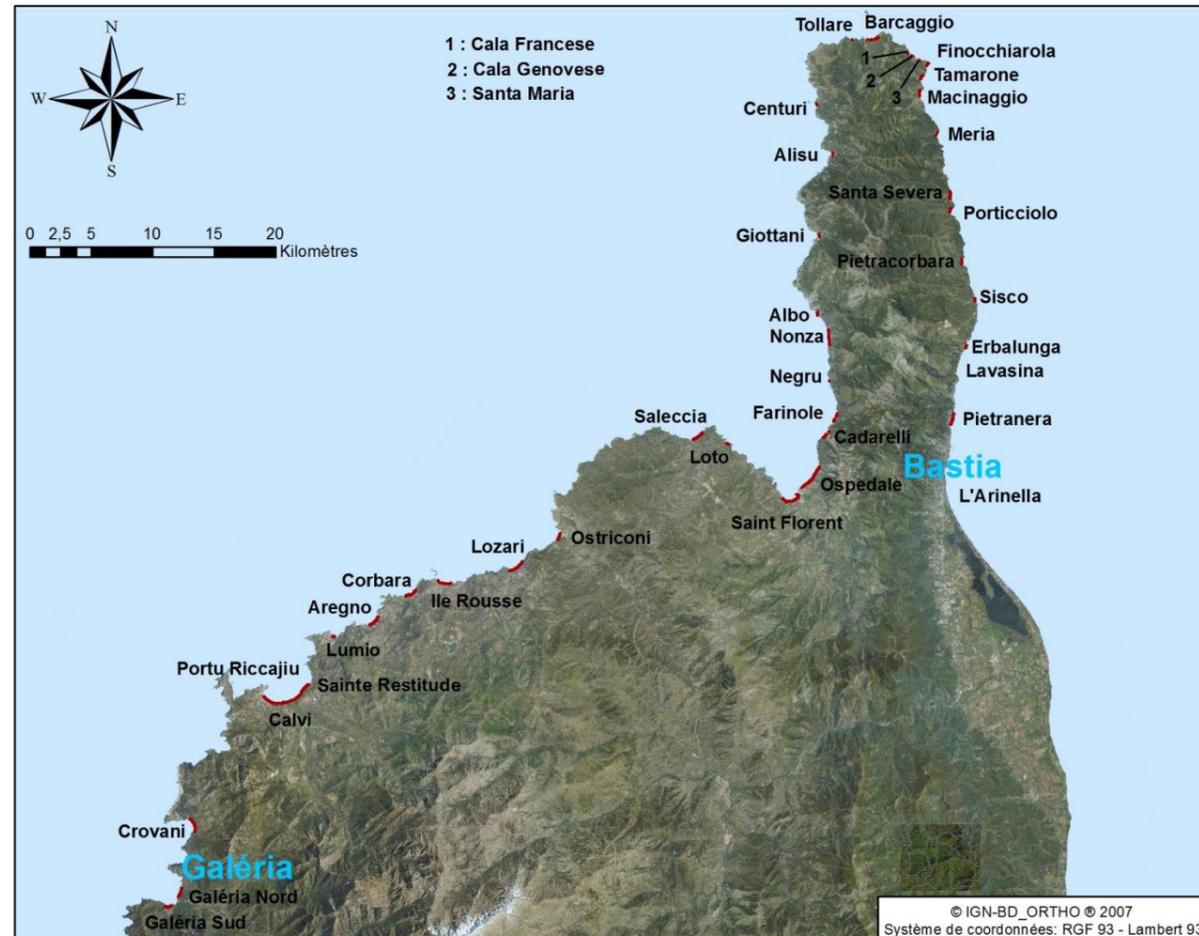


Illustration 1 – Localisation des plages de poches du département de Haute-Corse

Entre 2008 et 2010, un diagnostic de l'évolution du littoral de la Plaine orientale, de Bastia à Solenzara, a été réalisée dans le cadre d'une convention DDTM 2B – BRGM (Stépanian *et al.*, 2010, rapport BRGM/RP-59058-FR ; Balouin *et al.*, 2011, rapport BRGM/RP-59724-FR). Cette étude avait pour objectifs principaux de réaliser une actualisation des connaissances sur ce secteur à travers l'analyse de l'évolution du trait de côte et des processus responsables de cette évolution, la réalisation d'un atlas hydrodynamique régional, et la détermination, par secteur homogène, des enjeux et des différentes orientations de gestion possibles.

La méthodologie mise en place pour la réalisation de cet état des lieux du littoral s'est appuyée sur la synthèse des documents existants, sur des résultats de modélisation numérique des conditions de forçages des évolutions du littoral (houles, surcotes) et sur une évaluation du transit sédimentaire littoral. Cette étude a bénéficié d'une campagne de caractérisation fine de la topo-bathymétrie du littoral de la Plaine orientale par utilisation de la technique LIDAR aéroportée, réalisée en mars 2010, dans le

cadre d'un volet « impact des tempêtes » du ROL (Réseau d'Observation du Littoral Corse, financement OEC-BRGM- AERM&C).

Il a été décidé d'étendre cette étude au reste du département de la Haute Corse, soit de Bastia à Galéria, en englobant ainsi les plages de poche caractéristiques de la côte rocheuse (Illustration 1).

Cette étude s'est déroulée suivant deux phases, la première ayant donné lieu à un rapport (Belon *et al.*, 2013, BRGM/RP-62214-FR) a permis de caractériser la géologie du secteur, la géomorphologie des plages concernées, les forçages météorologiques ainsi que les enjeux présents.

Ce rapport traite de la seconde phase dont l'objectif est d'établir un atlas hydrodynamique, de caractériser les phénomènes de submersion marine potentielle ainsi que de préconiser un panel de modes de gestion intégrée des différentes plages en fonction de l'ensemble des informations recueillies (contexte géomorphologique, évolution du trait de côte, phénomène de submersion marine, présence d'enjeux...).

## 2. Méthodologie

### 2.1. LES CELLULES SEDIMENTAIRES

Le littoral est un système dont l'équilibre dynamique dépend des échanges et des transferts de sédiments qui se produisent latéralement sous l'action des houles et des courants, depuis l'arrière-plage jusqu'à l'avant-côte au large. C'est un système ouvert et il est d'usage d'appréhender son équilibre au travers de l'analyse de son bilan sédimentaire au sein d'unités homogènes dont les limites spatiales n'ont rien de commun avec les limites administratives (MEEDDM, 2010).

Ces unités d'analyse sont les cellules sédimentaires qui sont des portions de la côte à l'intérieur desquelles les circulations sédimentaires ont un fonctionnement autonome par rapport aux portions voisines. Leurs limites sont ainsi constituées soit par des ouvrages maritimes, soit par des obstacles naturels (caps, embouchures,...) importants qui bloquent ou modifient les transits sableux sous l'action de la dérive littorale.

### 2.2. EVALUATION DES ALEAS COTIERS

#### 2.2.1. Evolution du trait de côte

L'évaluation de l'évolution du trait de côte (Belon *et al.*, 2013) a été réalisée à partir des photographies aériennes nécessitant la digitalisation d'un indicateur commun à l'ensemble des scènes photographiques et sa comparaison dans le temps. Les campagnes photographiques disponibles peuvent varier d'une plage à l'autre (Illustration 2).

	1948	1951	1960	1968	1975	1983	1985	1996	2002	2007
San Martino di Lota (Pietranera)										
Erbalunga										
Sisco										
Pietracorbara										
Santa Severa										
Meria										
Macinaggio										
Tamarone										
Finocchiarola										
Santa Maria										
Cala Genovese										
Cala Francese										
Barcaggio										
Tollare										
Centuri										
Alisu										
Gjottani										
Albo										
Nonza										
Negru										
Farinole										
Cadarelli										
L'Ospedale										

Saint-Florent (La Roya)										
Loto										
Saleccia										
Ostriconi										
Lozari										
L'île Rousse										
Corbara										
Aregno (Algajola)										
Lumio										
Calvi										
Crovani										
Galéria nord										
Galéria sud										

Illustration 2 - Traits de côte historiques issus des photos aériennes disponibles pour chacun des sites

D'autres plages ont été ajoutées à la demande de la DDTM de Haute-Corse : les plages de l'Arinella (Bastia), de Lavasina (Brando), de la Gare (Ile-Rousse), de Portu Riccāju et de Sainte Restitude (Lumio). L'évaluation de l'évolution du trait de côte pour ces plages a été réalisée à partir des orthophotographies de 2002, 2007 et 2011.

Les photographies antérieures à 1990 ont généralement une échelle de prise de vue de 1/25 000<sup>ème</sup>, alors que les photographies de 1996, 2002, 2007 et 2011 ont une échelle de prise de vue de 1/5 000<sup>ème</sup>.

Le critère retenu dans cette étude pour déterminer la position du trait de côte est la limite « du jet de rive », afin d'être en cohérence avec les données générées sur ce secteur lors d'études antérieures (Oliveros et Delpont, 1996, 1999). En étant identifiable à la fois sur le terrain et sur de l'imagerie aérienne, l'indicateur « limite de jet de rive » est un outil approprié pour les études d'évolutions de trait de côte à moyen terme en Méditerranée par photo-interprétation. Il faut cependant être vigilant quant à son utilisation et prendre en compte des marges d'erreurs inhérentes à la technique (cf. paragraphe 2.2.3).

L'analyse de l'évolution de la position du trait de côte sur les différentes photographies a été réalisée avec le logiciel SIG (Système d'Information Géographique) DSAS, développé par l'USGS (Thieler *et al.*, 2008). Le principe de ce logiciel (module ArcGIS ©ESRI) est de mesurer les taux d'évolutions passés entre les différentes positions de trait de côte grâce à une série de transects orthogonaux à la plage depuis une « ligne de base ».

#### 2.2.2. La submersion marine et sensibilité à l'érosion

L'évaluation de la submersion marine sur le littoral s'étendant de Bastia à Galéria s'est basée sur le même principe méthodologique que pour le littoral de la Plaine orientale a été réalisée dans le cadre du projet sur les impacts des tempêtes sur le littoral de Corse (Projet OEC-BRGM-AE RM&C, Stépanian *et al.*, 2011, Balouin *et al.*, 2011). La submersion marine est définie comme une inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques et marégraphiques sévères (MATE, 1997).

Le phénomène de « surcote atmosphérique » ou « surcote de tempête » est l'addition de l'effet baromètre inverse et de l'élévation du niveau du plan d'eau sous l'effet du vent. Ainsi, lors d'une tempête, le niveau moyen de la mer résulte de l'addition de la marée prédite, de la surcote atmosphérique et du *set-up* (surélévation du niveau de la mer due au déferlement des vagues). Le

niveau maximal atteint par la mer est défini en tenant compte du « jet-de-rive » (*swash*). On appelle *run-up*, l'altitude maximale atteinte par le jet-de-rive sur la côte (Illustration 3).

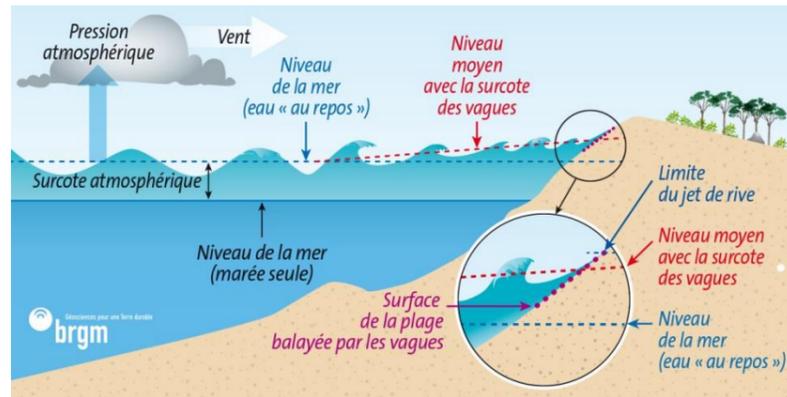


Illustration 3 - Processus physiques en action lors d'une tempête : agitation et surélévation du plan d'eau

L'évaluation des risques de submersion nécessite la définition d'évènement de référence, ici les tempêtes marines, en fonction de leur période de retour (1, 10, 50, 100, ans, ...), à partir d'analyse statistique basée sur une longue série de données. En l'absence de séries temporelles suffisamment longues des mesures *in situ* des conditions de houle autour de la Corse, la méthodologie mise en œuvre a consisté à utiliser la base de données ANEMOC (Atlas Numérique d'Etats de mer Océanique et Côtier) élaborée par le CEREMA. Cette base de données recense des chroniques de vagues en différents points autour de la Corse sur la base de simulations numériques effectuées avec le logiciel TOMAWAC. Les données (hauteurs et périodes de la houle) de cinq bouées ANEMOC ont été récupérées sur la période allant du 1er janvier 1979 au 31 décembre 2008 (MEDIT 4655, 4518, 6771, 7846, 8110) pour se placer au plus proche des différentes plages étudiées (Illustration 4).

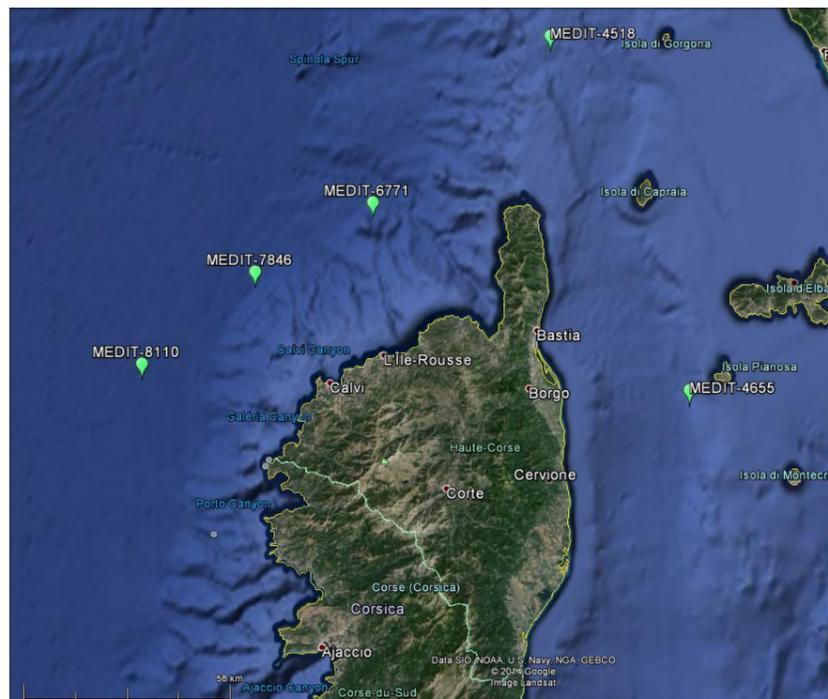


Illustration 4 – Localisation des points de sorties ANEMOC pour les statistiques des évènements extrêmes

Les événements extrêmes définis par une hauteur de houle avec une période de retour de 100 ans suivant la distribution généralisée de Pareto ont ainsi été utilisés dans la formule de Stockdon (Illustration 5).

Point	Hs (en m)	T (en seconde)	Longueur d'onde (en m)
MEDIT_4655	6,88	10	156,16
MEDIT_4518	6,86	13	263.86
MEDIT_6771	8,61	13	263.86
MEDIT_7846	9,29	13	263.86
MEDIT_8110	9,86	13	263.86

Illustration 5 - Tableau récapitulatif des données des bouées utilisées pour les calculs de submersion

Un modèle empirique est également utilisé pour évaluer les hauteurs d'eau atteintes par le jet de rive (Run-up, Stockdon *et al.*, 2006).

Une surcote centennale de 0.8 m calculée à Ajaccio par le CETMEF <sup>(1)</sup> a été ajoutée au niveau de marée maximale du port le plus proche puis aux valeurs de wave set-up et de jet de rive pour quantifier les niveaux extrêmes pouvant être atteints.

Le croisement des niveaux simulés avec la topographie à haute résolution (levé topographique LIDAR 2013 réalisé par l'IGN qui s'étend sur tout le littoral corse avec une résolution de 1pt/m<sup>2</sup> et une précision en Z de l'ordre de 20cm) permet d'obtenir une cartographie des zones exposées aux différentes composantes de la submersion marine à une échelle de 1/25 000<sup>ème</sup>. Il est défini sur chacune des cartographies la submersion marine permanente qui découle du croisement entre le niveau d'eau maximal atteint par la somme de la marée maximale, de la surcote centennale ainsi que des valeurs de la surélévation du plan d'eau due aux déferlement des vagues (wave-setup) et de la topographie. La submersion marine dynamique prend en compte l'effet du battement des vagues en ajoutant le niveau de jet de rive calculé (wave runup) au niveau utilisé pour la submersion marine permanente. Les volumes d'eau pénétrants par débordement ne sont pas calculés dans cette approche.

Afin d'évaluer la sensibilité du littoral à l'érosion lors des tempêtes, un indicateur, basé sur le régime d'impact (Sallenger, 2000) qui compare le niveau atteint par rapport à la morphologie (régimes de swash lorsque la zone de battement des vagues n'atteint pas le pied de dune, collision lorsque le battement des vagues attaque le pied de dune, franchissement lorsque le battement des vagues franchit le haut de la dune, submersion lorsque le niveau d'eau est supérieur à la dune, Illustration 6). Il permet de mettre en relation la morphologie du littoral et les niveaux d'eau atteints afin d'identifier les zones qui risquent d'être érodées en période tempétueuse.

<sup>1</sup> Source : <http://www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/analyse-des-surcotes-extrêmes-le-a1097.html>. Le CETMEF fournit les valeurs de surcotes extrêmes sur un seul port en Corse (Ajaccio). Ces surcotes sont définies comme étant une « surcote météorologique ... liée aux variations de vent et de pression atmosphérique ». Pour la Méditerranée, les valeurs des surcotes extrêmes calculées sont des indépendantes du niveau de marée, elles sont dites surcotes extrêmes instantanées.

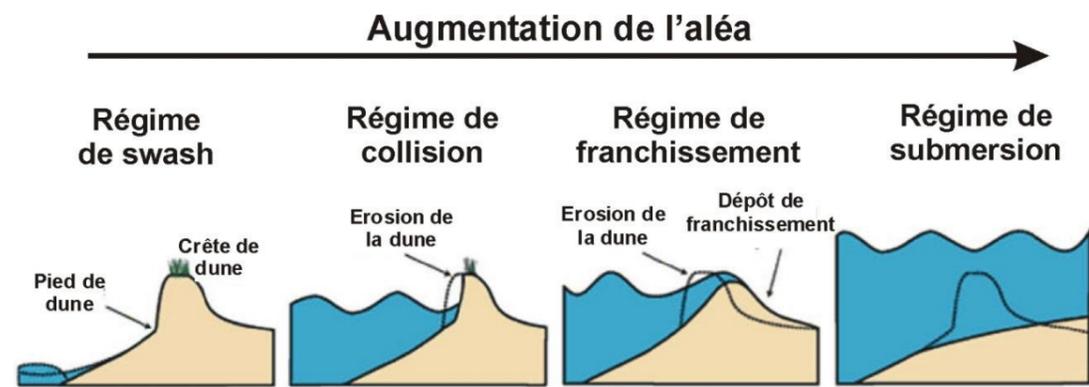


Illustration 6 - Régimes d'impacts des tempêtes définies par Sallenger, 2000

En fonction du régime d'impact un coefficient est défini :

- régime de swash : **1 (sensibilité faible)**
- régime de collision : **2 (sensibilité moyenne)**
- régime de franchissement (établi à 10 cm au-dessus de la crête de dune) : **3 (sensibilité forte)**
- régime de submersion : **4 (sensibilité très forte)**

### 2.2.3. Incertitudes

En raison de la différence d'origine et de résolution des données de base, l'évaluation de l'évolution du trait de côte s'accompagne de la prise en compte des incertitudes de ce positionnement. Ces incertitudes sont liées à un grand nombre de paramètres (prise de vue, géo-référencement, digitalisation, rectification, variation saisonnière, etc...).

Elles ont été estimées à +/- 10 m sur les données de photographies aériennes (antérieures à 2002), et à +/- 5 m sur les données d'ortho-photographies (2002, 2007 et 2011).

Le modèle numérique de terrain issu des données LIDAR aéroportées peut également engendrer des artefacts sur l'expansion de la submersion marine, notamment sur les secteurs recouverts de banquettes de posidonies lors du levé réalisé en 2013.

Une analyse à dire d'expert a été réalisée sur chacune des plages afin de vérifier que le phénomène de submersion marine potentielle soit le plus réaliste possible avec notamment la prise en compte des réalités morphologiques du terrain limitant la zone d'impact, à savoir la présence de végétation, de bâtiments ou toutes autres limites venant contrer la propagation des vagues et du jet de rive.

C'est pourquoi un polygone « de nettoyage » a été utilisé pour chaque site afin de prendre en compte ces obstacles à la propagation de l'intrusion marine.

Les zones présentant des altitudes inférieures au niveau de submersion calculé mais ne présentant pas de risque de submersion avéré ont été nettoyées (supprimées).

## 2.3. EVALUATION DES ENJEUX

Les enjeux caractérisés pour cette étude sont de deux ordres : les enjeux anthropiques et les enjeux naturels. Ils ont été cartographiés en utilisant les différentes bases de données existantes et en vérifiant, lors de campagne de terrain (Belon *et al.*, 2013), leur localisation et leur emprise.

Cette caractérisation porte sur leur présence/absence et non sur leur évaluation économique. Le BRGM et la DDTM 2B se sont mis d'accord sur le fait de ne pas hiérarchiser les enjeux anthropiques, cette décision étant laissée aux acteurs locaux.

Ces enjeux sont présentés sous forme de polygones à l'échelle 1/5 000<sup>ème</sup> avec une emprise s'étendant de la bande littorale à infra-littorale.

### 2.3.1. Les enjeux anthropiques :

Les enjeux anthropiques correspondent à toutes les infrastructures présentes sur le littoral. On y trouve tous les bâtiments présents à usage public ou privé, abritant ou non la population (centres d'accueil touristiques tels que les hôtels, campings, restaurants ; centres médicaux, entreprises...). Ce sont également les enjeux patrimoniaux et certains usages tels les zones conchylicoles.

Les sources de données géographiques utilisées pour cette étude sont :

- la Base Corine Land Cover (Union européenne – SOeS, CORINE Land Cover, 2006) ;
- la BD-PARCELLAIRE@2009, BD-ALTI@, BD-TOPO@2009 et le SCAN25@ de l'IGN ;
- l'orthophotographie ©IGN BD-ORTHO@2007 et la banque de données photographiques du ROL<sup>2</sup> ;
- visites sur le terrain lors des campagnes de mesures réalisées en 2012.

### 2.3.2. Les enjeux naturels :

Ces enjeux concernent principalement les zones naturelles de protection règlementaire. On y trouve :

- le Parc naturel régional Corse ;
- les sites Natura 2000 qui bénéficient d'un cadre règlementaire pour la préservation de la diversité biologique ainsi que la valorisation du patrimoine naturel ;
- les zones ZNIEFF de type 1 et 2, qui sont des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique, celles de type 1 sont des secteurs de superficie en général limitée, caractérisés par leur intérêt biologique remarquable et celles de type 2 sont des grands ensembles naturels riches et peu modifiés, ou qui offrent des potentialités biologiques importantes ;
- les zones ZICO qui sont des zones importantes pour la conservation des oiseaux ;
- les réserves de chasse ;
- les terrains du Conservatoire du littoral.

Ces enjeux ont fait l'objet d'une cartographie dans la première phase de l'étude (Belon *et al.*, 2013).

## 2.4. ECHELLES TEMPORELLES

L'évaluation des évolutions de la dynamique du littoral et des stratégies mises en œuvre s'effectue à diverses échelles temporelles. L'expression « court-terme » sera utilisée pour des évolutions événementielles ou saisonnières, « moyen-terme » pour des évolutions pluriannuelles, et « long-terme » pour des évolutions pluri-décennales.

<sup>2</sup> ROL : le Réseau d'Observation du Littoral de la Corse est un réseau de mesures annuelles de l'évolution des plages et du trait de côte sur 15 sites de Corse. Le ROL est opérationnel depuis 2001 à travers un partenariat technique entre l'Office de l'Environnement de la Corse et le BRGM Corse, avec une subvention de l'Agence de l'Eau RM&C entre 2008 et 2011 (Stéphanian *et al.* 2012).

### 3. Stratégies de gestion du littoral

La prise en compte des aléas côtiers (érosion, submersion marine) dans l'aménagement du littoral, en vue de préserver des enjeux, peut se décliner en quatre types de stratégies (stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte, 2012) :

- le recul stratégique ou la relocalisation des biens et des services ;
- la non-intervention ou le laisser-faire ;
- l'intervention limitée ou l'accompagnement des phénomènes naturels par l'emploi de solutions souples ;
- le maintien du trait de côte (par des techniques dures/souples de modification ou de blocage du transit ou par des techniques de restauration et renforcement du fonctionnement naturel).

Le choix d'une stratégie repose sur l'analyse du diagnostic reposant sur les aléas existant et l'exposition des enjeux présents, et doit, pour la mise en œuvre d'une politique concertée et durable de gestion des risques côtiers, répondre aux principes suivants (MIAL, 2003) :

- **principe 1** : il est naturel que le littoral bouge et il est illusoire d'espérer le fixer partout ;
- **principe 2** : le littoral est un système global et les réponses à l'érosion ne peuvent être apportées durablement qu'à l'échelle minimale de la cellule sédimentaire ;
- **principe 3** : Il est indispensable de respecter et de restaurer un espace de liberté pour le littoral ;
- **principe 4** : le recul stratégique doit être favorisé car il est la réponse la plus durable à l'érosion ;
- **principe 5** : le recul stratégique et la restauration du fonctionnement naturel sont les seuls modes de gestions envisageables pour les secteurs à dominante naturelle ;
- **principe 6** : la modification du transit doit être réservée aux secteurs à enjeux forts et inamovibles ;
- **principe 7** : la protection des cordons dunaires existants (notamment contre la sur-fréquentation) est essentielle car ils sont nécessaires au bon fonctionnement du système littoral ;
- **principe 8** : les plages et les ouvrages de protections nécessitent un entretien et un suivi qui doivent être pris en compte dès la mise en place du mode de gestion ;
- **principe 9** : la surveillance et le suivi du littoral doivent être renforcés et généralisés pour mieux déterminer cet espace de liberté et être capable de prévoir les évolutions futures du littoral ;
- **principe 10** : des études visant à comprendre et modéliser le fonctionnement global du littoral doivent être lancées.

#### 3.1. LES TECHNIQUES D'ADAPTATION A L'EVOLUTION DU LITTORAL ET LEURS LIMITES

##### 3.1.1. La relocalisation des biens et des services (recul stratégique)

D'après Carreno (2007, « Répondre à l'élévation du niveau de la mer en région Languedoc-Roussillon, L'exemple du recul stratégique »), cette méthodologie de gestion de l'espace consiste à déplacer, à reculer, les enjeux présents sur le territoire à une distance suffisante, vers l'arrière-pays, afin de mettre à l'abri ceux-ci des risques qu'ils peuvent encourir face à la mer. Selon le guide méthodologique des PPR littoraux (MEDDE, 2012, Version 12), le repli stratégique peut être considéré comme une technique de protection souple, qui consiste à accepter un recul limité et à concentrer les actions de prévention en arrière du trait de côte.

L'avantage de cette action est qu'elle s'inscrit dans la durée, elle assure une protection optimale à long terme des enjeux. Les principales contraintes de cette stratégie de gestion sont liées au coût de relocalisation des biens, à l'existence de terrains disponibles pour cette relocalisation et aux difficultés réglementaires. C'est pourquoi cette problématique doit être intégrée dans les documents d'urbanisme

en amont. Dès lors que des enjeux sont exposés aux aléas maritimes, une analyse coûts-avantages et une analyse multicritères des éléments non-matérielles à long-terme doivent être menées pour évaluer systématiquement la pertinence de cette solution qui reste la plus durable.

##### 3.1.2. Le laisser faire

Cette méthode consiste à suivre l'évolution naturelle sans intervenir. Il s'agit de considérer les fluctuations de la côte comme un phénomène naturel avec lequel il faut composer plutôt que tenter de s'y opposer (Cousin, 2010). Cette stratégie, généralement préconisée dans les secteurs où les enjeux ne justifient pas une intervention, présente l'avantage de n'entraîner aucun coût de gestion. Dans le cas où des enjeux seraient exposés aux phénomènes de submersion ou d'érosion, la décision du laisser-faire implique la disparition à plus ou moins long-terme de ces enjeux. Ce laisser-faire implique toutefois une observation des sites concernés. Cette solution n'est pas forcément la moins coûteuse et une analyse coût-bénéfice doit être réalisée.

##### 3.1.3. L'intervention limitée ou l'accompagnement par des solutions souples

Elles consistent à composer avec le milieu naturel, en laissant un degré de liberté encore naturel au trait de côte. La mise en place de ces techniques nécessite une évaluation des effets sur la propagation de la houle à l'échelle de la cellule sédimentaire.

##### *L'alimentation artificielle des plages en sédiments (ou rechargement de plage)*

Cette méthode a pour objectif de compenser le déséquilibre du littoral résultant d'une érosion naturelle ou d'une action humaine. Le but est d'alimenter les plages en matériaux (sables, galets) exogènes à la cellule sédimentaire, par camion, dragues en mer, etc. (Illustration 7). Chaque intervention doit être adaptée en fonction de la nature et de la taille des matériaux, la bathymétrie, les peuplements des petits fonds, le régime de houle, les courants littoraux, etc. Le rechargement permet la restauration d'un espace « tampon » permettant la protection vis-à-vis des agents d'érosion, et par conséquent l'élargissement de la plage et la restauration des usages et des enjeux. Cette méthode demande une planification et un suivi à long terme. Le rechargement de plage n'a pas pour but de stopper le phénomène d'érosion, mais il permet de le limiter et d'agir sur ses effets.



Illustration 7 - Exemple de rechargement de plage, USA

##### *La gestion souple des dunes*

Les dunes sont des accumulations sableuses littorales. Ces espaces, mobiles par nature, sont fragilisés par des pressions multiples et leur dynamique est essentiellement liée à l'action du vent. Le principe de base du contrôle de la mobilité des dunes est la modération de l'érosion éolienne par réduction de la

vitesse du vent. Ce contrôle de la mobilité des dunes peut être obtenu par différentes techniques : plantations végétales, rideaux brise-vent ou ganivelles, couverture de débris végétaux, canalisation de la fréquentation (Illustration 8)... Il s'agit d'une mesure de protection durable qui augmente la capacité naturelle de résistance de la plage et constitue également une protection contre les attaques des vagues tout en préservant le caractère naturel du littoral.



Illustration 8 - Exemples de gestion souples des cordons dunaires (EID Méditerranée, Conservatoire du Littoral, ONF)

La reconstitution d'une dune est un phénomène qui peut prendre plusieurs années. La reconstitution artificielle d'un cordon dunaire, souvent associée à une ou plusieurs techniques de gestion de l'avant-dune (ganivelles, végétalisation), permet de restaurer les échanges naturels plage/dune, tout en constituant un ouvrage souple et naturel de protection contre les phénomènes d'érosion et de submersion.

### Les systèmes de drainage de plage

Le drainage de plage a pour objectif d'abaisser le toit de la nappe aquifère présente sous la plage et ainsi favoriser l'infiltration de la nappe de retrait du jet de rive. L'eau redescendant sur la plage s'infiltré, perd de son énergie, favorisant ainsi le dépôt du sédiment charrié (Illustration 9 - ). Le système de drainage est constitué de drains horizontaux installés en profondeur et placés parallèlement au trait de côte. Ces drains sont connectés à une station de pompage qui recueille et évacue l'eau vers la mer ou vers des stations de recyclage. L'installation du système nécessite une perméabilité suffisante du sédiment, et il reste peu adapté aux plages très exposées aux vagues ou présentant d'importants mouvements de l'estran. Ce système tend à piéger le sédiment présent sur place mais ne résout pas le problème de déficit sédimentaire. Il est par conséquent souvent associé à un rechargement de plage. Ces systèmes de drainage fonctionnent lorsque les nappes d'eau ou le jet de rive sont responsables de l'érosion or dans le cas de la Plaine orientale, les évolutions morphologiques majeures sont associées aux tempêtes marines, et la zone de jet de rive est souvent très limitée (de un à quelques mètres) en raison de la forme du profil de plage. Ce système semble donc peu adapté aux plages de la Plaine orientale et à leur dynamique.

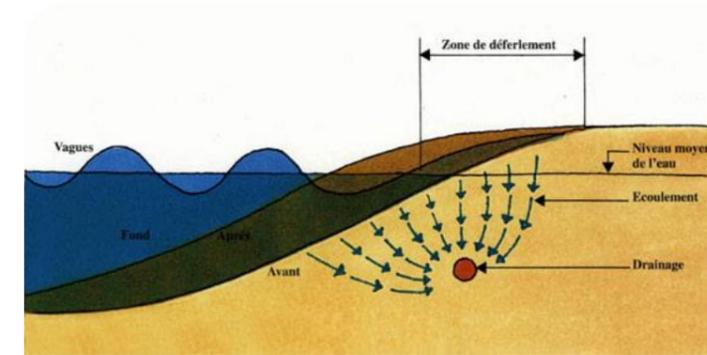


Illustration 9 - Schéma de principe d'un drainage de plage. ECOPLAGE ®

### Le « by-passing » ou le rétablissement du transit littoral

Le « by-passing », ou pontage sédimentaire, est le transfert artificiel de sédiments leur permettant de franchir un obstacle naturel (cap rocheux, débouché d'un cours d'eau) ou anthropique (jetée, épi, Illustration 10). Il peut être hydraulique avec l'installation d'un système de succion d'un mélange d'eau et de sable et le refoulement de ce mélange en aval de l'ouvrage, ou mécanique par acheminement du sable d'une zone à l'autre par camions ou par des moyens nautiques (dragues). Une bonne compréhension de la dynamique sédimentaire du site, et en particulier l'importance de la dérive littorale, est primordiale avant de mettre en place un « by-passing ». En fonction des conditions locales, les coûts peuvent être relativement importants, et les incidences sur la biodiversité sont à analyser au cas par cas.

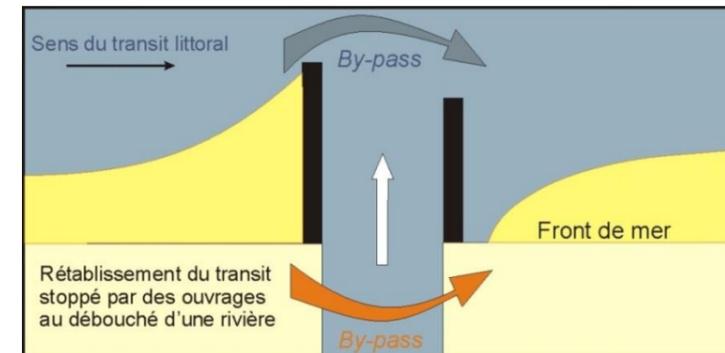


Illustration 10 - Système de by-pass

### 3.1.4. Le maintien du trait de côte par des techniques dures

Ces méthodes consistent à mettre en place des structures solides dont l'action est de maintenir le trait de côte. La mise en place de ces techniques nécessite une évaluation des effets sur la propagation de la houle à l'échelle de la cellule sédimentaire.

#### Les ouvrages longitudinaux

Ces ouvrages (perrés, digues, butées de pied), en pierre maçonnée en enrochement ou en géotextiles, sont disposés le long du trait de côte, le plus souvent en pied de dune ou de falaise, pour contrer l'érosion côtière (Illustration 11). Ils agissent comme une barrière de protection face à l'action des vagues et sont souvent utilisés en dispositif de protection d'urgence faisant suite à une tempête. La limite principale de ces ouvrages réside dans la réflexion de la houle par ces murs de protection, qui amplifie l'érosion en pied d'ouvrage, et entraîne une disparition progressive de la plage par abaissement des fonds. Ces ouvrages sont inefficaces quand l'érosion est due à un transport de

sédiments parallèle au rivage. Par ailleurs, ils constituent des points durs qui figent le littoral, tout en présentant un fort risque de rupture lors des tempêtes. Il est également possible d'observer un accroissement de l'érosion de part et d'autre de l'ouvrage dû à la diffraction ou au contournement des vagues ainsi qu'au droit de l'ouvrage dû à la réflexion des vagues.

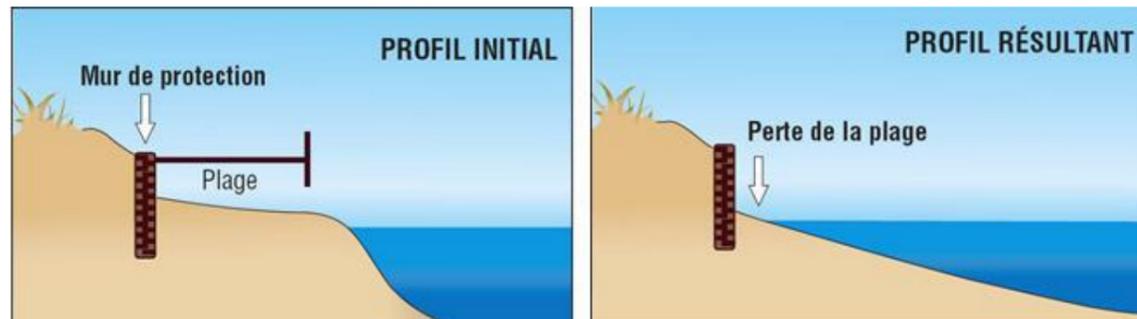


Illustration 11 - Schéma de fonctionnement d'un ouvrage longitudinal

### Les ouvrages transversaux

Il s'agit des épis, le plus souvent en enrochements ou en géotextile, positionnés perpendiculairement au trait de côte. L'objectif principal de ces ouvrages est l'interruption du transit sédimentaire littoral. On obtient donc un élargissement de la plage en amont de l'ouvrage qui peut être rapide si la dérive littorale locale est importante. Cette accumulation à l'amont s'effectue toutefois au détriment de la zone aval où l'érosion est accrue (Illustration 12). Par ailleurs, ce type d'ouvrage est inefficace si l'évolution est dominée par du transport sédimentaire dans le profil (de la côte vers le large).

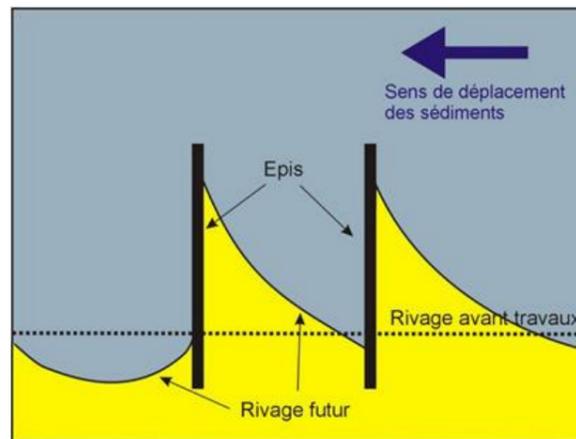


Illustration 12 - Principe de fonctionnement d'un ouvrage transverse (épi)

### Les brise-lames

Les brise-lames sont des ouvrages installés en mer parallèlement au trait de côte pour amortir l'énergie de la houle et limiter le transport sédimentaire dans le profil. Les crêtes de houle contournant l'obstacle se concentrent derrière l'ouvrage, générant un dépôt sableux en forme de tombolo. L'engraissement obtenu est localisé derrière l'ouvrage, souvent au détriment des zones adjacentes où le trait de côte recule (Illustration 13). Ils ne sont pas adaptés aux secteurs où le transit parallèle à la plage prédomine. Les coûts d'installation et de maintien peuvent être élevés.

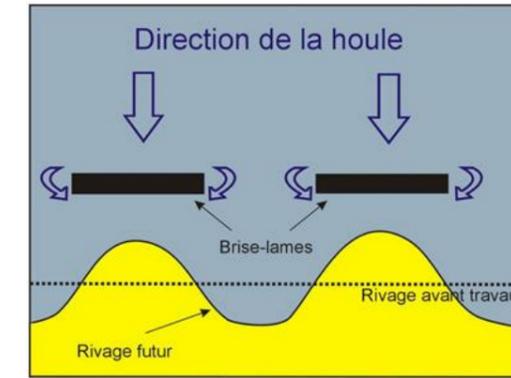


Illustration 13 - Principe de fonctionnement d'un brise-lames

### Les structures en géotextiles

Ces structures, dites géotubes, sont constituées de tubes en polyester remplis de sable par injection hydraulique (Illustration 14). Ce matériau est utilisé pour la réalisation d'ouvrages longitudinaux ou transversaux tels que décrits précédemment. L'utilisation de ces ouvrages pour la fixation du trait de côte et la modification du transit entraîne les mêmes inconvénients que les ouvrages en enrochements (érosion en aval ou sur les zones adjacentes). Par ailleurs, ces ouvrages sont relativement fragiles, ils peuvent être percés par des débris et ne semblent donc pas convenir à des environnements très exposés. Leur constitution vulnérable et leur visibilité sur la plage les expose de plus à des actes de vandalisme.



Illustration 14 - Exemple de structures en géotextiles longitudinal en pied de dune (à gauche) ou en épi en T (à droite).

### Les récifs artificiels

Des structures métalliques, en béton ou même en géotextile peuvent être submergées dans des profondeurs relativement faibles permettant le déferlement de la houle et donc une dissipation de l'énergie de la houle qui va atténuer les impacts à la côte.

Ce rôle d'atténuation des houles peut également induire des phénomènes de réfraction, concentrant l'énergie sur certains secteurs du littoral. Seuls les récifs faiblement immergés sont à même de dissiper suffisamment l'énergie des vagues pour limiter les phénomènes érosifs sur la plage. Les retours d'expérience sur ces systèmes restent très faibles. Les récifs implantés à plus grande profondeur dans un but de restauration du milieu (repeuplement halieutique ou benthique par exemple) ne constituent pas directement une technique de lutte contre l'érosion mais peuvent tout de même jouer un rôle de fixation des fonds mobiles.

### 3.2. SYNTHÈSE SUR LES STRATÉGIES DE GESTION ET SOLUTIONS TECHNIQUES DE DÉFENSE CONTRE LA MER

Les gestionnaires du littoral disposent ainsi d'un panel de solutions techniques variées, qui sont plus ou moins adaptées en fonction des caractéristiques locales d'un site, et qui entraînent souvent des effets secondaires sur les zones adjacentes. Il convient de préciser que les différents modes de gestion (et les solutions techniques) peuvent être combinés à la fois dans le temps et dans l'espace (par exemple il peut être préconisé dans un 1<sup>er</sup> temps de protéger les enjeux coûte que coûte puis de relocaliser une fois la relocalisation possible). Il est également possible de « fixer » une petite portion du littoral et de mettre en place des solutions plus souples aux alentours.

Une étude a été réalisée en 2013 en partenariat avec le BRGM et l'Office de l'environnement de la Corse (De la Torre *et al.*, 2014) afin d'évaluer l'applicabilité de l'ensemble de ces techniques au littoral corse. Les conclusions de cette étude sont rappelées dans le tableau suivant (Illustration 15).

Il est cependant important de noter que toute intervention sur le Domaine Public Maritime (DPM) est soumise à des principes de gestion qui sont rappelés dans la circulaire du MEDDTL du 20 janvier 2012 relative à la gestion durable et intégrée du domaine public maritime naturel (NOR : DEVL1121741C). Cette circulaire a prévu l'élaboration de stratégies départementales de gestion du DPM qui doivent définir notamment les enjeux et orientations de la gestion de ce milieu au regard de la protection de la biodiversité et de la qualité des eaux continentales et marines.

En fonction des opérations, des dossiers réglementaires doivent être déposés auprès de la DDTM en précisant les détails du projet, l'évaluation des impacts sur l'environnement, les moyens de suivi mis en œuvre, etc. afin d'obtenir les autorisations préalables.

Solutions douces	Indice d'applicabilité	Justification
<b>GESTION DES PLAGES</b>		
<b>Rechargement artificiel en sédiment</b>	Fort	Procédé le plus « universel », dans la mesure où le sédiment réinjecté dans la cellule hydrosédimentaire a les mêmes caractéristiques que celui en place
<b>Système de drainage</b>	Faible	Peu adapté aux environnements à faible hydrodynamisme (marée, vagues) car la zone de jet de rive où l'infiltration s'opère est très réduite
<b>By-passing</b> - mécanique - hydraulique	Fort	Adapté aux zones de forte dérive littorale bloquée par un aménagement, sur la plaine orientale notamment
<b>Conteneurs géotextiles</b> - plage émergée • transversaux et/ou longitudinaux  • enfouis	Faible à Modéré selon le cas de figure	- L'application est à proscrire pour les installations transversales ou longitudinales à même la plage car elles bloquent le transit sédimentaire et se détériorent rapidement.  - Les installations de conteneurs

- <b>réécifs artificiels (atténuateur de la houle)</b>	Fort	enfouis en haut de plage/pied de dune peuvent être adaptés, en accompagnement de dispositifs de restauration complémentaires (reprofilage, plantations, brise-vent).  - La pérennité des récifs en Géotubes est incertaine du fait de la migration des barres d'avant-côte et de la déstabilisation potentielle du dispositif
<b>Nettoyage raisonné</b>	Fort	Adapté à la problématique des banquettes de Posidonies et des plages balnéaires. Un plan de nettoyage est à mettre en œuvre en fonction de la fréquentation et du type de ramassage (manuel et/ou mécanisé)
<b>Reprofilage</b>	Modéré	Peut se suffire à lui-même (efficacité limitée) mais il est plus favorablement de le mettre en œuvre en accompagnement de dispositifs complémentaires (rechargement, pose de brise-vent,...)
<b>Pieux hydrauliques</b>	Faible	Peu adaptés aux environnements à faible hydrodynamisme (marée, vagues) car ils seraient surtout sollicités pendant les événements fortement énergétiques lorsque l'agitation est trop importante pour permettre le dépôt de sédiment sur la plage émergée
<b>Algues artificielles</b>	Faible	En Corse, il est préférable de tenter de conserver les herbiers de Posidonies existants plutôt que de songer à implanter des algues synthétiques
<b>Biofixation</b>	Faible	Pas de retour d'expérience, rien n'indique que le renforcement de la cohésion du sable et de l'eau favorise la sédimentation
<b>GESTION DES DUNES</b>		
<b>Couverture de débris végétaux</b>	Modéré	Adapté mais dans les faits relativement peu appliqué car les brise-vents sont souvent préférés compte-tenu de leur facilité d'installation sur les petites dunes méditerranéennes
<b>Rideaux brise-vent</b>	Fort	Adapté pour la restauration des zones d'érosion éolienne et pour la canalisation des accès à la plage/dune (limitation du piétinement)

<b>Plantation</b>	Fort	L'Oyat est bien adapté aux littoraux méditerranéens et corses lorsque la dynamique éolienne est forte. L'Acropyron est plus adaptée lorsque la dynamique marine prédomine.
<b>GESTION DES EMBOUCHURES</b>		
<b>Ouverture mécanisée</b>	Fort	Adapté pour l'ensemble des embouchures dont la fermeture occasionnelle ne provoque pas de gêne majeure pour les activités économiques (navigation notamment) et la sécurité des populations (crue en amont)

**Illustration 15 - Synthèse des avantages et limites des différentes solutions de protection contre la mer. \* coûts moyens issus de la littérature (d'après De la Torre *et al.*, 2014)**

## 4. Diagnostic et préconisation de gestion par plages considérées comme étant des cellules sédimentaires propres

### 4.1. ATLAS HYDRODYNAMIQUE

Un atlas hydrodynamique a été réalisé à l'aide du modèle de propagation de la houle (SWAN, Booij *et al.*, 1999) permettant de caractériser les effets de la houle à l'approche des côtes en fonction des directions de houle dominantes et pour une période de retour centennale définies à partir des analyses statistiques des séries temporelles issues d'ANEMOC (Illustration 4 et Illustration 5). Il fournit pour chaque secteur étudié :

- la hauteur significative de la houle à la côte ;
- le niveau de set-up (surélévation du plan d'eau liée au déferlement de la houle) ;
- la vitesse maximale et la force exercée au fond par la houle.

Les différentes côtes du littoral de la Corse ne sont pas soumises aux mêmes conditions météorologiques et présentent des expositions variables aux houles dominantes. Le climat hydrodynamique en Haute-Corse est marqué par trois directions de provenance principales : sud-est, nord et ouest (Illustration 16).

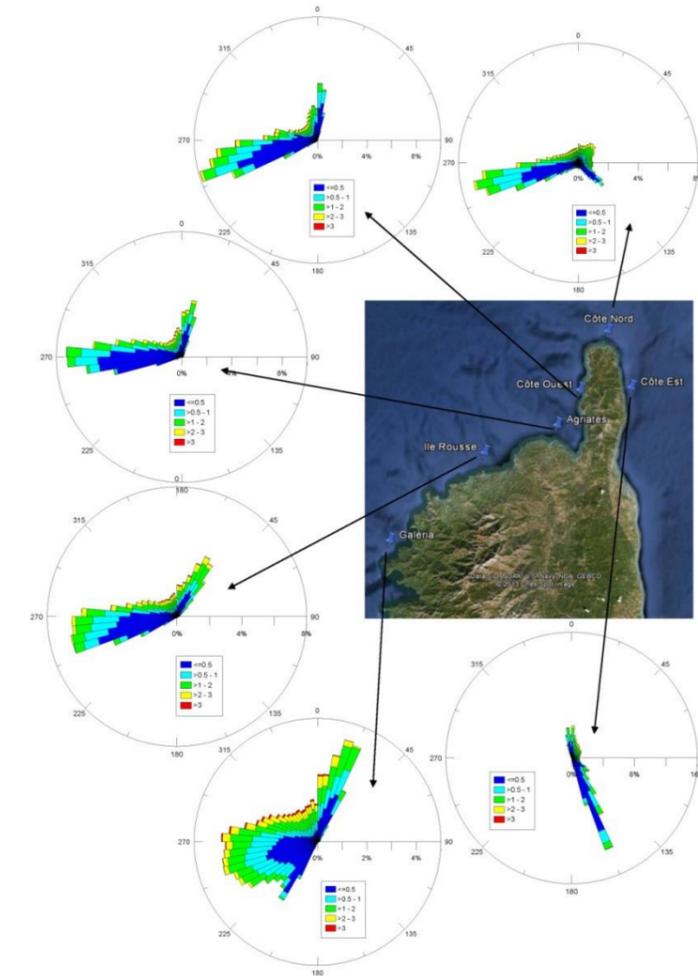


Illustration 16 - Rose des houles pour 5 points autour de la Haute-Corse (données ANEMOC sur la période 1979 – 2008)

La Haute-Corse a ainsi été découpée en 4 grands secteurs, un pour la façade est du Cap Corse, un pour la façade ouest du Cap Corse, un de Calvi à l'Ostriconi et un pour le secteur de Galéria (Illustration 17).

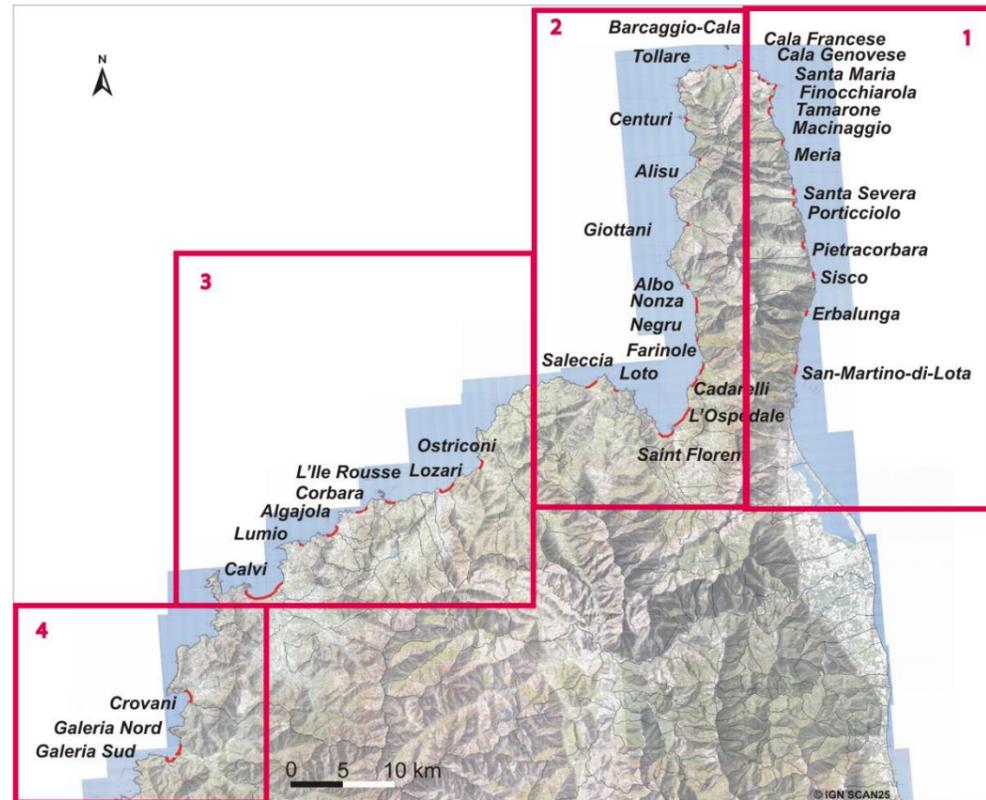


Illustration 17 - Emprise approximative des grilles des modèles de houle pour l'atlas hydrodynamique

#### 4.1.1. Données bathymétriques

Les données bathymétriques suivantes ont été utilisées pour cette étude :

- **GEBCO** (General Bathymetric Chart of the Oceans), est soutenu par l'organisation hydrographique internationale (IHO), par les Nations Unies (UNESCO) ainsi que par la commission océanographique intergouvernementale (IOC). Les informations bathymétriques contenues dans GEBCO résultent d'une compilation à l'échelle du globe de sondages bathymétriques et de données issues de l'altimétrie satellitale. Elles sont délivrées gratuitement auprès de <http://www.gebco.net/>. La résolution des données est de 1'x1'. Une extraction a été réalisée pour le domaine couvrant l'ensemble du bassin méditerranéen occidental.
- **LIMA** : une cartographie des fonds marins situés entre 0 m et 100 m de profondeur a été réalisée à partir de données bathymétriques du SHOM. Un modèle numérique de terrain (MNT) a ainsi été constitué avec une maille de résolution de 50 m.

L'ensemble de ces données a permis de couvrir les 4 blocs avec une maille rectilinéaire régulière de l'ordre de 50 mètres.

#### 4.1.2. Simulations des conditions météo marines

Les conditions de houle au large ont été introduites dans le modèle SWAN afin de caractériser les conditions hydrodynamiques à l'approche de la côte jusqu'à une profondeur de l'ordre de 10 m.

Des conditions de houle et des niveaux marins ont été définies pour chacun des grands secteurs étudiés. Ceci en prenant les statistiques extrêmes des caractéristiques de la houle données par

ANEMOC à travers les points MEDIT-4655, MEDIT-6771, MEDIT-7846, MEDIT-8110 et en appliquant la surcote centennale de 0.8 m calculée au port d'Ajaccio associée au niveau de marée maximale des ports sur les différents secteurs pour avoir le niveau marin extrême (Illustration 18).

Secteurs	Niveau marin (marée + surcote atmosphérique, en m)	Conditions de houle	
		Hs (en m)	T (en s)
1 (Est du Cap Corse)	1.11	6.88	13
2 (Ouest du Cap Corse)	1.08	8.61	13
3 (D'Ostriconi à Calvi)	1.08	9.29	13
4 (Galéria)	1.08	9.86	13

Illustration 18 – Conditions de houle et niveaux marins des 4 grands secteurs

- pour la façade est du Cap corse (Planches n°5 et 8), la majorité des plages semble impactée de la même manière pour des événements en provenance du sud-est excepté pour les plages de Santa-Maria, Cala Genovese et Cala Francese qui semblent plus vulnérables aux événements en provenance du nord. Pour des événements en provenance du nord, le secteur compris entre Sisco et le nord du Cap Corse semble plus vulnérable que celui situé entre Sisco et Bastia du fait de la présence de la pointe de Sisco.

Ces observations se traduisent également en termes de surélévation due au déferlement (set-up) avec les plages situées entre Sisco et Finocchiarola qui présentent des niveaux sensiblement du même ordre quelle que soit la direction de provenance de l'évènement, soit des niveaux de setup de l'ordre de 0.30 m.

Les plages de Santa-Maria, Cala Genovese et Cala Francese présentent des niveaux plus élevés pour des événements en provenance du nord, estimés à 0.40 m, contre 0.20 m pour des événements de sud-est. Ce qui veut dire que les phénomènes de submersion marine risquent d'être accentués pour des événements en provenance du nord.

Pour les plages de Pietranera, Lavasina et Erbalunga, la situation est inversée avec des niveaux plus importants pour des événements en provenance du sud-est (Illustration 19).

Plages	Atlas Hydrodynamique (valeurs Set-up en m)	
	Houle de nord	Houle de sud-est
L'Arinella	0.23	0.17
Pietranera	0.19	0.43
Lavasina	0.20	0.35
Erbalunga	0.29	0.48
Sisco	0.31	0.34
Pietracorbara	0.21	0.28
Porticcio	0.34	0.24
Santa Severa	0.34	0.26

<b>Meria</b>	0.27	0.42
<b>Macinaggio</b>	0.26	0.20
<b>Tamarone</b>	0.27	0.27
<b>Finocchiarola</b>	0.24	0.25
<b>Santa Maria</b>	0.40	0.21
<b>Cala Genovese</b>	0.44	0.27
<b>Cala Francese</b>	0.39	0.29

**Illustration 19 – Niveau de set-up estimé avec le modèle SWAN le long des plages de la côte est du Cap Corse**

- la façade ouest du Cap corse (Planches n°1 et 4) semble quant à elle majoritairement plus exposée à une houle en provenance du secteur ouest. Toutefois, les plages de Saleccia, Ospedale, Cadarelli Nord et Sud semblent impactées de la même manière indépendamment de la direction de provenance de l'évènement et les plages de Saint Florent, Loto, Tollare et Barcaggio semblent plus exposées aux évènements en provenance du Nord.

En termes de setup, ces effets se traduisent pour les plages de Saint Florent, Loto, Tollare par des niveaux plus élevés pour des évènements en provenance du Nord, estimés de 0.20 à 0.60 m, contre 0.10 à 0.30 m pour des évènements de sud-est. Pour Barcaggio, cette différence d'exposition ne semble pas jouer un rôle significatif sur les valeurs du set-up.

Les plages de Saleccia, Ospedale, Cadarelli Nord et Sud présentent des niveaux de set-up sensiblement du même ordre indépendamment de la direction de provenance des évènements, soit de 0.40 m pour Barcaggio, 0.35 m pour Cadarelli Nord et Sud, 0.16 m pour L'Ospedale et de 0.48 m pour Saleccia (Illustration 20).

Plages	Atlas Hydrodynamique (valeurs Set-up en m)	
	Houle d'ouest	Houle de nord
<b>Barcaggio</b>	0.38	0.41
<b>Tollare</b>	0.29	0.62
<b>Centuri</b>	0.54	0.26
<b>Alisu</b>	0.52	0.24
<b>Giottani</b>	0.46	0.28
<b>Albo</b>	0.43	0.15
<b>Nonza</b>	0.39	0.11
<b>Negru</b>	0.58	0.24
<b>Farinole</b>	0.42	0.29
<b>Cadarelli</b>	0.38	0.33
<b>Ospedale</b>	0.15	0.18
<b>Saint Florent</b>	0.08	0.23
<b>Loto</b>	0.24	0.47
<b>Saleccia</b>	0.47	0.48

**Illustration 20 – Niveau de set-up estimé avec le modèle SWAN le long des plages de la côte ouest du Cap Corse**

- pour le secteur de Calvi à l'Ostriconi (Planches n°2 et 6), la majorité des plages semble être plus sensible aux évènements en provenance du nord, sauf la plage d'Ostriconi qui montre sensiblement une vulnérabilité plus importante pour des évènements en provenance d'ouest. Cette différence peut s'expliquer par la présence de la pointe rocheuse la « Punta di Paraghiola » au nord de la plage. Toutefois certaines plages telles que Portu Riccāju et Sainte Restitude semblent être exposées de la même manière indépendamment de la direction de provenance de l'évènement.

Concernant la sensibilité des plages de ce secteur à des évènements en provenance d'ouest, les plages de Calvi et Ile-Rousse se démarquent des autres comme étant potentiellement les plages les moins exposées à ce type d'évènement sans doute du fait de la présence à l'ouest d'une pointe rocheuse « La Revelata » pour Calvi et de l'archipel d'îles RousSES, plus particulièrement l'île de Pietra pour Ile-Rousse.

Ces observations se traduisent également en termes de set-up pour la plage d'Ostriconi avec des niveaux estimés à 0.40 m pour des évènements en provenance d'ouest, contre 0.30 m pour des évènements provenant du nord.

Les niveaux de set-up pour les plages Portu Riccāju et Sainte Restitude sont sensiblement du même ordre quelle que soit la direction de provenance de l'évènement, soit de l'ordre de 0.45 m (Illustration 21).

Plages	Atlas Hydrodynamique (valeurs Set-up en m)	
	Houle d'ouest	Houle de nord
<b>Ostriconi</b>	0.43	0.31
<b>Lozari</b>	0.30	0.42
<b>Ile Rousse</b>	0.23	0.54
<b>Ile Rousse Gare</b>	0.17	0.35
<b>Corbara</b>	0.45	0.58
<b>Aregno</b>	0.34	0.47
<b>Lumio</b>	0.27	0.53
<b>Portu Riccāju</b>	0.47	0.42
<b>Sainte Restitude</b>	0.43	0.48
<b>Calvi</b>	0.13	0.33

**Illustration 21 – Niveau de set-up estimé avec le modèle SWAN le long des plages situées entre l'Ostriconi et Calvi**

- pour le secteur de Galéria, les plages de Crovani et de Galéria Sud semblent être exposées de la même manière indépendamment de la direction de provenance de l'évènement, contrairement à la plage de Galéria Nord qui a une sensibilité moins importante à une houle de nord sans doute du fait de la présence de la pointe rocheuse, la « Punta di Ciutone ».

La plage de Crovani semble être la plage la moins exposée du secteur quelle que soit la direction de provenance de l'évènement, sans doute du fait qu'elle se situe en fond de baie et qu'elle dispose au nord de sa plage d'un cap rocheux le « Capu di a Mursetta ».

Cela se traduit également en termes de set-up avec des niveaux moins importants pour la plage de Crovani estimés à 0.08 m et 0.03 m, que ceux des deux autres plages estimés à 0.41 m et 0.14 m pour la plage de Galéria Nord et à 0.23 m et 0.28 m pour celle de Galéria sud que ce soit pour des événements en provenance d'Ouest ou du Nord (Illustration 22).

Plages	Atlas Hydrodynamique (valeurs Set-up)	
	Houle ouest (en m)	Houle nord (en m)
Crovani	0.08	0.03
Galéria Nord	0.41	0.14
Galéria Sud	0.23	0.28

Illustration 22 – Niveau de set-up estimé avec le modèle SWAN le long des plages de Crovani à Galéria

## 4.2. LES ALEAS AFFECTANTS LES PLAGES DE HAUTE CORSE

### 4.2.1. Le phénomène de submersion marine

Les scénarios établis pour l'évaluation de la submersion sur l'ensemble des plages de poche de Haute-Corse ont été réalisés pour des phénomènes extrêmes associant une houle de période de retour centennale, une surcote atmosphérique centennale ajoutée au niveau de marée maximal en considérant une direction de provenance perpendiculaire à la plage. Cette hypothèse étant la plus pessimiste.

Les résultats sont présentés sous forme de planches cartographiques sur lesquelles figurent pour chacune des plages étudiées, la sensibilité à l'érosion et l'expansion de la zone submergée. Ces planches cartographiques ont été réalisées à une échelle de visualisation comprise entre 1/10 000ème et 1/20 000ème (Planche n° 9 à 26) sachant que la submersion marine a été évaluée à une échelle de 1/25 000ème.

Cette démarche est effectuée dans le but d'identifier les secteurs pouvant être considérés comme vulnérables au phénomène de submersion lors des tempêtes marines.

Une classification des plages a été établie en fonction de l'étendue de la submersion et de la sensibilité à l'érosion. Trois classes de submersion marine potentielle ont été définies de faible à forte. Il a également été décidé de mettre en évidence les sites présentant des zones basses en arrière de la plage, ce sont des zones qui ont une altitude inférieure au niveau statique calculé.

Sur l'ensemble des sites étudiés (cf. Planches n°9 à 26), 18 ont une submersion marine potentielle faible, 20 ont une submersion marine potentielle moyenne et 9 ont une submersion marine potentielle forte.

- les sites ayant une submersion marine potentielle faible sont : Aregno, Giottani, Corbara Ouest, Farinole Nord, Alisu, Centuri Nord, Negru, Nonza, Saleccia\*, Farinole Sud\*, Lozari\*, Finocchiarola, Cadarelli Nord, Cadarelli Sud, Ostriconi\*, Sainte Restitude, Corbara Est, Albo\*.
- les sites présentant une submersion marine potentielle moyenne sont : Erbalunga, Ile Rousse (2 tronçons), Tamarone, Meria, Santa Severa Nord, Pietranera, Barcaggio\*, Macinaggio\*, Santa

Severa Sud\*, Sisco\*, Porticciolo, Pietracorbara\*, Santa Maria (3 tronçons), Ospedale (2 tronçons), Calvi\*, Galéria Sud\*, L'Arinella\*, Lumio, Crovani\*, Galéria Nord\*.

- les sites ayant une submersion marine potentielle forte sont : Lavasina, Ile Rousse Gare, Tollare\*, Saint Florent\*, Centuri Sud, Portu Riccajiu, Loto\*, Cala Francese\*, Cala Genovese

\*Zone basse

En termes de niveau d'eau moyen, l'ensemble des plages est affecté d'un niveau d'eau statique compris entre 1.28 m NGF et 2 m NGF mis à part les plages de Albo, Nonza, Crovani et Galéria Nord qui ont des niveaux moyens respectifs de 2.36 m NGF, 3.59 m NGF, 3.52 m NGF et 3.34 m NGF et qui sont caractérisées par des fortes pentes de l'avant-plage (respectivement 7%, 14%, 12% et 12% en moyenne contre 3% en moyenne pour les autres plages).

Cependant, il s'avère que malgré ces niveaux d'eau importants, les effets de submersion marine semblent être limités en raison d'une forte altitude de la plage.

La comparaison des valeurs de setup obtenu grâce à l'atlas hydrodynamique pour la direction de provenance de la houle la plus impactante et la formulation de Stockdon montre une bonne cohérence des résultats exceptés pour les 4 plages citées précédemment (Illustration 23). Il se pourrait que les niveaux d'eau calculés sur ces plages soient surestimés.

Plages	Niveau marin (marée + surcote atmosphérique)	Atlas Hydrodynamique (valeurs Set-up en m) Houle Nord	Atlas Hydrodynamique (valeurs Set-up en m) Houle Sud-Est	Setup moyen en m (Stockdon)	Niveau statique moyen en m (Stockdon)
L'Arinella	1.11 m	<b>0.23</b>	0.17	<b>0.17</b>	<b>1.28</b>
Pietranera	1.11 m	0.19	<b>0.43</b>	<b>0.55</b>	<b>1.66</b>
Lavasina	1.11 m	0.20	<b>0.35</b>	<b>0.43</b>	<b>1.54</b>
Erbalunga	1.11 m	0.29	<b>0.48</b>	<b>0.44</b>	<b>1.55</b>
Sisco	1.14 m	0.31	<b>0.34</b>	<b>0.27</b>	<b>1.38</b>
Pietracorbara	1.14 m	0.21	<b>0.28</b>	<b>0.24</b>	<b>1.38</b>
Porticciolo	1.14 m	<b>0.34</b>	0.24	<b>0.22</b>	<b>1.36</b>
Santa severa	1.14 m	<b>0.34</b>	0.26	<b>0.29</b>	<b>1.43</b>
Meria	1.14 m	0.27	<b>0.42</b>	<b>0.35</b>	<b>1.49</b>
Macinaggio	1.14 m	<b>0.26</b>	0.20	<b>0.20</b>	<b>1.34</b>
Tamarone	1.14 m	<b>0.27</b>	<b>0.27</b>	<b>0.26</b>	<b>1.40</b>
Finocchiarola	1.14 m	0.24	<b>0.25</b>	<b>0.27</b>	<b>1.41</b>
Santa Maria	1.14 m	<b>0.40</b>	0.21	<b>0.23</b>	<b>1.37</b>
Cala Genovese	1.14 m	<b>0.44</b>	0.27	<b>0.25</b>	<b>1.39</b>
Cala Francese	1.14 m	<b>0.39</b>	0.29	<b>0.23</b>	<b>1.37</b>
Barcaggio	1.14 m	0.38	<b>0.41</b>	<b>0.26</b>	<b>1.40</b>
Tollare	1.14 m	0.29	<b>0.62</b>	<b>0.40</b>	<b>1.54</b>
Centuri	1.08 m	<b>0.54</b>	0.26	<b>0.57</b>	<b>1.66</b>
Alisu	1.08 m	<b>0.52</b>	0.24	<b>0.33</b>	<b>1.42</b>
Giottani	1.08 m	<b>0.46</b>	0.28	<b>0.64</b>	<b>1.73</b>
Albo	1.08 m	<b>0.43</b>	0.15	<b>1.27</b>	<b>2.36</b>
Nonza	1.08 m	<b>0.39</b>	0.11	<b>2.50</b>	<b>3.59</b>
Negru	1.09 m	<b>0.58</b>	0.24	<b>0.87</b>	<b>1.96</b>
Farinole	1.09 m	<b>0.42</b>	0.29	<b>0.56</b>	<b>1.65</b>
Cadarelli	1.09 m	<b>0.38</b>	0.33	<b>0.54</b>	<b>1.63</b>

Ospedale	1.09 m	0.15	<b>0.18</b>	<b>0.43</b>	<b>1.52</b>
Saint Florent	1.09 m	0.08	<b>0.23</b>	<b>0.18</b>	<b>1.27</b>
Loto	1.09 m	0.24	<b>0.47</b>	<b>0.51</b>	<b>1.60</b>
Saleccia	1.09 m	0.47	<b>0.48</b>	<b>0.43</b>	<b>1.52</b>
Ostriconi	1.08 m	<b>0.43</b>	0.31	<b>0.44</b>	<b>1.52</b>
Lozari	1.08 m	0.30	<b>0.42</b>	<b>0.59</b>	<b>1.67</b>
Ile Rousse	1.08 m	0.23	<b>0.54</b>	<b>0.45</b>	<b>1.53</b>
Ile Rousse Gare	1.08 m	0.17	<b>0.35</b>	<b>0.53</b>	<b>1.61</b>
Corbara	1.08 m	0.45	<b>0.58</b>	<b>0.36</b>	<b>1.44</b>
Aregno	1.08 m	0.34	<b>0.47</b>	<b>0.56</b>	<b>1.64</b>
Lumio	1.08 m	0.27	<b>0.53</b>	<b>0.63</b>	<b>1.71</b>
Portu Riccaju	1.08 m	<b>0.47</b>	0.42	<b>0.81</b>	<b>1.89</b>
Sainte Restitute	1.08 m	0.43	<b>0.48</b>	<b>0.49</b>	<b>1.57</b>
Calvi	1.08 m	0.13	<b>0.33</b>	<b>0.36</b>	<b>1.44</b>
Crovani	1.08 m	<b>0.08</b>	0.03	<b>2.44</b>	<b>3.52</b>
Galéria Nord	1.08 m	<b>0.41</b>	0.14	<b>2.26</b>	<b>3.34</b>
Galéria Sud	1.08 m	0.23	<b>0.28</b>	<b>0.60</b>	<b>1.68</b>

Illustration 23 – Comparaison des niveaux d'eau obtenus sur chacune des plages

#### 4.2.2. Synthèse de l'évolution du trait de côte et de la submersion marine

Les résultats issus de la caractérisation de la submersion marine et de sa sensibilité à l'érosion ont été intégrés aux résultats de la première phase de l'étude concernant l'évolution historique et récente du trait de côte (Belon *et al.*, 2013). Un modèle conceptuel expliquant en partie cette évolution a pu être défini et il s'avère que la présence des banquettes de posidonies sur certaines plages viendrait perturber de manière positive la tendance d'évolution naturelle (Belon *et al.*, 2014).

Cette démarche a été effectuée dans le but d'avoir une cartographie représentative des secteurs les plus touchés par les phénomènes d'érosion et de submersion marine en Haute-Corse (Illustration 24 et Illustration 25).

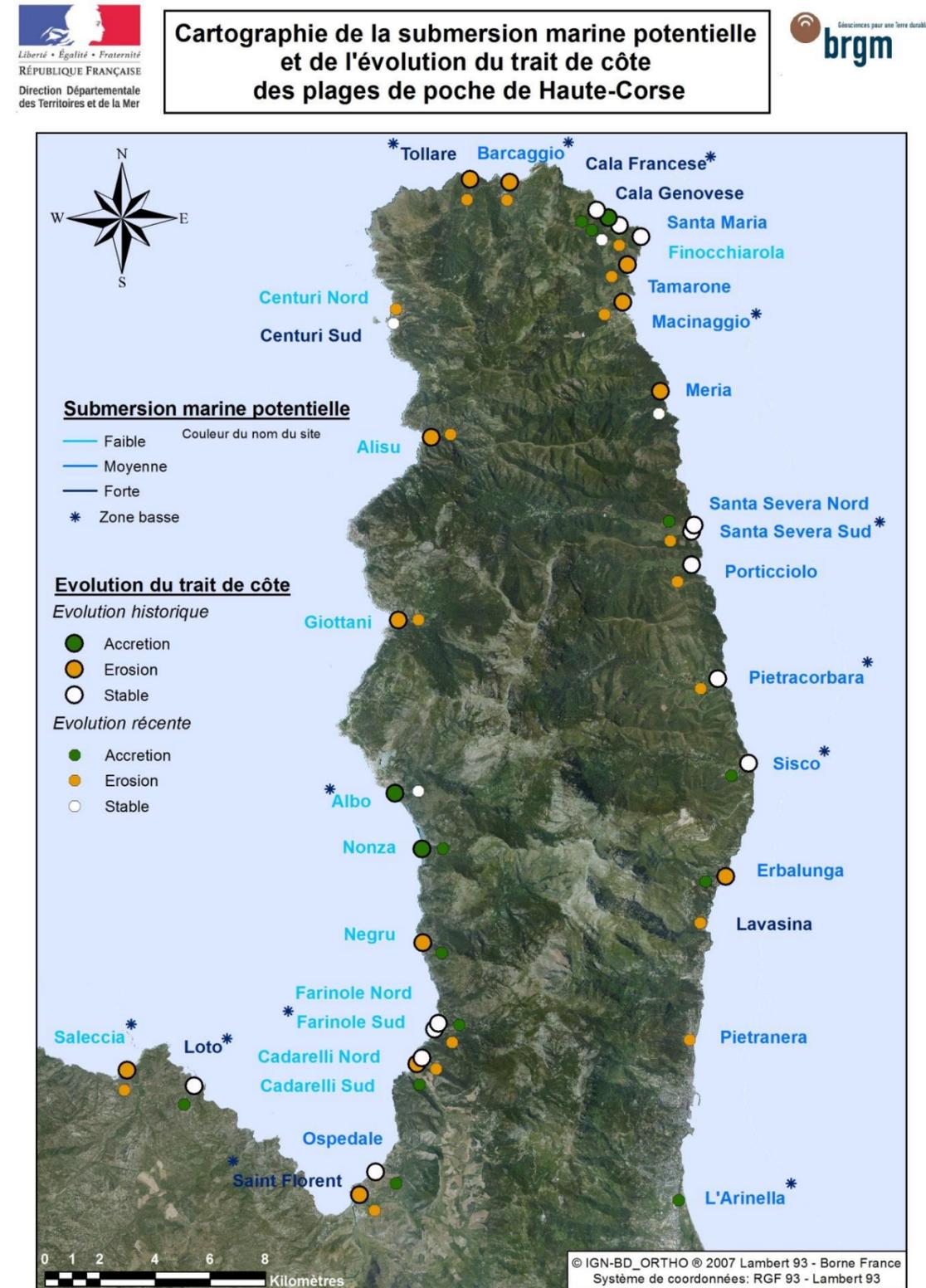


Illustration 24 – Synthèse des phénomènes de submersion marine et d'érosion côtière des plages entre L'Arinella et Saleccia

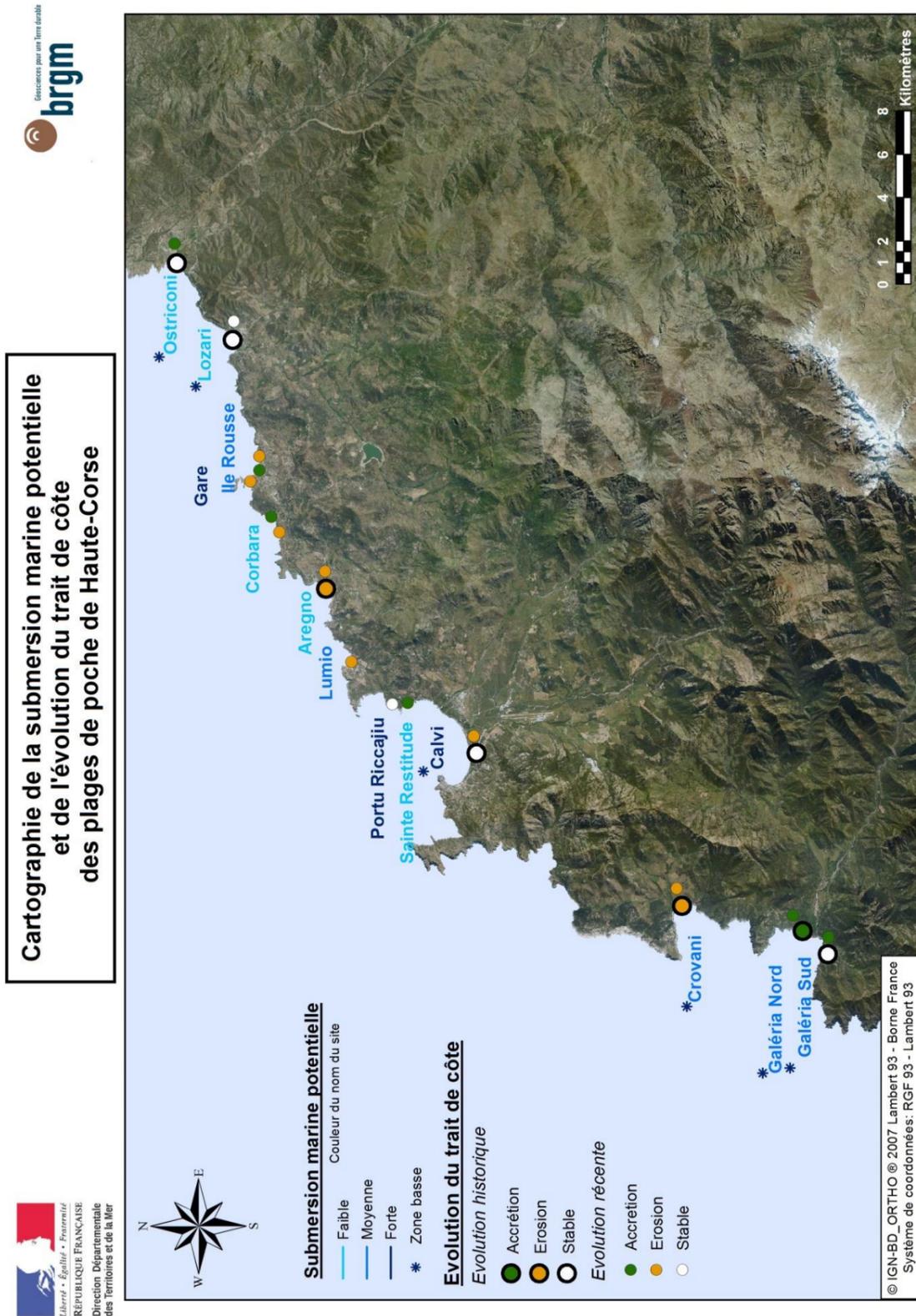


Illustration 25 – Synthèse des phénomènes de submersion marine et d'érosion côtière des plages entre L'Ostriconi et Galéria

Il s'avère que les plages présentent des vulnérabilités différentes résumées dans le tableau ci-dessous (Illustration 26).

	Submersion marine potentielle forte	Submersion marine potentielle moyenne	Submersion marine potentielle faible
<b>Erosion</b>	Lavasina, Ile Rousse Gare, Tollare*, St-Florent*	Erbalunga, Ile Rousse Est, Tamarone, Meria, Pietranera, Barcaggio*, Macinaggio*, Lumio, Barcaggio*	Aregno, Giottani, Corbara Ouest, Alisu, Centuri Nord, Negru, Saleccia*, Crovani*, Lozari*, Cadarelli Sud
<b>Stable</b>	Centuri Sud, Portu Riccāju, Loto*, Cala Francese*	Porticciolo, Santa Maria, Ospedale, Calvi*, Galéria Sud* Santa Severa Nord et Sud*, Pietracorbara*, Sisco*	Finocchiarola, Cadarelli Nord, Farinole Nord et Sud*, Ostriconi*
<b>Accrétion</b>	Cala Genovese	Ile rousse Ouest, L'Arinella*	Sainte Restitute, Corbara Est, Galéria Nord*, Albo*, Nonza

Illustration 26 – Classification des plages en fonction de leur exposition aux phénomènes côtiers (« \* » signifie une présence de zone basse)

La mise en relation des phénomènes d'érosion côtière et de submersion marine en lien avec la présence d'enjeux sur le linéaire côtier permet de mettre en évidence les secteurs qui devront bénéficier d'actions limitant l'impact de ces phénomènes.

#### 4.3. PRECONISATIONS DE GESTION

Compte-tenu de leur morphologie, de leur granulométrie, de leur exposition ainsi que de leur emplacement géographique proche, il est possible de traiter les cas de certaines plages de façon concomitante. L'ensemble des éléments relatifs à l'évolution de la position du trait de côte a été fait dans la première phase de l'étude (Belon *et al.*, 2013).

Les modes de gestions préconisés dans ce rapport pour les différents secteurs sont des recommandations mais il est important de rappeler que toute stratégie de gestion doit inclure une étude des aléas, une identification des enjeux, une analyse coûts/avantages et une analyse multicritères.

Afin de s'assurer du choix de la technique à mettre en œuvre, des analyses coûts/avantages et multicritères devront être menées.

#### Plage de l'Arinella (Planche n°9) :

La plage de l'Arinella est soumise à une avancée de son trait de côte entre 2007 et 2011 de 3 m en moyenne avec cependant des amplitudes d'évolution qui peuvent être importantes (de l'ordre de 15 m). Cependant, la plage présente une vulnérabilité à la submersion marine avec notamment la présence d'une zone basse en arrière de la plage proche du grau de l'étang de Biguglia (Planche n°9).

Sur cette plage, le phénomène de submersion marine prédomine mais les enjeux sur ce secteur sont pour l'instant très peu exposés compte-tenu de la largeur de la plage relativement importante, de l'ordre de 50 m. Cependant, la présence d'aménagement en haut de plage avec la présence d'un mur vertical pourrait devenir problématique si la plage venait à reculer.

**Le mode de gestion préconisé doit permettre de limiter l'impact des tempêtes en termes de submersion marine.**

A titre d'exemple, sur le secteur sud, pour faire face à cette problématique accentuée par la présence d'une zone basse, la réhabilitation du cordon dunaire serait un mode de gestion à privilégier. Il pourrait être envisagé par exemple de canaliser les accès à la plage dans le but de limiter la détérioration de la végétation en haut de plage.

Au nord, une possibilité serait de restaurer un cordon dunaire au droit du mur vertical afin d'éviter que les vagues ne puissent se réfléchir et accélérer l'érosion du haut de plage en cas d'évènement fortement énergétique.

A plus ou moins long terme, si la tendance à l'avancée de la position du trait de côte se confirme, la plage de l'Arinella ainsi que le grau de l'étang de Biguglia pourraient être considérés comme des sources potentielles de sédiments pour effectuer des rechargements ponctuels sur le lido de la Marana.

#### **Plages de Pietranera, Lavasina et Erbalunga (Planche n°9 et 10) :**

Les plages de Pietranera, Lavasina, tout comme Erbalunga présentent une évolution du trait de côte légèrement en recul entre 2002 et 2011/2012 voire depuis 1948 pour Erbalunga avec une extension de la submersion limitée à la plage présentant cependant une vulnérabilité aux battements des vagues. Ces vagues peuvent impacter les enjeux présents en haut de plage en entraînant de la submersion marine par franchissement et provoquer des dégâts par projection de galets (Illustration 27).

Ces effets seraient potentiellement plus importants lors des houles en provenance du sud-est (voir paragraphe 4.1).



Illustration 27 – Plages de Pietranera (à gauche) et Lavasina (à droite)

**Sur ces plages, les modes de gestion doivent faire face au phénomène d'érosion côtière en incluant également pour Lavasina la prise en compte d'une exposition forte au phénomène de submersion marine.**

Pour y remédier, plusieurs types d'actions pourraient être menés à plus ou moins court terme :

- la mise en place d'une gestion raisonnée des banquettes de posidonies pourrait permettre de limiter l'impact de la houle en respectant la réglementation en vigueur. Les feuilles mortes des herbiers de posidonies ramassées avant la saison estivale pourrait être stockées dans des conditions qu'il reste à définir puis remises sur la plage avant la période de tempêtes en se focalisant sur les secteurs sensibles ;
- la réalisation de rechargement en galets afin de redonner un espace de liberté à la plage.

Dans l'éventualité où ses actions ne suffiraient pas à protéger les enjeux exposés principalement sur les plages d'Erbalunga et de Lavasina, à plus long terme, d'autres méthodes devront être étudiées (techniques d'atténuation de la houle, relocalisation des enjeux...)

#### **Plages de Sisco, Pietracorbara, Porticciolo et Santa Severa Nord et Sud (Planches n°11 et 12) :**

Ces plages présentent une stabilité de leurs traits de côtes entre 1948 et 2012, cependant leur évolution récente montre une tendance au recul qui mériterait d'être suivie.

Ces plages sont de ce fait essentiellement affectées par des évènements extrêmes pouvant entraîner des submersions marines et entraîner des phénomènes d'érosion ponctuels.

**Le mode de gestion à mettre en œuvre doit permettre de limiter l'impact des tempêtes en termes de submersion marine.**

Pour cela, plusieurs types d'actions pourraient être menés. A plus ou moins court terme, il pourrait être envisagé :

- la mise en place d'une gestion raisonnée des banquettes de posidonies pourrait permettre de limiter l'impact de la houle en respectant la réglementation en vigueur. Les feuilles mortes des herbiers de posidonies ramassées avant la saison estivale pourrait être stockées dans des conditions qu'il reste à définir puis remises sur la plage (différentes techniques possibles sont à étudier) avant la période de tempêtes en se focalisant sur les secteurs sensibles (Illustration 28) ;
- la reconstitution d'un bourrelet sableux (en galets pour Santa Severa) en haut de plage ;
- des actions de protection de la végétation du haut de plage pourraient être menées (plage de Pietracorbara).



Illustration 28 – Présence de banquettes de posidonies sur chacune des plages jouant un rôle de protection face aux assauts de la mer (respectivement sur Sisco, Pietracorbara, Porticciolo et Santa Severa)

La plage de Porticciolo, en raison de la présence de la route départementale D80 en arrière de la plage, pourrait faire office de site pilote pour observer et mieux comprendre l'interaction entre l'énergie de la houle et le dépôt/enlèvement des banquettes de posidonies sur la plage. La mise en place d'un système de suivi vidéo permettrait d'observer ces interactions en temps réel et jouer un rôle de système d'alerte pour la route.

#### **Plage de Meria (Planche n°13) :**

Cette plage est en recul chronique depuis 1948 et elle est exposée à une submersion marine potentielle moyenne.

**Sur Meria, les modes de gestion doivent faire face au phénomène d'érosion côtière et également de submersion marine.**

La présence d'enjeux sur la plage de Meria nécessite des actions limitant l'impact de ces phénomènes en redonnant un espace de liberté à la plage et en recréant en haut de plage une morphologie présentant une altitude suffisante pour contrer le phénomène de submersion marine.

Pour cela, plusieurs types d'actions pourraient être menés :

- la première consisterait à apporter des sédiments afin de redonner à la plage une largeur suffisante pour la laisser évoluer naturellement sans pour autant impacter les enjeux présents en haut de plage et par la même occasion recréer un bourrelet en haut de plage afin de limiter les phénomènes de submersion marine ;
- la seconde serait la mise en place d'une gestion raisonnée des banquettes de posidonies qui pourrait permettre de limiter l'impact de la houle. Les feuilles mortes des herbiers de posidonies ramassées avant la saison estivale pourraient être stockées dans des conditions qu'il reste à définir puis remises sur la plage avant la période de tempêtes en se focalisant sur les secteurs sensibles (Illustration 29).



**Illustration 29 – Présence de banquettes de posidonies protégeant les enjeux situés en haut de la plage de Meria**

**Plages de Macinaggio et Tamarone (Planches n°13 et 14) :**

Ces plages sont soumises à une évolution historique de leur trait de côte en recul entre 1948 et 2012 et sont exposées à une submersion marine potentielle moyenne.

**Sur ces plages, les modes de gestion doivent faire face au phénomène d'érosion côtière et de submersion marine.**

Les enjeux étant très localisés ne semblent pas être directement exposés à ces phénomènes et il pourrait être envisagé de laisser ce secteur évoluer librement.

Toutefois, la plage de Macinaggio présente une falaise vive d'érosion en haut de plage (Illustration 30) qui pourrait à terme affecter les enjeux situés au nord du port.

Pour limiter ce phénomène, plusieurs types d'actions pourraient être menés :

- la première consisterait à apporter des sédiments (éventuellement ceux qui pourraient être piégés à l'entrée du port de Macinaggio) afin de redonner à la plage une largeur suffisante pour la laisser évoluer naturellement sans pour autant impacter les enjeux présents en haut de plage et par la même occasion recréer un bourrelet en haut de plage afin de limiter les phénomènes de submersion marine ;
- la deuxième serait la mise en place d'une gestion raisonnée des banquettes de posidonies qui pourrait permettre de limiter l'impact de la houle. Les feuilles mortes des herbiers de posidonies ramassées avant la saison estivale pourraient être stockées dans des conditions qu'il reste à définir puis remises sur la plage avant la période de tempêtes en se focalisant sur les secteurs sensibles.

Concernant la plage de Tamarone, la fréquentation importante de la plage en saison estivale pourrait amener une réflexion sur des actions de communication et de circulation du public permettant de limiter les effets du piétinement qui finirait par détruire la végétation (Illustration 30).



**Illustration 30 – Présence de posidonies et d'une falaise d'érosion sur la plage de Macinaggio (à gauche). Haut de plage végétalisé et non protégé des effets de piétinement à droite sur la plage de Tamarone (à droite)**

**Plages de Finocchiarola, Santa Maria, Cala Genovese et Cala Francese (Planches n°14) :**

Ces plages présentent une évolution de leurs traits de côte en équilibre dynamique entre 1948 et 2012. Seule la plage de Finocchiarola ne semble pas être affectée par des phénomènes de submersion marine. Comme ces plages ne présentent pas d'enjeux exposés à ces phénomènes, il pourrait être décidé de les laisser évoluer naturellement (Illustration 31).



**Illustration 31 – Photographies présentant le caractère naturel des plages, de gauche à droite respectivement Finocchiarola, Santa Maria, Cala Genovese et Cala Francese**

**Plages de Barcaggio et Tollare (Planche n°15) :**

Les plages de Barcaggio et Tollare sont caractérisées par un trait de côte en recul depuis 1948 et sont soumises au phénomène de submersion marine moyenne à forte avec notamment la présence de zone basse en arrière de la plage.

**Sur ces plages, les modes de gestion doivent faire face au phénomène d'érosion côtière et également de submersion marine.**

Des actions de protection du haut de plage ont déjà été réalisées par le Conservatoire du Littoral sur une partie de la plage de Barcaggio et répondent bien à la problématique du site. Ces actions de protection du cordon dunaire mériteraient d'être poursuivies dans le temps (Illustration 32).

Pour la plage de Tollare, une des actions possibles serait la reconstitution d'un bourrelet de galets en haut de plage afin de limiter l'extension de la submersion marine.



**Illustration 32 – Plage de Barcaggio (à gauche) avec quelques installations de protection du haut de plage réalisées par le Conservatoire du Littoral et plage de Tollare (à droite)**

### **Plages de Centuri (Planche n°16) :**

Ces plages ont subi un recul de leurs traits de côte de l'ordre de 4 m entre 2002 et 2012. L'extension de la submersion marine se limiterait à la plage émergée avec cependant un risque de franchissement des vagues pouvant affecter la route sur le secteur nord et les habitations sur le secteur sud (Illustration 33).



**Illustration 33 – Pages de Centuri au nord (à gauche) et au sud (à droite)**

**Sur ces plages, les modes de gestion doivent faire face au phénomène d'érosion côtière mais surtout prendre en compte une exposition forte au phénomène de submersion marine.**

La présence d'enjeux directement exposés aux deux phénomènes principalement sur le secteur sud nécessiterait de redonner un espace de mobilité à la plage.

Un apport de galets pourrait permettre de limiter l'impact de ces phénomènes à plus ou moins court terme mais il pourrait être envisagé de réaliser une analyse coût/bénéfice des solutions techniques existantes à plus long terme permettant une protection des habitations et notamment d'envisager la possibilité de relocaliser les enjeux si nécessaire.

### **Plages d'Alisu et Giottani (Planche n°17) :**

Malgré le fait que ces secteurs soient en léger recul depuis 1948, ils ne semblent pas spécialement impactés par des phénomènes de submersion marine. L'absence d'enjeux directement exposés au phénomène d'érosion côtière laisse à penser qu'aucune préconisation de gestion ne semble indispensable à l'heure actuelle si ce n'est d'éventuellement continuer à suivre leurs évolutions

respectives en particulier pour la plage de Giottani avec la présence du port et d'enjeux en arrière plage.

### **Plages d'Albo et Nonza (Planche n°18) :**

Ce sont les seules plages concernées par une avancée historique de leurs traits de côtes depuis 1948 en raison des apports des stériles d'exploitation de la carrière de Canari, aucune préconisation de gestion relative à l'érosion côtière et à la submersion marine ne semble nécessaire pour le moment.

### **Plage de Negru (Planche n°19) :**

La plage de Negru présente un recul de son trait de côte de l'ordre de 0.5 m/an sur la période 1948-2012. Cependant, la plage montre des alternances de phases d'avancée et de recul, ce qui permet de modérer cette tendance au recul.

De ce fait et compte-tenu de l'impact limité du phénomène de submersion marine, aucune préconisation de gestion ne semble nécessaire pour l'instant. Une attention devrait être tout de même portée sur le secteur sud en raison de la présence d'enjeux en haut de plage.

### **Plages de Farinole et Cadarelli (Planche n°19) :**

L'ensemble de ces plages semble plutôt en équilibre dynamique depuis 1948 avec cependant une légère tendance à l'érosion pour la partie sud de la plage de Cadarelli présentant un taux de recul de l'ordre de 0.2 m/an en moyenne.

Ces plages sont soumises à un phénomène de submersion marine potentielle d'intensité faible.

Même si ces phénomènes semblent limités, des actions de réhabilitation du haut de plage pourraient être menées en enlevant les dépôts anthropiques sur l'enveloppe dunaire (présence de bloc de bétons et de galets) et en revégétalisant (Illustration 34).



**Illustration 34 – Présence d'éléments anthropiques sur le haut de la plage de Cadarelli pouvant accentuer les phénomènes d'érosion côtière**

### **Plage de l'Ospedale (Planche n°20) :**

Ce secteur peut être considéré en équilibre dynamique depuis 1948 et il est soumis à une submersion marine d'intensité moyenne. Cependant, la plage est caractérisée par une largeur faible, inférieure à 10 m notamment sur sa partie sud avec la présence d'ouvrage en haut de plage (enrochements, mur vertical, habitations..., Illustration 35).



**Illustration 35 – Présence d’enrochements (à gauche), de mur vertical (au centre) et d’habitation en haut de plage sur le secteur de l’Ospédale**

Ce contexte met en évidence la vulnérabilité de ce secteur aux événements de tempêtes qui pourrait être limité par exemple en laissant les banquettes de posidonies qui permettraient d’atténuer l’impact que pourraient avoir les houles sur cette partie du littoral.



**Illustration 36 – Banquettes de posidonies présentes sur la plage de l’Ospédale jouant un rôle de protection face au assauts des vagues**

A plus long terme, des techniques de renforcement du haut de plage, d’atténuation de la houle ou de relocalisation de certains enjeux lorsque cela est possible devront faire l’objet d’une analyse coût/bénéfice.

**Saint-Florent, La Roya (Planche n°20) :**

La plage de la Roya a subi un recul marqué de son trait de côte entre 1951 et 2012 principalement au centre de la baie. Compte-tenu de sa morphologie basse, l’expansion de la submersion marine lors d’un événement extrême peut-être d’une ampleur importante, notamment aux abords de la zone portuaire.

Elle est particulièrement exposée aux houles en provenance du nord. **Le mode de gestion préconisé sur ce site est de restaurer un espace de mouvement de la plage pour enrayer le phénomène érosif et également limiter l’impact des tempêtes.**

A plus ou moins court terme, plusieurs types d’actions peuvent être envisagés, comme par exemple, la mise en place d’une gestion raisonnée des banquettes de posidonies qui pourrait permettre de limiter l’impact de la houle. Les feuilles mortes des herbiers de posidonies ramassées avant la saison estivale pourrait être stockées dans des conditions qu’il reste à définir puis remises sur la plage avant la période de tempêtes en se focalisant sur les secteurs sensibles.

La protection de la pinède de haut de plage sur les secteurs ouest et proche de la base nautique ainsi que le renforcement du haut de plage à l’est qui présente une falaise d’érosion vive est à privilégier (Illustration 37).

Dans le cas, où le port nécessiterait des actions de dragage dues à de l’ensablement, il serait intéressant d’étudier la possibilité de réutiliser ce sable pour effectuer des rechargements ponctuels sur la plage en réalisant notamment un bourrelet sableux en haut de plage afin de limiter l’extension de la submersion marine.

Les ouvrages de protection de la route passant à côté de la plage doivent également être surveillés.



**Illustration 37 – Présence de posidonies sur la plage de la Roya de manière plus ou moins abondante (à gauche). Falaise d’érosion en haut de plage (au centre). Secteur de la pinède (à droite).**

A plus long terme, une analyse coût/bénéfice des solutions techniques existantes permettant une protection pérenne des enjeux devra être considérée avec notamment la possibilité de relocaliser les enjeux si nécessaire.

**Les plages du Lotu, Saleccia et Ostriconi (Planches n°21 et 22) :**

Ces plages sont certes soumises à des phénomènes d’ampleur différente avec le Lotu et l’Ostriconi qui sont plutôt en équilibre dynamique alors que Saleccia présente un recul de son trait de côte depuis 1948 et des phénomènes de submersion marine plus forte pour le Lotu que sur les 2 autres plages.

Malgré tout, leur proximité géographique ainsi que leur attrait touristique fort pourrait amener à une réflexion sur les actions permettant de limiter l’impact que pourrait avoir les usagers en termes de détérioration des environnements dunaires présents (Illustration 38). Il serait utile en effet de limiter le piétinement de la végétation présente en haut de plage en canalisant les accès aux usagers comme ce qu’a commencé à faire le Conservatoire du Littoral sur le site de Saleccia avec notamment des actions de communication et la mise en place de panneaux explicatifs de la démarche (Illustration 39).



**Illustration 38 – Environnements dunaires pouvant être détériorés par les effets de piétinements sur les plages du Lotu (à gauche), Saleccia (au centre) et de l’Ostriconi (à droite)**



**Illustration 39 – Exemple d'action de communication entreprise par le Conservatoire du Littoral sur la plage de Saleccia avec également une canalisation des accès à la plage par la pose de ganivelles**

### **La plage de Lozari (Planche n°22) :**

La plage de Lozari est en équilibre dynamique depuis 1948 avec une sensibilité au phénomène de submersion marine globalement faible et cependant la présence d'une zone basse dans le secteur de l'embouchure située à l'ouest de la plage.

Sur ce secteur, le Conservatoire du Littoral a déjà entrepris des actions de protection du haut de plage en canalisant les accès des voitures avec la mise en place de parkings en arrière de la plage protégeant ainsi la végétation du cordon dunaire et jouant un rôle de fixation du sable.

Ces aménagements (Illustration 40) mériteraient d'être suivis en vue de mesurer l'impact positif de ses actions sur la reconstruction naturelle de l'environnement dunaire et sur la position du trait de côte.



**Illustration 40 – Plage de Lozari avant les aménagements en 2012 (à gauche) et après les aménagements en 2014 (au centre) avec la canalisation des accès à la plage (à droite)**

### **Le secteur d'Ile-Rousse (Planche n°23) :**

L'évolution du trait de côte durant les dix dernières années montre une tendance au recul pour la plage de la Gare (plage la plus à l'ouest) alors qu'au centre-ville les tronçons sont plutôt en avancée, même si à l'est, une tendance au recul est observée sur les cinq dernières années.

L'extension de la submersion marine est limitée à la plage. Toutefois, le battement des vagues peut impacter les enjeux présents en haut de plage en entraînant de la submersion marine par franchissement et une accélération du phénomène d'érosion en raison de la présence d'ouvrage en dur en haut de plage, surtout sur le secteur de la Gare.

Ces impacts peuvent être particulièrement importants pour des houles en provenance du nord, la plage étant abritée des houles d'ouest par l'île de Pietra.

**Les modes de gestion préconisés visent à limiter l'impact des tempêtes sur ce secteur**, ce qui pourrait être effectué par une gestion raisonnée des banquettes de posidonies et/ou la mise en place d'une gestion des sédiments pouvant être piégés dans l'enceinte du port sous réserve de compatibilité d'usage (qualité des sédiments dragués).

Sur le secteur est de l'Ile Rousse, des actions de protection du haut de plage avec la mise en place d'un bourrelet sableux en haut de plage, le renforcement de la végétation, la mise en place de ganivelles pourrait également être envisagée (Illustration 41).



**Illustration 41 – Plages de l'Ile Rousse : Présence de posidonies (à gauche). Haut de plage dont la végétation tend à disparaître qui pourrait être protégé (à droite)**

A plus long terme, si ces phénomènes de recul du trait de côte persistent, la réalisation d'une étude coût/bénéfice des solutions techniques existantes devra être réalisée pour une protection plus pérenne des enjeux.

### **Plages de Corbara (Planche n°23) :**

Seule l'évolution récente a pu être observée sur ce secteur avec une tendance au recul pour la partie ouest contraire à l'est qui est en équilibre dynamique durant la période 2007-2012 mais la tendance sur dix années entre 2002 et 2012 montre une tendance plutôt à l'avancée de la position du trait de côte.

Le phénomène de submersion marine étant d'ampleur faible, l'ensemble des phénomènes côtiers présentent des impacts limités.

Des ganivelles protégeant l'arrière-plage sont en place à l'est de la plage et absentes sur la partie ouest. Même si les phénomènes sont limités, il serait intéressant de poursuivre dans le temps ces actions de protection du cordon dunaire (Illustration 42).



**Illustration 42 – Plages de Corbara : Absence de protection du haut de plage à l'ouest (à gauche) alors qu'à l'est un dispositif a été mis en place pour limiter la détérioration de la dune de haut de plage (à droite)**

**Plage d'Algajola (Planche n°24) :**

Le trait de côte est en recul modéré depuis 1951 avec une moyenne de 16 m en 60 années. L'évolution est toutefois contrastée au fil du temps avec un comportement qui semble s'apparenter à du basculement probablement dû à l'orientation de la plage exposée tantôt à des houles en provenance du secteur nord qui pourrait amener une dérive littorale orientée vers le sud-ouest, tantôt à des houles d'ouest qui pourrait inverser le sens de cette dérive.

L'embouchure au nord-est joue un rôle important dans le remaniement des sédiments (Illustration 43).



**Illustration 43 – Flèche sableuse présente au nord-est de la plage d'Aregno**

**Au nord-est, le mode de gestion consisterait à protéger la végétation encore présente sur le haut de plage** (Illustration 44).



**Illustration 44 – Plage d'Algajola : Secteur nord-est de la plage qui pourrait bénéficier d'actions de protection de la végétation en haut de plage (à gauche) et extrémité sud-ouest de la plage avec la présence d'enjeux (à droite)**

Dans la partie sud-ouest, la plage est étroite et les enjeux sont proches du trait de côte (Illustration 44). **Il est recommandé de restaurer un espace de mouvement de la plage** ce qui pourrait être réalisé par exemple grâce à un apport en sable avec la création d'un bourrelet sableux en haut de plage afin de limiter l'impact de la houle. Ceci en vue de protéger les établissements présents et de redonner un caractère plus naturel à la morphologie de la plage. La flèche sableuse au nord-est ainsi que le port de San-Damiano situé à proximité pourrait éventuellement servir de source en sédiment, ce qui reste à être confirmé.

**Plage de Lumio (Planche n°24) :**

La position du trait de côte le long de cette plage est plutôt en recul au cours des cinq dernières années observées, 2007-2012 alors qu'entre 2002 et 2012, le constat est plus contrasté. En termes de submersion marine, l'évaluation a été considérée comme moyenne avec semble-t-il aucun réel impact pour les enjeux présents en arrière de la plage. Il est fortement probable que les massifs rocheux présents devant la plage (Illustration 45) jouent un rôle dissipatif des vagues, limitant ainsi l'impact des phénomènes sans pour autant empêcher les vagues d'atteindre le haut de la plage.



**Illustration 45 – Massifs rocheux présents sur la plage de Lumio**

**Il est préconisé de mettre en œuvre une parade souple permettant d'atténuer l'impact des vagues** sur le haut de plage tout en limitant la fixation du trait de côte par des enrochements. Les enrochements disposés certainement en situation d'urgence (Illustration 46) risquent d'aggraver la situation.



**Illustration 46 – Plage de Lumio : Présence d'une falaise d'érosion en haut de plage avec présence d'enrochements**

Il serait intéressant d'étudier la possibilité, dans le cas où seraient menées des actions de dragage pour désensabler le port situé à l'ouest de la plage, de réutiliser les sédiments pour faire du rechargement ponctuel. Le point sensible sera probablement la qualité des matériaux dragués.

#### **Plages de Portu Riccaju et de la Sainte-Restitude (Planche n°25) :**

L'évolution récente de ces plages est plutôt positive avec un équilibre dynamique de la position du trait de côte pour la première et une avancée pour la seconde. L'exposition au phénomène de submersion marine potentielle pourrait être forte pour Portu-Riccaju malgré la configuration abritée de la plage en raison de son orientation et d'une avancée au nord la protégeant. Elle est considérée comme étant faible pour Sainte-Restitude.

**Au vu de ces éléments, il est possible de « laisser évoluer librement » ces deux plages.** Toutefois, l'exposition à plus ou moins long terme d'enjeu sur la plage de Portu-Riccaju devra être surveillée.

#### **Plage de Calvi (Planche n°25) :**

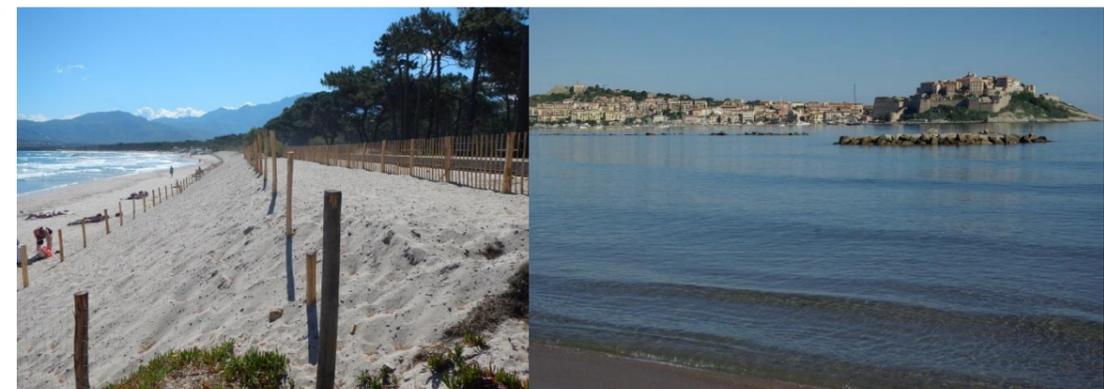
La plage de Calvi a subi une évolution contrastée de la position de son trait de côte au cours des soixante dernières années. Si la position du trait de côte définie par le jet de rive a peu évolué durant cette période (éventuellement grâce à des actions de protection), le haut de plage quant à lui subit des érosions importantes (Illustration 47).



**Illustration 47 – Photographies prises dans le cadre du ROL en 2013 montrant l'érosion marquée du haut de la plage de Calvi**

La submersion marine sur ce secteur peut être relativement importante compte-tenu de la présence d'une zone basse en arrière de la plage.

Des opérations ont déjà été réalisées dans le but de limiter les phénomènes d'érosion côtière, plusieurs épis et brise-lames ont déjà été installés au début des années 2000, des actions de rechargement ont également été menées et dernièrement un secteur a été renforcé pour éviter que la ligne de chemin de fer ne soit impactée par un recul important de la dune sur laquelle elle a été construite.



**Illustration 48 – Exemples des aménagements sur Calvi avec le renforcement du haut de plage (à gauche) et deux brise-lames (à droite)**

**Il est recommandé à court terme de chercher à limiter l'érosion de la plage et du cordon dunaire** par la réhabilitation et la protection des cordons existants et en étudiant la possibilité d'actions de rechargements (par exemple en utilisant comme sources de prélèvement l'embouchure de la Figarella et/ou du port).

Une étude à l'échelle de la baie doit être menée pour faire une analyse coût/bénéfice des différentes possibilités d'actions avec notamment l'évaluation des impacts des aménagements déjà réalisés et la relocalisation des enjeux présents sur la plage.

#### **Plage de Crovani (Planche n°26) :**

Ce secteur peut être considéré en léger recul avec des taux assez faibles, de l'ordre de 20 cm/an. Cependant, les périodes observées, 1951-1996 et 1996-2012 montrent un recul continu. La submersion marine peut être relativement importante à cause de la présence d'une zone basse en arrière de la plage, cependant la plage étant abritée des houles du nord et d'ouest, par le cap rocheux situé au nord de la plage, il est possible que ce phénomène soit surestimé par le modèle.

**A court et moyen terme, il est possible de laisser évoluer ce secteur librement tout en opérant un suivi de la plage au droit des enjeux présents au sud.**

#### **Plages de Galéria (Planche n°26) :**

La plage au nord ne présentant pas d'enjeux particuliers en dehors des enjeux environnementaux pourrait ne pas nécessiter d'actions de protection particulière, sachant qu'elle bénéficie déjà d'un suivi annuel dans le cadre du ROL (Belon *et al.*, 2015).

Concernant la plage au sud, bien que le trait de côte soit en équilibre dynamique, **il est recommandé de tendre à atténuer l'érosion de la falaise à l'est** (Illustration 50). Ceci pourrait être réalisé par

l'utilisation du stock de feuilles mortes de posidonies. Pour l'instant, seule une partie proche du port sert de zone de « stockage » mais ce ramassage n'est pas valorisé pour protéger la plage (Illustration 49).



**Illustration 49 – Présence de mate morte de posidonies « stockées » en haut de plage**

L'expérimentation d'un bourrelet de galets protégeant le pied de falaise pourrait également être envisagée.



**Illustration 50 – Présence de la falaise à l'est exposée à la houle**

## 5. Conclusion

L'objectif de cette étude est d'évaluer la vulnérabilité des enjeux aux phénomènes côtiers que sont l'érosion côtière et la submersion marine sur un certain nombre de plages de poche du département de la Haute-Corse et de préconiser un panel des modes de gestions adaptés permettant de limiter leurs effets à plus ou moins long terme.

Concernant l'évolution de la position du trait de côte, très peu de plages sont en avancée sur la période historique 1948-2012. Le reste des plages se répartit de manière relativement équitable entre celles étant en équilibre dynamique et celles en recul.

La caractérisation de la submersion marine conduit à identifier dix-huit plages en submersion potentielle faible, vingt plages en submersion marine potentielle moyenne et neuf plages en submersion potentielle forte avec pour certaines d'entre elles la présence de zones basses en arrière de la plage.

La méthodologie utilisée garantit une bonne représentativité des résultats à cette échelle de restitution (1/25 000<sup>ème</sup>) avec toutefois la possibilité que sur certains secteurs comme Crovani, Galéria Nord, Nonza et Albo, les niveaux d'eau calculés soient surestimés en raison des fortes pentes d'avant-plage. Le scénario utilisé a été voulu comme étant le plus pessimiste. Ces résultats ne peuvent toutefois pas être utilisés à des fins réglementaires (PPRL : Plans de Prévention des Risques Littoraux ou TRI : Territoires à risque d'inondation important par exemple).

Le manque de connaissances relatives aux impacts des tempêtes et des submersions marines amène à réfléchir à la création d'un réseau permettant de mobiliser des acteurs du littoral pouvant recueillir des informations qualitatives et quantitatives sur ces phénomènes et leurs impacts.

En termes de gestion, il ressort qu'à court terme et pour la majorité des plages, l'établissement d'un protocole de gestion des banquettes de posidonies pourrait permettre de limiter les impacts des phénomènes côtiers.

Nous préconisons de mener une réflexion sur la mise en place d'une stratégie de gestion des sédiments présents aux embouchures, dans les graus ou à l'entrée des ports qui sous réserve d'analyses complémentaires pourraient être utilisés pour réaliser des rechargements ponctuels.

Enfin, pour quelques plages comme celles de Saint-Florent ou de Calvi, compte tenu des aléas importants et des forts enjeux notamment touristiques ou urbain, il est recommandé de mettre en œuvre des études préalables à des stratégies locales de gestion de la bande côtière à partir d'analyses plus complètes (coût/bénéfice et multicritères) qui permettront de définir les modalités de gestion à moyen terme.

**Thieler E.R., Himmelstoss E.A., Zichichi J.L., and Ergul, Ayhan,** 2009 – Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 – An ArcGIS extension for calculating shoreline change: *U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278* updated for version 4.2

## 6. Bibliographie

**Balouin, Y., Belon, R., Delvallée, E., Lamy, M. et Bodéré, G.,** 2011. ROL : Etude complémentaire sur l'impact des tempêtes sur le littoral de la Plaine orientale de Corse. Cartographie de la submersion marine, de la sensibilité à l'érosion côtière et de l'exposition des enjeux. RP-59724-FR, 39p + volume cartographique

**Belon R., Balouin Y., Merour A., Riotte C., Bodere G.,** 2013. Atlas Littoral de la Haute-Corse de Bastia à Galéria. Rapport final BRGM, RP-62214-FR : 124 p., 20 ill., 81 pl.

**Bélon R., Stépanian A., Bodéré G., Balouin Y. et Imbault M.,** 2013. Réseau d'Observation du Littoral de la Corse. Rapport d'observations 2013. Rapport BRGM RP-64582-FR, 180 p., 113 ill.

**Belon R., Balouin Y., Merour A., Riotte C.,** 2014. Evolution des plages de poche de Corse : vers un modèle conceptuel. DOI:10.5150/jngcgc.2014.025 © Editions Paralia CFL

**Booij, N., R. C. Ris and L. H. Holthuijsen,** 1999. A third generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation. *J. Geophys. Res.*, 104, C4, 7649-7666.

**MATE, 1997.** Plans de prévention des risques littoraux. Guide méthodologique. Ed. *La documentation française*, 49 p.

**MEDDTL-Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, (2010),** *La gestion du trait de côte*, Éditions Quae, 290 p.

**MEDDTL-Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, (2012).** *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte : vers la relocalisation des activités et des biens.* MEDDTL, 20 p.

**Mission Interministérielle d'Aménagement du Littoral Languedoc-Roussillon (MIAL),** 2003. Orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon. Juin 2003.

**Oliveros C. et Delpont G., 1999.** Littoral oriental Corse : Evolution du trait de côte de 1948 à 1996 de Bastia-Furiani à Cervione et de l'embouchure du Travo (Solaro) à Solenzara. Rapport BRGM R 40504, 22p., 5 pl. ht.

**Sallenger, A.H.,** 2000 – Storm impact scale for barrier islands. *Journal of Coastal Research.* 16 (3), 890-985.

**Stépanian A., Balouin Y., Bacon A., Bodéré G., Danger Y., Hennequin V.,** 2010. Atlas littoral de la Plaine orientale de Corse. Rapport final. Rapport BRGM RP-59058-FR, 78 p., 13 ill., 28 planches.

**Stépanian, A., Balouin, Y., Belon, R. et Bodéré, G.,** 2011. ROL – Etude complémentaire sur le littoral de la Plaine orientale de Corse – Etat des connaissances sur les impacts des tempêtes sur le littoral. Rapport final. Rapport BRGM RP-59058- FR, 137 p., 64 ill., 4 ann..

**Stockdon, H.F., Holman, R., Howd, P., Asbury, H. Sallenger, Jr.,** 2006 – Empirical parametrization of setup, swash and runup. *Coastal Engineering* 53: 573-588.

## 7. Annexes

### Annexe I : Atlas hydrodynamique

- Conditions hydrodynamiques d'une houle centennale en provenance de l'ouest :
  - o Planche n° 1 : Pour le secteur ouest du Cap Corse
  - o Planche n° 2 : Pour le secteur de la Balagne
  - o Planche n° 3 : Pour le secteur de Galéria
- Conditions hydrodynamiques d'une houle centennale en provenance du Nord
  - o Planche n° 4 : Pour le secteur ouest du Cap Corse
  - o Planche n° 5 : Pour le secteur est du Cap Corse
  - o Planche n° 6 : Pour le secteur de la Balagne
  - o Planche n° 7 : Pour le secteur de Galéria
- Conditions hydrodynamiques d'une houle centennale en provenance de l'est
  - o Planche n° 8 : Pour le secteur est du Cap Corse

- Planche n° 18 : Cartographie des plages de Albo (OGLIASTRO) et Nonza (NONZA)
- Planche n° 19 : Cartographie des plages de Negru (OLMETA DU CAP), Farinole et Cadarelli (FARINOLE)
- Planche n° 20 : Cartographie des plages de Ospedale et Saint Florent (SAINT FLORENT)
- Planche n° 21 : Cartographie des plages de Loto et Saleccia (SANTO PIETRO DI TENDA)
- Planche n° 22 : Cartographie des plages de Ostriconi (PALASCA) et Lozari (BELGODERE)
- Planche n° 23 : Cartographie des plages de Ile Rousse (ILE ROUSSE) et Corbara (CORBARA)
- Planche n° 24 : Cartographie des plages de Aregno (ALGAJOLA) et Lumio (LUMIO)
- Planche n° 25 : Cartographie des plages de Portu Riccajiu, Sainte Restitude (LUMIO) et Calvi (CALVI)
- Planche n° 26 : Cartographie des plages de Crovani (CALENZANA), Galéria Nord et Sud (GALERIA)

### Annexe II : Cartographie de la submersion marine et de la sensibilité à l'érosion

- Planche n° 9 : Cartographie des plages de l'Arinella (BASTIA) et Pietranera (SAN MARTINO DI LOTTA)
- Planche n° 10 : Cartographie des plages de Lavasina (BRANDO) et Erbalunga (BRANDO)
- Planche n° 11 : Cartographie des plages de Sisco (SISCO) et Pietracorbara (PIETRACORBARA)
- Planche n° 12 : Cartographie des plages de Porticciolo (CAGNANO) et Santa Severa (SANTA SEVERA)
- Planche n° 13 : Cartographie des plages de Meria (MERIA) et Macinaggio (MACINAGGIO-ROGLIANO)
- Planche n° 14 : Cartographie des plages de Tamarone, Finocchiarola, Santa Maria, Cala Francese et Cala Genovese (MACINAGGIO-ROGLIANO)
- Planche n° 15 : Cartographie des plages de Barcaggio (ERSA) et Tollare (ERSA)
- Planche n° 16 : Cartographie des plages de Centuri (CENTURI)
- Planche n° 17 : Cartographie des plages de Alisu (MORSIGLIA) et Giottani (BARRETTALI)

## Annexe I : Atlas hydrodynamique

Conditions hydrodynamiques d'une houle centennale en provenance de l'Ouest

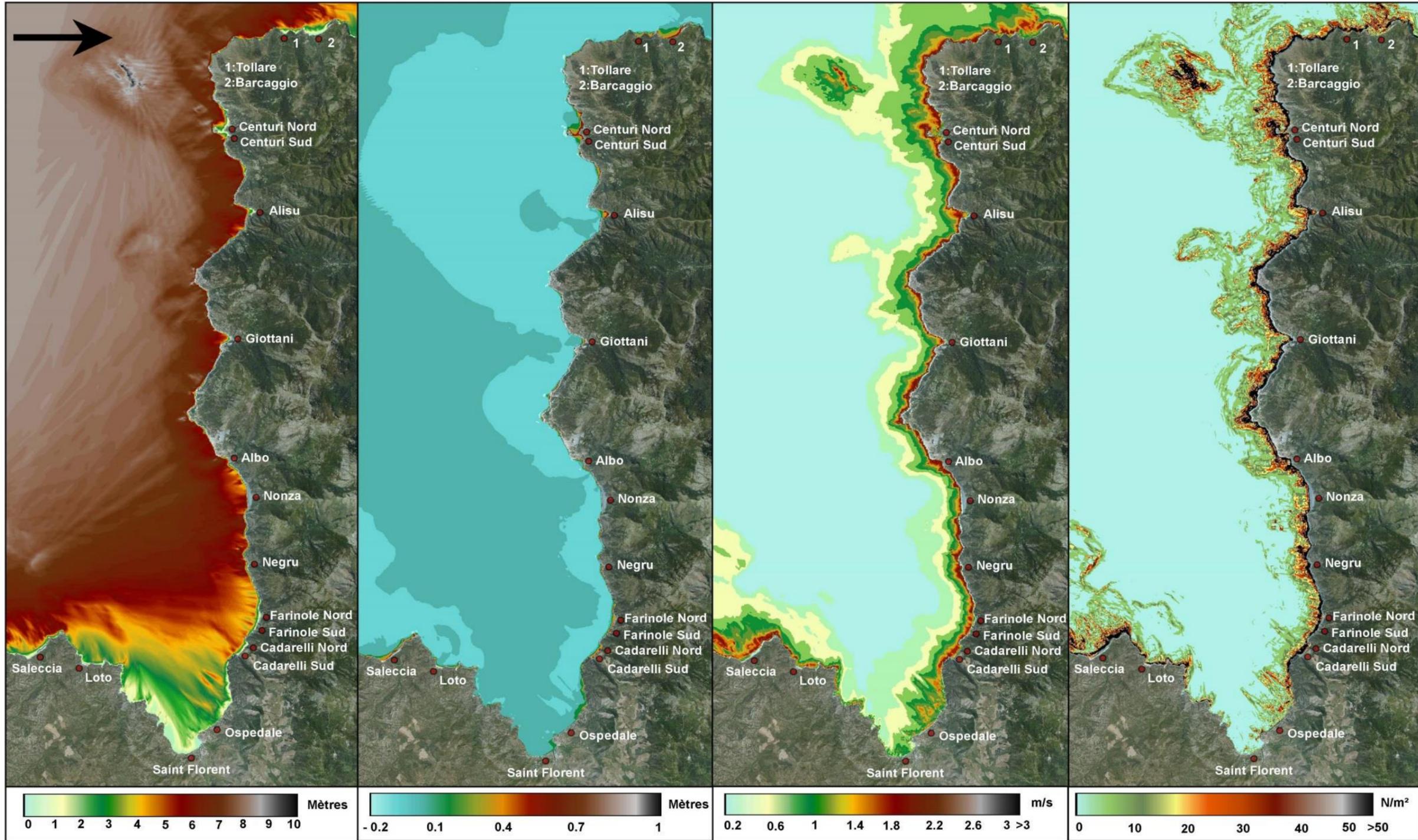
Hs : 8.61 m. Tp : 13 s. Niveau d'eau (marée+surcôte) : 1.08 m

Hauteur significative

Set-up

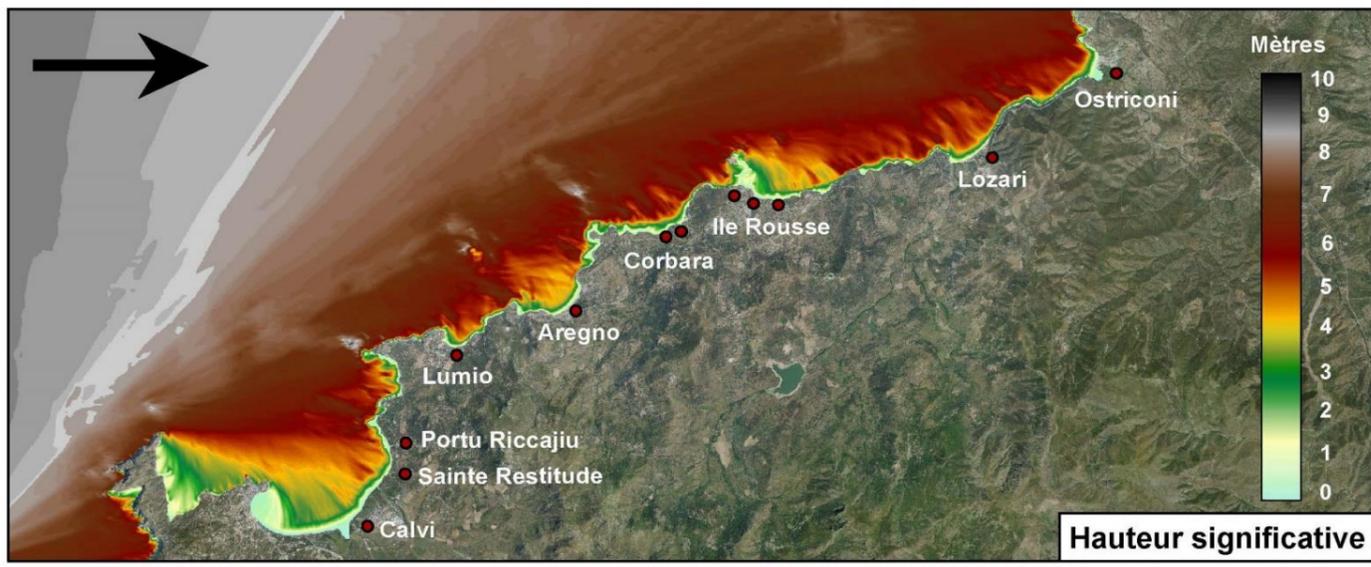
Vitesse maximale au fond

Force exercée au fond

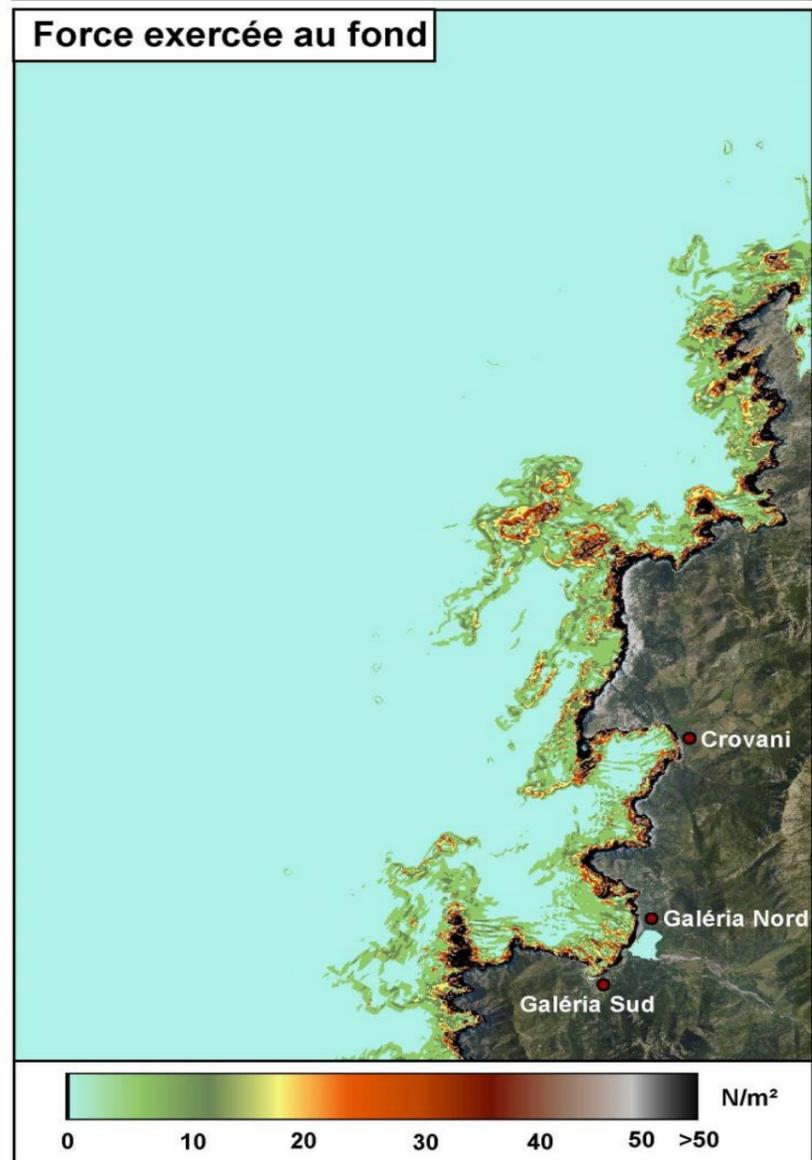
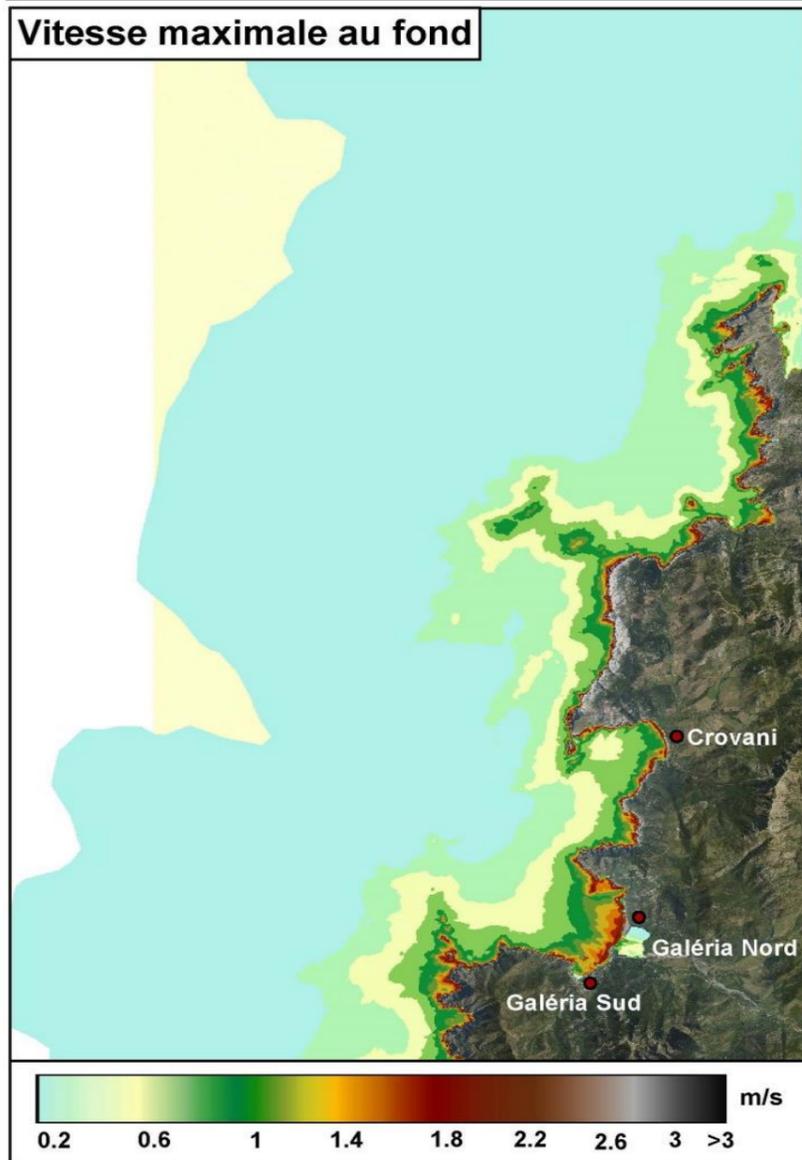
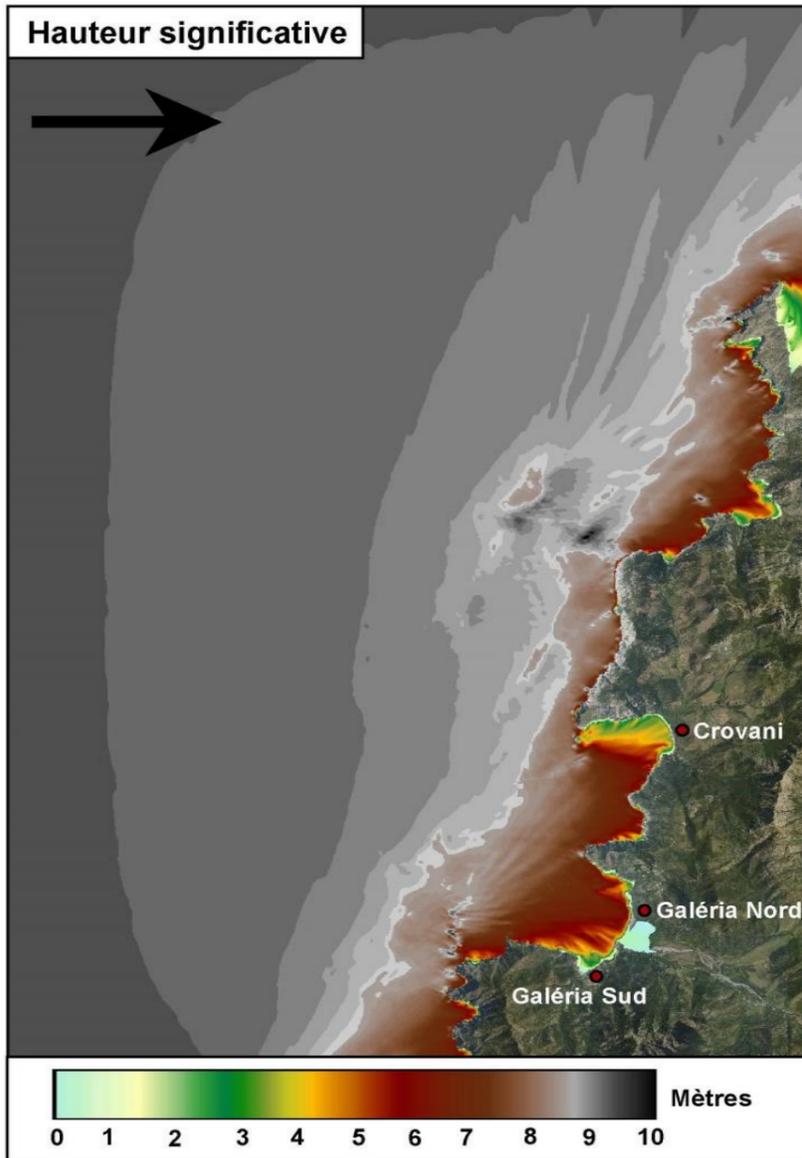


## Conditions hydrodynamiques d'une houle centennale en provenance de l'Ouest

**Hs : 9.29 m. Tp : 13 s. Niveau d'eau (marée+surcôte) : 1.08 m**



**Conditions hydrodynamiques  
 d'une houle centennale en provenance de l'Ouest**  
 Hs : 9.86 m. Tp : 13 s. Niveau d'eau (marée+surcôte) : 1.08 m



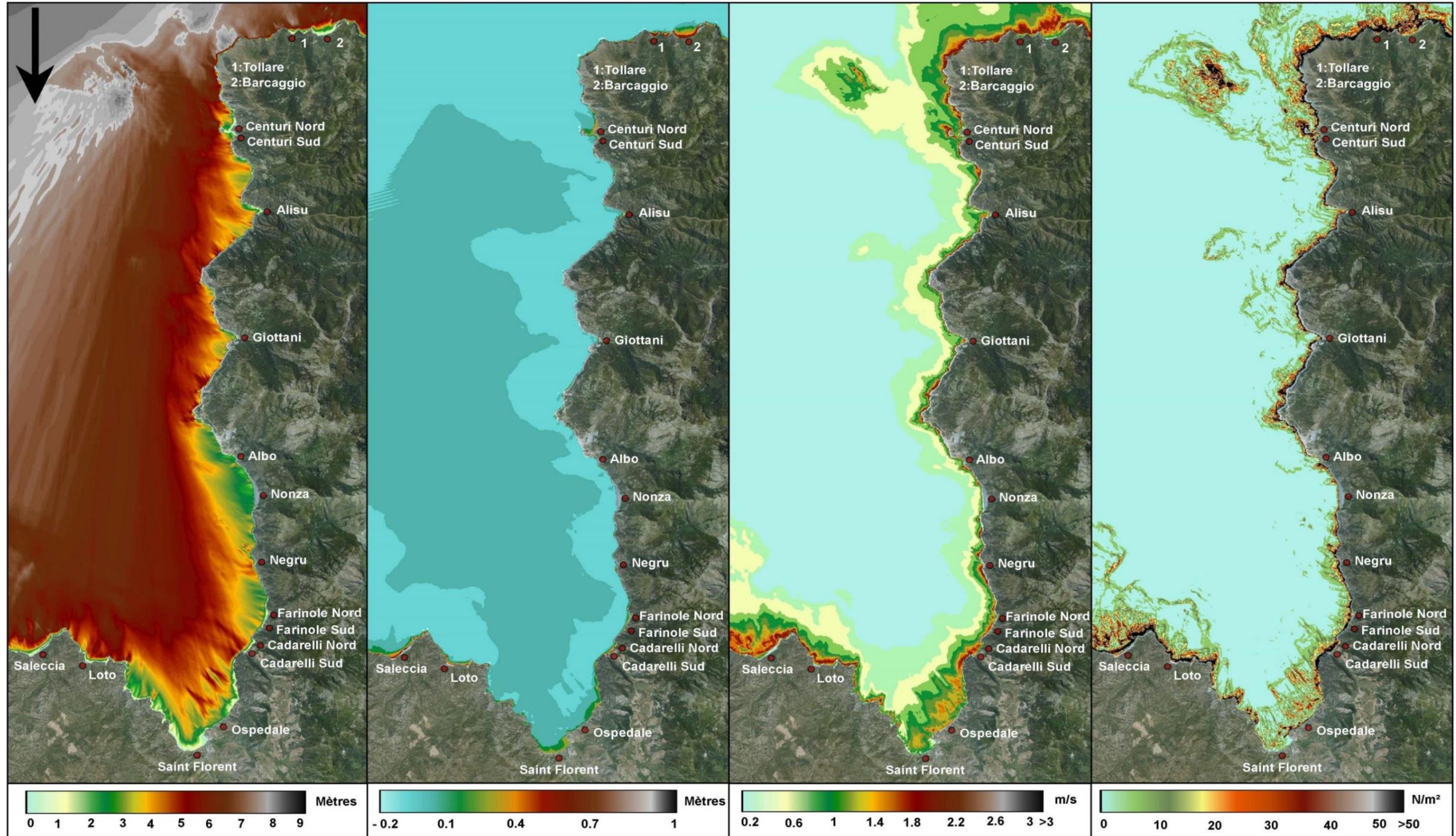
**Conditions hydrodynamiques d'une houle centennale en provenance du Nord**  
 Hs : 8.61 m. Tp : 13 s. Niveau d'eau (marée+surcôte) : 1.08 m

**Hauteur significative**

**Set-up**

**Vitesse maximale au fond**

**Force exercée au fond**



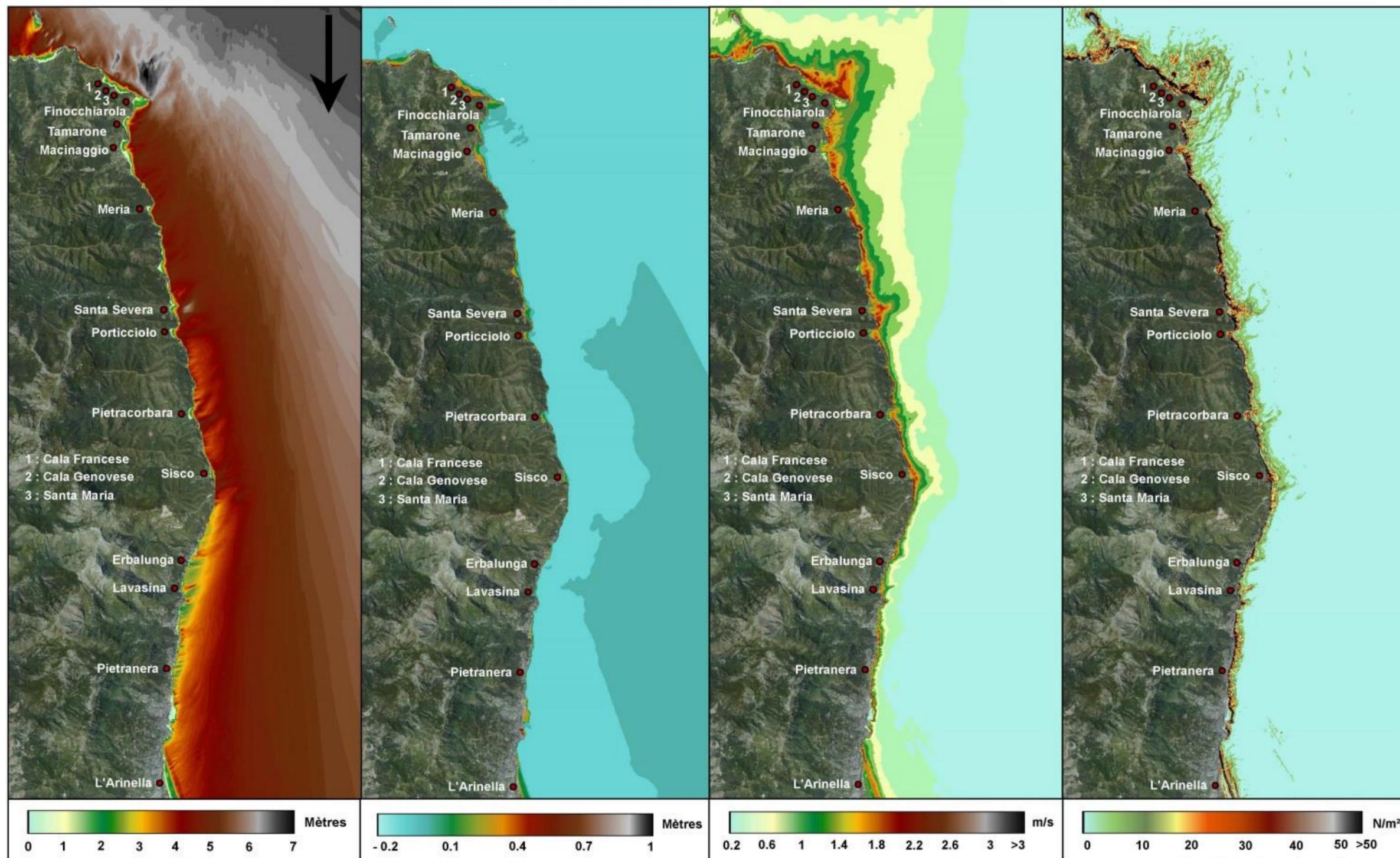
**Conditions hydrodynamiques d'une houle centennale en provenance du Nord**  
 Hs : 6.88 m. Tp : 13 s. Niveau d'eau (marée+surcôte) : 1.11 m

**Hauteur significative**

**Set-up**

**Vitesse maximale au fond**

**Force exercée au fond**



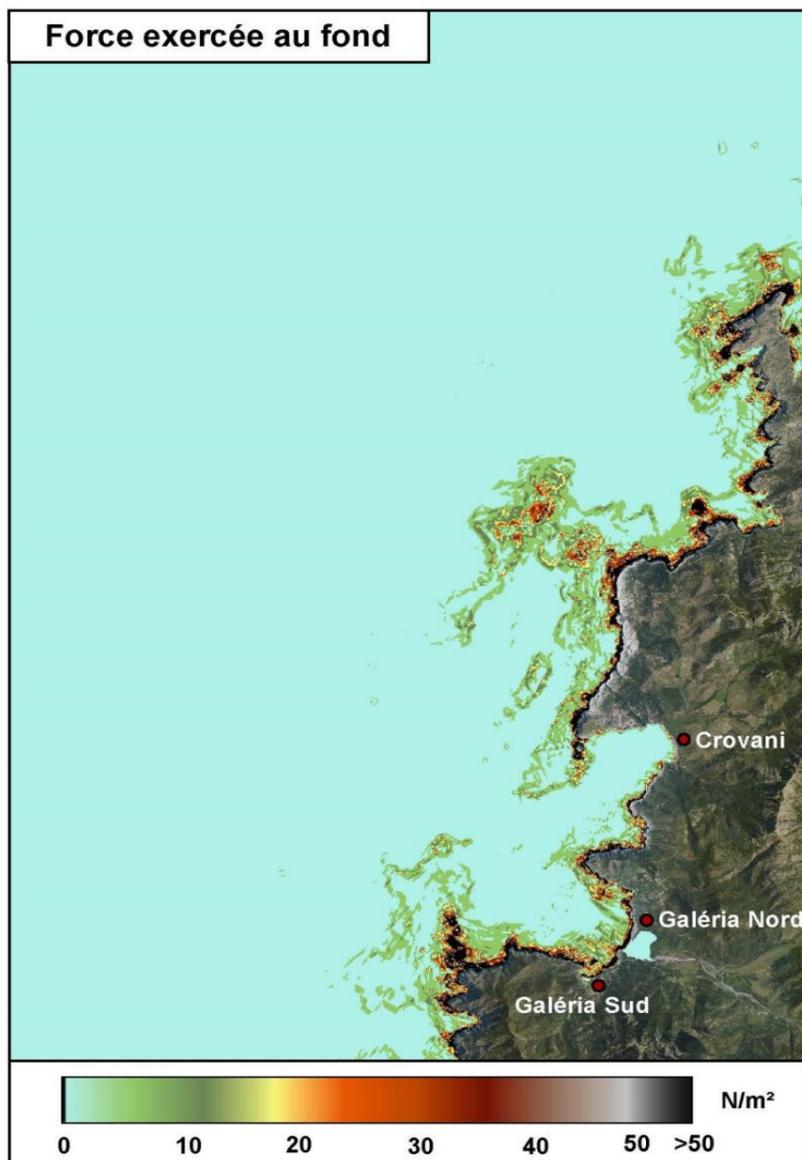
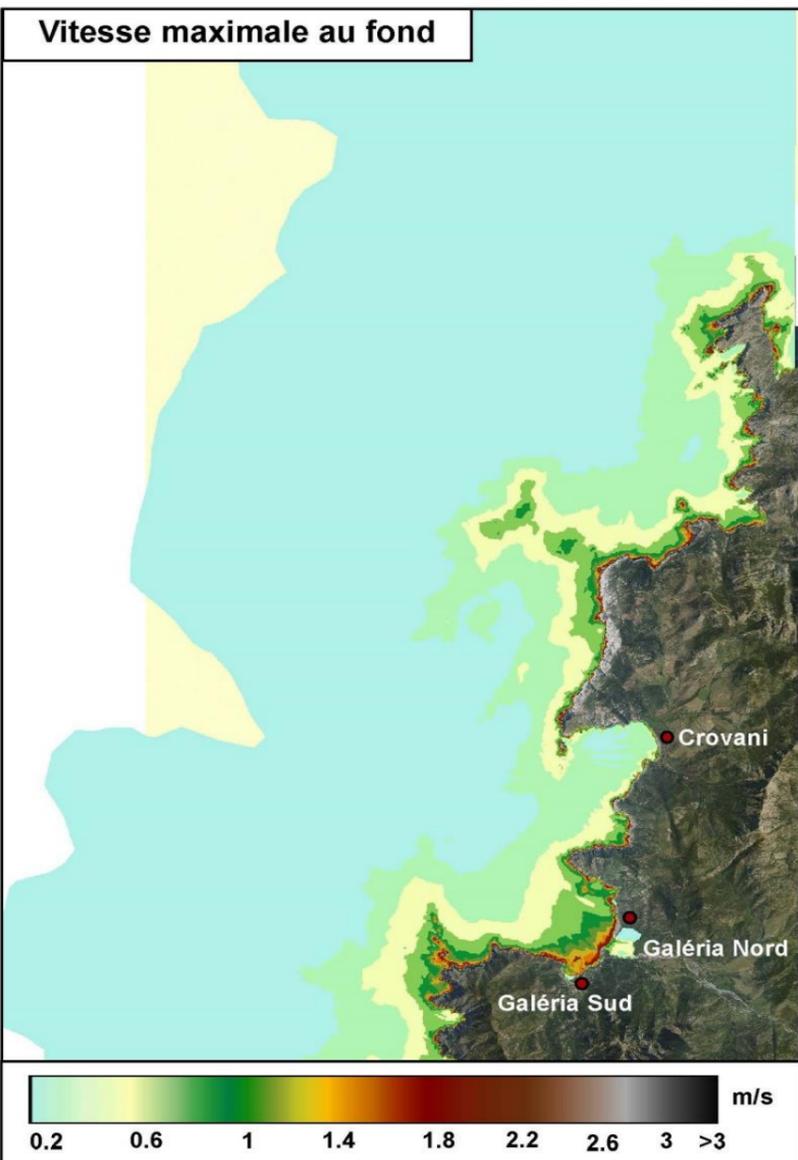
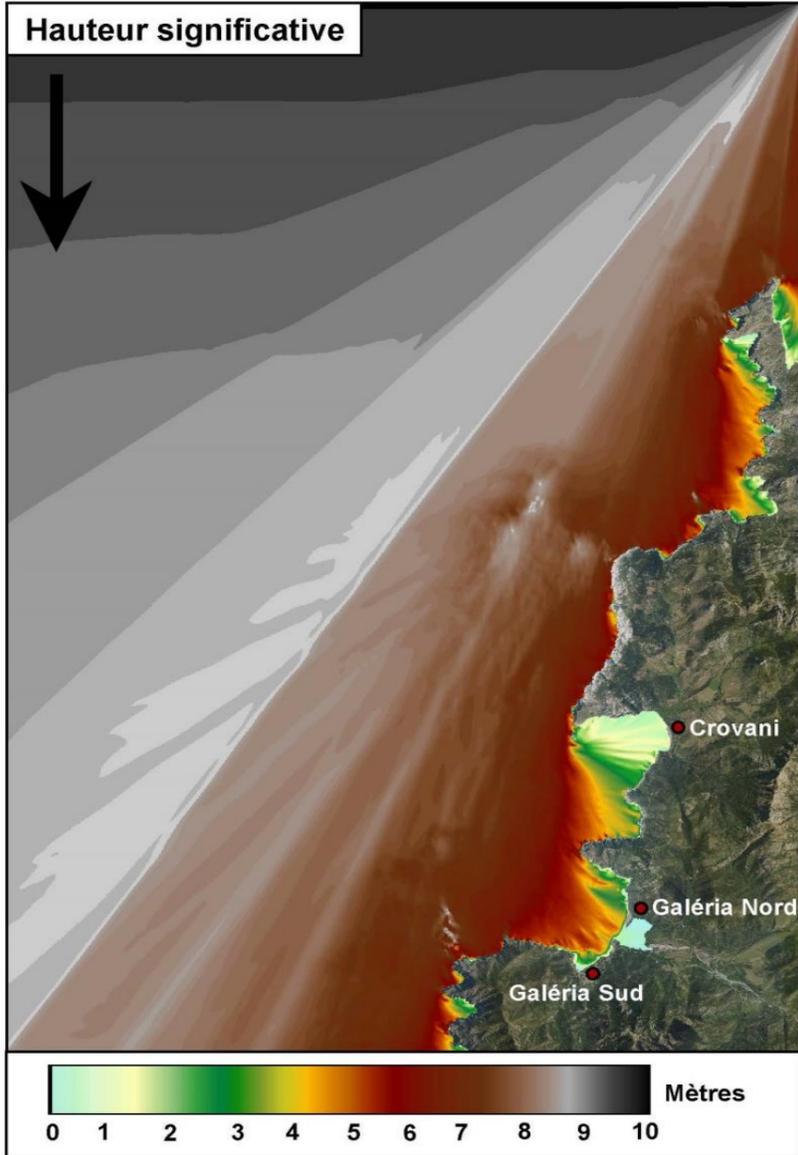
## Conditions hydrodynamiques d'une houle centennale en provenance du Nord

**Hs : 9.29 m. Tp : 13 s. Niveau d'eau (marée+surcôte) : 1.08 m**



## Conditions hydrodynamiques d'une houle centennale en provenance du Nord

Hs : 9.86 m. Tp : 13 s. Niveau d'eau (marée+surcôte) : 1.08 m



Conditions hydrodynamiques d'une houle centennale en provenance de l'Est

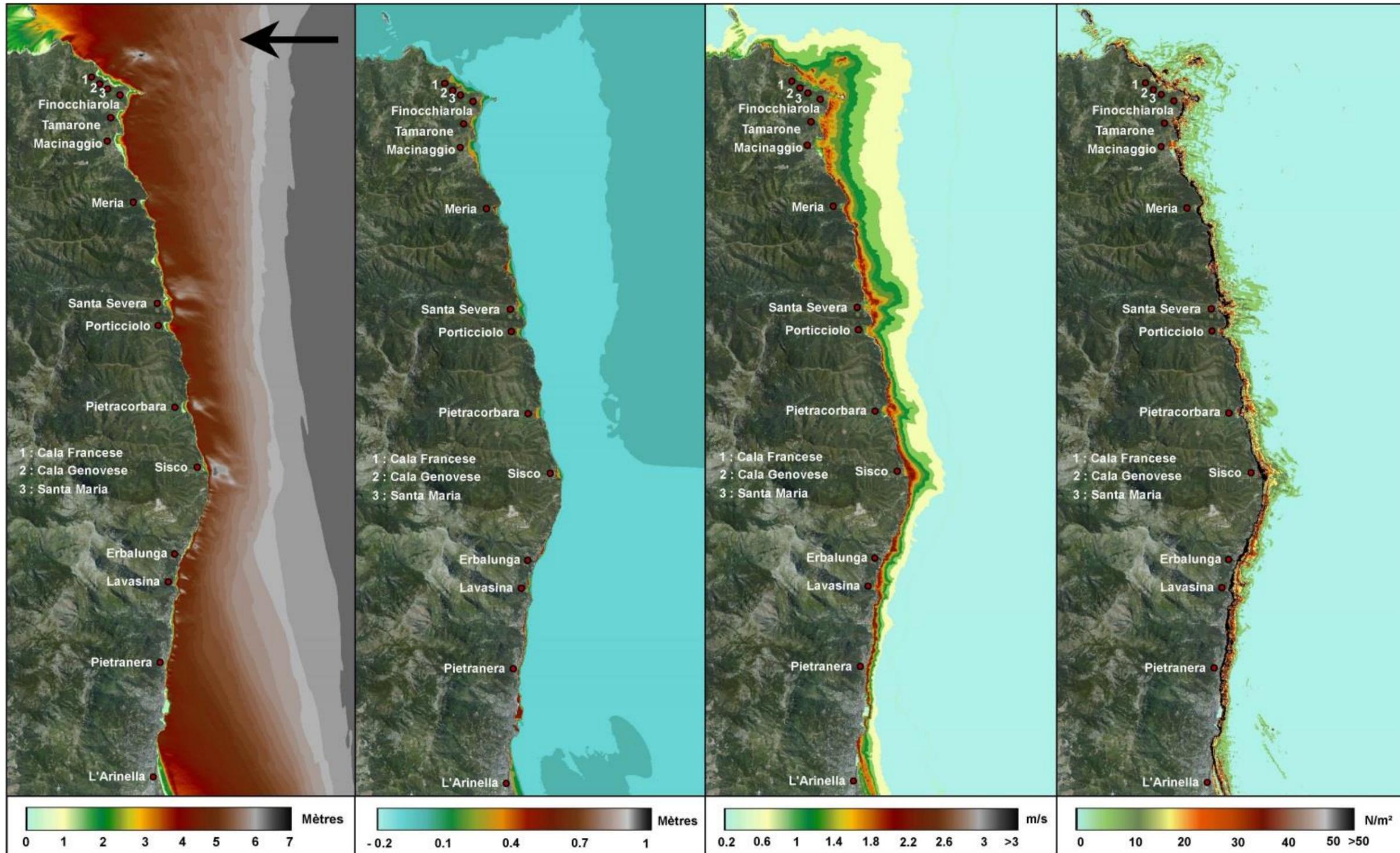
Hs : 6.88 m. Tp : 13 s. Niveau d'eau (marée+surcôte) : 1.11 m

Hauteur significative

Set-up

Vitesse maximale au fond

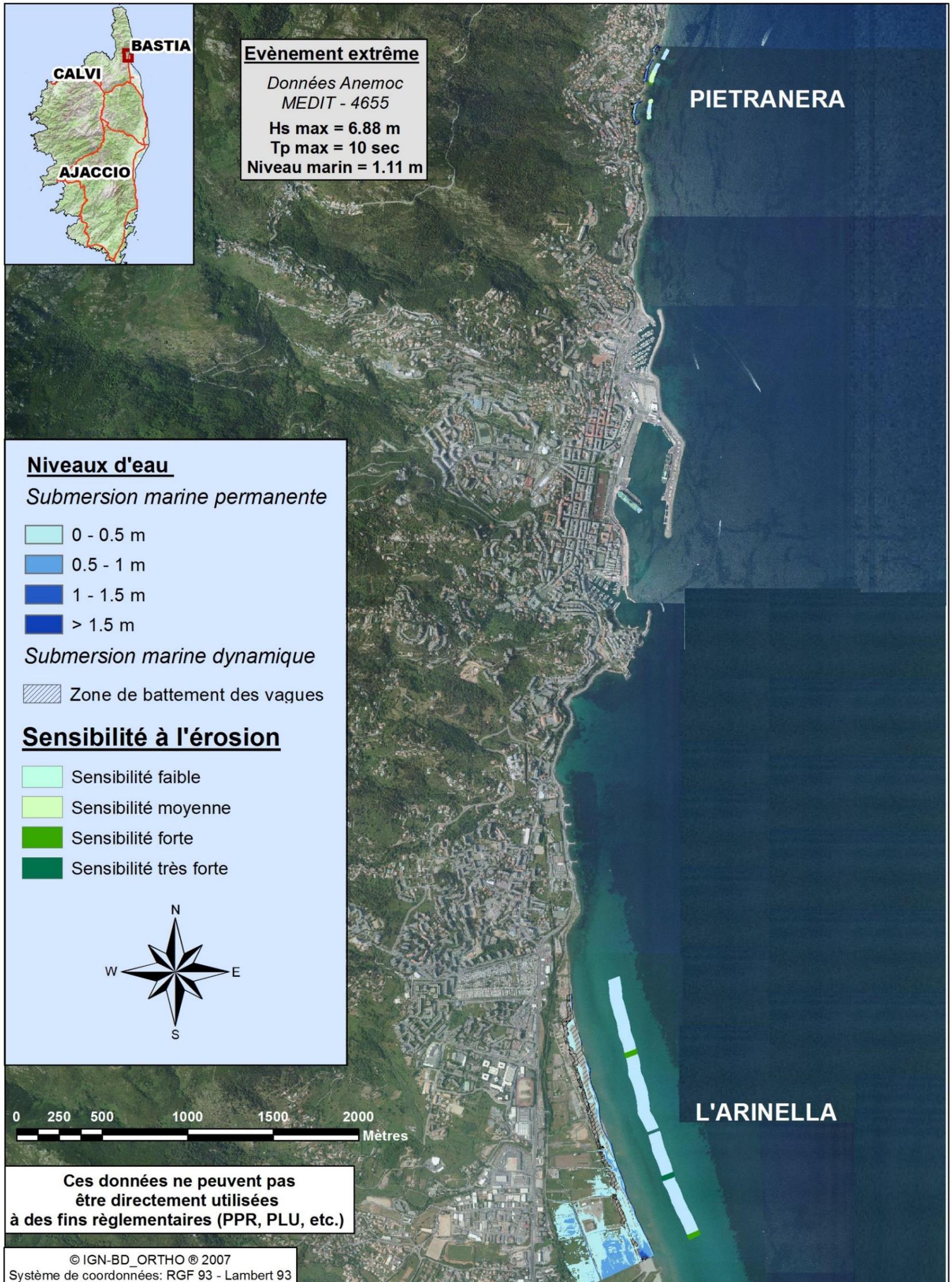
Force exercée au fond



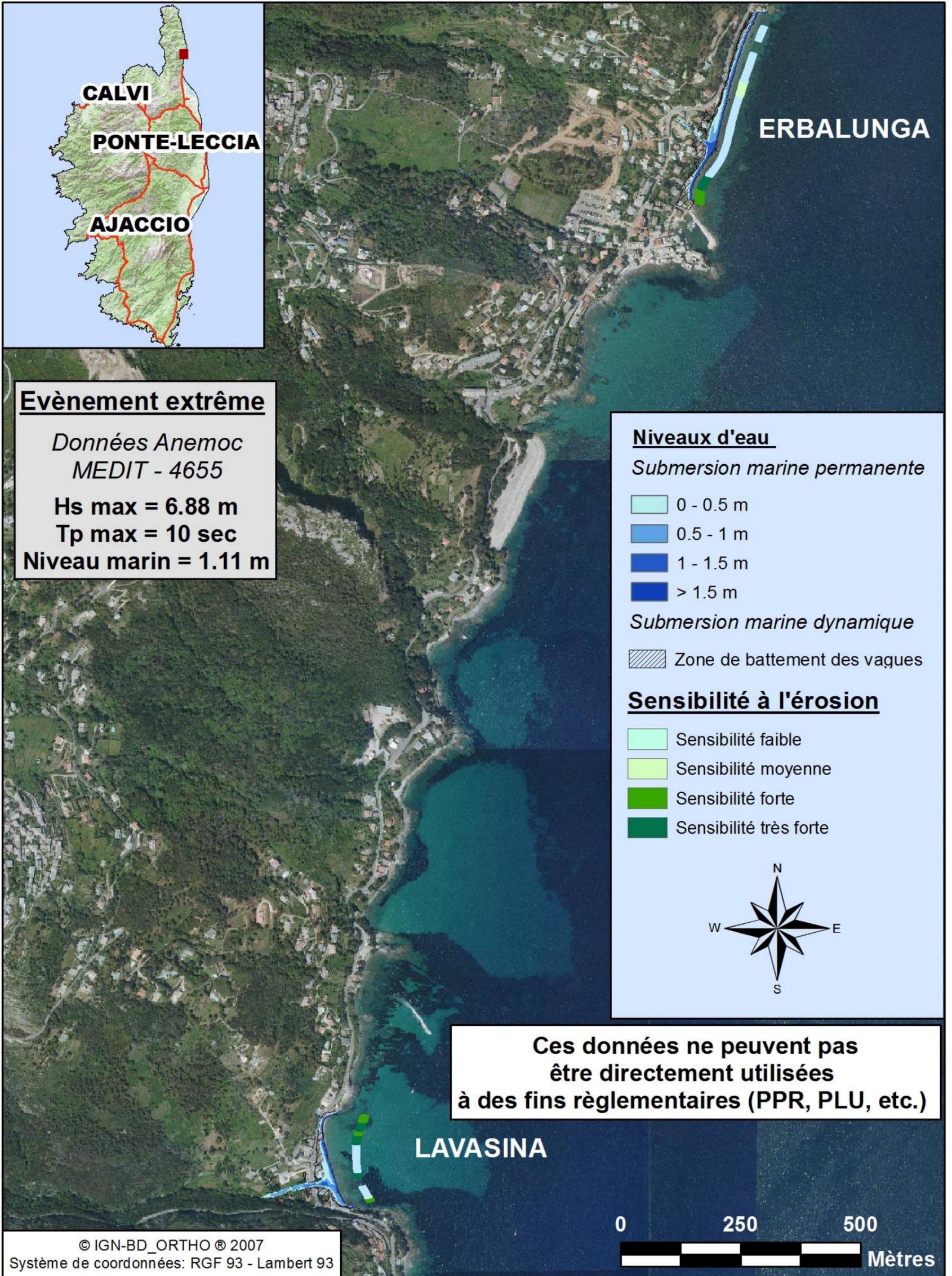
---

**Annexe II : Cartographie de la submersion marine et de la sensibilité à l'érosion côtière**

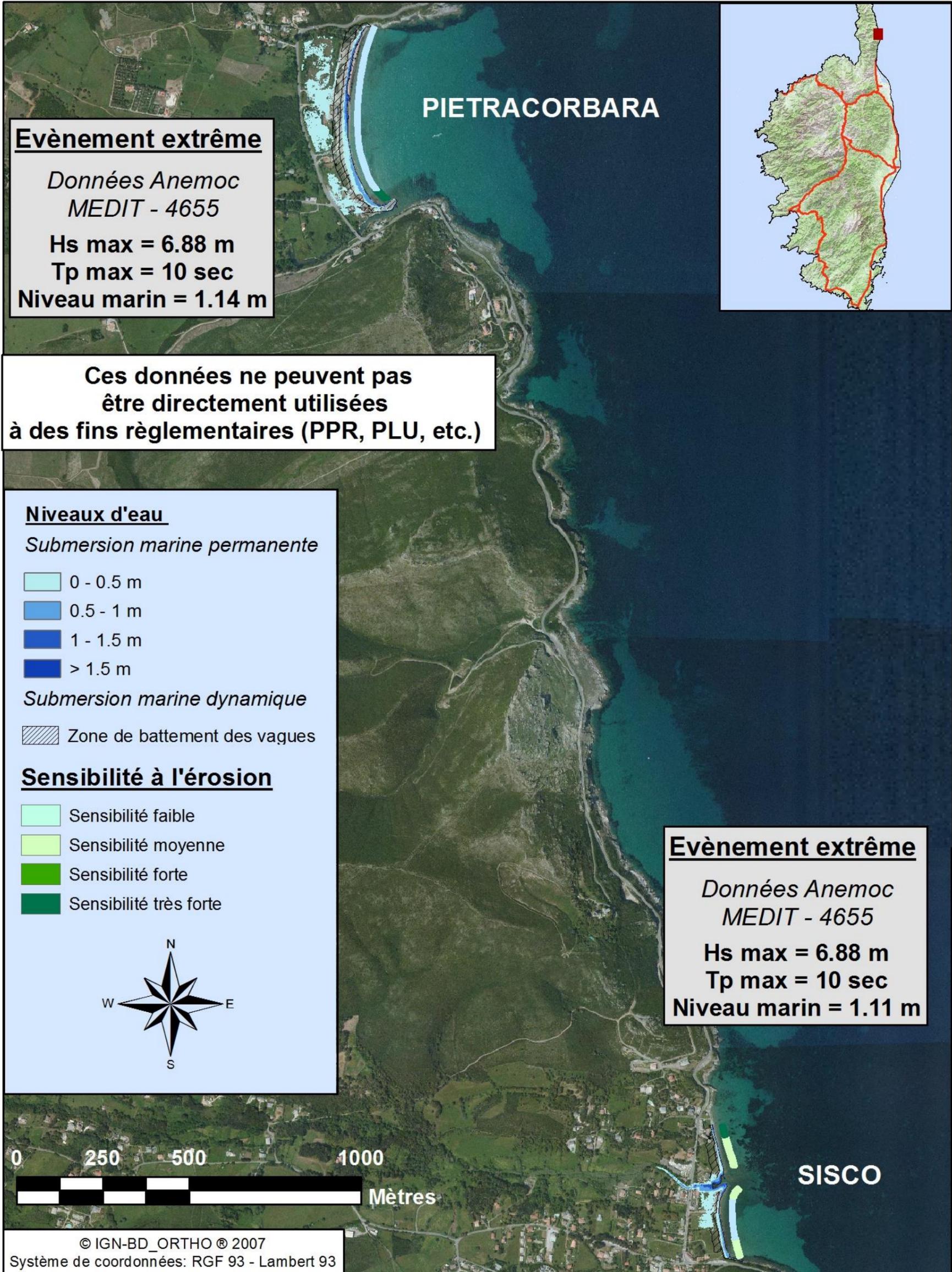
# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



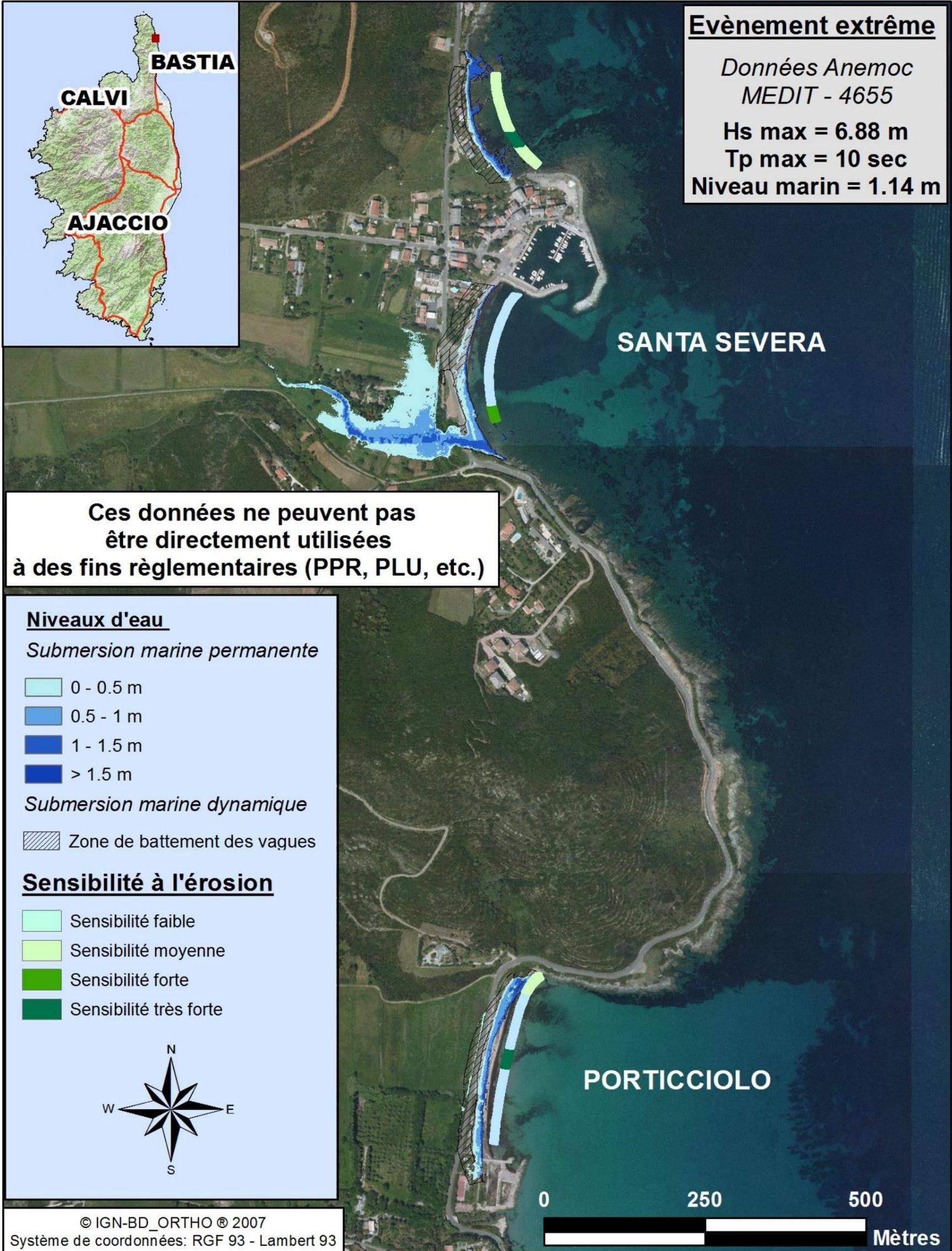
# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



**Evènement extrême**

Données Anemoc  
 MEDIT - 4655  
 Hs max = 6.88 m  
 Tp max = 10 sec  
 Niveau marin = 1.14 m

**Ces données ne peuvent pas  
 être directement utilisées  
 à des fins réglementaires (PPR, PLU, etc.)**

**Niveaux d'eau**

*Submersion marine permanente*

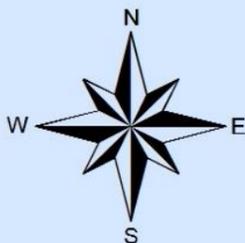
- 0 - 0.5 m
- 0.5 - 1 m
- 1 - 1.5 m
- > 1.5 m

*Submersion marine dynamique*

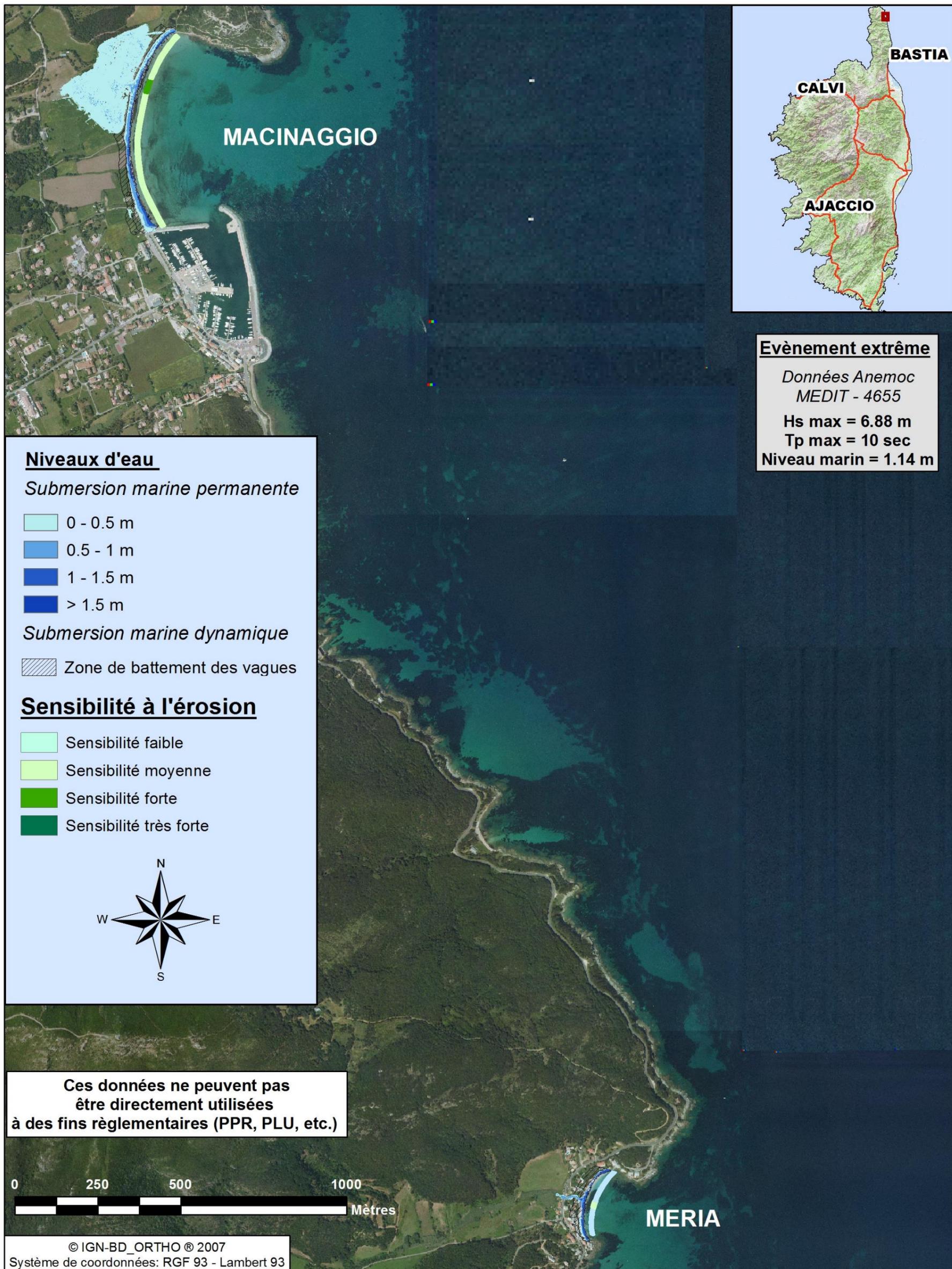
Zone de battement des vagues

**Sensibilité à l'érosion**

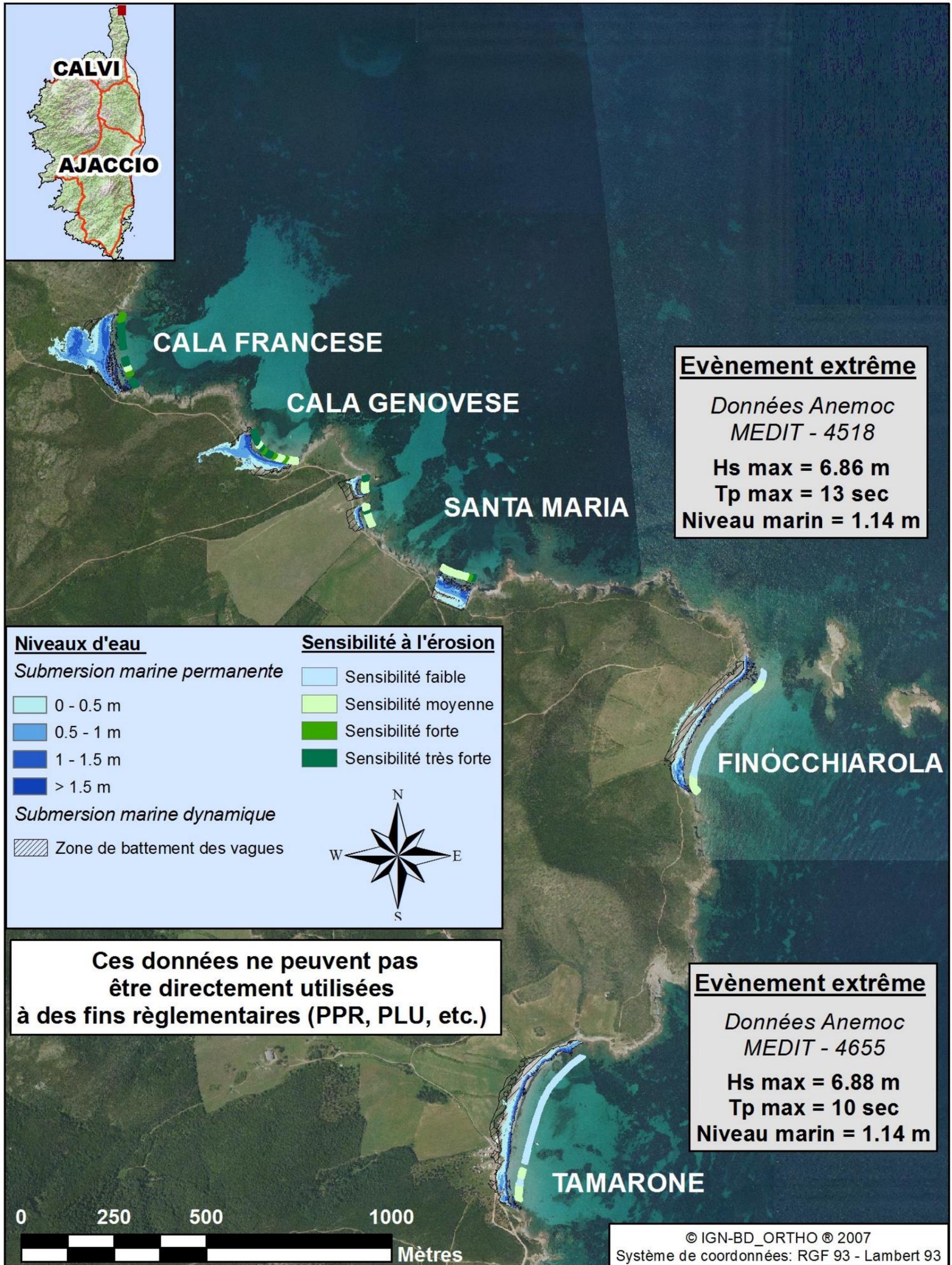
- Sensibilité faible
- Sensibilité moyenne
- Sensibilité forte
- Sensibilité très forte



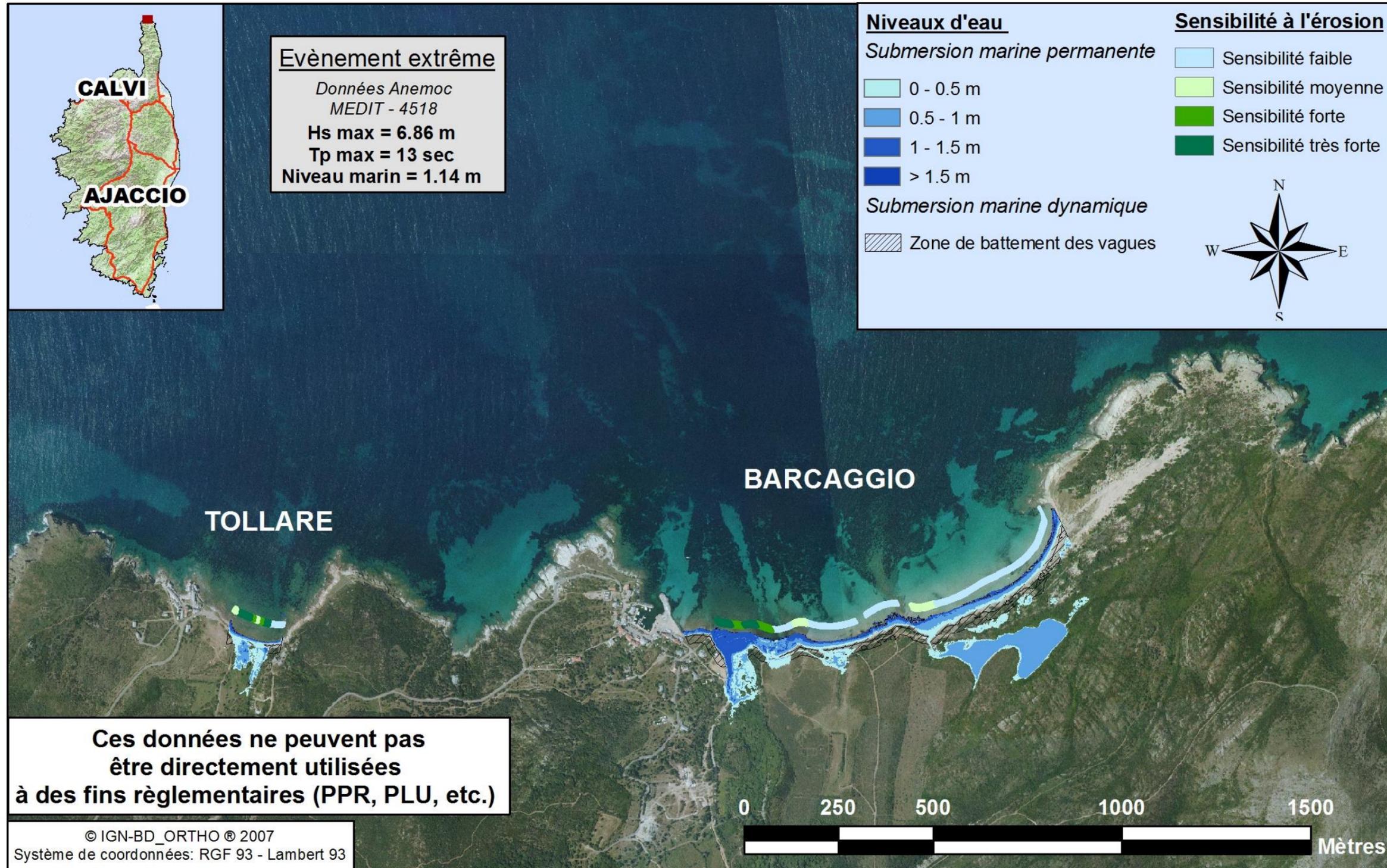
# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



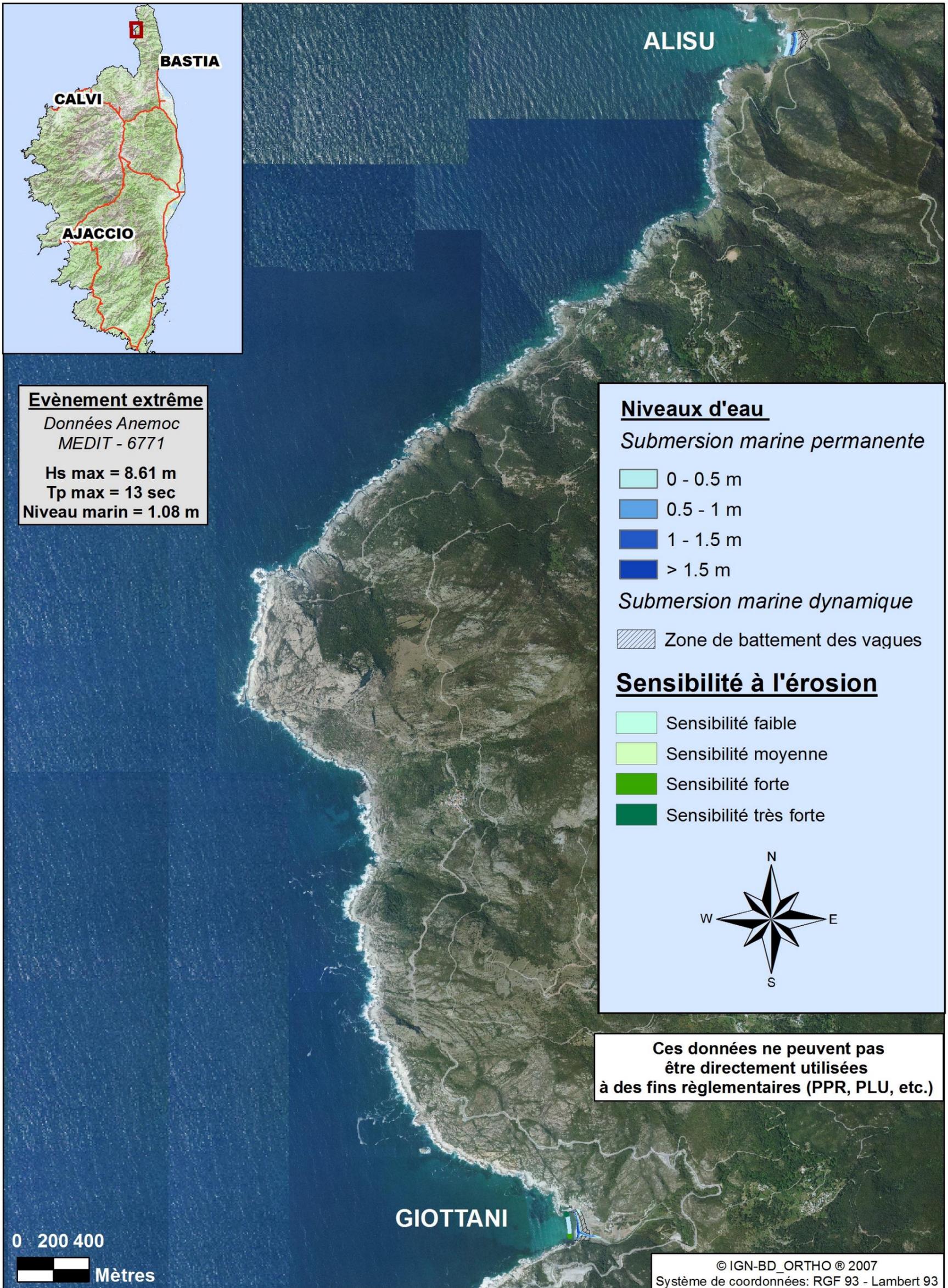
# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)

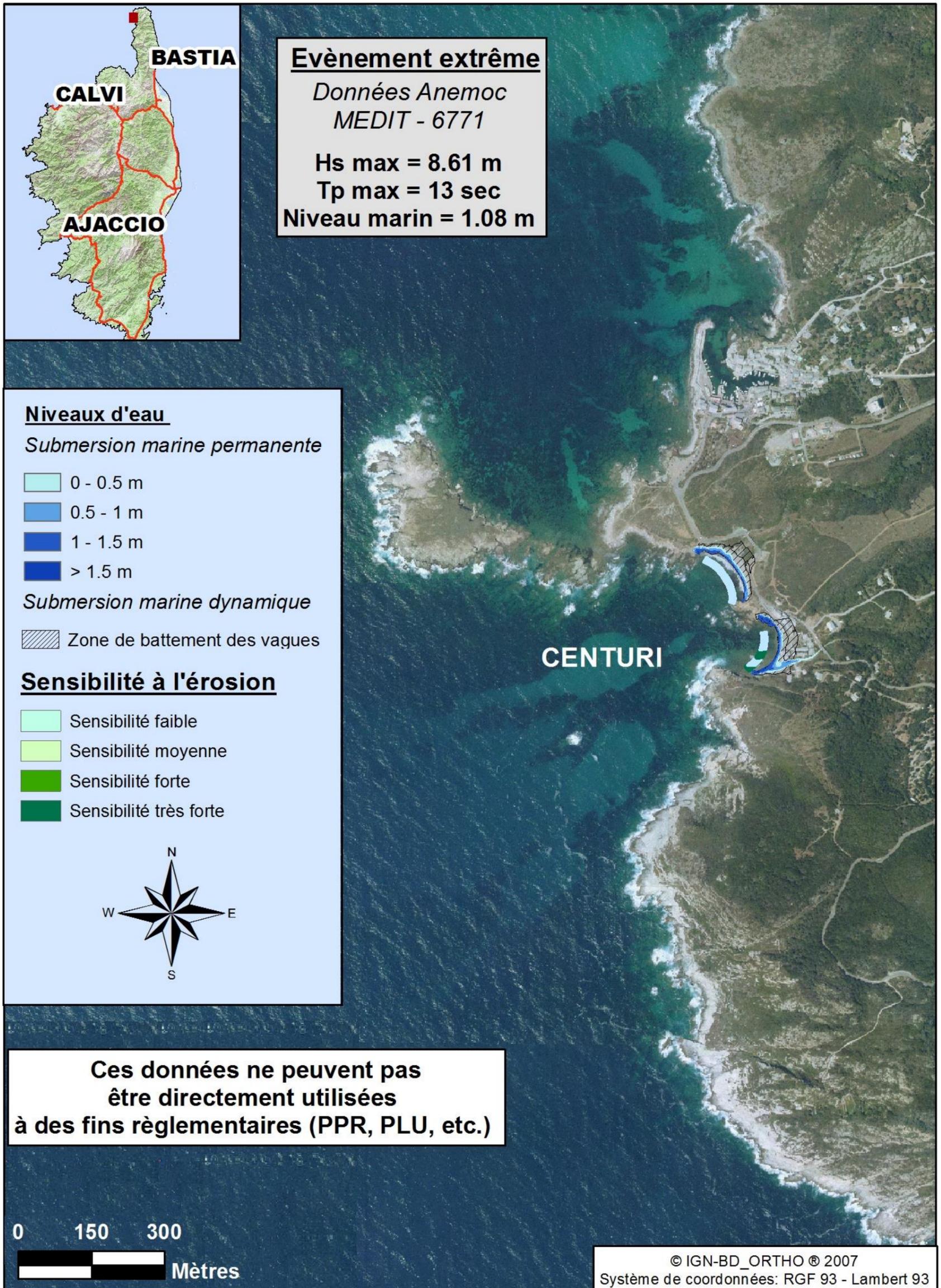


# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)

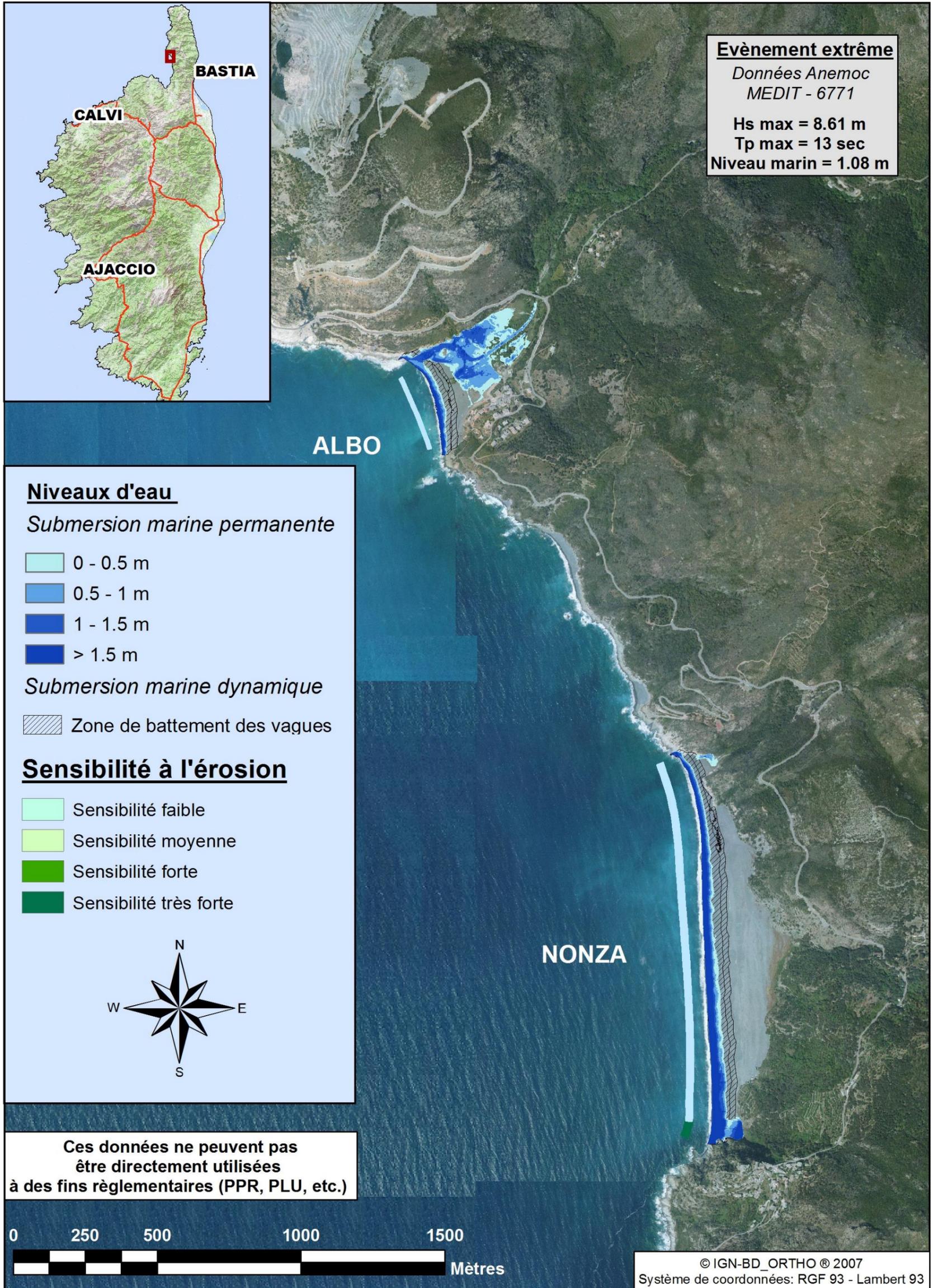


Ces données ne peuvent pas être directement utilisées à des fins réglementaires (PPR, PLU, etc.)

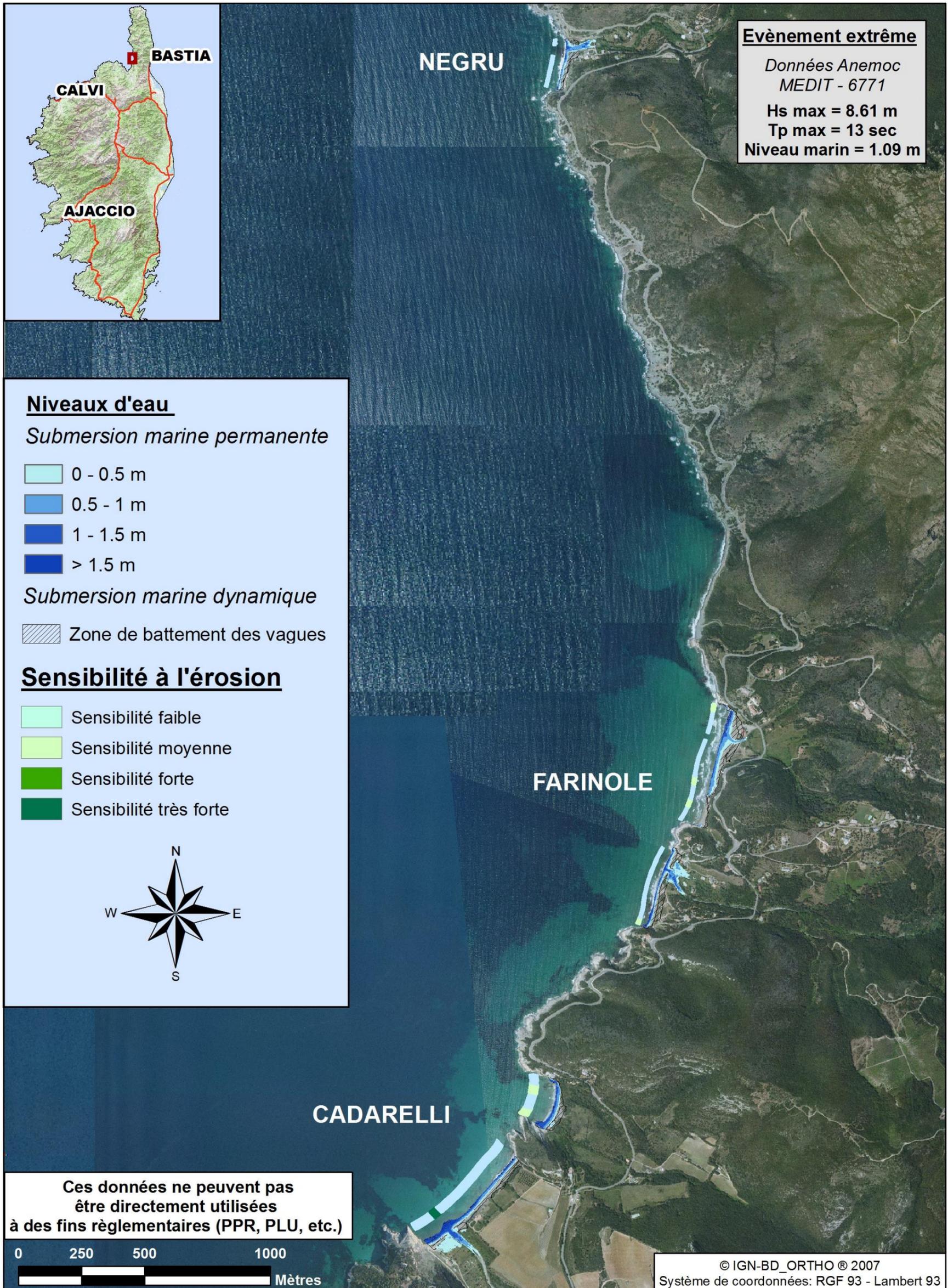
# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



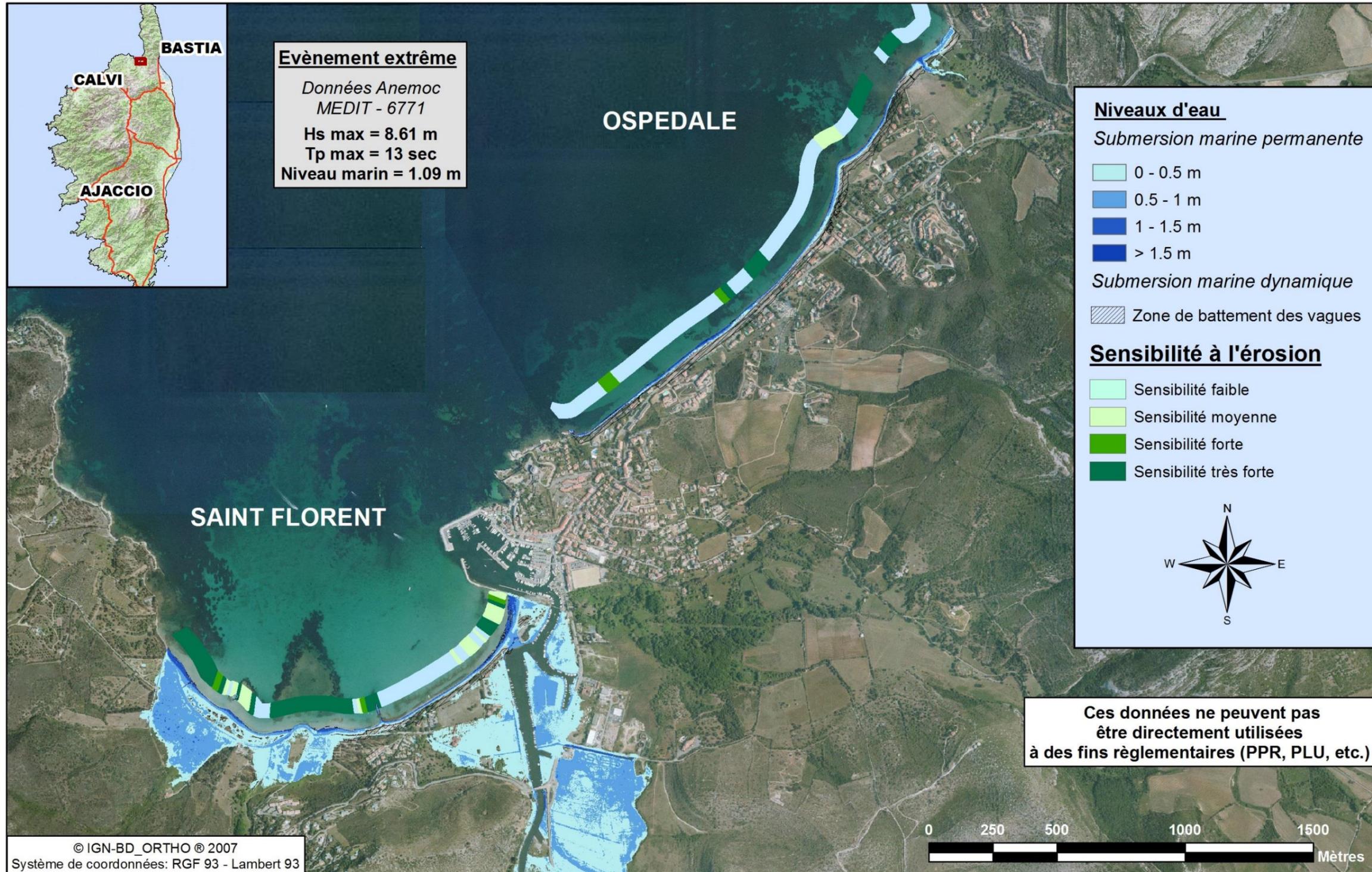
# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



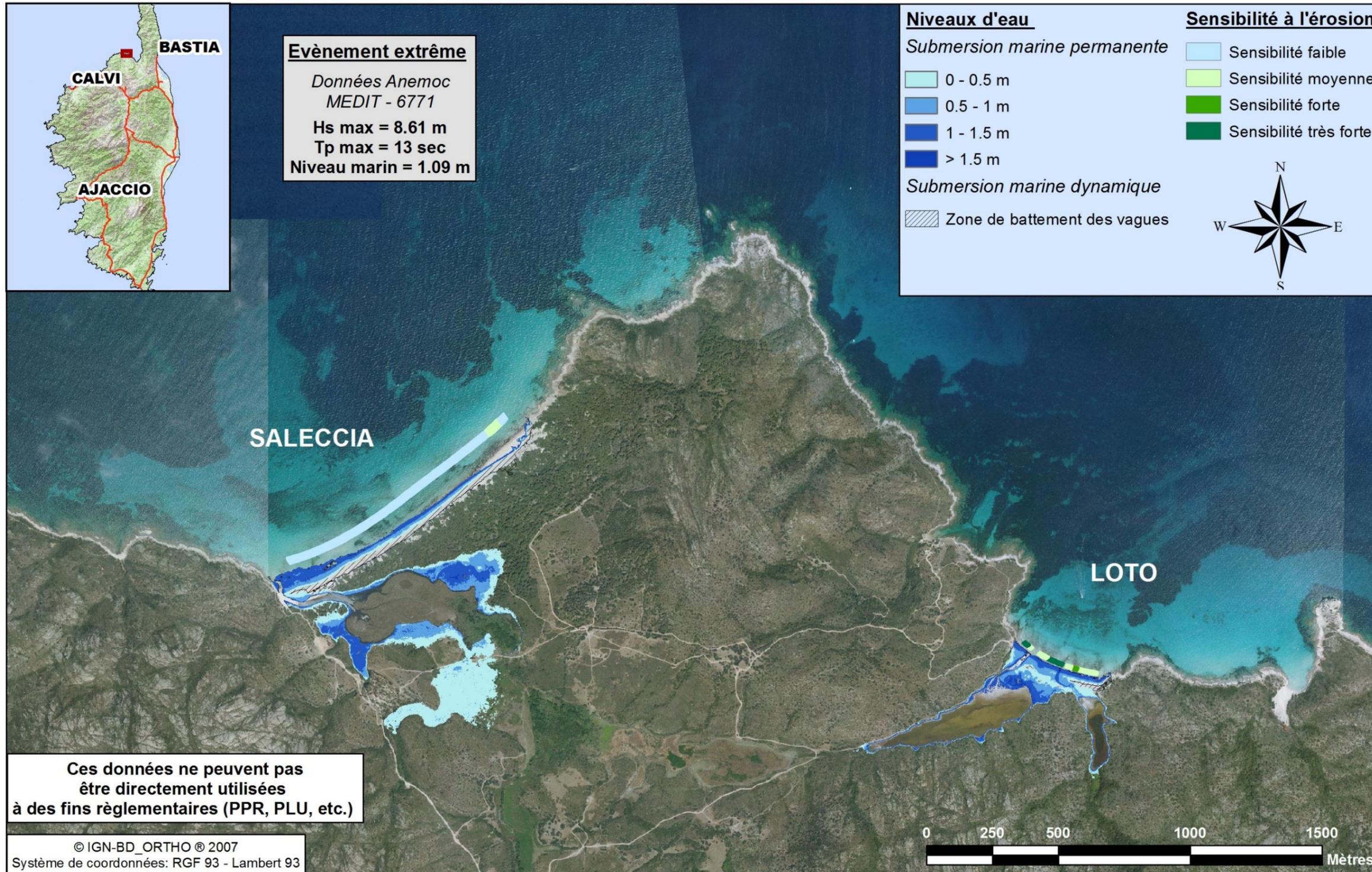
# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



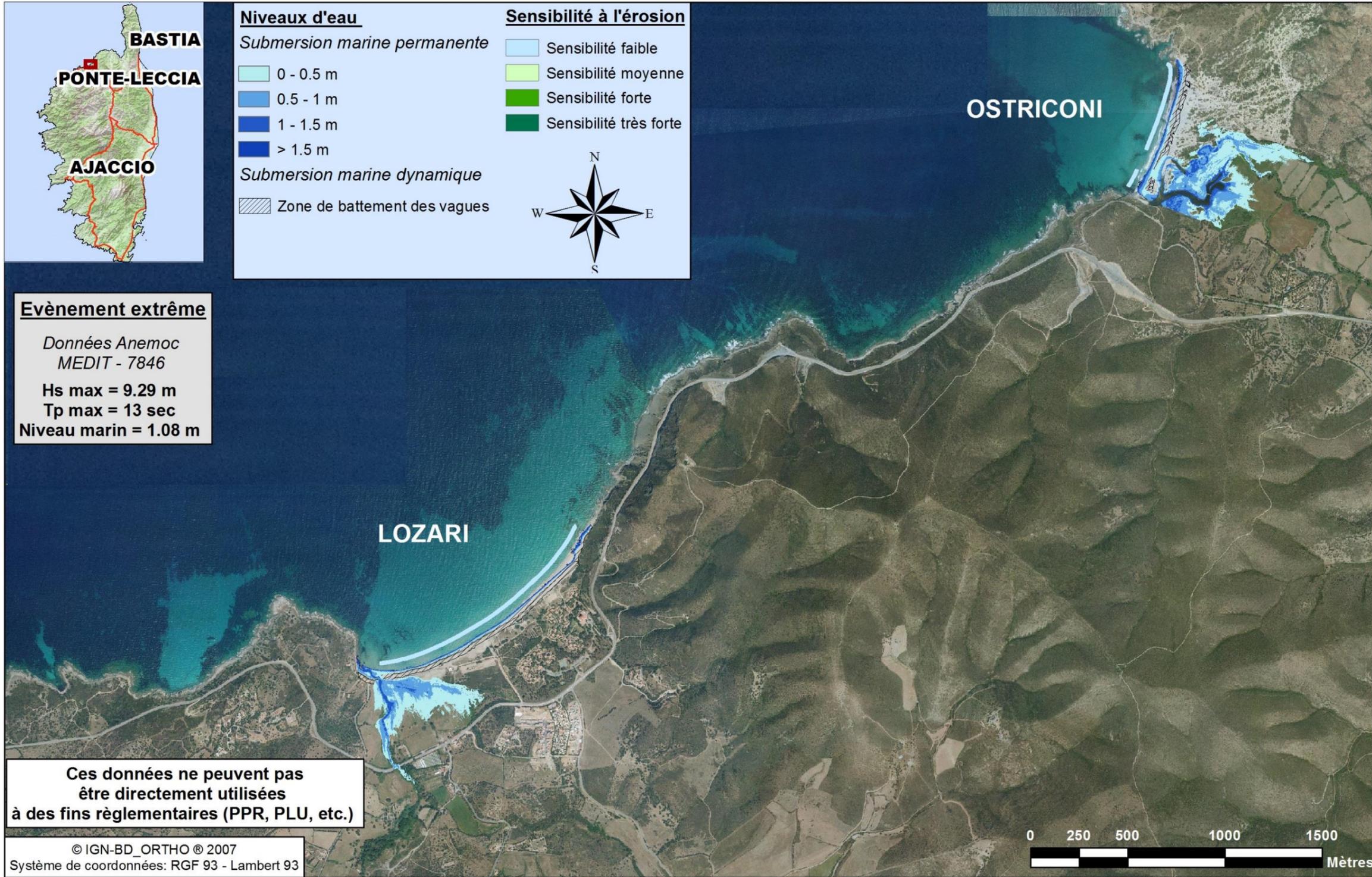
# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



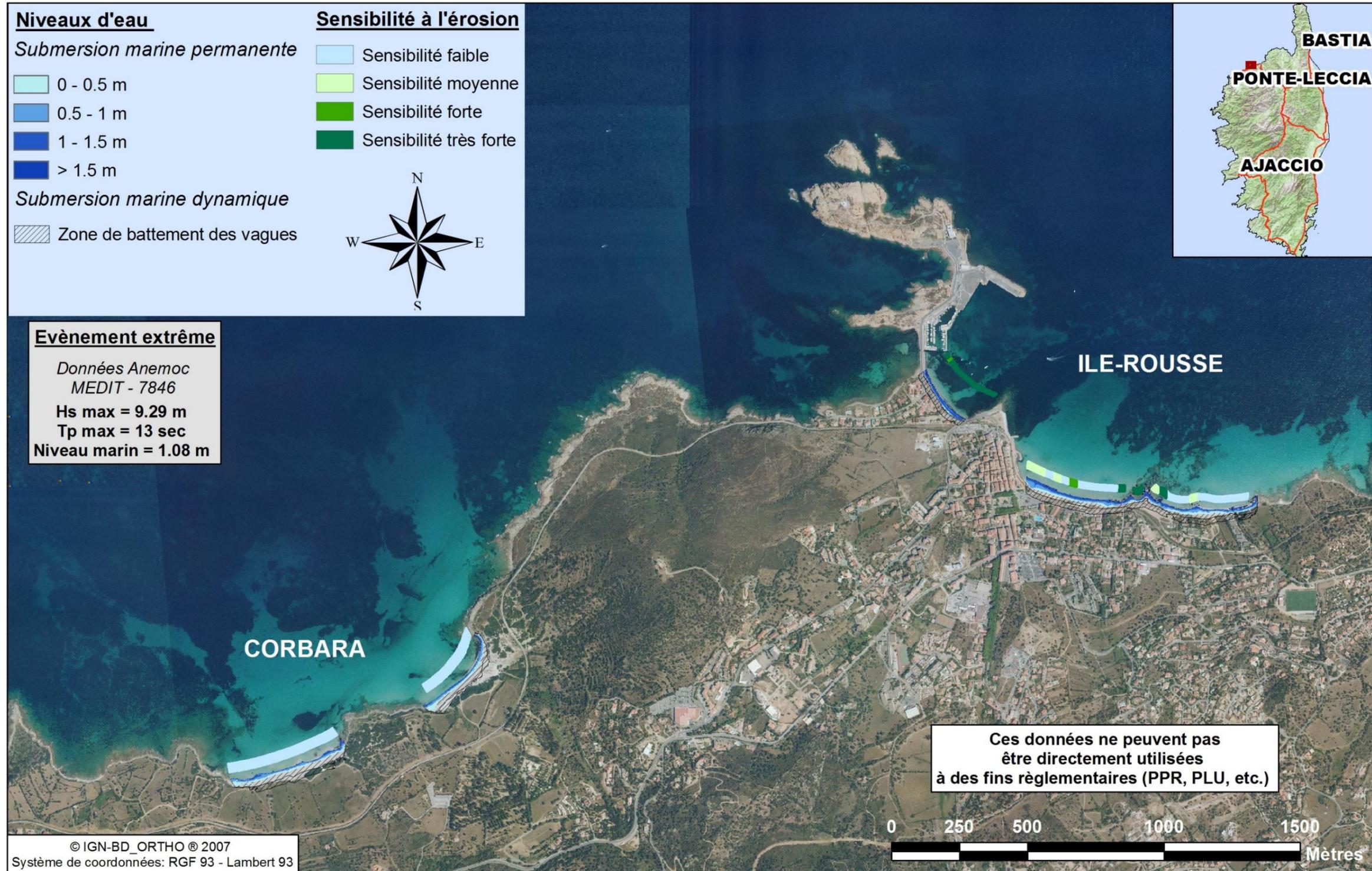
# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



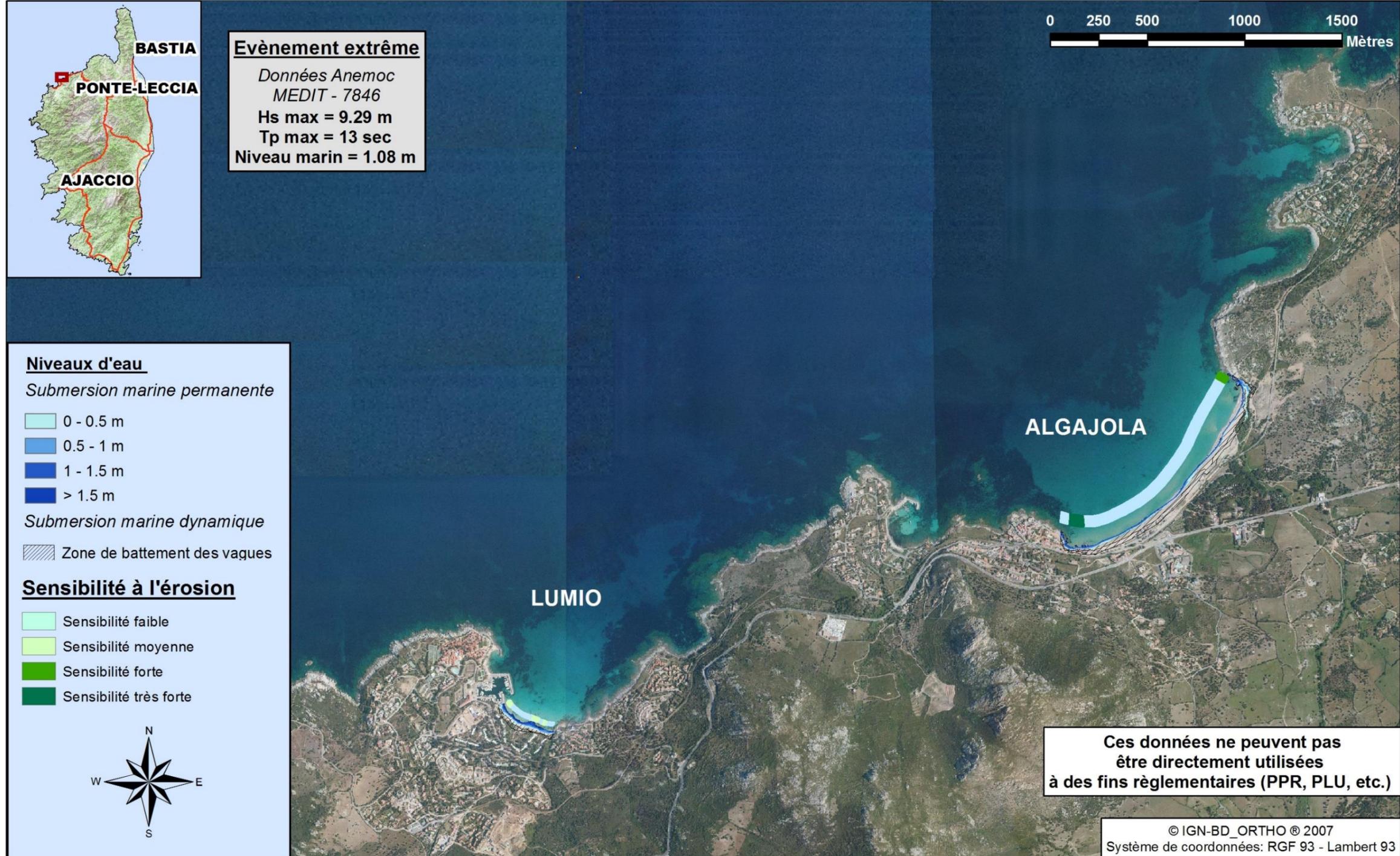
# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)



### Evènement extrême

Données Anemoc  
 MEDIT - 7846  
 Hs max = 9.29 m  
 Tp max = 13 sec  
 Niveau marin = 1.08 m

### Niveaux d'eau

Submersion marine permanente

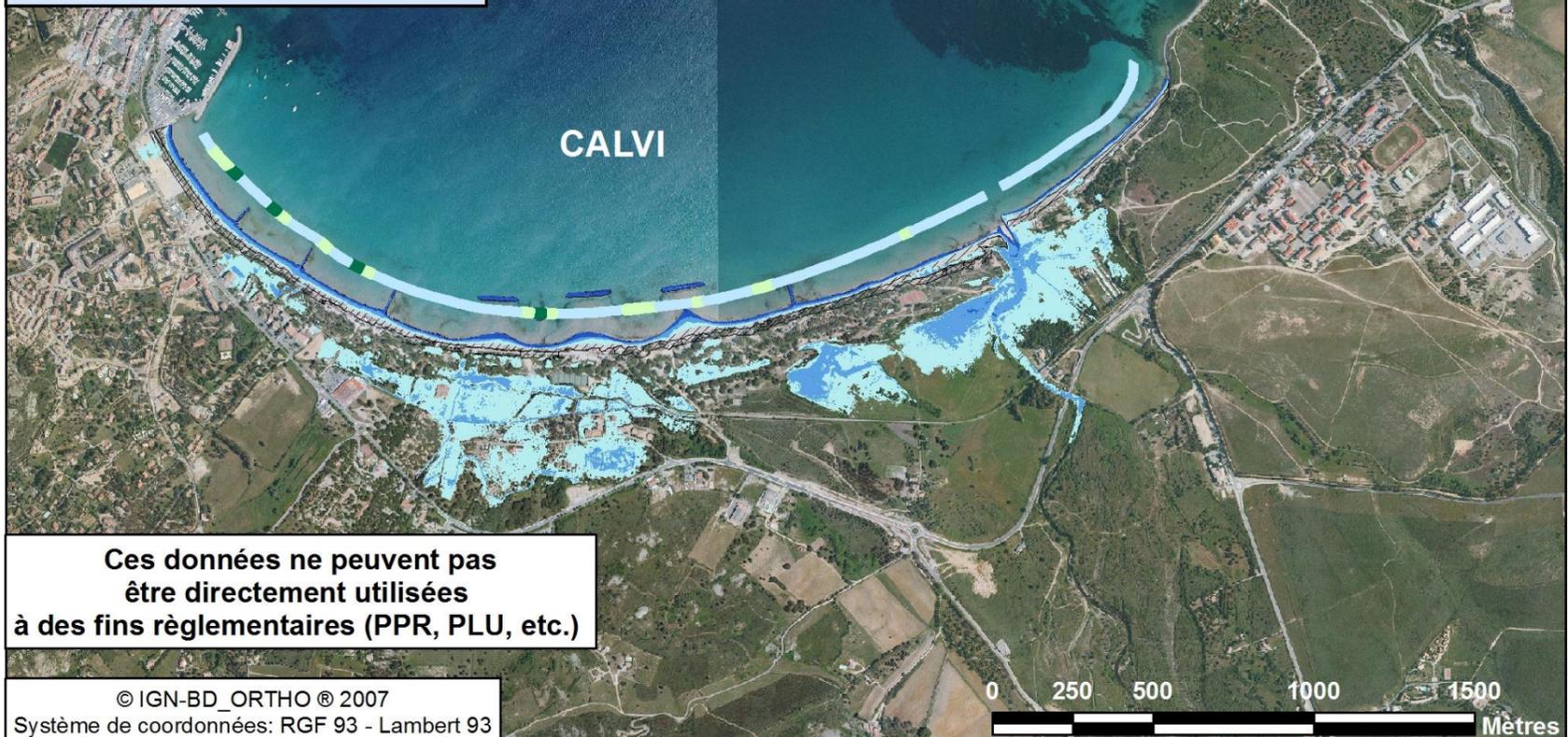
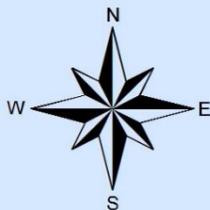
- 0 - 0.5 m
- 0.5 - 1 m
- 1 - 1.5 m
- > 1.5 m

Submersion marine dynamique

- Zone de battement des vagues

### Sensibilité à l'érosion

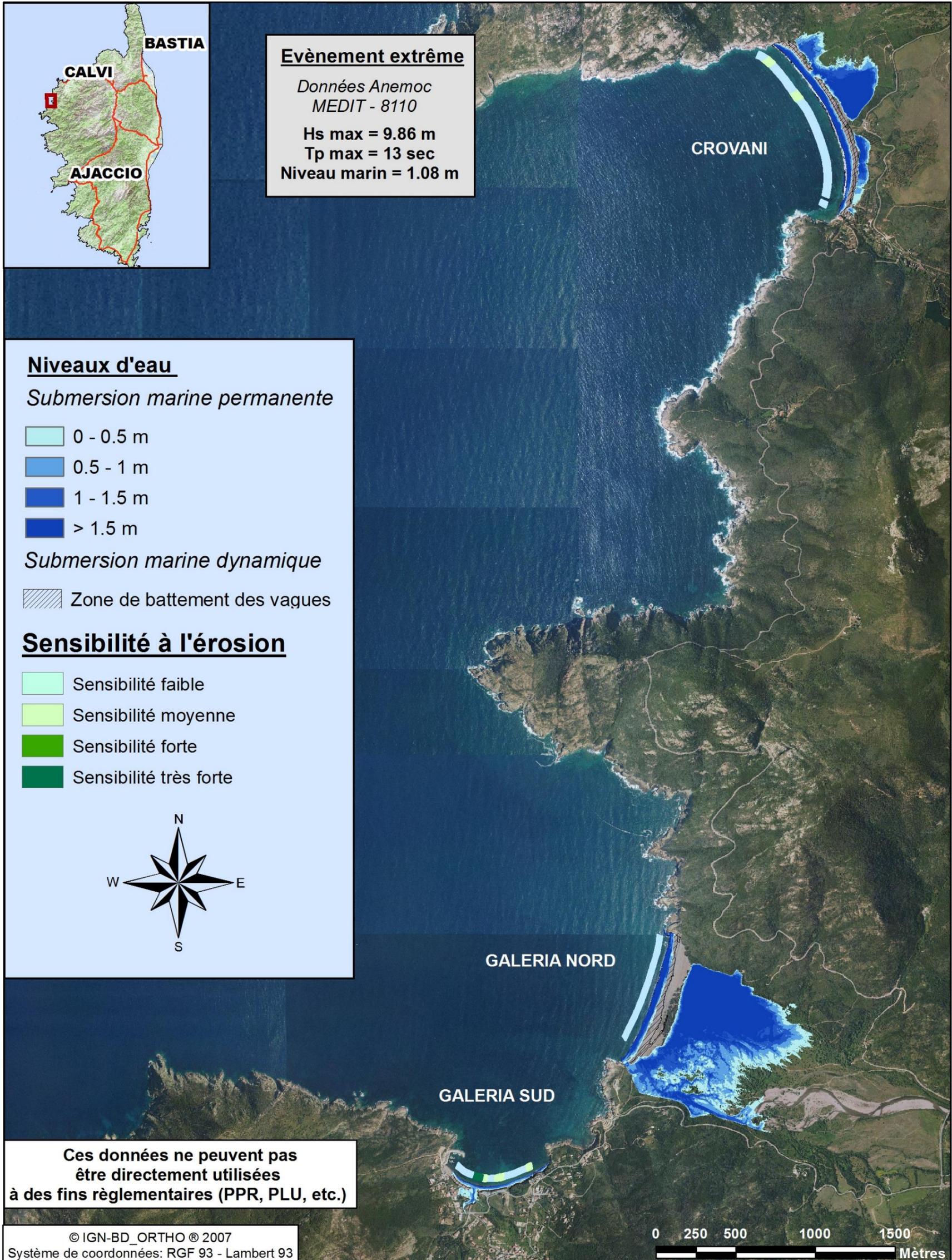
- Sensibilité faible
- Sensibilité moyenne
- Sensibilité forte
- Sensibilité très forte



**Ces données ne peuvent pas  
 être directement utilisées  
 à des fins réglementaires (PPR, PLU, etc.)**

© IGN-BD\_ORTHO © 2007  
 Système de coordonnées: RGF 93 - Lambert 93

# Submersion marine potentielle (croisement des niveaux d'eau et du MNT)





**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemain  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34 – [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction régionale Corse**  
Immeuble Agostini  
Z.I. de Furiani  
20600 Bastia  
Tél. : 04 95 58 04 33