

Etude générale pour la protection du littoral de la Plaine orientale de Corse – Préconisations de gestion

Rapport final

BRGM/RP-61650-FR
novembre 2012

Etude générale pour la protection du littoral de la Plaine orientale de Corse – Préconisations de gestion

Rapport final

BRGM/RP-61650-FR
novembre 2012

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2011

Y.Balouin, R.Belon , A Stépanian, G. Bodéré

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)



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Mots clés : Submersion marine, érosion côtière, gestion du littoral, Plaine orientale de Corse.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : **Balouin Y., Belon R., Stépanian A., Bodéré G**, (2012) – Etude générale pour la protection du littoral de la Plaine orientale de Corse – Préconisations de gestion. Rapport BRGM/RP-61650-FR ; 52 p., 36 ill.

Synthèse

Cette étude, menée en partenariat entre la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Haute-Corse (DDTM2B), est constituée de 2 phases, dont la première s'est déroulée entre novembre 2008 et octobre 2010 et la seconde entre novembre 2011 et novembre 2012.

La première phase, qui a donné lieu à l'Atlas littoral de la Plaine orientale (rapport BRGM/RP-59058-FR), présente la géomorphologie, la climatologie et l'hydrodynamique de la Plaine orientale ainsi que l'évolution historique de son trait de côte.

Dans cette deuxième phase, afin de prendre en considération l'ensemble des connaissances acquises sur les phénomènes pouvant impacter le littoral de la Plaine orientale, il a été convenu d'intégrer les résultats d'une autre étude traitant des impacts des tempêtes en termes d'érosion et de submersion marine sur la Plaine orientale menée en partenariat entre l'Office de l'Environnement de la Corse, l'Agence de l'Eau Rhône, Méditerranée et Corse et le BRGM (BRGM/RP-59046-FR et RP-59724-FR).

Ce rapport présente les résultats de la deuxième et dernière phase de cette étude dont l'objectif est de mieux appréhender les processus côtiers et leurs impacts sur le littoral afin de proposer des modes de gestion adaptés à l'échelle de la cellule sédimentaire.

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

En effet, sur la période 1948 – 2007, 9% du linéaire côtier de la Plaine orientale peut être considéré comme étant en forte érosion (perte supérieure à 40 mètres), 3% du linéaire en forte accrétion (apport supérieur à 40 mètres) et 32% peut être considéré comme stable.

Pendant un événement extrême, la submersion marine pourrait engendrer une couche d'eau comprise entre 0 et 50 cm sur approximativement 100 Ha d'établissements recevant du public, 15 Ha de propriétés privées et 130 Ha d'exploitations agricoles.

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

Les analyses et préconisations sont présentées sous forme de planches cartographiques accompagnées d'un commentaire explicatif, pour chacune des cellules sédimentaires.

Ces préconisations, à l'échelle de la cellule sédimentaire, sont des suggestions proposées par le BRGM et la DDTM 2B qui constituent un outil d'aide à la décision face aux aléas littoraux.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Méthodologie	8
2.1. LES CELLULES SEDIMENTAIRES	8
2.2. EVALUATION DES ALEAS COTIERS	8
2.2.1. Evolution du trait de côte.....	8
2.2.2. La submersion marine	8
2.3. EVALUATION DES ENJEUX	9
2.3.1. Les enjeux anthropiques :	9
2.3.2. Les enjeux naturels :	9
2.4. ECHELLES TEMPORELLES	9
3. Stratégies de gestion du littoral	10
3.1. LES TECHNIQUES D'ADAPTATION CONTRE LA MER ET LEURS LIMITES	10
3.1.1. La relocalisation des biens et des services (recul stratégique).....	10
3.1.2. Le laisser faire	10
3.1.3. L'intervention limitée ou l'accompagnement par des solutions souples.....	10
3.1.4. Le maintien du trait de côte par des techniques dures	11
3.2. SYNTHÈSE SUR LES STRATÉGIES DE GESTION ET SOLUTIONS TECHNIQUES DE DEFENSE CONTRE LA MER	13
4. Diagnostic et préconisation de gestion par cellule sédimentaire	14
4.1. LA CELLULE LUPINO – GOLO.....	15
4.1.1. Les aléas affectants la cellule sédimentaire Lupino – Golo	17
4.1.2. Les enjeux présents sur le littoral de la cellule Lupino – Golo	19
4.1.3. Préconisations de gestion pour la cellule Lupino - Golo	21
4.2. LA CELLULE GOLO – CAMPOLORO	23
4.2.1. Les aléas affectant la cellule sédimentaire Golo – Campoloro	25
4.2.2. Les enjeux présents sur le littoral de la cellule Golo – Campoloro.....	27
4.2.3. Préconisations de gestion pour la cellule Golo - Campoloro	29
4.3. LA CELLULE CAMPOLORO – TAVIGNANO	31
4.3.1. Les aléas affectant la cellule sédimentaire Campoloro - Tavignano	33
4.3.2. Les enjeux présents sur le littoral de la cellule Campoloro - Tavignano	35
4.3.3. Préconisations de gestion pour la cellule Campoloro - Tavignano	37
4.4. LA CELLULE TAVIGNANO – SOLENZARA.....	39
4.4.1. Les aléas affectant la cellule sédimentaire Tavignano - Solenzara	41
4.4.2. Les enjeux présents dans la cellule hydro-sédimentaire « Tavignano – Solenzara »	43
4.4.2. Préconisations de gestion pour la cellule Tavignano - Solenzara.....	45
5. Conclusion	46
6. Bibliographie	47

Liste des illustrations

Illustration 1 - Campagnes photographiques disponibles.....	8
Illustration 2 - Processus physiques en action lors d'une tempête : agitation et surélévation du plan d'eau.	8
Illustration 3 - Régimes d'impacts des tempêtes définies par Sallenger, 2000.	9
Illustration 4 - Exemple de rechargement de plage, USA.....	10
Illustration 5 - Exemples de gestion souples des cordons dunaires.	11
Illustration 6 - Schéma de principe d'un drainage de plage. ECOPLAGE ®.....	11
Illustration 7 - Système de by-pass	11
Illustration 8 - Schéma de fonctionnement d'un ouvrage longitudinal.....	12
Illustration 9 - Principe de fonctionnement d'un ouvrage transverse (épi)	12
Illustration 10 - Principe de fonctionnement d'un brise-lames	12
Illustration 11 - Exemple de structures en géotextiles longitudinal en pied de dune (à gauche) ou en épi en T (à droite).....	12
Illustration 12 - Synthèse des avantages et limites des différentes solutions de protection contre la mer. * coûts moyens issus de la littérature.....	13
Illustration 13 – Cellules sédimentaires de la Plaine orientale (Balouin et al. 2011).	14
Illustration 14 - Le Grau de l'étang de Biguglia (photo E. Vioche © BRGM 2006)	15
Illustration 15 - Profil transverse du Lido au niveau de la résidence La Marana illustrant la faible altimétrie du cordon (inférieure à 2 m NGF).....	17
Illustration 16 - Embouchure du Grau de l'Etang de Biguglia et vue du Lido de la Marana vers le Sud- Est.....	19
Illustration 17 - Marques d'érosion sur le cordon dunaire du Lido de La Marana, Octobre 2012.	19
Illustration 18 - Aménagement doux en ganivelles sur le terrain du Conservatoire du Littoral.....	19
Illustration 19 - Le littoral de la Costa Verde au niveau d'Alba-Serena (photo E. Vioche © BRGM 2006)	23
Illustration 20 - Littoral naturel au niveau de Mucchiatana sur la commune de Venzolasca.	27
Illustration 21 - Ouvrage de protection en enrochement au droit du Village des Isles (Taglio-Isolaccio).27	
Illustration 22 - Enrochement au niveau de Vanga-di-L'Oru sur la commune de Santa-Maria-Poggio... 27	
Illustration 23 - Le littoral au niveau de l'Etang de Diane (Linguizzetta – Tallone – Aleria) (photo E. Vioche © BRGM 2006)	31
Illustration 24 - Construction en bordure de plage à Prunete (photo A. Spanu).....	35
Illustration 25 - Epis en géotextile sur le littoral de Cervione épis.....	35
Illustration 26 - Ouvrage de protection en enrochement à la pointe de Baghera.	35
Illustration 27 - Marina de Bravone (www.francevuesurmer.com).	35
Illustration 28 - Bungalows à Riva Bella (à gauche) et Restaurant de la Marina d'Aléria (à droite).....	35
Illustration 29 - Le littoral au niveau de l'Etang d'Urbino (Ghisonaccia) (photo E. Vioche © BRGM 2006)	39
Illustration 30 - Profil transverse du littoral au niveau de la Marina d'Oru illustrant la faible altitude de l'arrière-dune.	41
Illustration 31 - Construction proche du littoral à la pointe de Vignale (www.francevuesurmer.com).	43
Illustration 32 - Vue aérienne au niveau de la Marina d'Erba Rossa (www.homair.com).	43
Illustration 33 - Littoral au niveau de la base aérienne 126 de Solenzara (www.francevuesurmer.com).	43
Illustration 34 - Linéaire côtier en érosion ou accrétion.	46
Illustration 35 – Linéaire côtier exposé à l'érosion lors des tempêtes.	46
Illustration 36 – Surface batiées ou agricoles exposées à différents niveaux de submersion marine définis par la hauteur d'eau atteinte lors de la tempête.	46

1. Introduction

Le littoral de la Plaine orientale s'étend sur plus de 100 km de Bastia à l'embouchure de la Solenzara. Sur cette plaine côtière de faible altitude se trouve une grande variété de paysages : lagunes, marais, étangs, dunes côtières, éperons rocheux formant un habitat pour une faune et une flore spécifique.

Ce littoral est dynamique. Il évolue constamment sous l'action conjuguée des tempêtes, des courants de houle, des apports sédimentaires par les fleuves. Lors des dernières décennies, près de la moitié de son trait de côte a subi des phénomènes d'érosion côtière (période 1948-2007, BRGM/RP-59058-FR), qui sont liés à la dynamique naturelle du littoral, mais également aux actions anthropiques qui tendent notamment à figer une situation par définition mobile.

Du fait de sa morphologie, plages relativement étroites et massifs dunaires faiblement développés, cette partie du littoral Corse est également soumise au phénomène de submersion marine avec des secteurs plus ou moins vulnérables comme le lido de la Marana ou le secteur de Ghisonaccia.

Bien que la frange littorale de la plaine reste très naturelle et comporte de nombreuses zones d'intérêt environnemental (ZICO, ZNIEFF) ou patrimonial, une partie de la côte a fait l'objet d'un développement d'activités touristiques ou résidentielles qui peuvent aujourd'hui ou dans un futur proche être fortement exposées aux phénomènes que sont l'érosion côtière et la submersion marine.

Dans ce contexte, ce projet vise à proposer un outil d'aide à la décision pour déterminer des stratégies de gestion efficaces et durables (A l'interface entre terre et mer : la gestion du trait de côte, 2010 et Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte : Vers la relocalisation des activités et des biens, 2012), intégrant à la fois la protection de l'environnement et le développement économique. Il repose sur la notion de cellule sédimentaire, échelle de gestion la plus appropriée, pour lesquelles un diagnostic des phénomènes, et des enjeux est réalisé afin de proposer des préconisations pour une stratégie de gestion adaptée et durable.

Ces préconisations sont des suggestions proposées par le BRGM et la DDTM 2B comme étant des outils d'adaptation face à ces aléas côtiers.

Ce projet est financé par la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de Haute-Corse (DDTM-2B) et la dotation de Service Public du BRGM. Il s'appuie également sur les résultats des travaux sur la submersion marine lors des tempêtes réalisés dans le cadre du Réseau d'Observation du Littoral de Corse (ROL) commencé en août 2008 et finalisé en octobre 2011 en partenariat entre l'Office de l'Environnement de la Corse et le BRGM, avec le soutien financier de l'Agence de l'Eau Rhône, Méditerranée et Corse.

Cette étude est réalisée en l'état actuel des connaissances et 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).

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, avec l'arrière-plage et entre le large et la côte. 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.

La première phase de cette étude a permis d'identifier ces limites latérales et ainsi définir quatre grandes cellules le long de la Plaine orientale, les cellules « Lupino-Golo », « Golo-Campoloro », « Campoloro-Tavignano » ainsi que « Tavignano-Solenzara » et de les caractériser (BRGM/RP-59058-FR).

2.2. EVALUATION DES ALEAS COTIERS

2.2.1. Evolution du trait de côte

Le littoral de la Plaine orientale de Corse est un littoral sableux constitué de plages ouvertes et de lidos, interrompu par des embouchures lagunaires ou fluviales. L'évaluation de l'évolution du trait de côte (Stépanian *et al.*, 2010) 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 sur la Plaine orientale Corse sont : 1948 ; 1962 ; 1977 ; 1990 ; 1996 ; 2002 et 2007 (cf. Illustration 1). Pour chacune des séries temporelles fournies, l'information n'est pas complète sur tout le secteur de Bastia à Solenzara. C'est notamment le cas des données photographiques d'avant 1977, sur la zone sud entre le Tavignano et Solenzara.

Année	Nature	Echelle de prise de vue
1948	Noir et Blanc	1/25000 ^e
1962	Noir et Blanc	1/25000 ^e
1977	Noir et Blanc	1/15000 ^e
1990	Noir et Blanc	1/25000 ^e
1996	Couleur	1/4800 ^e
2002	Couleur	1/5000 ^e
2007	Couleur	1/5000 ^e

Illustration 1 - Campagnes photographiques disponibles.

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.

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 ».

L'espacement des transects choisi pour cette analyse à l'échelle la Plaine orientale est de 100 m. Afin de faciliter le positionnement et la représentation de ces transects, un repère kilométrique a été défini le long de la plaine : le point kilométrique « PK0 » est localisé au Sud du centre-ville de Bastia, au droit du lieu-dit « Lupino » et le point kilométrique « PK97 », au port de Solenzara. L'évaluation des évolutions récentes par cette méthode a été confrontée aux observations réalisées sur le terrain dans le cadre du Réseau d'Observation du Littoral de Corse.

2.2.2. La submersion marine

L'évaluation de la submersion marine sur 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*. 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 (cf. Illustration 2).

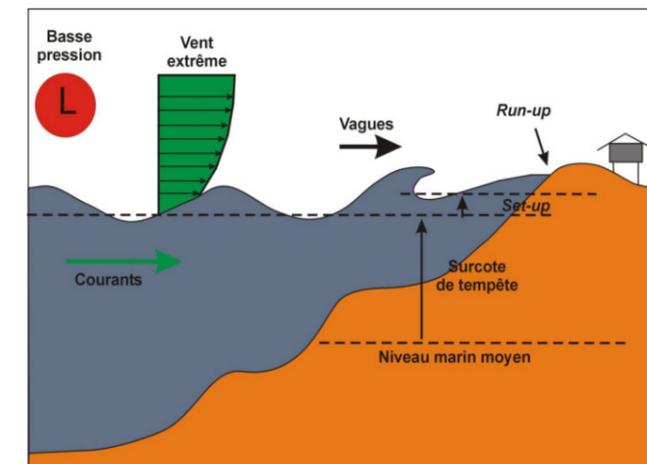


Illustration 2 - Processus physiques en action lors d'une tempête : agitation et surélévation du plan d'eau.

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 mesures *in situ* des conditions de houle sur la façade orientale, la méthodologie mise en œuvre a consisté à reconstituer, à l'aide des champs de vents archivés par la NOAA (Saha *et al.*, 2010), les chroniques de vagues de 1979 à 2009. L'analyse statistique de ces chroniques permet l'identification d'évènements ayant une période de retour des hauteurs de vagues donnée. Un évènement extrême théorique a ainsi pu être défini pour l'analyse de la submersion marine (Balouin *et al.*, 2011). Il est caractérisé par les

conditions de houles centennales suivantes : une hauteur significative de 10.2 m ; une période de pic de 11 s ; une direction au pic de 135° N soit SE.

Cet événement extrême a été simulé à l'aide de modèles numériques pour évaluer à la côte la hauteur des vagues (SWAN, Booj *et al.*, 1999) et les niveaux d'eau (MARS, Lazure et Dumas, 2007). Un modèle empirique est également utilisé pour évaluer les hauteurs d'eau atteintes par le jet de rive (Run-up, Stockdon *et al.*, 2006).

Le croisement des niveaux simulés avec la topographie à haute résolution (Levé LIDAR 2010 qui s'étend de Bastia à Solenzara avec une résolution de 8pts/25m² pour la bathymétrie et de 6.5pts/m² pour la topographie et une précision en Z de l'ordre de 20cm, BRGM/RP-59046-FR) permet d'obtenir une cartographie des zones exposées aux différentes composantes de la submersion marine. 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, collision, overwash, inondation, cf. Illustration 3) et la largeur de plage a été défini (Balouin *et al.*, 2011). 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.

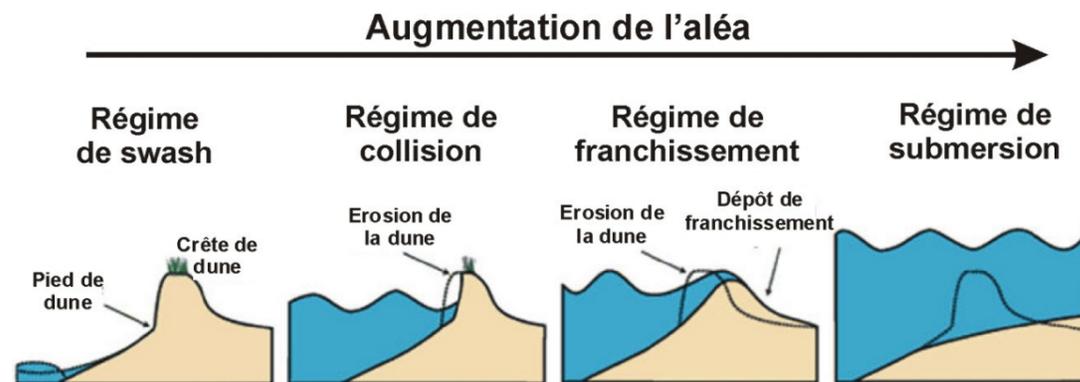


Illustration 3 - Régimes d'impacts des tempêtes définies par Sallenger, 2000.

Une note de 1 à 4 est donnée en fonction du régime atteint lors de la tempête. Afin de prendre en compte la résilience de la plage, un indicateur basé sur la largeur de plage a été défini. Une note de 1 est attribuée pour une largeur de plage supérieure à 40 mètres, de 2 pour une largeur comprise entre 20 et 40 mètres, de 3 pour une largeur comprise entre 10 et 20 mètres et de 4 pour une largeur inférieure à 10 mètres.

La somme de ces 2 notes nous permet de représenter cette sensibilité à l'érosion sous 4 classes :

- sensibilité faible si la note est égale à 2 ;
- sensibilité moyenne si la note est de 3 ou 4 ;
- sensibilité forte si la note est de 5 ou 6 ;
- sensibilité très forte si la note est de 7 ou 8.

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 (Balouin *et al.*, 2011), 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 deux manières différentes :

- sous forme d'enjeux ponctuels permettant de définir leur localisation et leur fonction mais sans indication sur leur emprise ;
- sous forme d'enjeux zonés à l'échelle 1/5000^{ème} permettant cette fois d'avoir l'information sur leur emprise sur le littoral.

2.3.1. Les enjeux anthropiques :

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

Les sources de données géographiques 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 ;
- les orthophotographies @IGN BD-ORTHO@2007 et la banque de données photographiques du ROL¹, les ortho-photographies LIDAR 2010 (OEC/AE RM&C) ;
- GoogleEarth et streetview consultés en mai 2010 et juin 2012.

2.3.2. Les enjeux naturels :

Ces enjeux concernent principalement les zones naturelles de protection réglementaire. On y trouvera :

- le Parc naturel régional Corse ;
- les sites Natura 2000 qui bénéficient d'un cadre réglementaire 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.

Ces enjeux ont fait l'objet d'une cartographie dans la première phase de l'étude (rapport BRGM/RP-59058-FR).

2.4. ECHELLES TEMPORELLES

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

¹ 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 par l'emploi de solutions souples ;
- le maintien du trait de côte (par des techniques dures/douces 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 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 CONTRE LA MER 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 (Version 12), le repli stratégique peut être considéré comme une technique de protection douce, 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, et à l'existence de terrains disponibles pour cette relocalisation. 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 multi-critères 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. (cf. Illustration 4). 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 4 - 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 modulation 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 (cf. Illustration 5)... 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.

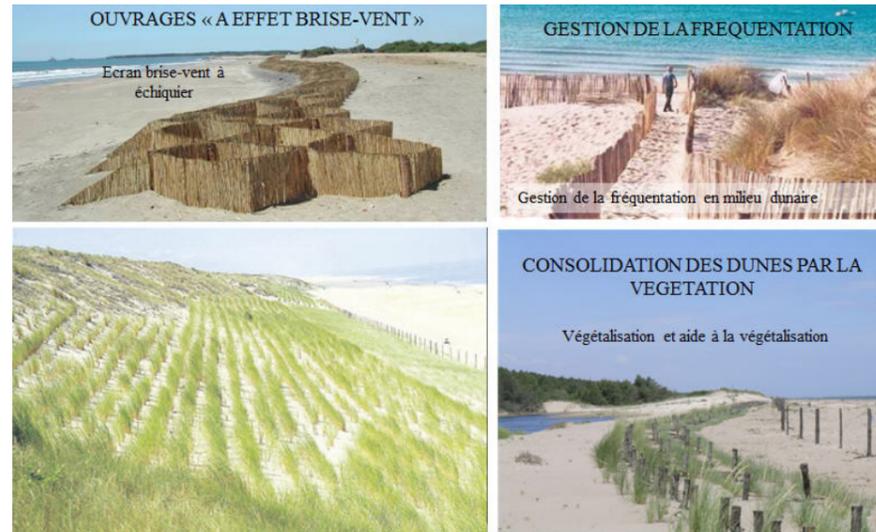


Illustration 5 - Exemples de gestion souple des cordons dunaires.

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, perdant de son énergie et favorisant ainsi le dépôt du sédiment charrié (cf. Illustration 6 - Illustration 7). 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.

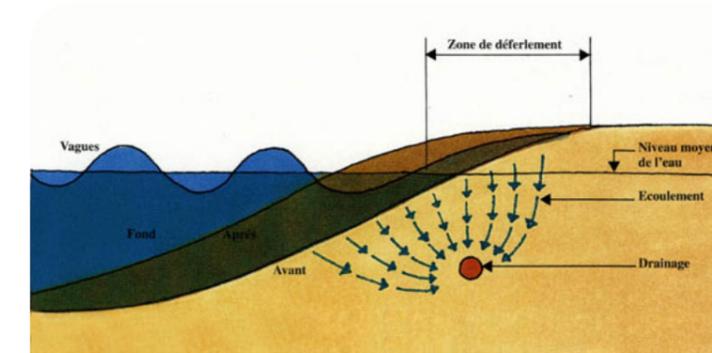


Illustration 6 - Schéma de principe d'un drainage de plage. ECOPLAGE ®

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, cf. Illustration 7). 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.

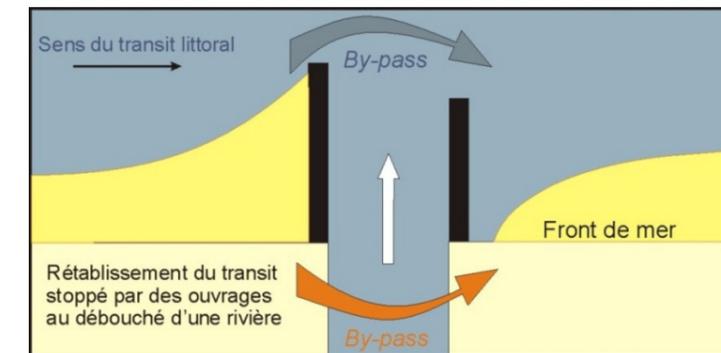


Illustration 7 - Système de by-pass

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 ou en enrochement, sont disposés le long du trait de côte, le plus souvent en pied de dune ou de falaise, pour contrer l'érosion côtière (cf. Illustration 8). Ils agissent comme une barrière de protection face à l'action des vagues et sont souvent utilisés en dispositif de protection d'urgence 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.

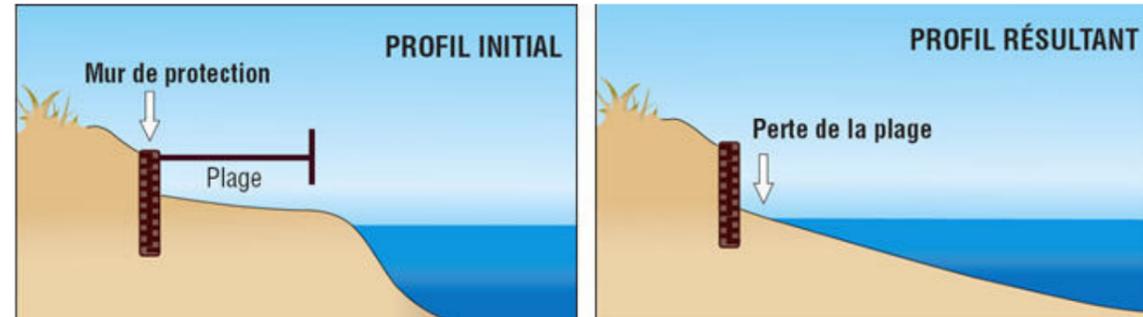


Illustration 8 - Schéma de fonctionnement d'un ouvrage longitudinal.

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 (cf. Illustration 9). 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).

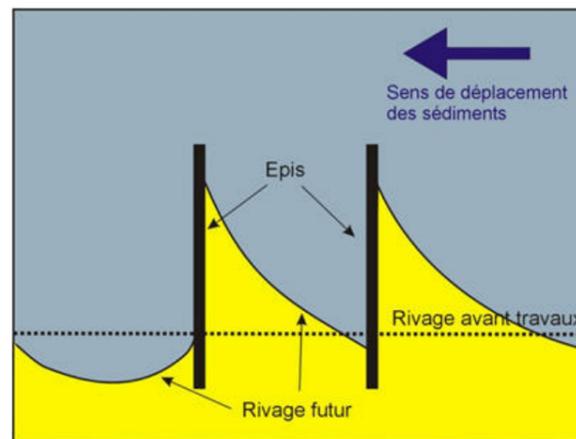


Illustration 9 - Principe de fonctionnement d'un ouvrage transverse (épi)

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 (cf. Illustration 10). 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.

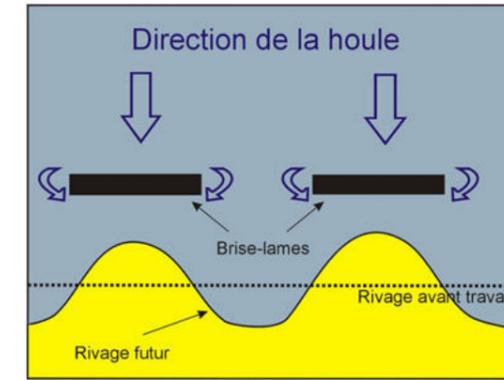


Illustration 10 - Principe de fonctionnement d'un brise-lames

Les structures en géotextiles

Ces structures, dites géotubes, sont constituées de tubes en polyester remplis de sable par injection hydraulique (cf. Illustration 11). 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 11 - 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 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 une technique de lutte contre l'érosion.

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^{er} temps de protéger les enjeux coûte que coûte puis 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. Le tableau suivant (Illustration 12) résume les avantages / inconvénients des différentes techniques présentées précédemment. Les coûts annoncés sont extraits de quelques sources bibliographiques citées mais une réactualisation de ces coûts peut être faite pour avoir une meilleure précision.

Solution technique	Avantages	Limites	Coûts moyens*
1 - recul stratégique	Protection des enjeux, restauration d'un espace de liberté pour la dynamique littorale, solution pérenne et durable Vies humaines protégées en cas de submersion marine Absence de coûts d'entretien	Coûts peuvent être importants, consommation d'espace pour la relocalisation Mesure difficilement acceptable au niveau sociétal Nécessité de trouver des terrains d'accueil	x M € /ha
2 - laisser faire	Respect du fonctionnement naturel Absence de coûts Phases d'observations et de suivis permettent de rester vigilants.	Application limitée aux espaces naturels à très faibles enjeux ou aux zones stables	
3 – méthodes souples			
Alimentation artificielle des plages en sédiment	Compense le déséquilibre du littoral, impact paysager nul, espace récréatif suffisant, limite les submersions, non néfaste pour les plages avoisinantes	Rechargements réguliers, nombreuses études préalables, entretiens réguliers (parfois coûteux), le prélèvement des matériaux doit être proche Impact flore/faune possible	Coût d'installation : ~ 45 € HT/m ³ avec un coût d'entretien variable en fonction du volume et de la fréquence des rechargements (DDE13, Paskoff et al., 2004)
Gestion des cordons dunaires			
Couvertures de débris végétaux	Accumulation des sédiments, limite l'érosion éolienne, limite les dommages liés au piétinement, développement des communautés végétales, solution durable	Extension des couvertures limitée, surveillance périodique	Pour la création d'un cordon dunaire (apport sableux, reprofilage de plage et pose de ganivelles) entre 320 et 400 €HT/ml (EID Med)
Brise-vents	Favorisent le dépôt sédimentaire, mise en place simple, peut être combiné à d'autres méthodes, biodégradable, solution durable permettant de gérer la sur-fréquentation des sites	A éviter dans les zones à forte pente, surveillance périodique	Pour la restauration dunaire et la végétalisation il faut compter 75€ HT/ml par opération (EID Med)
Plantations	Limite l'érosion éolienne, coût amorti, solution durable	Dunes régulièrement entretenues, fréquentation non excessive	Pour le remplacement de ganivelles détruites, le coût est d'environ 20€ HT/ml (EID Med)

Drainage de plage	Abaisse le toit de la nappe donc réduit l'érosion, impact paysager nul (hors période de travaux)	Limité à certains types de plages, entretien régulier du système, coût	1300€/m.l (BCEOM, 2004)
By-passing	Rétablit le transit sédimentaire, systèmes fixes ou mobiles	Le site doit être facile d'accès et proche de la zone à traiter, entretien régulier, perturbation de la biodiversité littorale, nuisances si by-pass mécanique (infrastructures routières...)	coûts variables en fonction du type de système (mécanique, hydraulique)
Gestion des embouchures, graus	Rétablit le transit bloqué aux embouchures par des ouvrages (ensablement de grau), ou par la barrière hydraulique du fleuve (delta d'embouchures) ; Permet la non-fixation d'une embouchure ou d'un grau naturellement mobile	Entretiens réguliers à réaliser	
4 – méthodes dures			
Enrochements (épis, brise-lames)	Fixation du trait de côte, protection immédiate des enjeux proches	Effet très local et incidences néfastes et déplacements du phénomène érosif vers les littoraux adjacents, coûts d'entretien peuvent être importants ; Fréquence des entretiens importante	~ 2500 €HT/ml pour les épis (DDE13, 2006) ~ 4000 €HT/ml pour un brise-lames émergé ~ 6200 €HT/ml pour un brise-lames semi-immersé (BCEOM ou actuellement Egis, 2004) L'entretien coûte chaque année 3 à 5% du prix de l'installation
Géotextiles	Fixation du trait de côte, protection immédiate des enjeux proches, impact visuel faible si recouvrement	Effets sur les secteurs adjacents, fragilité des textiles, entretien régulier, soumis au vandalisme	~ 2000 €/ m.l (BCEOM, 2004)

Illustration 12 - Synthèse des avantages et limites des différentes solutions de protection contre la mer. * coûts moyens issus de la littérature.

4. Diagnostic et préconisation de gestion par cellule sédimentaire

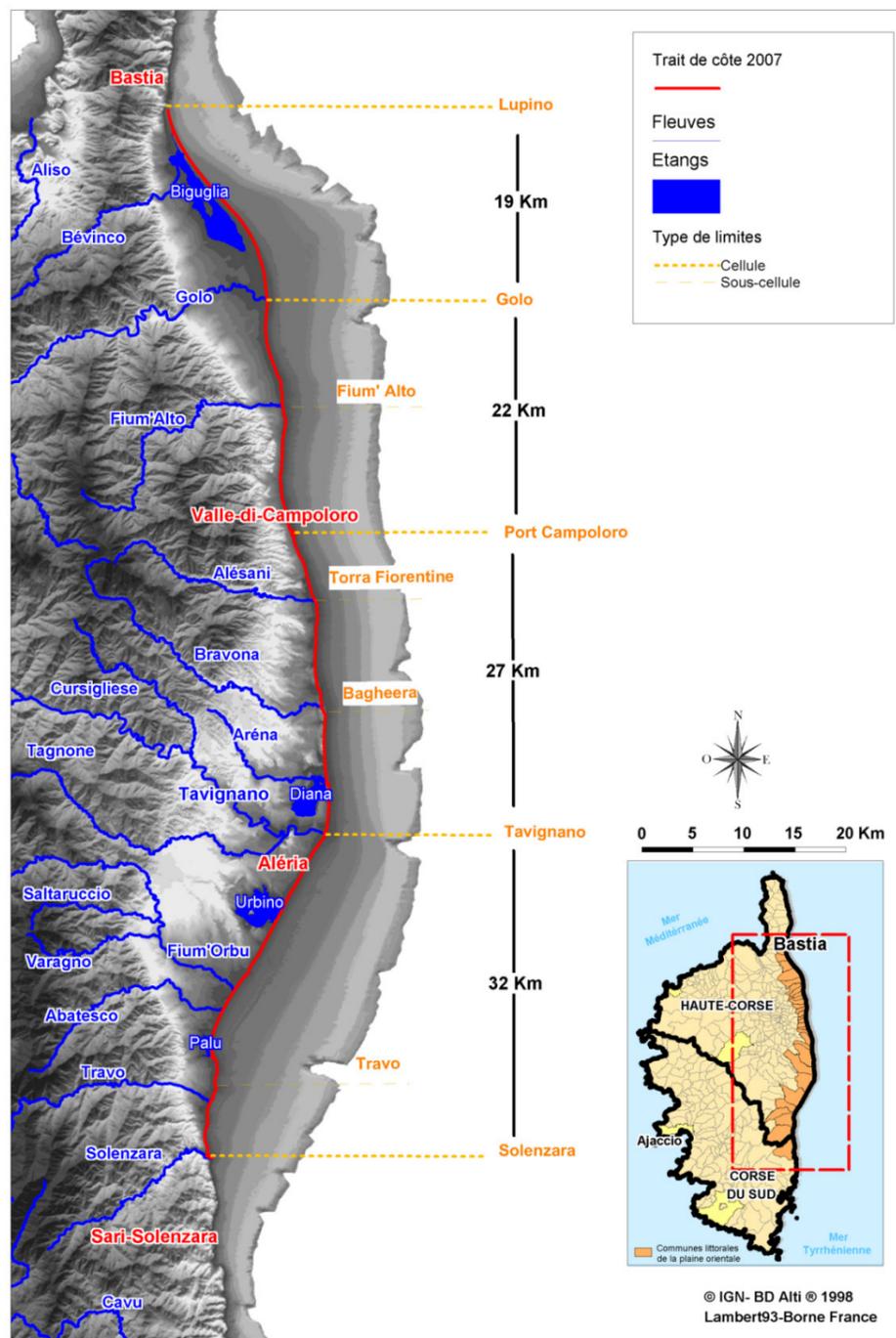
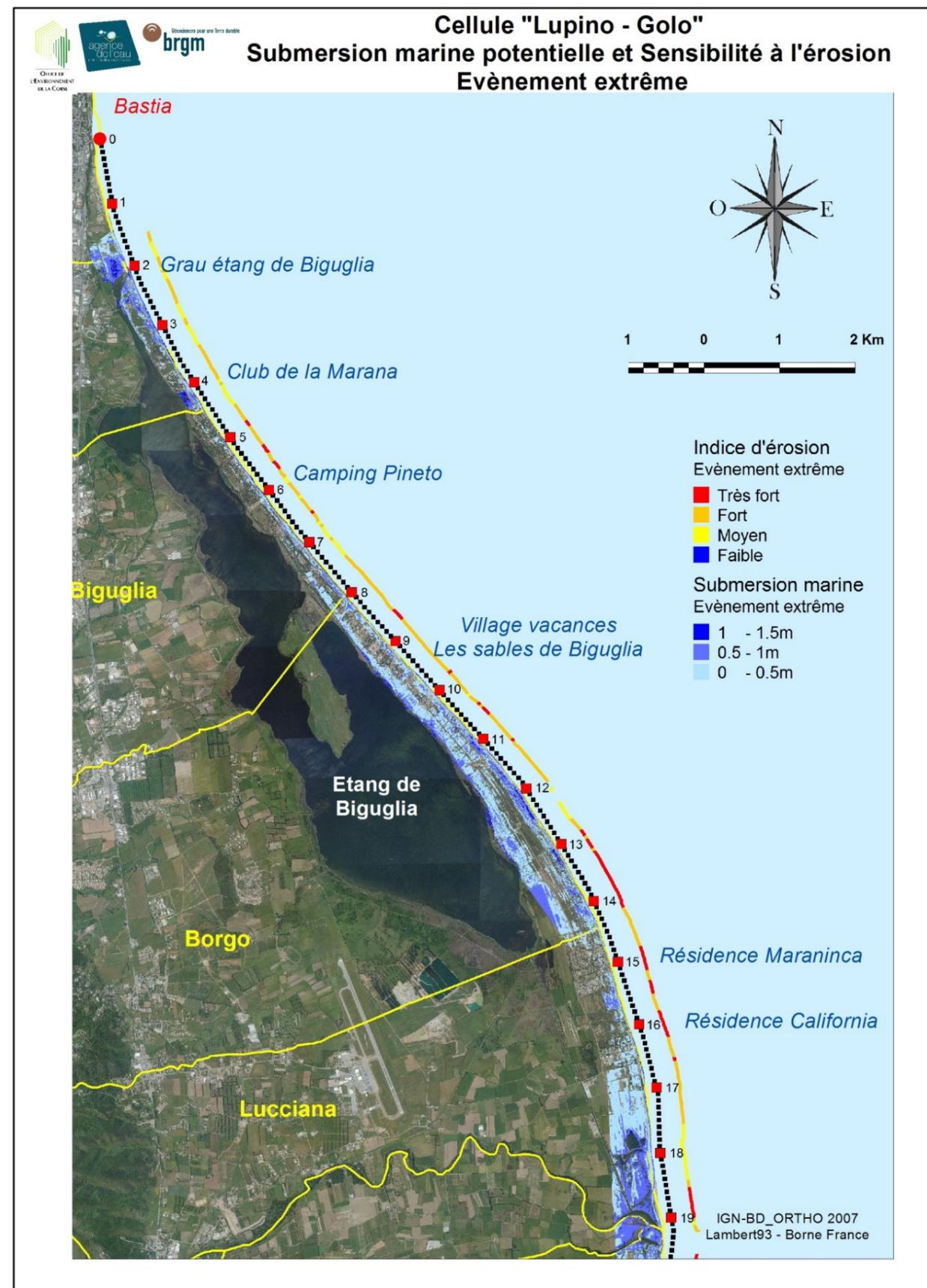
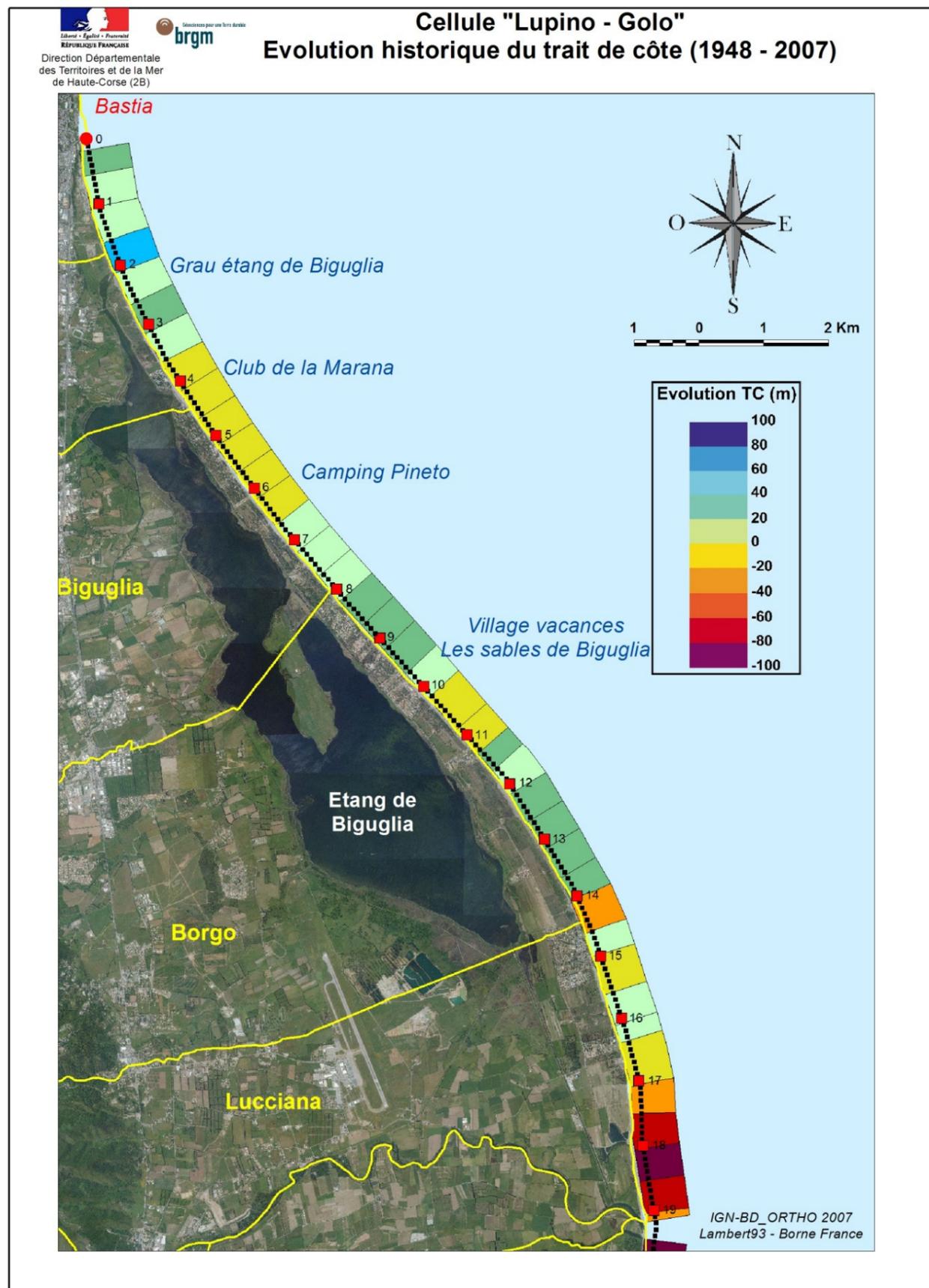


Illustration 13 – Cellules sédimentaires de la Plaine orientale (Balouin et al. 2011).

4.1. LA CELLULE LUPINO – GOLO



Illustration 14 - Le Grau de l'étang de Biguglia (photo E. Vioche © BRGM 2006)



4.1.1. Les aléas affectants la cellule sédimentaire Lupino – Golo

La cellule hydrosédimentaire Lupino - Golo

La morphologie des plages du Lido de la Marana est assez homogène sur l'ensemble de la cellule. Les plages sont relativement larges, entre 30 et 60 m au maximum et présentent des pentes comprises entre 3 et 5°. Les massifs dunaires ne dépassent pas environ 2 m d'altitude. Le lido est entièrement sableux.

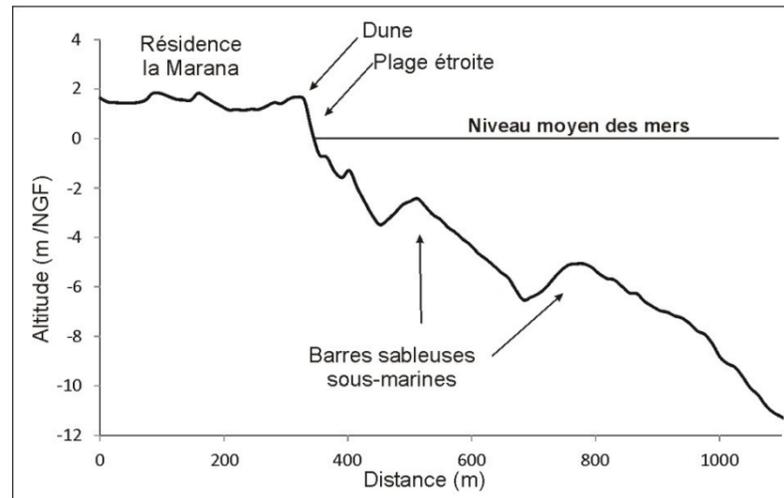


Illustration 15 - Profil transverse du Lido au niveau de la résidence La Marana illustrant la faible altimétrie du cordon (inférieure à 2 m NGF).

Cette cellule est délimitée par deux frontières naturelles et présente un linéaire côtier d'environ 19 km. La limite nord est marquée par une modification de la morphologie côtière. Au niveau du lieu-dit « Lupino », la côte passe d'une portion sableuse à une côte purement rocheuse sur laquelle est construite la ville de Bastia. La limite sud de cette cellule correspond à l'embouchure du fleuve Golo. Le delta sous-marin formé par l'accumulation des dépôts fluviaux modifie la propagation des houles et ainsi le sens de la dérive littorale. Les volumes charriés par le fleuve sont relativement importants puisqu'ils ont permis l'édification du lido de la Marana. Cette limite de cellule est également marquée par un changement important de l'orientation de la côte. Au Nord du Golo, la côte est orientée N30 alors qu'au Sud de l'embouchure, le rivage suit un axe pratiquement Nord-Sud.

Le Nord du delta du Golo est bordé par une longue plage de quarante kilomètres d'orientation générale Nord-Sud. Cette plage a une largeur moyenne variant généralement entre 30 et 60 m. Son alimentation sédimentaire est assurée principalement par le Golo qui est la plus longue rivière de l'île avec un linéaire de 84 km pour un bassin versant de presque 1000 km². De nombreux petits cours d'eau secondaires participent aussi à son alimentation.

Evolution historique du trait de côte au sein des cellules sédimentaires (période 1948 – 2007)

De façon générale, le bilan sédimentaire de cette première cellule se caractérise à cette échelle de temps par une érosion dominante au Sud et une zone plutôt stable voire en accrétion le long du Lido de la Marana.

Au sein de ce grand système hydrosédimentaire, la partie nord de cette cellule est en accrétion sur les trois premiers kilomètres, au niveau de la zone correspondant à la plage de Bastia. Le secteur compris entre le club de la Marana et le camping du Pineto connaît une érosion chronique allant par endroit jusqu'à une vingtaine de mètres pour la période 1948-2007.

Entre le PK6 correspond à l'extrémité sud du camping du Pineto et le PK15 au niveau de la résidence « La Maraninca », la tendance historique est à une accrétion faible avec des évolutions comprises entre 0 et 20 m pour la période 1948-2007. La zone sud de la cellule est en érosion depuis le lotissement California (PK16) jusqu'à la pointe de la flèche sableuse sur la rive nord de l'embouchure du Golo (PK19) qui a connu un fort recul depuis 1948, malgré une accumulation importante entre 2002 et 2007.

Les phénomènes de submersion lors des tempêtes marines

La cellule sédimentaire Lupino – Golo est un système particulièrement exposé aux tempêtes de Nord-Est. L'altimétrie générale du Lido de la Marana étant faible, la quasi-totalité du secteur est concerné par des phénomènes de submersion marine. Ainsi, la simulation de l'événement extrême a permis de calculer des niveaux d'eau maximum pouvant être supérieur à 2.50 m NGF.

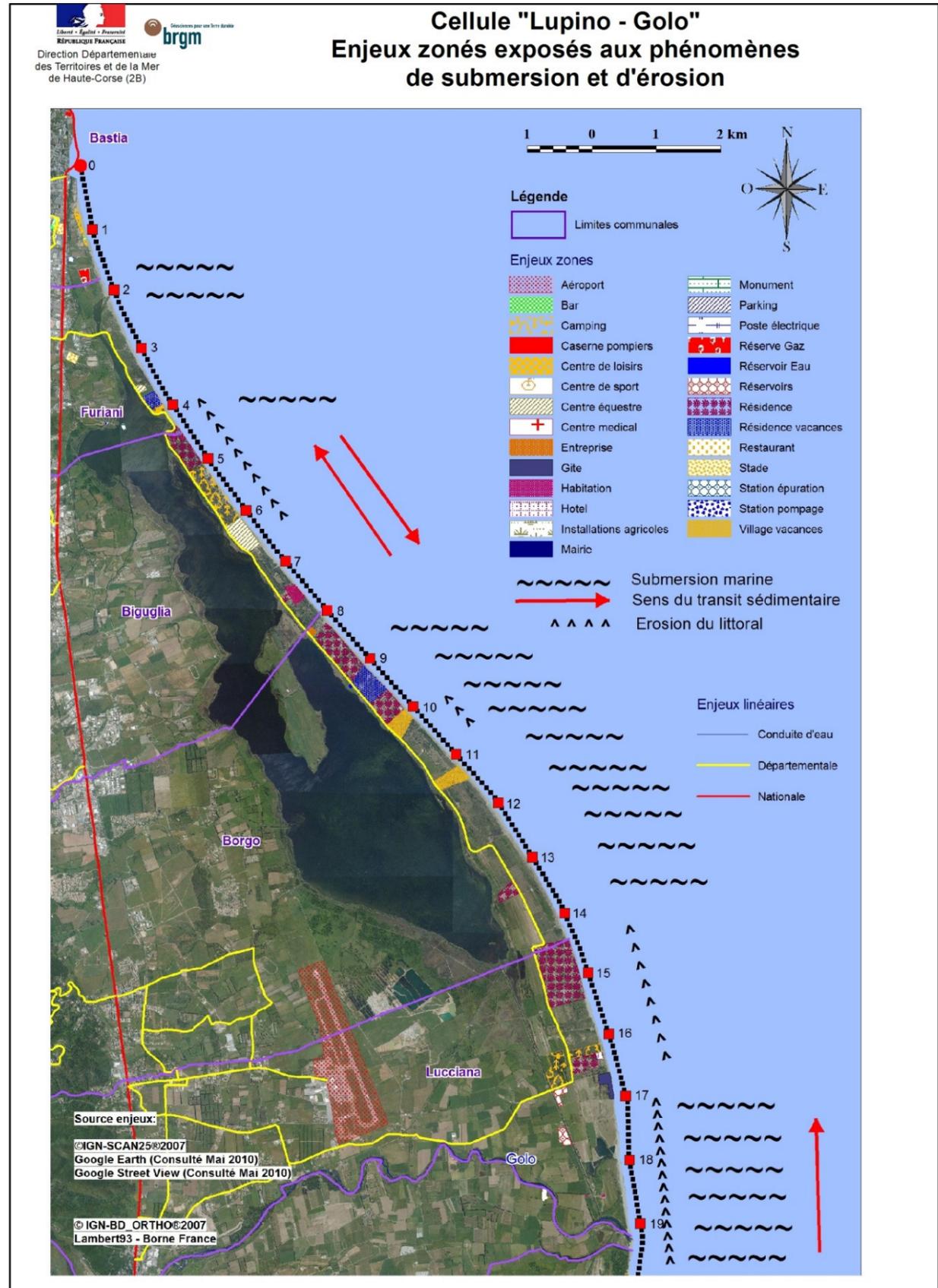
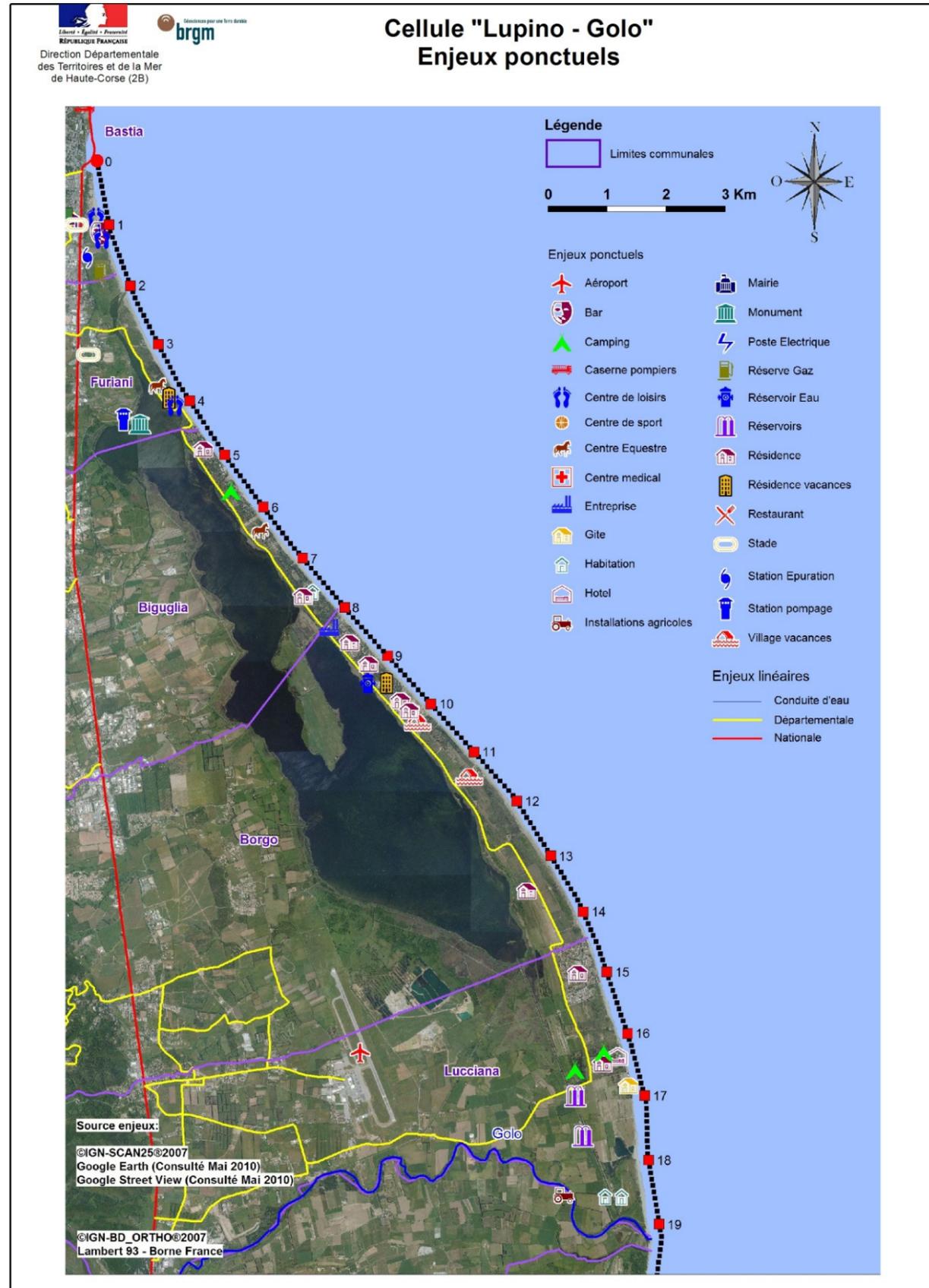
Lors d'un événement extrême (avec des hauteurs de vagues et des niveaux d'eau d'occurrence centennale), la plage est submergée de manière temporaire sur l'intégralité de la cellule. L'arrière-plage est également submergée, par le jet de rive dans certains secteurs, mais aussi de manière permanente, avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre entre 0.5 et 1 m.

La zone du Grau de l'étang de Biguglia, au nord est particulièrement concernée par la submersion en raison d'une très faible altimétrie, et toute la zone s'étendant du Grau au centre équestre est submergée par une tranche d'eau inférieure à 1 m.

Du centre équestre à l'île de San Damiano, les niveaux de submersion sont plus modérés, et l'inondation se limite à la frange côtière. Au sud de ce secteur, et jusqu'au nord de la résidence La Maraninca (PK15), les niveaux de submersion sont importants et la faible altimétrie entraîne l'inondation de très larges surfaces. Les villages vacances de Pineto, des sables de Biguglia sont particulièrement exposés.

La zone de la résidence de la Maraninca, légèrement plus élevée est moins affectée par la submersion des tempêtes, mais plus au sud, du Lotissement California jusqu'à l'embouchure du Golo, les niveaux d'eau potentiellement atteints sont importants et concernent une bande côtière atteignant localement plusieurs centaines de mètres.

Par ailleurs, les plages de cette cellule hydro-sédimentaires présentent une sensibilité assez marquée à l'érosion pendant les tempêtes, ce qui résulte à la fois de niveaux d'eaux importants et de plages plus ou moins étroites qui atténuent peu l'énergie des vagues. La sensibilité à l'érosion est moyenne à forte sur l'ensemble de la cellule, mais peut être localement très forte. C'est le cas dans le secteur de la résidence de la Maraninca et à l'extrême sud de la commune de Borgo. Dans ce secteur, la combinaison de hauts niveaux d'eau et d'une plage assez étroite entraîne une forte exposition du littoral à un déferlement des vagues de tempêtes directement sur le haut de plage et le front de mer.



particulièrement exposée à la submersion marine lors des tempêtes. Côté étang, le niveau de la lagune est également susceptible de monter lors de ces événements, pouvant affecter le SIVOM et le réservoir d'eau ;

4.1.2. Les enjeux présents sur le littoral de la cellule Lupino – Golo

Ce littoral correspond à une zone importante d'un point de vue économique puisqu'il est situé à proximité immédiate de Bastia, la seconde ville de l'île avec environ 38 000 habitants. Les enjeux présents sur le littoral de la cellule Lupino – Golo sont essentiellement des résidences d'habitation et des résidences de vacances.

Du nord vers le sud, on distingue :

- de Lupino au grau de l'étang de Biguglia, les enjeux actuels sont les infrastructures d'approvisionnement GDF (sea-line). Ce secteur est également le lieu d'implantation du projet de port de la Carbonite ;
- du Grau de l'étang de Biguglia (cf. Illustration 16) à la limite sud de la commune de Furiani, les enjeux sont relativement limités. Au nord, à l'extrémité de la flèche sableuse se trouve le terrain du Conservatoire du Littoral, qui se prolonge par une zone naturelle jusqu'au centre équestre de Furiani. Au sud du centre équestre, au niveau du club La Marana, de la résidence de vacances et de l'école de voile, le Secteur est relativement peu exposé à l'érosion marine et la partie nord connaît même une avancée du trait de côte depuis 1948. L'extrémité de la flèche sableuse présente toutefois une très faible altitude et est particulièrement exposée à la submersion lors des tempêtes ;



Illustration 16 - Embouchure du Grau de l'Etang de Biguglia et vue du Lido de la Marana vers le Sud-Est.

- de la limite Nord de la commune de Biguglia au centre équestre de Biguglia (Le Haras des sables), l'occupation du littoral est assez importante avec la présence de zones résidentielles, du camping San Damiano et d'hôtels. Ce secteur connaît depuis 1948 un recul modéré mais continu du trait de côte. Les phénomènes de submersion sont relativement limités, mais l'érosion par déferlement lors des tempêtes peut être importante comme l'attestent fréquemment les entailles d'érosion marines sur le cordon dunaire (cf. Illustration 17) ;
- du centre équestre à la limite sud de Biguglia, l'occupation du sol reste limitée. Seule une zone résidentielle est présente au droit de Marana Beach. Ce secteur connaît une avancée modérée du trait de côte depuis 1948, et reste peu soumis au phénomène de submersion ;
- de la limite nord de la commune de Borgo au village vacances Les Sables de Biguglia, tout le linéaire côtier est occupé par des résidences et des villages de vacances. Le trait de côte sur ce secteur est relativement stable, connaissant même une avancée modérée depuis 1948. Toutefois, la faible altitude du Lido par rapport au niveau de la mer en fait une zone



Illustration 17 - Marques d'érosion sur le cordon dunaire du Lido de La Marana, Octobre 2012.

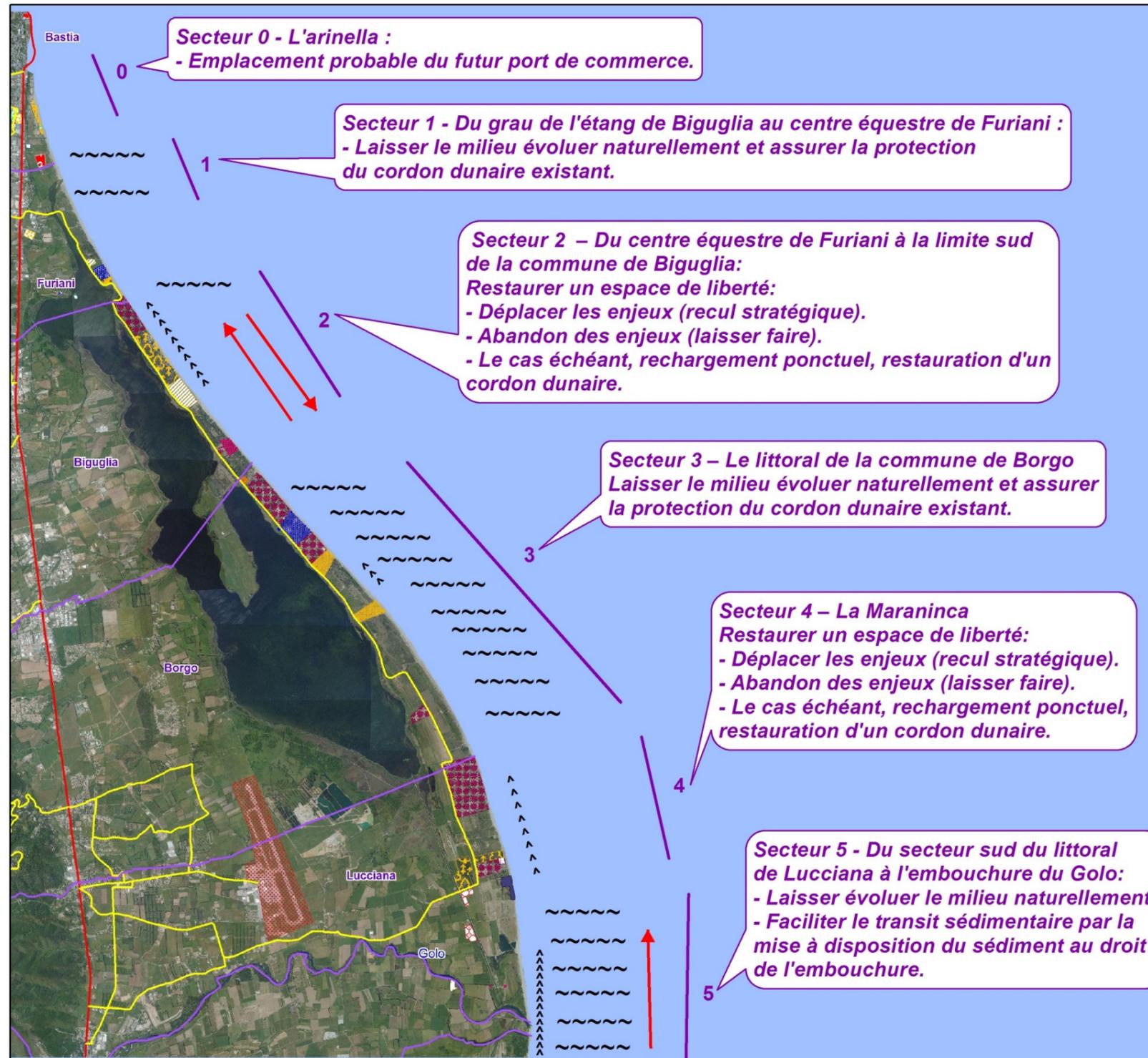
- du sud des Sables de Biguglia jusqu'à la limite sud de la commune de Borgo, les enjeux sont limités. Seule la résidence Mareva est présente sur le littoral. Au sud de cette résidence, la quasi-totalité du linéaire côtier de la commune appartient au Conservatoire du Littoral et a fait l'objet sur certains secteurs d'aménagements doux sur le cordon dunaire (ganivelles, cf. illustration 18). Ce secteur est très exposé à la submersion marine et à l'érosion lors des tempêtes ;



Illustration 18 - Aménagement doux en ganivelles sur le terrain du Conservatoire du Littoral.

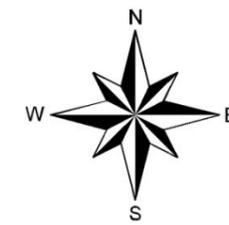
- de la limite nord de Lucciana au sud de la résidence California, plusieurs résidences et hôtels occupent la frange littorale. Ce secteur connaît un recul depuis 1948 et la plage est relativement étroite au droit de ces établissements ;
- du sud du California à l'embouchure du Golo, le littoral est naturel. Ici, la barrière hydraulique que constitue l'embouchure bloque le sédiment en provenance du sud et génère un déficit sédimentaire chronique. L'érosion est donc forte, même si ponctuellement, l'arrivée d'un banc de sable en provenance du delta, peut entraîner une avancée du trait de côte comme cela a été observé entre 2002 et 2007. L'altitude du cordon dans ce secteur est extrêmement faible (souvent inférieure à 1 m NGF), et il reste soumis à la submersion lors des tempêtes les plus importantes.

Préconisations de gestion pour la cellule "Lupino - Golo"



Les Stratégies de gestion préconisées Cellule Lupino - Golo:

- Faciliter le transit littoral en évitant la pose d'ouvrage visant à piéger les sédiments.
- Gérer les cordons dunaires dans les secteurs les plus exposés à la submersion marine.
- Dans les secteurs à enjeux fortement exposés, favoriser la relocalisation des biens et services à plus ou moins long terme.



- ~~~~~ Submersion marine
- ^ ^ ^ ^ ^ Erosion côtière
- Sens du transit sédimentaire

IGN-BD_ORTHO 2007
Lambert93 - Borne France

Source enjeux:
Google Earth (Consulté Mai 2010)
Google Street View (Consulté Mai 2010)

4.1.3. Préconisations de gestion pour la cellule Lupino - Golo

Le littoral de la cellule Lupino-Golo connaît localement un recul du trait de côte, modéré à fort, qui résulte du déficit sédimentaire lié au blocage du transit littoral au niveau de l'embouchure du Golo. C'est la dérive littorale en provenance du sud qui a permis la construction de cet édifice sableux et ce transport sableux en conditionne la pérennité. Par ailleurs, le Lido présente des altitudes très faibles, souvent inférieures à 2 m NGF sachant que le niveau moyen de la mer est proche du 0 m NGF, qui en l'absence de cordon dunaire très développé rend la quasi-totalité de la cellule sensible au phénomène de submersion marine lors de tempêtes.

Objectifs recherchés : Les préconisations générales dans cette cellule sont de faciliter le transit littoral en évitant tout ouvrage visant à piéger le sédiment, d'éviter l'implantation de nouveaux enjeux sur la frange littorale et de mettre en œuvre des techniques douces de luttés contre les effets de la submersion marine.

Les solutions inadaptées :

- **les épis** conçus pour bloquer le transit littoral sont inadaptés en raison de leur effet local et de l'impact attendu sur les zones en aval de la dérive littorale (au nord) ;
- **les talus** en enrochements ou géotextiles, conçus pour protéger l'arrière-plage car ils déstabilisent fortement le littoral et génèrent, par réflexion de la houle, la disparition progressive de la plage ;
- **les techniques de drainage** de plage qui peuvent constituer une réponse locale mais ne représentent pas une solution à l'échelle du littoral de la cellule.

Les solutions envisageables : Plusieurs techniques permettent d'atténuer les phénomènes d'érosion et de submersion. En fonction des problématiques locales, on distingue, du nord au sud, 5 grands secteurs de gestion :

0 – de Lupino au grau de l'étang de Biguglia :

Ce secteur est relativement stable malgré des érosions marquées observées entre 2002 et 2007. C'est le secteur d'implantation du futur port de la Carbonite.

1 – du grau de l'étang de Biguglia au centre équestre de Furiani :

Ce secteur est principalement touché par le phénomène de submersion marine en raison de sa faible altitude, et ne présente pas d'enjeux forts. La préconisation de gestion proposée est donc de laisser ce milieu évoluer naturellement, tout en assurant la protection du cordon dunaire existant afin de limiter la pénétration des eaux marines. La gestion de la fréquentation et des parkings, telle qu'elle est mise en œuvre sur les terrains du Conservatoire du Littoral constitue une réponse particulièrement adaptée pour protéger les cordons et limiter les zones d'accès qui permettent la pénétration des eaux marines lors des tempêtes.

2 – du centre équestre de Furiani à la limite sud de la commune de Biguglia :

Ce secteur, en partie urbanisé, a subi une érosion chronique modérée lors des dernières décennies. Il est peu exposé à la submersion marine mais les vagues de tempêtes érodent le cordon dunaire. La préconisation de gestion est de restaurer un espace de liberté pour ce littoral pour limiter les risques liés à l'érosion. Plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre :

- certains enjeux étant d'ors et déjà situés sur le trait de côte, la restauration d'un espace de liberté ne peut se faire que par :
 - o un déplacement des enjeux (recul stratégique) ;
 - o un abandon des enjeux (laisser-faire) ;
 - o la restauration de la plage par des techniques non fixantes : rechargement ponctuel, restauration d'un cordon dunaire. Etant donné le transit littoral existant, la solution de rechargement devra faire l'objet d'apports réguliers pour compenser le déplacement du sable vers le nord. Cette solution peut également entraîner à moyen-terme un ensablement plus rapide du grau de Biguglia ;

- dans les secteurs naturels, le laisser-faire est préconisé.

3 – le littoral de la commune de Borgo :

Cette portion du littoral est principalement touchée par la submersion marine et l'érosion ponctuelle du front dunaire lors des tempêtes. L'érosion à moyen-terme est limitée et la position du trait de côte est assez stable. Les préconisations de gestion sont par conséquent de laisser évoluer ce milieu naturellement, tout en assurant la protection du cordon dunaire existant, voire sa restauration dans les secteurs les plus fragiles. Une partie de ce linéaire a déjà fait l'objet d'aménagement par le Conservatoire du Littoral en canalisant les accès grâce à la création d'un parking et la mise en place de ganivelles, ce qui va tout à fait dans ce sens.

4 – le nord de la commune de Lucciana jusqu'à la résidence California :

Ce secteur, en partie urbanisé, a subi une érosion chronique modérée lors des dernières décennies. Il est peu exposé à la submersion marine mais les vagues de tempêtes érodent le cordon dunaire. La préconisation de gestion est donc de restaurer un espace de liberté pour ce littoral pour limiter les risques liés à l'érosion. Plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre :

- l'interruption du transit littoral avec des ouvrages transverses en enrochement ou géotextiles est à proscrire car cela entraînerait un déficit des apports vers le littoral de Borgo ;
- certains enjeux étant d'ors et déjà situés sur le trait de côte, la restauration d'un espace de liberté ne peut se faire que par :
 - o un déplacement des enjeux (recul stratégique) ;
 - o un abandon des enjeux (laisser-faire) ;
 - o la restauration de la plage par des techniques non fixantes : rechargement ponctuel avec ou sans restauration du cordon dunaire. Etant donné le transit littoral existant, la solution de rechargement devra faire l'objet d'apports réguliers pour compenser le déplacement du sable vers le nord ;
- dans les secteurs naturels entre la Maraninca et le California, le laisser-faire est préconisé mais la protection de la dune est à envisager pour éviter sa dégradation progressive par les engins motorisés.

5 – le secteur sud du littoral de Lucciana jusqu'à l'embouchure du Golo :

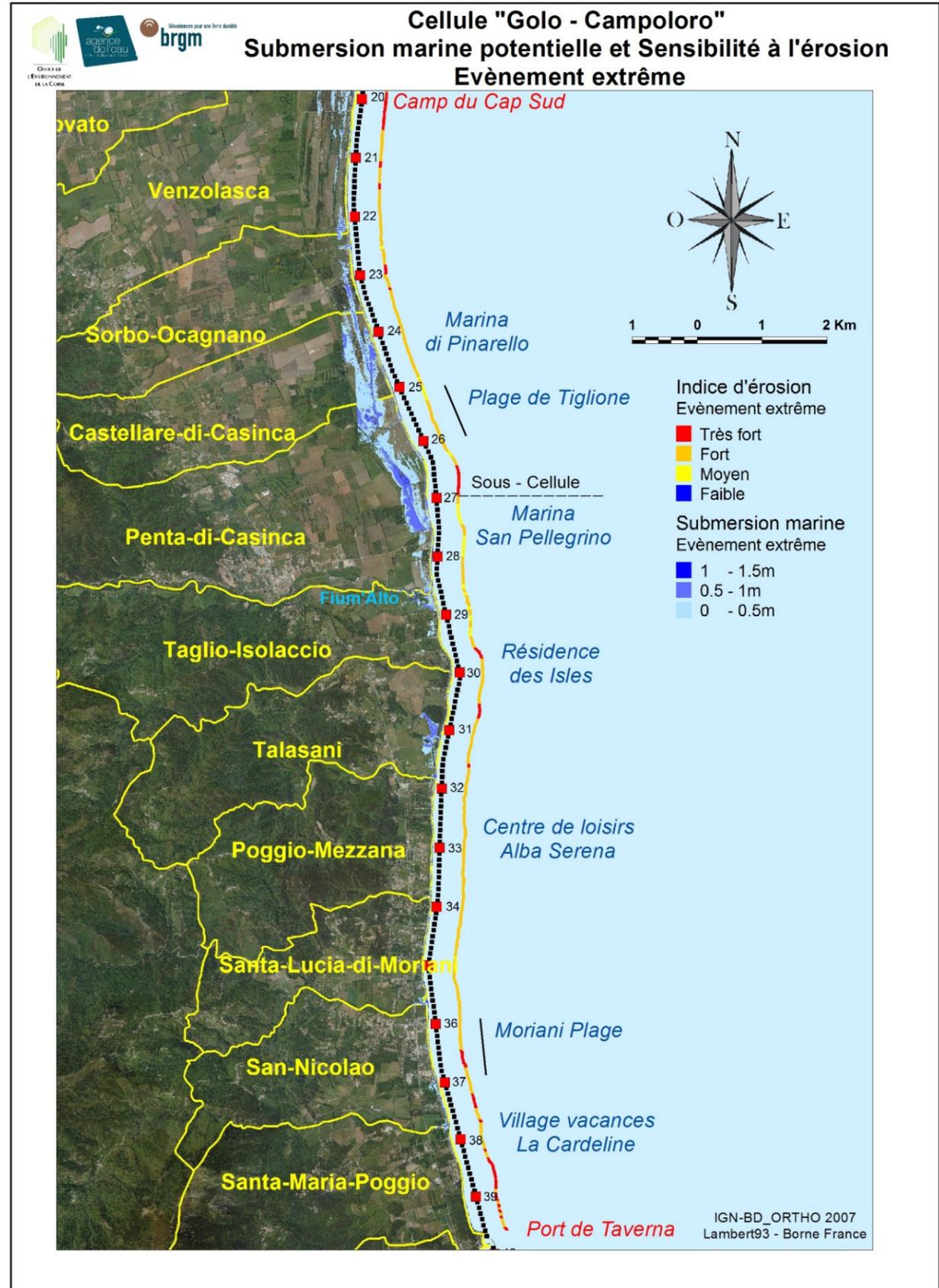
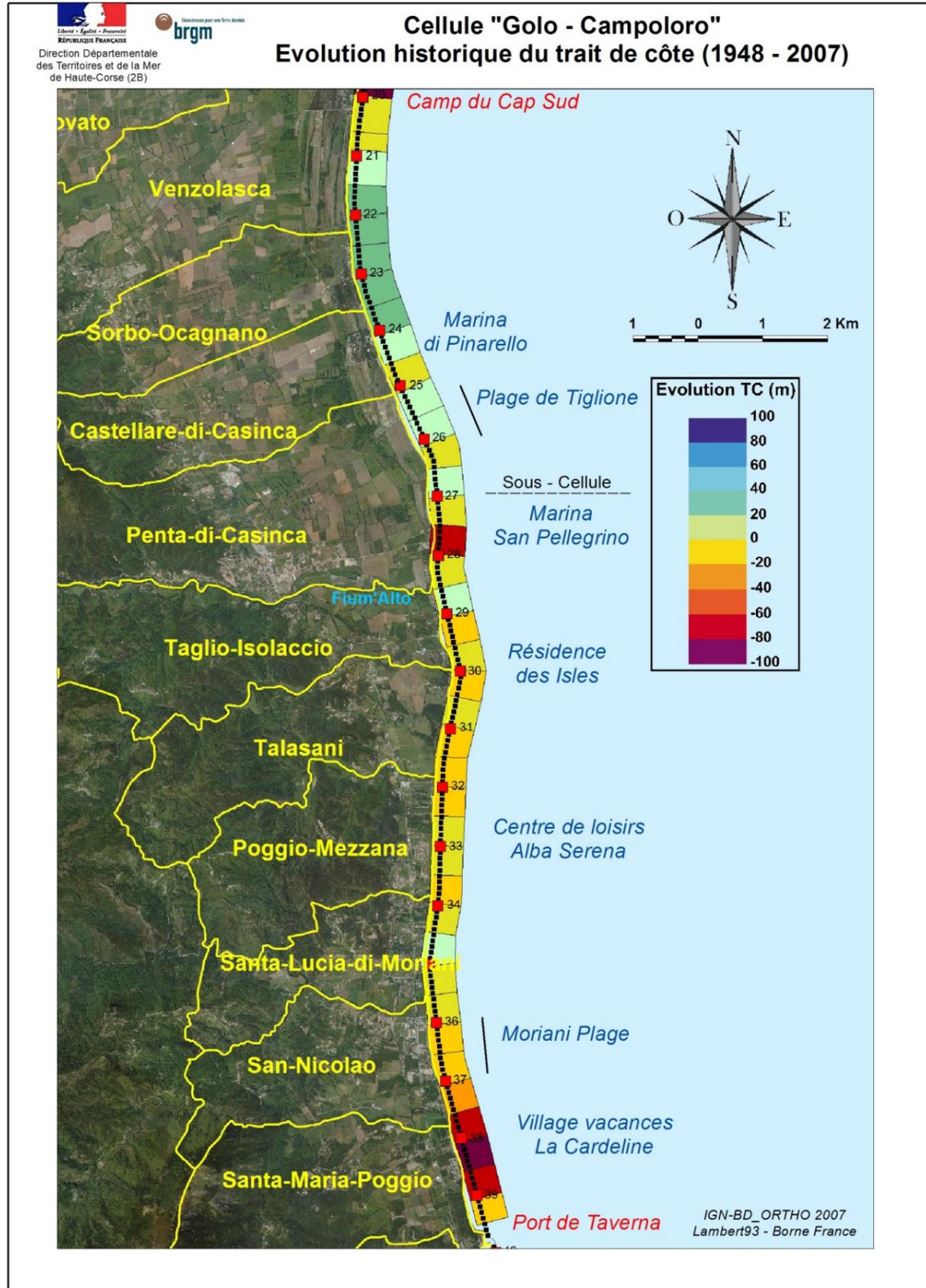
Ce secteur connaît un fort recul en raison du blocage des sédiments venant du sud par l'embouchure. Il est par ailleurs facilement submergé lors des tempêtes en raison de sa très faible altitude. Ce secteur est naturel et présente une dynamique rapide liée à la présence de l'embouchure. Il est donc recommandé de le laisser évoluer naturellement tout en facilitant le transit littoral et la mise à disposition du sédiment au droit de l'embouchure. L'avancée du trait de côte observée ces dernières années résulte probablement de ce by-pass naturel, et devrait contribuer à rétablir un transit sédimentaire plus favorable à l'ensemble de la cellule.

Cellule Lupino - Golo			
Désignation de la solution technique	Principes généraux	Evaluation des impacts environnementaux potentiels	Evaluation de la faisabilité du scénario
Evolution au fil de l'eau / Laisser-faire	Secteur sud en érosion. Une grande partie du lido est exposée à la submersion marine	- l'urbanisation proche du trait de côte peut à terme conduire à la disparition de la plage. Le risque de submersion est important ; - maintien d'un comportement dynamique naturel du littoral	Cette solution est particulièrement adaptée sur les secteurs naturels
Rechargement/ amélioration du transit à l'embouchure du Golo	Compenser le déficit en matière première par des rechargements localisés et la gestion des bancs du delta du Golo	- impacts limités sur le milieu en dehors de la période de travaux ; - effets sur la dynamique littorale : amélioration de la capacité d'amortissement des houles par l'augmentation de la largeur de plage ; - déplacement à plus ou moins long terme du sédiment vers le grau	Ce scénario est une réponse adaptée à la situation actuelle. La disponibilité en sédiment reste toutefois à évaluer
Restauration des cordons dunaires	Restaurer des échanges sableux naturels et diminuer les phénomènes de submersion marine	- peu d'impacts ; - amélioration de la résilience de la plage et de la résistance aux tempêtes	Solution technique adaptée. Combinaison avec le rechargement à envisager dans les secteurs où l'espace disponible est limité

4.2. LA CELLULE GOLO – CAMPOLORO



Illustration 19 - Le littoral de la Costa Verde au niveau d'Alba-Serena (photo E. Vioche © BRGM 2006)



4.2.1. Les aléas affectant la cellule sédimentaire Golo – Campoloro

La cellule sédimentaire Golo - Campoloro

Cette unité sédimentaire de 22 km s'étend de la rive sud de l'embouchure du fleuve Golo jusqu'au port de Campoloro, sur la commune de Santa-Maria-Poggio. Les jetées du port construites dans les années 1970 bloquent le transit sédimentaire naturel. Ce transit orienté majoritairement vers le Nord sur la Plaine orientale est perturbé par l'ouvrage. Le contournement de l'ouvrage par les sédiments est aujourd'hui relativement faible et le port constitue ainsi une limite quasi-imperméable.

Evolution historique du trait de côte au sein de la cellule sédimentaire (période 1948 – 2007)

Deux grandes zones se différencient en termes de comportement au sein de cette cellule sédimentaire.

Sur 7 km, de l'embouchure du Golo et jusqu'au Nord de San Pellegrino (PK27), le trait de côte est globalement en accrétion avec une valeur moyenne d'environ 20 m. Entre la Marina de San Pellegrino (PK27) et le port de Campoloro, le trait de côte est en recul général. L'érosion est plus particulièrement marquée entre le PK27 et PK32, au Nord du centre de loisir d'Alba-Serana, avec un recul mesuré sur cette zone entre 20 et 40 m pour la période 1948-2007.

La géomorphologie des plages de cette cellule est sensiblement identique à celle du Lido de la Marana. La largeur des estrans est de l'ordre de 15 à 40 m avec des pentes avoisinant 5°. Les dunes sont typiques des plages méditerranéennes avec des hauteurs d'environ 1 m. La berme, caractéristique de ces plages, est généralement bien marquée en conditions de beau temps. Vers le Sud en direction du port de Taverna, la largeur des plages diminue et devient nulle aux abords du port au niveau des falaises rocheuses. Dans ce secteur, le littoral est très souvent stabilisé par des aménagements en enrochements sur le haut de plage.

Les tendances actuelles (sur la période de 2002 à 2007) sur cette portion de côte sont très peu marquées au regard des évolutions historiques :

- entre 1948 et 2007 l'embouchure du fleuve Golo connaît une forte érosion dépassant 60 m jusqu'au droit du camp du cap Sud. L'érosion se poursuit jusqu'au PK21 dans des proportions moindres. Cette tendance existe encore avec des reculs mesurés de l'ordre de 10 m entre 2002 et 2007. Le camp touristique du Cap Sud se trouve donc en arrière d'une zone très mobile, très vulnérable à l'érosion ;
- du PK21 à la Marina di Pinarello (PK26), le littoral est globalement stable mais avec une tendance à l'accrétion. Les valeurs estimées d'évolution du trait de côte depuis 5 ans sont cependant faibles : 2 à 3 m au maximum. L'accrétion est plus importante le long de la plage de Tiglione entre les PK25 et PK26. Ce site est actuellement une zone d'accumulation située au Nord d'une portion de trait de côte en recul. L'érosion est localisée au niveau d'un changement d'orientation du littoral au PK26 ;
- à proximité de l'embouchure du Fium'Alto (PK28,5), le trait de côte évolue de manière significative. Les multiples changements d'orientation de la côte influencent la direction des transits sédimentaires par la dérive littorale. Historiquement, le secteur est en érosion prononcée avec un recul pouvant atteindre 60 m au niveau de la Marina de San Pellegrino. Aujourd'hui, l'érosion persiste devant cette Marina, mais le trait de côte prograde de part et d'autre de l'embouchure du fleuve. L'engraissement des plages adjacentes se poursuit jusqu'au nouveau changement d'orientation de la côte au PK30 à hauteur de la construction touristique, la Résidence des Isles. Le fleuve Fium'Alto semble ainsi être une limite naturelle de sous-cellule sédimentaire perméable, les plus fortes accumulations étant localisées plus au Nord ;

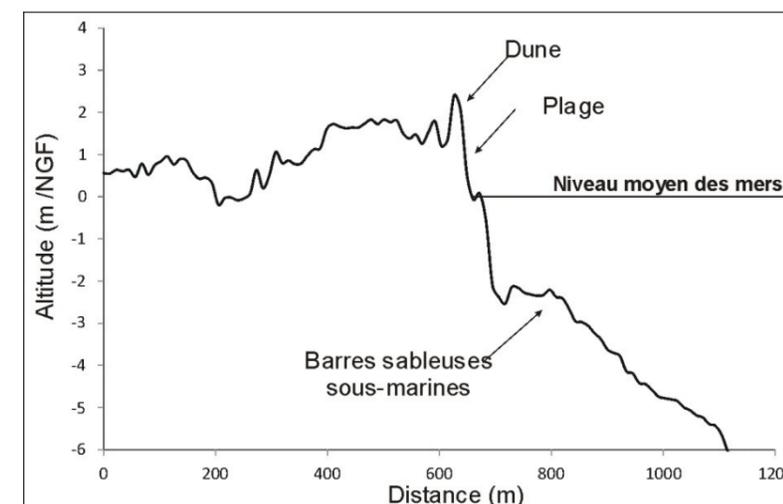
- entre la Résidence des Isles et le port de Taverna, sur 20 km, l'érosion se généralise. Le recul actuel est cependant bien moins prononcé aujourd'hui par rapport aux évolutions des soixante années passées. La construction du port Campoloro en 1972 a considérablement modifié le transit sédimentaire de la Plaine orientale. En interrompant le transport Sud-Nord, celui-ci a provoqué une importante érosion supérieure à 80 m en aval, notamment entre le PK36 et la digue. Actuellement les évolutions constatées sont moindres mais persistent à l'exception du dernier kilomètre où les plages n'existent plus et où le trait de côte est localement stabilisé par des enrochements.

Les phénomènes de submersion lors des tempêtes marines

La cellule sédimentaire Golo - Campoloro présente des morphologies contrastées plus ou moins sensibles aux phénomènes de submersion. La partie Nord de la cellule, comprenant le delta du Golo et l'embouchure du Fium Alto, est particulièrement basse et exposée à la submersion marine lors des tempêtes. La partie Sud de la cellule, du Fiume d'Olmo (PK 30) au port de Taverna présente plus de reliefs sur le littoral, et seules la frange côtière et les zones d'embouchures peuvent être submergées pendant les événements les plus importants.

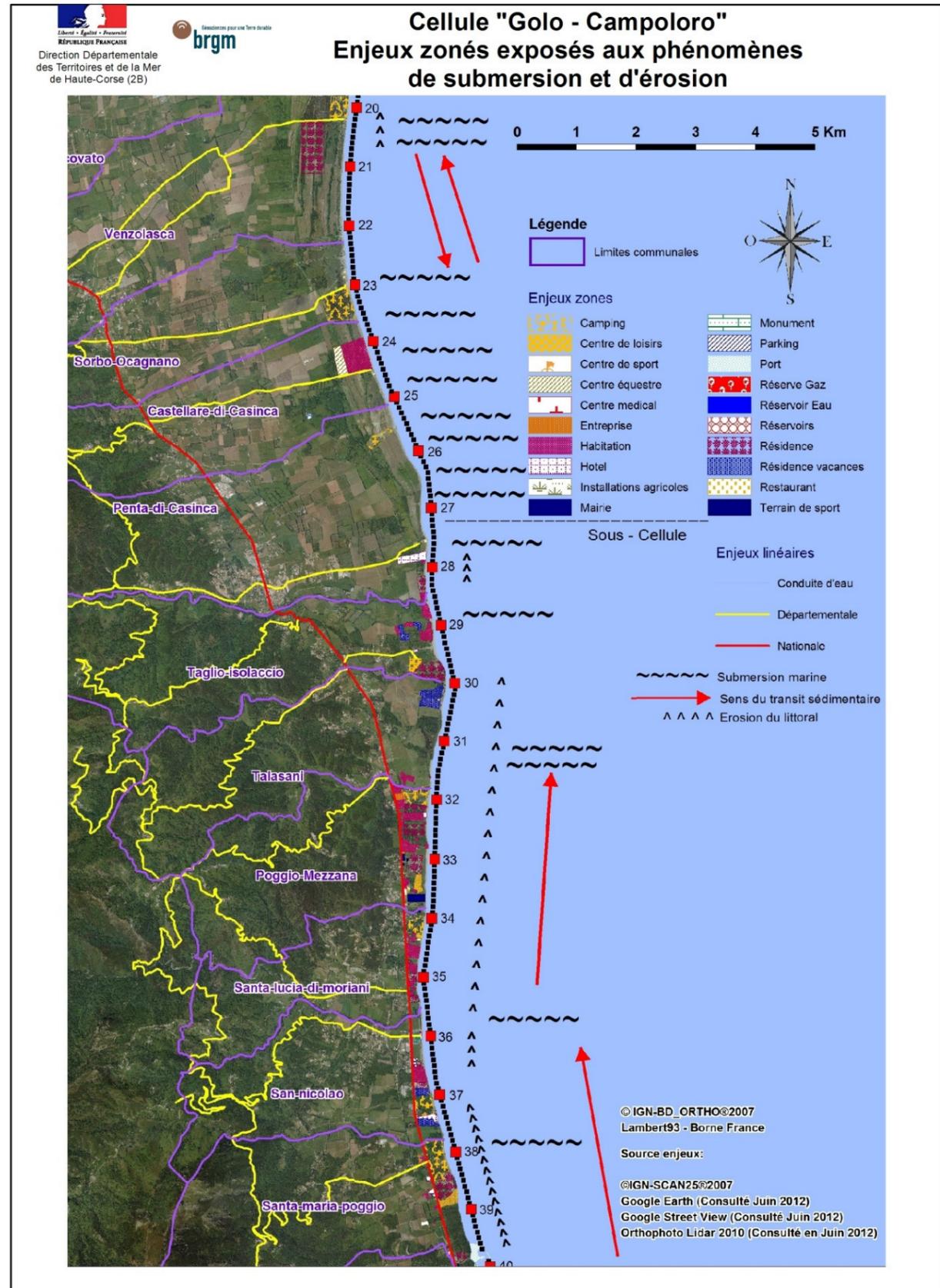
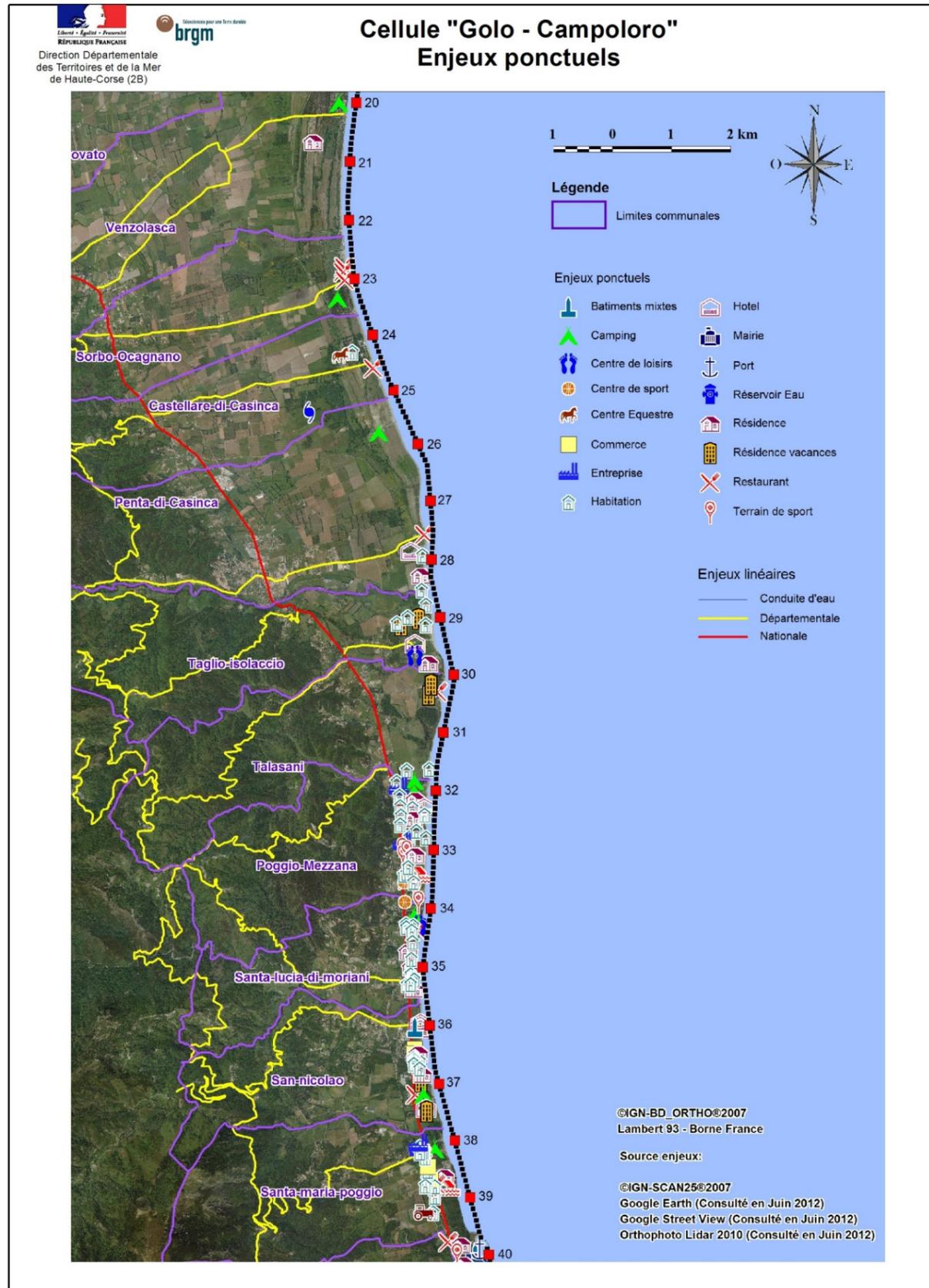
Au sud de l'embouchure du Golo, au niveau du Cap Sud, la très faible altimétrie et la présence de la fosse de Ciavattone, rendent le secteur submersible lors des tempêtes d'occurrence centennale. Les hauteurs d'eau pour un événement extrême peuvent atteindre près de 1 m sur ce littoral. La zone reste toutefois limitée à 400-500 m de la fosse de Ciavattone.

L'autre secteur très exposé à la submersion est situé entre la Marina de Pinarello et San Pellegrino. Ce secteur, bien que protégé par un cordon littoral à 2 m au-dessus du niveau moyen, présente des altitudes très faibles (1 m NGF et parfois seulement quelques centimètres au-dessus du niveau moyen des mers). La pénétration en cas de rupture du cordon ou par un point d'accès peut par conséquent entraîner une submersion importante. C'est également le cas, mais de manière plus localisée, au niveau de l'embouchure du Fium'Alto.



Profil transverse du littoral au nord de San Pellegrino illustrant la faible altitude de l'arrière-dune.

Au sein de cette cellule hydro-sédimentaire, quelques secteurs sont particulièrement sensibles à l'érosion lors des tempêtes. Il s'agit principalement du sud du delta du Golo, de la zone Nord de San Pellegrino et de tout le secteur situé au Nord du Port de Taverna où la plage est très étroite, voire inexistante.



4.2.2. Les enjeux présents sur le littoral de la cellule Golo – Campoloro

Cette cellule présente un linéaire important (environ 21 km) et comprend 10 communes littorales de Venzolasca à Santa-Maria-Poggio. Les enjeux naturels sont limités à la partie nord de la cellule et comportent une réserve de chasse et des ZNIEFF de type 1. Les enjeux anthropiques présents sont essentiellement des résidences d'habitation et des résidences de vacances.

Du nord vers le sud, on distingue :

- de l'embouchure du Golo à San Pellegrino, les enjeux sont relativement limités. La frange littorale est occupée par des restaurants, des campings : le camp du Cap Sud au sud du Golo sur la commune de Venzoscala, le camping de la marina de Pinarello sur la commune de Sorbo-Cagnano, et par des résidences (domaine d'Anghione) sur la commune de Castellare-di-Casinca. Sur la commune de Venzoscala, un territoire littoral important (2 km) est propriété du Conservatoire du Littoral (Mucchiatana, cf. illustration 20) ;



Illustration 20 - Littoral naturel au niveau de Mucchiatana sur la commune de Venzolasca.

- au sud de San Pellegrino commence la Costa Verde où les enjeux sur la frange littorale sont beaucoup plus développés. De San Pellegrino à Figareto (au sud de la commune de Talasani), plusieurs marines, camping et résidences sont présents mais restent séparés par des espaces naturels. Si certains enjeux sont situés sur le littoral (notamment entre l'embouchure du Fium Alto et celle du Fiume d'Olmo PK 30), d'autres ont été construits un peu en retrait (Village Vacances de Figareto), ne perturbant pas la dynamique littorale. Seul un secteur sur la commune de Taglio-Isolaccio présente des ouvrages de protection en enrochement devant lesquels la plage a totalement disparue (cf. illustration 21). Au Sud de cette zone, la frange côtière est naturelle.



Illustration 21 - Ouvrage de protection en enrochement au droit du Village des Isles (Taglio-Isolaccio).

Les quatre communes au Sud du secteur (Poggio-Mezzana, Santa-Lucia-di-Moriani, San Nicolao et Santa-Maria-Poggio) ont un littoral fortement anthropisé. Les enjeux présents sont essentiellement des résidences d'habitation et des résidences de vacances situées plus ou moins proches du trait de côte avec une très forte densité.

Sur la Commune de Poggio-Mezzana, les résidences et habitations sont généralement situées en retrait d'une centaine de mètres par rapport au trait de côte. Seuls quelques enjeux ponctuels (restaurants ou propriétés privées) sont localisés à proximité immédiate du trait de côte.

Sur la commune de Santa-Lucia-di-Moriani, plusieurs propriétés sont situées à proximité immédiate de la plage, en particulier au sud de la commune où les résidences sont implantées sur le cordon dunaire en bordure de plage. Certaines propriétés privées sont protégées localement par des enrochements.

Sur le littoral de San Nicolao et Santa-Maria-Poggio, de nombreuses résidences et campings sont implantés sur le littoral, et ont parfois été protégés par des murs ou des ouvrages en enrochements. C'est le cas par exemple de Vanga-di-L'Oru (cf. Illustration 22). D'autres secteurs sont protégés par des épis en géotextile.



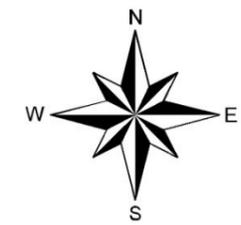
Illustration 22 - Enrochement au niveau de Vanga-di-L'Oru sur la commune de Santa-Maria-Poggio.

Préconisations de gestion pour la cellule "Golo - Campoloro"



Les Stratégies de gestion préconisées Cellule Golo - Campoloro

- Restaurer un espace de liberté, rétablir le transit sud-nord et éviter l'implantation de nouveaux enjeux sur le littoral ;
- Gérer les cordons dunaires dans les secteurs les plus exposés à la submersion marine ;
- Dans les secteurs à enjeux fortement exposés, favoriser la relocalisation des biens et services à plus ou moins long terme.



- ~~~~~ Submersion marine
- ^ ^ ^ ^ ^ Erosion côtière
- Sens du transit sédimentaire

IGN-BD_ORTHO 2007
Lambert93 - Borne France

Source enjeux:
Google Earth (Consulté Juin 2012)
Google Street View (Consulté Juin 2012)
Orthophoto Lidar 2010 (Consulté Juin 2012)

4.2.3. Préconisations de gestion pour la cellule Golo - Campoloro

Le littoral de la cellule Golo - Campoloro est situé en aval-transit du port de Taverna. En conséquence, il connaît un déficit sédimentaire important qui se traduit par une érosion forte au sud de la cellule, une érosion modérée au centre, et une relative stabilité au nord (malgré quelques secteurs localisés fortement touchés). La partie Nord du Secteur, de Venzoscala à penta-di-Casinca présente des altitudes très faibles et est fortement exposé au phénomène de submersion marine.

Objectifs recherchés : Les préconisations générales dans cette cellule sont de restaurer un espace de liberté sur le littoral et de rétablir un transit sud-nord qui ne fonctionne plus au sud de la cellule. Il convient également d'éviter l'implantation de nouveaux enjeux sur la frange littorale, de déplacer les enjeux très localisés lorsque cela est envisageable et de mettre en œuvre des techniques douces de lutte contre les effets de la submersion marine sur les secteurs où des enjeux ne sont pas déplaçables.

Les solutions inadaptées :

- **les épis** conçus pour bloquer le transit littoral sont inadaptés en raison de leur effet local et de l'impact attendu sur les zones en aval de la dérive littorale (au nord) ;
- **les talus** en enrochements ou géotextiles, conçus pour protéger l'arrière-plage car ils déstabilisent fortement le littoral et génèrent, par réflexion de la houle, la disparition progressive de la plage. Les quelques secteurs de la cellule sur lesquels ces techniques ont été utilisées ne présentent plus de plage devant ces ouvrages ;
- **les techniques de piégeage** sédimentaire de type brise-lames ne sont pas adaptés en raison d'un transit sédimentaire parallèle à la côte.

Les solutions envisageables : Plusieurs techniques permettent d'atténuer les phénomènes d'érosion et de submersion. En fonction des problématiques locales, on distingue, du nord au sud, 3 grands secteurs de gestion :

1 – de l'embouchure du Golo à San Pellegrino :

Cette sous-cellule sédimentaire est principalement touchée par le phénomène de submersion marine en raison de sa faible altitude, et ne présente que peu d'enjeux (seules quelques infrastructures des campings et résidences sont situées à proximité de la plage). La préconisation de gestion proposée est donc de laisser ce milieu évoluer naturellement, tout en assurant la protection du cordon dunaire existant afin de limiter la pénétration des eaux marines.

2 – de San Pellegrino à Santa-Lucia-di-Moriani :

Cette partie nord de la sous-cellule de San-Pellegrino à Campoloro a connu une érosion modérée mais continue depuis 1948.

De San Pellegrino à l'embouchure du Fiume d'Olmo, le littoral est resté assez naturel. Un secteur a fait l'objet d'aménagements en enrochements (Résidence des Isles) et la plage a disparue. La partie sud, du Fiume d'Olmo à l'embouchure du ruisseau Petrignani est beaucoup plus urbanisée. Toutefois, à l'exception de quelques zones, les constructions sont situées légèrement en retrait de la plage, et n'interfèrent pas ou peu avec la dynamique littorale. La préconisation de gestion est de laisser ce milieu évoluer naturellement tout en traitant localement les secteurs où des enjeux sont exposés en restaurant un espace de liberté.

Pour cela, plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre :

- un déplacement des enjeux (recul stratégique) ;
- un abandon des enjeux (laisser-faire) ;
- la restauration de la plage par des techniques ne fixant pas le trait de côte : rechargement ponctuel, restauration d'un cordon dunaire.

3 – Le littoral des communes de San Nicolao et Santa-Maria-Poggio :

Cette portion du littoral est fortement touchée par l'érosion liée au blocage de la dérive littorale par le port de Campoloro. L'érosion est plus marquée au nord du port où le déficit sédimentaire est important, et le phénomène diminue légèrement vers le nord. De nombreux enjeux sont situés sur le trait de côte et ont parfois été protégés par des aménagements en enrochement ou mur de protection et des épis en tubes géotextiles. Les préconisations de gestion sur ce secteur sont de rétablir le transit sédimentaire fortement déficitaire en raison du piégeage par le port de Taverna et de restaurer un fonctionnement naturel du littoral. C'est le transport du sable vers le nord qui prédomine et toute tentative de piégeage de ce transport entraînerait inévitablement une augmentation des vitesses de recul sur la zone au nord de l'ouvrage.

Ce sont donc des techniques de restauration douces qu'il convient d'utiliser :

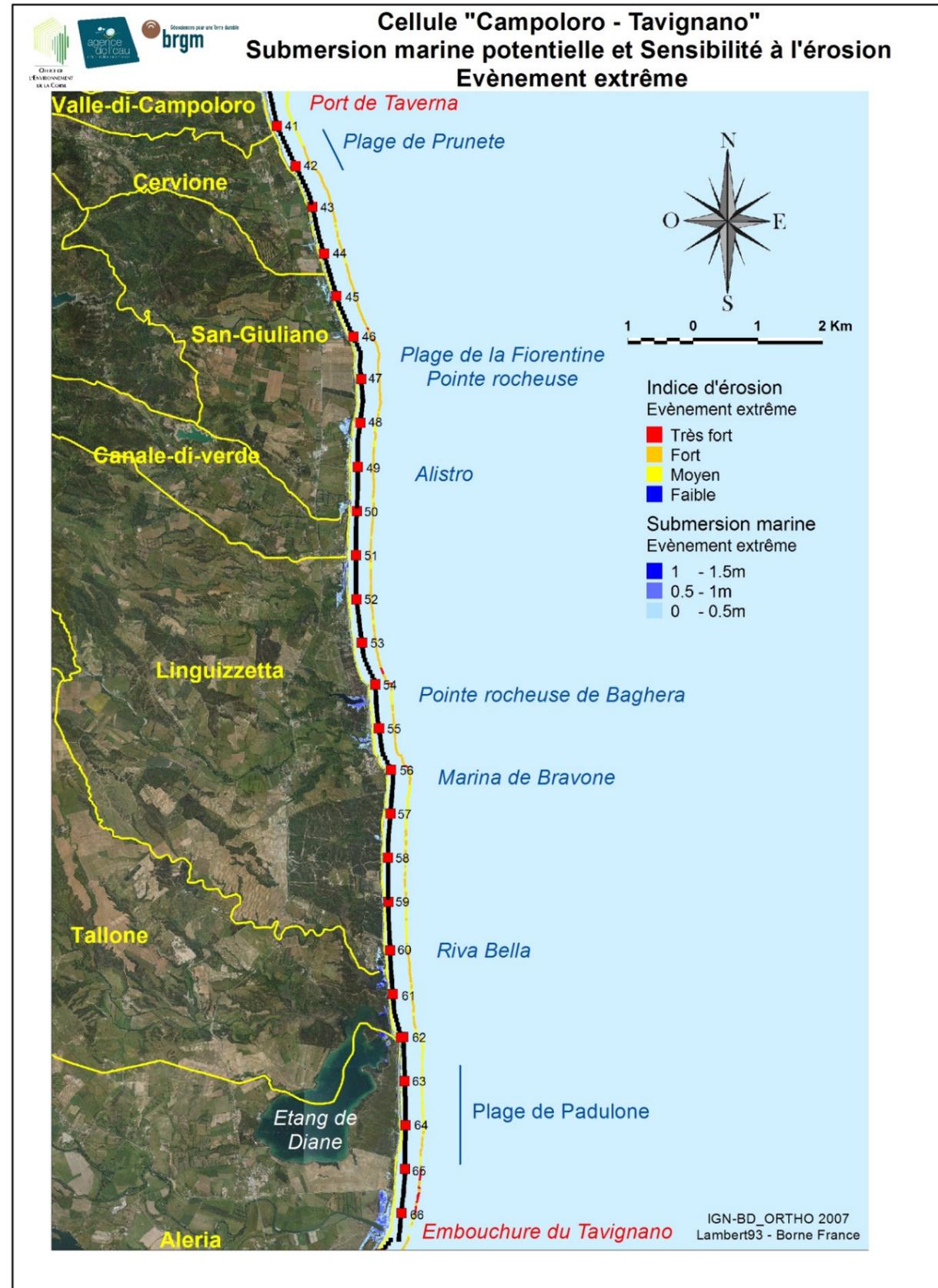
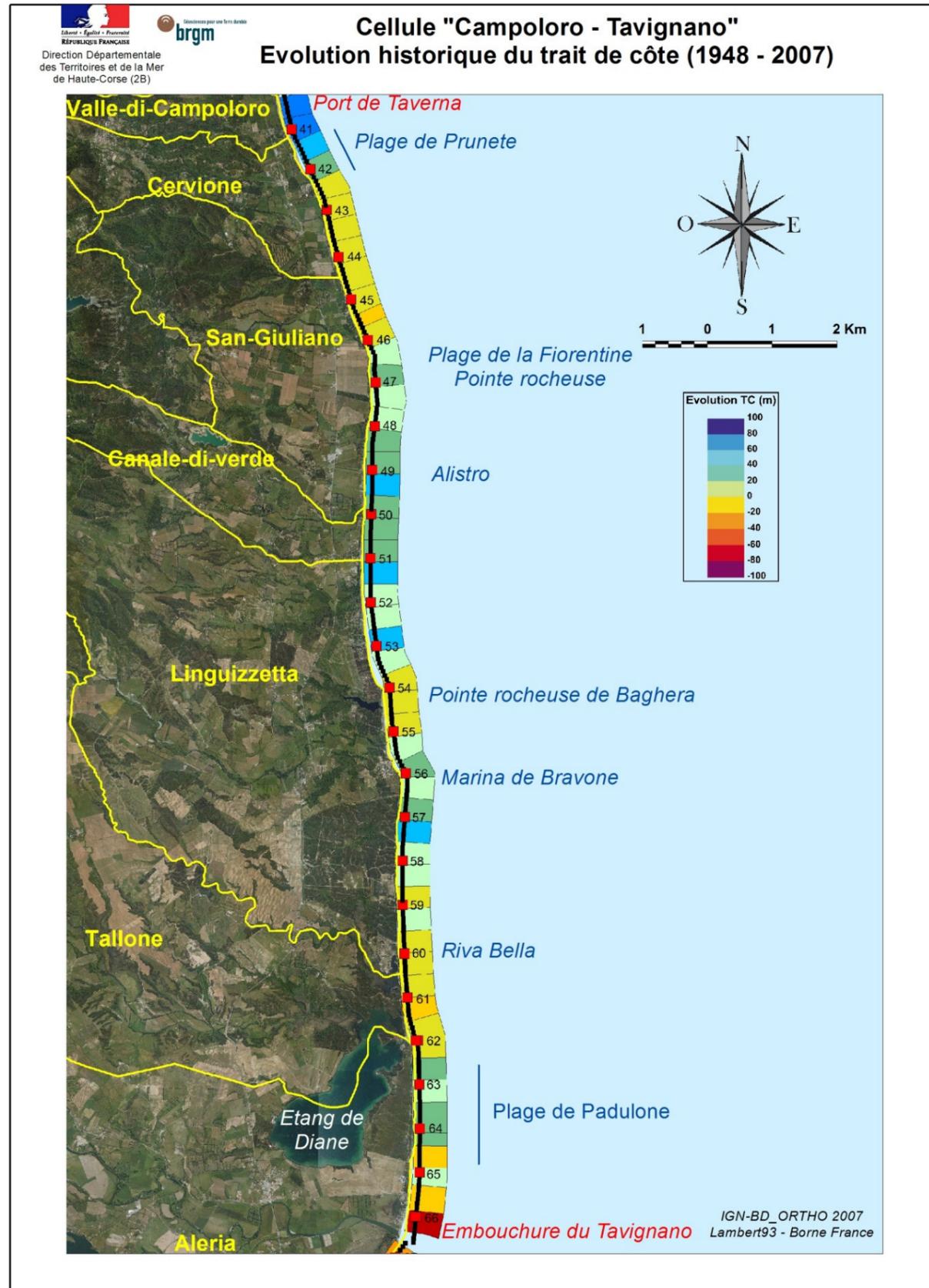
- le rechargement de plage en sable est particulièrement adapté à ce secteur, en particulier dans la zone sud qui n'est plus alimentée et qui pourrait ainsi constituer une nouvelle source en sédiment pour la totalité de la cellule. Le sédiment pour une telle opération doit présenter les mêmes caractéristiques que le sable local ;
- un by-pass régulier du sable piégé au sud du port pourrait constituer une source intéressante, sous réserve d'une évaluation préalable des impacts environnementaux d'un tel prélèvement ;
- lorsque des enjeux ponctuels sont localisés à proximité immédiate de la plage, la pertinence d'une protection locale telle qu'elle a pu être réalisée par le passé sera à évaluer en fonction des impacts sur les zones adjacentes, de la pérennité de l'action et des coûts associés. La solution d'une relocalisation des enjeux devra être analysée.

Cellule Golo - Campoloro			
Désignation de la solution technique	Principes généraux	Evaluation des impacts environnementaux potentiels	Evaluation de la faisabilité du scénario
Evolution au fil de l'eau / Laisser-faire	Secteur sud en forte érosion en raison du déficit d'apport	- l'urbanisation proche du trait de côte peut à terme conduire à la disparition de la plage ; - maintien d'un comportement dynamique naturel du littoral	Cette solution est particulièrement adaptée sur les secteurs naturels
Rechargement	Compenser le déficit en matière première par des rechargements localisés	- impacts limités sur le milieu en dehors de la période de travaux ; - effets sur la dynamique littorale : amélioration de la capacité d'amortissement des houles par l'augmentation de la largeur de plage ; - déplacement à plus ou moins long terme du sédiment vers le nord	Ce scénario est une réponse adaptée à la situation actuelle. La disponibilité en sédiment reste toutefois à évaluer
By-pass sédimentaire	Transférer les sédiments piégés au sud du port sur le secteur en déficit au nord	- peu d'impacts en dehors de la période de travaux ; - amélioration de la résilience de la plage et de la résistance aux tempêtes	Solution technique adaptée. Impact environnementaux dans la zone de prélèvement à évaluer

4.3. LA CELLULE CAMPOLORO – TAVIGNANO



Illustration 23 - Le littoral au niveau de l'Etang de Diane (Linguizzetta – Tallone – Aleria) (photo E. Vioche © BRGM 2006)



4.3.1. Les aléas affectant la cellule sédimentaire Campoloro - Tavignano

La cellule sédimentaire Campoloro - Tavignano

La côte comprise entre le port de Campoloro et l'embouchure du fleuve Tavignano constitue la troisième grande cellule hydrosédimentaire de la Plaine Orientale. Celle-ci est de taille importante car elle représente un linéaire côtier de 27 km. Le trait de côte général de la cellule entre le Port de Campoloro et l'embouchure du Tavignano est orienté selon un axe Nord-Sud, avec quelques changements de direction au niveau de pointes rocheuses entre le Tavignano et la pointe de Torra Fiorentina. A partir de cette dernière, la côte s'oriente N160 jusqu'au port de Taverna. L'anthropisation de ce rivage est ici moins importante qu'au sein des deux premiers compartiments mais on dénombre tout de même trois sites construits sur le domaine littoral : la Marina de Bravone, le complexe de vacances Riva Bella, bâtis tous deux sur un cordon dunaire et la Marina d'Aléria le long de la plage de Padulone et à proximité du Tavignano.

La limite sud correspond à l'embouchure du fleuve Tavignano. Tout comme pour le Golo, les débits y sont importants, en particulier lors des périodes de crues. Les apports sédimentaires y sont de fait importants comme le prouve l'édification d'un delta sous-marin, de forme relativement symétrique. Celui-ci génère une réfraction importante des houles incidentes, provoquant très localement une inversion de dérive littorale. On constate principalement cette inversion au Nord de l'embouchure au niveau du camping d'Aléria, attestée par la formation d'une flèche sableuse dirigée vers le Sud au niveau de l'embouchure du Tavignano.

Evolution historique du trait de côte au sein de la cellule sédimentaire (période 1948 – 2007)

La dynamique sédimentaire générale de cette cellule semble plus contrastée qu'au sein des deux précédentes. On y observe notamment plusieurs inversions de tendance entre la rive sud du Port de Taverna et l'embouchure du Tavignano. On note ainsi du Nord au Sud :

- une accrétion de 80 m au Sud du port, les digues favorisant ici le blocage des sédiments de la dérive littorale orientée Sud-Nord ;
- une zone d'érosion depuis la plage de Prunete et jusqu'à la pointe rocheuse de la Fiorentina avec des reculs généralement compris entre 15 et 20 m ;
- une avancée du trait de côte entre la pointe de Torra Fiorentina et celle de Baghera plus au Sud soit environ 10 km de linéaire côtier. L'accrétion est maximale dans la zone centrale, au droit d'Alistro où elle atteint 30 à 40 m ;
- une tendance à l'érosion entre la pointe sud de Baghera et la flèche sableuse fermant l'étang de Diane, au niveau du complexe touristique de Riva Bella ;
- un secteur avec une tendance à l'accrétion entre le grau de l'étang de Diane et le Nord d'Aléria, où l'avancée du trait de côte atteint localement une trentaine de mètres ;
- une zone en érosion chronique au droit d'Aléria et de l'embouchure du Tavignano, où le recul du trait de côte atteint 80 à 100 m.

Les évolutions historiques (1948 à 2007) et récentes (2002 à 2007) montrent que la dynamique sédimentaire est découpée en trois secteurs :

- entre le port de Campoloro et la pointe de la Fiorentina (PK40 au PK47);

- entre la Fiorentina et la pointe de la Marine de Bravone (PK47 à PK56);
- entre la pointe de la Marine de Bravone et l'embouchure du Tavignano (PK56 à PK66).

D'après les résultats de l'étude de l'évolution historique, le port est clairement responsable d'une accumulation importante de sédiments en amont de la dérive littorale. Entre les PK40 et PK41, l'avancée moyenne du trait de côte entre 1948 et 2007 est supérieure à 60 m. Sur ce secteur, les plages sont larges et les hauts de plage bien développés et stabilisés. L'accrétion se prolonge jusqu'à la plage de Prunete au niveau de PK42. A noter cependant la situation préoccupante du secteur de Prunete qui se trouve être en érosion marquée depuis 2007 (Balouin *et al.*, 2008, 2009 ; Stépanian *et al.*, 2010).

La pointe de la Fiorentina marque un nouveau changement de tendance d'évolution. L'accrétion domine ensuite sur 7 km jusqu'au niveau de la pointe de Baghera. Les avancées maximales constatées sont de l'ordre de 10 m et se situent sur la plage d'Alistro sur une zone d'environ 3 km de long.

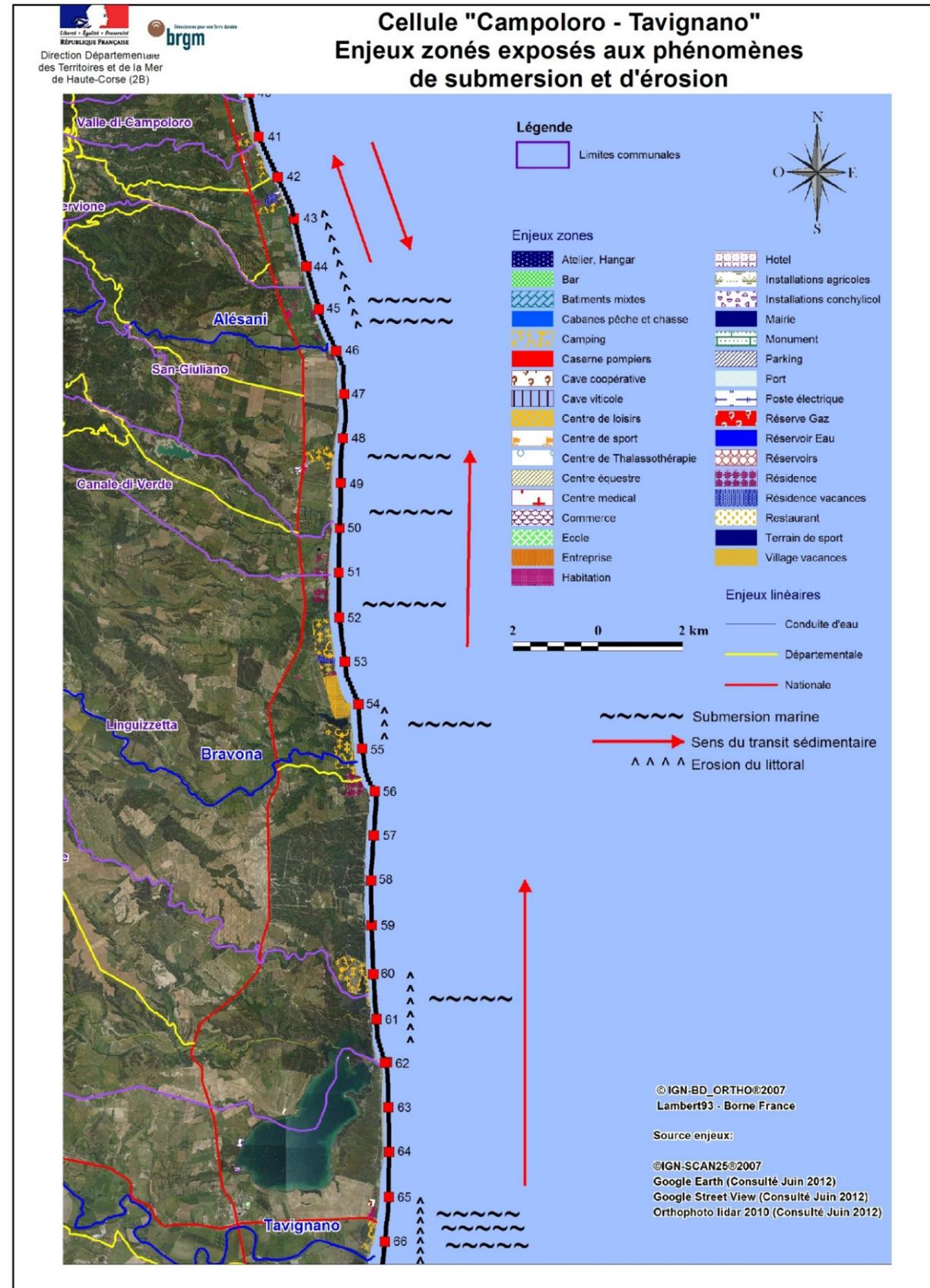
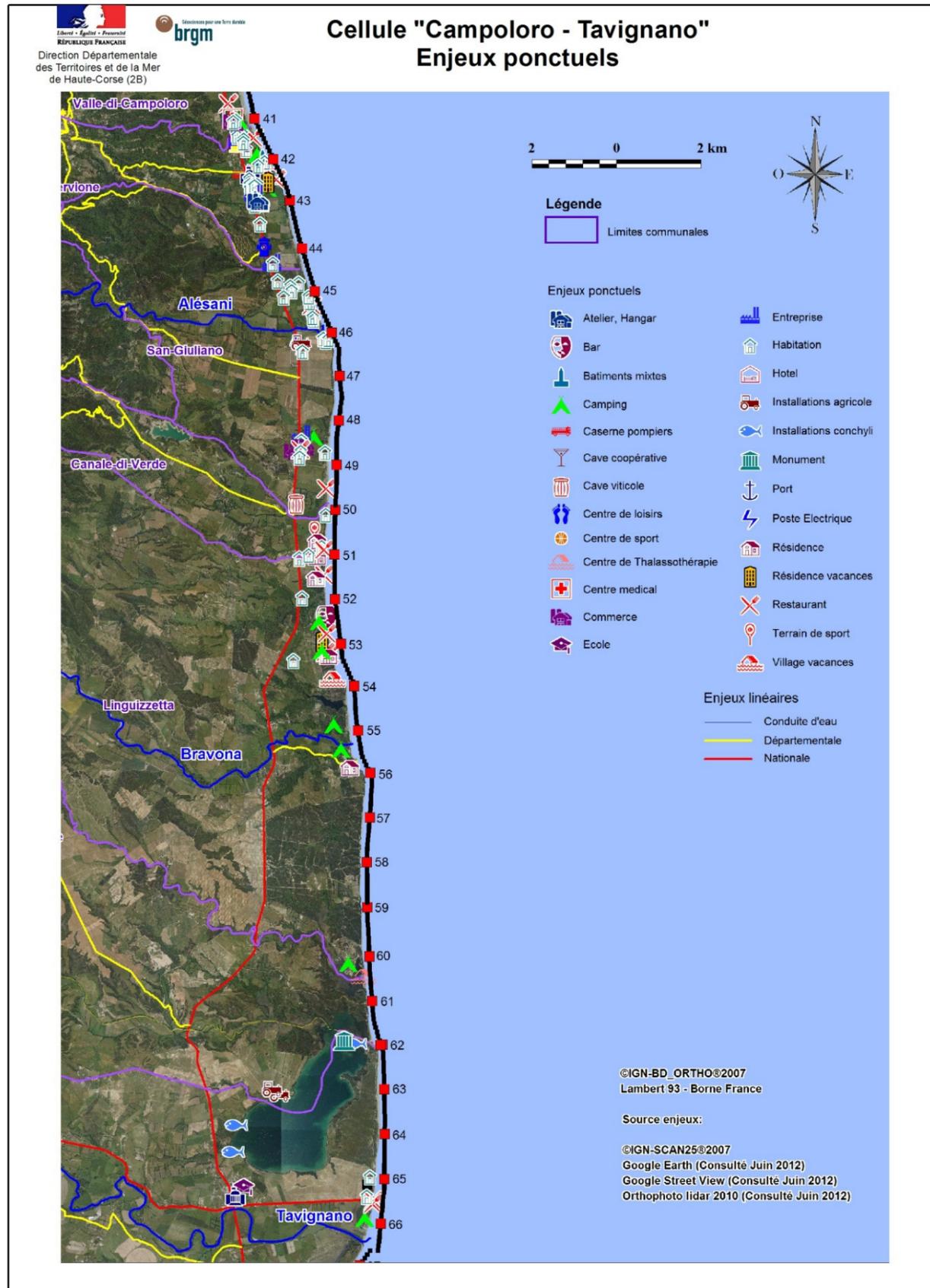
La Marina de Bravone construite au niveau d'un changement d'orientation du trait de côte constitue une frontière entre un secteur globalement en accrétion et un secteur en érosion générale. En effet, la zone au Nord connaît un recul de l'ordre de 20 m alors que le Sud de la pointe avance sur la mer d'une trentaine de mètres en 60 ans. L'accrétion se poursuit sur environ 1 km vers le Sud. L'érosion devient ensuite dominante sur environ 8 km avec des reculs de l'ordre de 10 m. A l'exception de la zone d'embouchure du Tavignano, les reculs les plus importants se situent sur la plage de Riva Bella entre les PK59 et PK61 avec des valeurs de 20 m.

La zone d'embouchure du Tavignano, au niveau des installations de la Marina d'Aléria, correspond à la zone la plus mobile de la cellule avec un recul qui atteint 100 m à proximité du fleuve.

Les phénomènes de submersion lors des tempêtes marines

Cette cellule sédimentaire présente des littoraux plus élevés et elle est globalement peu affectée par les phénomènes de submersion lors des tempêtes. Toutefois, les zones d'embouchures, plus basses, favorisent la pénétration des eaux marines. C'est particulièrement le cas à l'embouchure de la Bravone et à celle du Tavignano. La submersion peut également toucher les embouchures des petits cours d'eau comme la rivière d'Alistro (PK50) et le ruisseau A chiosura (PK51). Les zones impactées restent toutefois plus limitées. Le cordon séparant l'étang de Terrenzana de la mer est l'un des seuls points bas de ce littoral, en particulier à son extrémité sud. Il est donc fortement exposé à la submersion marine et à la création de brèches.

Lors des tempêtes, les hauteurs d'eau atteintes peuvent entraîner une érosion de la plage et du cordon dunaire. Le littoral de la marina d'Aléria est particulièrement touché par ces phénomènes en raison d'une faible altimétrie et d'une plage très étroite. Entre la Marina de Bravone et Prunete, des érosions peuvent également survenir en raison de plages étroites. Les autres secteurs sont globalement moins exposés de par leur morphologie qui donne une bonne résilience aux tempêtes.



4.3.2. Les enjeux présents sur le littoral de la cellule Campoloro - Tavignano

La côte comprise entre le port de Taverna et l'embouchure du fleuve Tavignano représente un linéaire côtier de 27 km. Les enjeux naturels majeurs sont les étangs de Terrenzana avec sa réserve de chasse, l'étang de Diane et sa zone conchylicole, et des secteurs localisés de ZNIEFF de type 1. L'urbanisation de ce rivage est ici moins importante qu'au sein des deux premiers compartiments mais on dénombre tout de même trois sites construits sur le domaine littoral : la Marina de Bravone, le complexe de vacances Riva Bella, bâtis sur un cordon sableux et la Marina d'Aléria le long de la plage de Padulone et à proximité du Tavignano.

Du nord vers le sud, on distingue :

- du port de Taverna à l'embouchure de l'Alésani, les enjeux sont relativement limités. A Prunete, les habitations et commerces sont situés sur la plage (cf. Illustration 24) et subissent des dégâts lors des tempêtes. Plus au Sud sur la commune de Cervione se trouve un hôtel et des campings qui possèdent quelques infrastructures en bordure de plage même si les constructions principales sont en retrait. Une partie du secteur a fait l'objet de la construction d'épis en géotextiles en 2007 (cf. Illustration 25). Malgré la destruction lors des tempêtes, ces ouvrages sont encore en place et participe à l'interruption de la dérive littorale. Plus au sud, au niveau de la plage de Pisonaccio, quelques habitations sont protégées par des ouvrages en enrochement;



Illustration 24 - Construction en bordure de plage à Prunete (photo A. Spanu).



Illustration 25 - Epis en géotextile sur le littoral de Cervione épis

- entre la tour Fiorentina et la pointe de Baghera sud de la commune de Canale-di-Verde, le littoral est naturel, à l'exception du camping Amuruciu et d'une résidence à A chiosura et des villages de Vacances au sud du secteur qui sont généralement situés en retrait de la plage. Dans le sud du

secteur, la plage est très étroite et certains aménagements touristiques ont été protégés par des enrochements (Cf. Illustration 26) ;



Illustration 26 - Ouvrage de protection en enrochement à la pointe de Baghera.

- de la pointe de Baghera à la Marina de Bravone, plusieurs campings sont implantés mais ne possèdent pas d'infrastructures à proximité immédiate de la plage. La Marina de Bravone est située très proche du trait de côte (Cf. Illustration 27). Toutefois, les constructions sont situées en haut de la falaise et donc peu soumises aux aléas côtiers ;



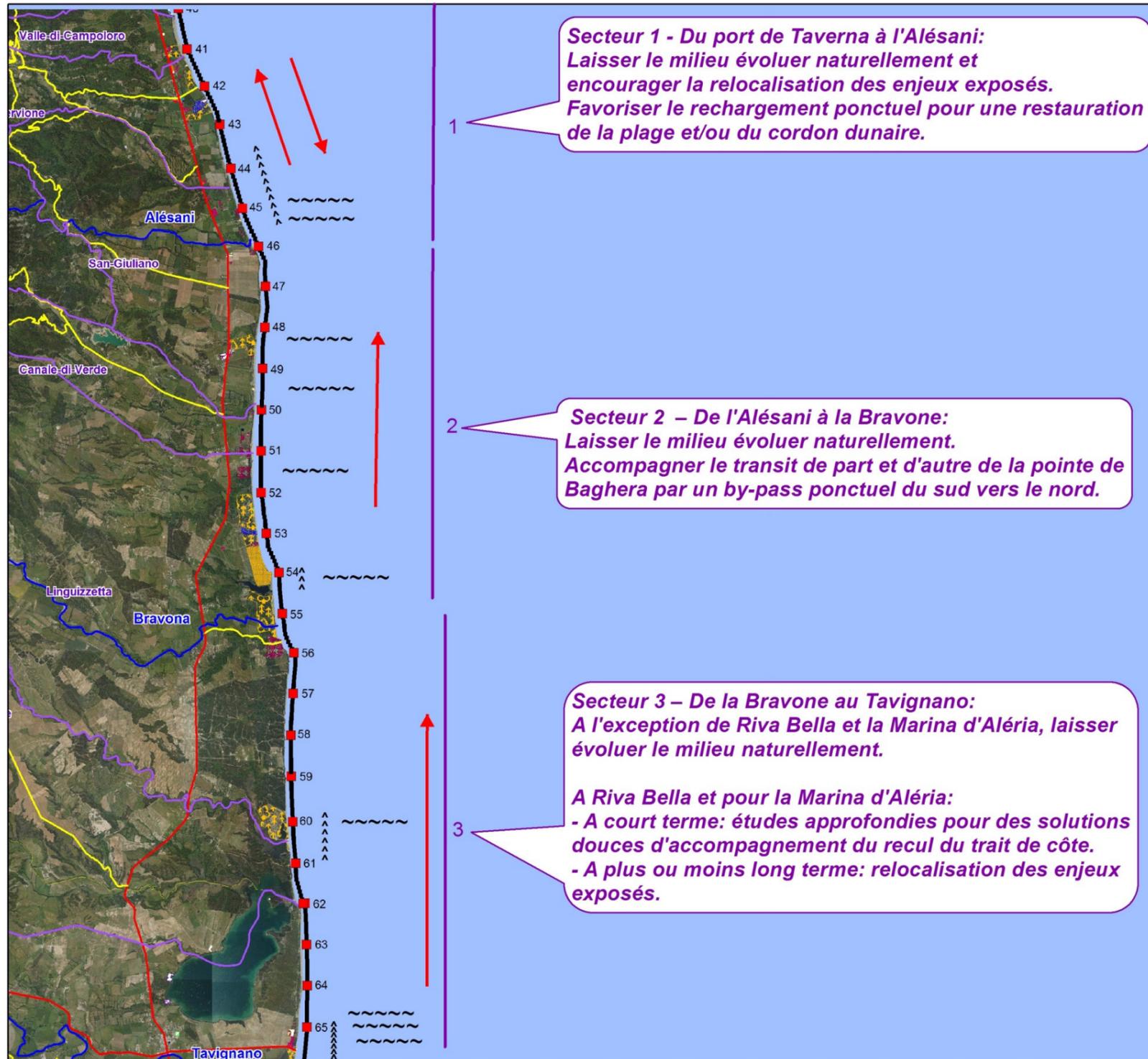
Illustration 27 - Marina de Bravone (www.francevuesurmer.com).

- de la Marina de Bravona à l'embouchure du Tavignano, le littoral est resté naturel sur la quasi-totalité du linéaire, à l'exception de deux secteurs (Cf. Illustration 28) : le village vacances Riva Bella et la marine d'Aléria où deux restaurants sont situés sur le trait de côte, et où le camping est particulièrement exposé aux tempêtes. On note la présence d'une zone conchylicole dans l'étang de Diane.



Illustration 28 - Bungalows à Riva Bella (à gauche) et Restaurant de la Marina d'Aléria (à droite).

Préconisations de gestion pour la cellule "Campoloro - Tavignano"

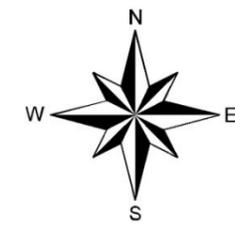


Les Stratégies de gestion préconisées Cellule Campoloro - Tavignano

- Laisser le milieu évoluer naturellement et éviter l'implantation de nouveaux enjeux sur le littoral ;

- Envisager la relocalisation à moyen terme des enjeux fortement exposés.

- Utiliser des techniques douces de restauration du cordon dunaire et de la plage.



- ~~~~~ Submersion marine
- ^ ^ ^ ^ ^ Erosion côtière
- Sens du transit sédimentaire

IGN-BD_ORTHO 2007
Lambert93 - Borne France

Source enjeux:
Google Earth (Consulté Juin 2012)
Google Street View (Consulté Juin 2012)
Orthophoto Lidar 2010 (Consulté Juin 2012)

4.3.3. Préconisations de gestion pour la cellule Campoloro - Tavignano

Le littoral compris entre le port de Taverna et l'embouchure du fleuve Tavignano représente un linéaire côtier de 27 km qui reste peu urbanisé sur la frange côtière. Plusieurs secteurs présentent une érosion modérée, liée à l'interruption naturelle du transit littoral (zones en aval des pointes rocheuses et du grau de l'étang de Diane). La zone la plus touchée de tout le littoral de la Plaine orientale est située à proximité de l'embouchure du Tavignano où le trait de côte recule très rapidement et qui est également affectée par la submersion marine.

Objectifs recherchés : Les préconisations générales dans cette cellule sont d'éviter l'implantation de nouveaux enjeux sur la frange littorale, de déplacer les enjeux très localisés lorsque cela est envisageable. Dans les secteurs touchés par la submersion marine, il est préconisé, si des enjeux forts sont présents, d'utiliser des techniques douces de restauration du cordon dunaire et de la plage. La majorité de la frange littorale étant peu urbanisée, il est fortement préconisé de laisser le milieu évoluer naturellement.

Les solutions inadaptées :

- **les épis** conçus pour bloquer le transit littoral sont inadaptés en raison de leur effet local et de l'impact attendu sur les zones en aval de la dérive littorale (vers le nord) ;
- **les talus** en enrochements ou géotextiles, conçus pour protéger l'arrière-plage car ils déstabilisent fortement le littoral et génèrent, par réflexion de la houle, la disparition progressive de la plage ;
- **les techniques de piégeage** sédimentaire de type brise-Lames ne sont pas adaptés en raison d'un transit sédimentaire parallèle à la côte.

Les solutions envisageables : Plusieurs techniques permettent d'atténuer les phénomènes d'érosion et de submersion. En fonction des problématiques locales, on distingue, du nord au sud, 3 grands secteurs de gestion :

1 – du port de Taverna à l'Alésani :

Le littoral de Cervione présente un recul modéré mais chronique du trait de côte. Toutefois, les enjeux restent très localisés, et la dynamique doit rester naturelle. Il est donc préconisé d'évaluer la pertinence de la relocalisation des enjeux ponctuels lorsque ceux-ci sont exposés. Si ces enjeux s'avèrent non déplaçables, des solutions douces d'accompagnement du phénomène d'érosion sont à privilégier. Celles-ci ne devront pas figer le trait de côte ni interrompre le transit sédimentaire littoral vers le nord.

Les stratégies à envisager sont donc :

- laisser évoluer le littoral naturellement et encourager la relocalisation des enjeux exposés ;
- favoriser l'accompagnement de l'érosion par une restauration de la plage et/ou du cordon dunaire à l'aide de rechargement ponctuels.

2 – de l'Alésani à la Bravone :

Cette portion du littoral est relativement stable à moyen-terme, et les enjeux sont généralement situés en retrait de la plage. L'évolution naturelle et le laisser-faire sont donc préconisés. Seul le secteur de Baghera subit une érosion liée à l'interruption du transit par la pointe de Baghera et les affleurements rocheux en mer. Sur ce secteur, l'accompagnement du transit de part et d'autre de la pointe peut être envisagé par un by-pass ponctuel en sédiment qui viendrait réalimenter la zone en érosion au nord.

3 – de la Bravone au Tavignano :

A l'exception de Riva Bella et de la Marina d'Aléria, ce littoral est naturel, et il convient donc de le laisser évoluer naturellement.

A Riva Bella, la flèche sableuse est en recul et est exposée à la submersion dans sa partie sud en raison d'une très faible altitude. Ce type de morphologie est par définition hautement dynamique et peu de techniques permettent de remédier au recul du trait de côte sur ce type d'environnement. Il est donc préconisé d'envisager à plus ou moins long terme la relocalisation des enjeux sur ce secteur. Des solutions douces d'accompagnement du recul (rechargement ponctuel par exemple) peuvent être envisagées, mais elles devront faire l'objet d'études approfondies pour évaluer les incidences sur le grau de l'étang de Terrenzana et le littoral adjacent au nord et au sud.

L'évolution du littoral de la Marina d'Aléria est liée à un déficit sédimentaire structurel lié à la géométrie de la côte et la divergence sédimentaire, aggravé ponctuellement par des effets conjoncturels lors des grosses tempêtes. La réduction probable des apports sédimentaires par le fleuve au cours des dernières décennies entraîne un recul progressif et inéluctable du delta sous l'action des houles. Il est en conséquence préconisé d'envisager à plus ou moins long-terme la relocalisation des enjeux exposés vers l'intérieur des terres. A plus court-terme, pour lutter contre la submersion marine, la restauration et la protection du cordon dunaire pourra être envisagée, ainsi que l'élargissement ponctuel de la plage pour restaurer une dynamique naturelle. Cette restauration nécessite des rechargements en sable qui pourrait, moyennant une étude préalable en termes de quantité et qualité, être prélevé sur le delta sous-marin du Tavignano.

Cellule Campoloro - Tavignano			
Désignation de la solution technique	Principes généraux	Evaluation des impacts environnementaux potentiels	Evaluation de la faisabilité du scénario
Evolution au fil de l'eau / Laisser-faire	Erosion modérée sur les communes de Cervione et Tallone et localement à Linguizzetta Erosion forte à la marina d'Aléria	- l'urbanisation proche du trait de côte peut à terme conduire à la disparition de la plage (secteurs déjà protégés). - maintien d'un comportement dynamique naturel du littoral - secteurs déjà protégés par enrochements	Cette solution est particulièrement adaptée sur les secteurs naturels qui représentent une part importante du linéaire.
Relocalisation/ abandon des enjeux exposés	Restaurer un espace naturel Limiter les risques côtiers	- impacts limités sur le milieu en dehors de la période de travaux ; - consommation d'espace pour relocaliser les enjeux - solution durable et pérenne	Ce scénario est une réponse adaptée dans les secteurs où les enjeux sont localisés et/ou facilement déplaçables.
Prélèvement sur le delta / By-pass sédimentaire ponctuels	Transférer les sédiments piégés de part et d'autre de l'obstacle naturel ; Favoriser le retour des sédiments du delta sur le littoral	- peu d'impacts en dehors de la période de travaux ; - amélioration de la résilience de la plage et de la résistance aux tempêtes	Solution technique adaptée Impacts de la modification de l'avant-côte à évaluer

4.4. LA CELLULE TAVIGNANO – SOLENZARA

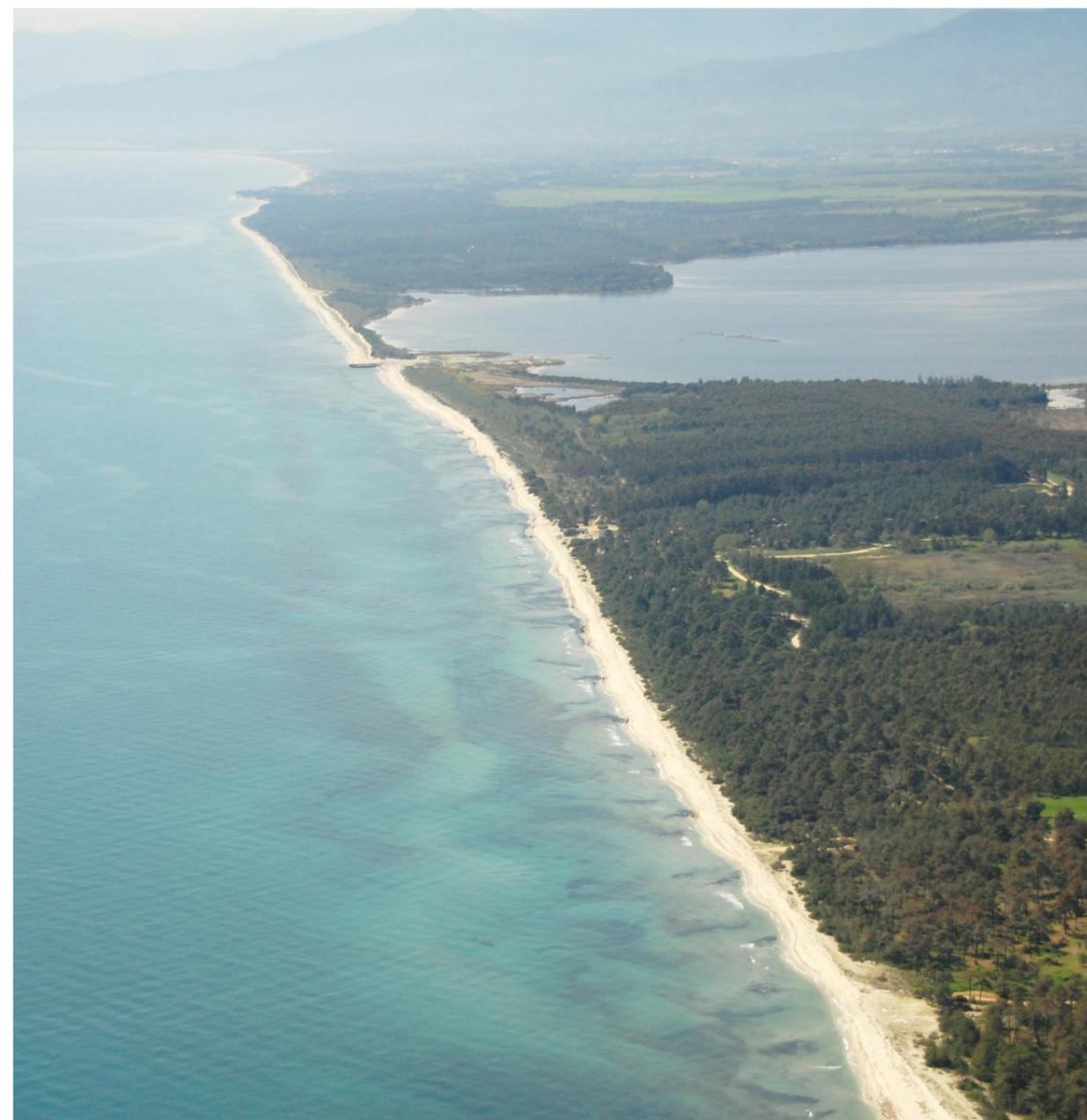
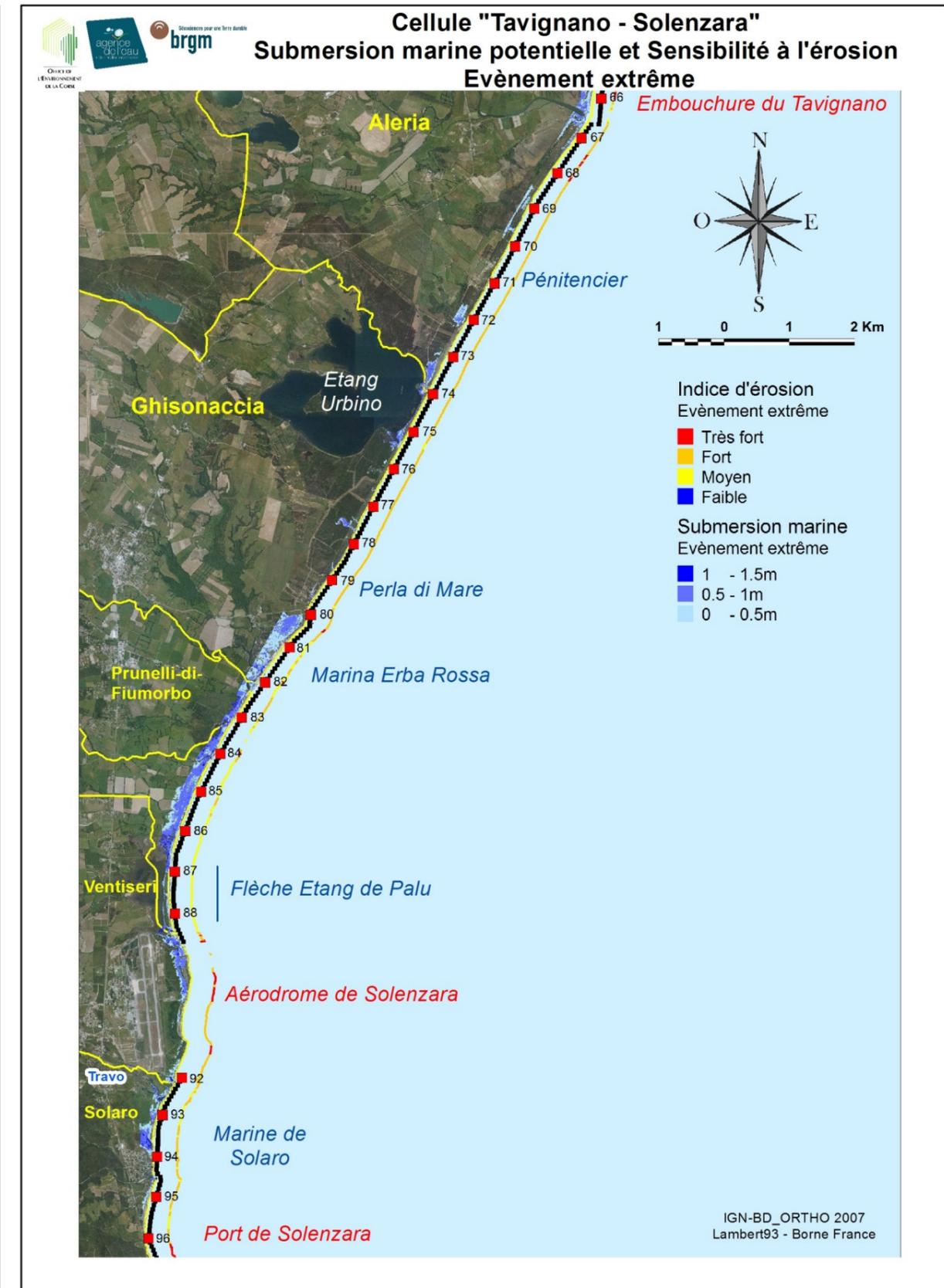
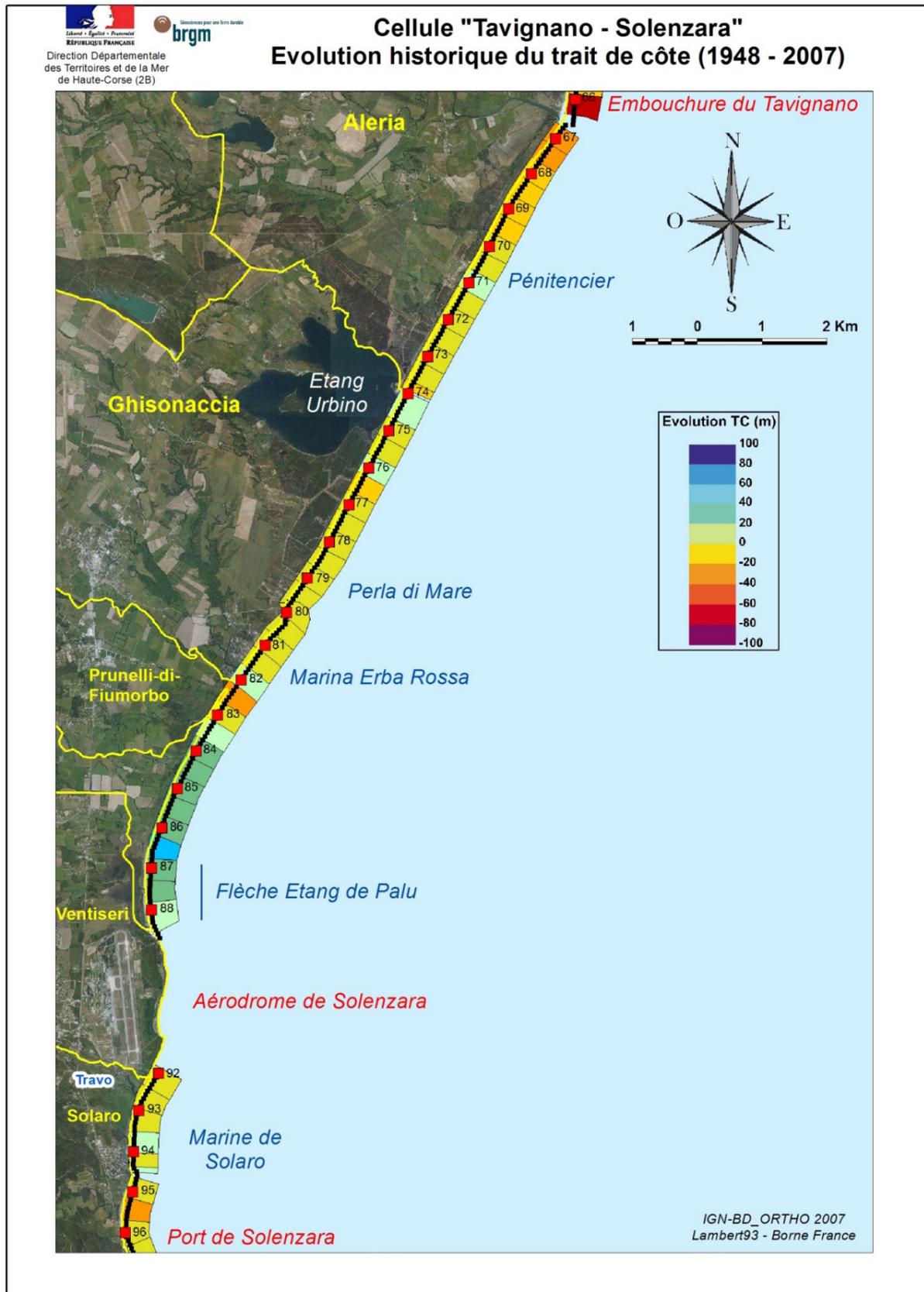


Illustration 29 - Le littoral au niveau de l'Etang d'Urbino (Ghisonaccia) (photo E. Vioche © BRGM 2006)



4.4.1. Les aléas affectant la cellule sédimentaire Tavignano - Solenzara

La cellule sédimentaire Tavignano - Solenzara

La portion de côte entre l'embouchure du Tavignano et celle de la Solenzara constitue la quatrième et plus grande cellule hydrosédimentaire de la Plaine Orientale avec un linéaire côtier d'environ 32 km. Entre le Tavignano et le cordon sableux fermant l'étang de Palu, la côte est relativement rectiligne et suit une orientation N30. L'affleurement rocheux où est construite la base militaire de Solenzara sépare la cellule en deux zones distinctes. Cette cellule est relativement peu aménagée, seuls quelques campings et marinas sont construits le long du littoral.

Evolution historique du trait de côte au sein de la cellule sédimentaire (période 1948 – 2007)

Depuis l'embouchure du Tavignano jusqu'à la Marina de Caprone située à l'embouchure du Fium'Orbu à hauteur du PK82, le littoral est globalement en érosion sur ces 14 km de côte.

Au Sud de l'embouchure du Fium'Orbu, la tendance s'inverse : l'accrétion devient l'évolution dominante avec des avancées atteignant par endroits 40 m. La limite sud de cette accrétion correspond à l'extrémité de la flèche sableuse fermant l'étang de Palu.

Plus au Sud, le littoral devient rocheux sur environ 4 km et marque ainsi une discontinuité entre ces plages et la côte meuble qui réapparaît ensuite au niveau de l'embouchure du fleuve Travu (PK92) et jusqu'au port de Sari-Solenzara, construit au niveau de l'embouchure de la Solenzara. Cette zone de 5 km délimitée par les deux cours d'eau est en érosion moyenne de 20 m depuis soixante ans.

Entre 1948 et 2007, une grande partie de la côte est en érosion, depuis l'embouchure du Tavignano jusqu'à la Marina d'Erba Rossa située plus au Sud au PK82. Les valeurs d'érosion sont assez élevées au Nord avec plus de 40 m aux bordures du fleuve et plus de 20 m sur un linéaire de 3 km. L'érosion est ensuite relativement constante jusqu'à l'embouchure de l'étang d'Urbino. Le grau de l'étang est anthropisé et maintenu en place par des digues en palplanches. On constate une érosion prononcée au Nord de l'ouvrage et une avancée d'environ 10 m au Sud. Entre les PK84 et PK88, le secteur évolue beaucoup avec des avancées du trait de côte supérieures à 20 m. Les accumulations sont moindres sur la partie terminale de la flèche sableuse de l'étang de Palu. La zone la plus méridionale de la cellule entre la base aérienne et le port est globalement en recul depuis 60 ans à l'exception de l'embouchure de la Solenzara où l'accrétion du trait de côte atteint 40 m.

Entre 2002 et 2007, on retrouve globalement les mêmes résultats avec des variations moindres. La zone d'embouchure du Tavignano est relativement stable, l'érosion maximale se trouve au niveau du PK68 où aucune construction n'est recensée. L'érosion domine sur une grande partie du littoral avec un maximum de recul au Sud de la Marina d'Erba Rossa. Le cordon sableux de l'étang de Palu se développe et on mesure des avancées supérieures à 15 m. Sur cette portion de côte, le transit littoral dominant semble s'orienter vers le Sud.

Sur le dernier secteur, entre le Travo et la Solenzara, le littoral est en accrétion, notamment au droit de la Marina de Solaro. D'après la simulation des climats de houle passés, le transit au sein de cette sous-cellule sédimentaire semble s'orienter vers le Nord.

Les phénomènes de submersion lors des tempêtes marines

La cellule « Tavignano – Solenzara » est relativement protégée des phénomènes de submersion marine en raison du relief littoral qui présente une altitude globalement supérieure à 2.5 m NGF (Cf. Illustration 30).

Cependant quelques secteurs restent plus ou moins exposés à ces phénomènes lors d'un événement extrême.

Des zones très localisées comme le secteur de l'embouchure du Tavignano, au droit de l'étang d'Urbino, de l'aérodrome ainsi que de la Marina de Solaro semblent présenter une sensibilité à la submersion sur des surfaces restreintes. Par contre au Sud de Ghisonaccia, une bande côtière longue de 6 km environ présente une sensibilité accrue à la submersion marine. Il est possible effectivement que cette submersion puisse s'étendre sur une centaine de mètres dans les terres avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre 1 mètre. Ce secteur est l'un des lieux de la Plaine orientale le plus exposé à ce phénomène.

Mis à part une partie du littoral située au Nord de la base aérienne de Solenzara (Commune de Serra-di-Fiumorbu), la totalité du littoral de cette cellule hydro-sédimentaire présente une sensibilité forte voire très forte à l'érosion durant un événement extrême. Ceci est dû principalement au fait que la pente émergée de la bande sableuse est importante (entre 5 et 10%), ce qui va entraîner des niveaux d'eau important mais également au fait que la largeur de la plage est relativement faible (inférieure à 20 m). Ce sont ces deux caractéristiques principales qui rendent cette partie de la côte sensible à l'érosion pendant une tempête.

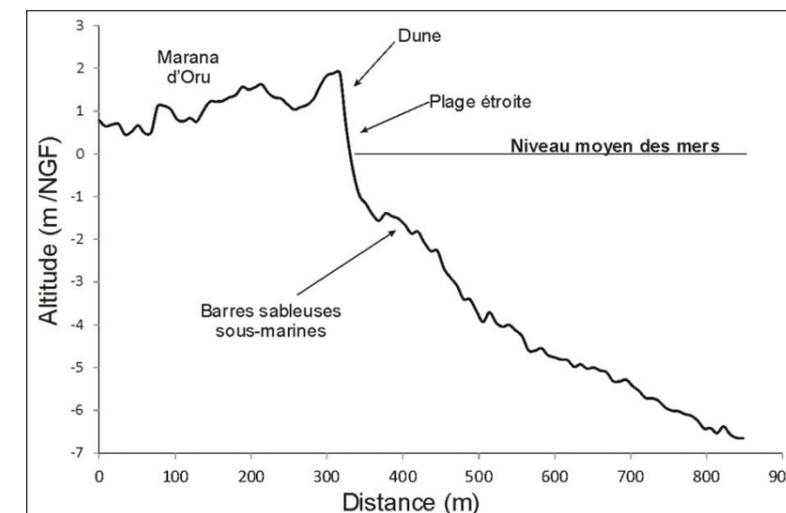
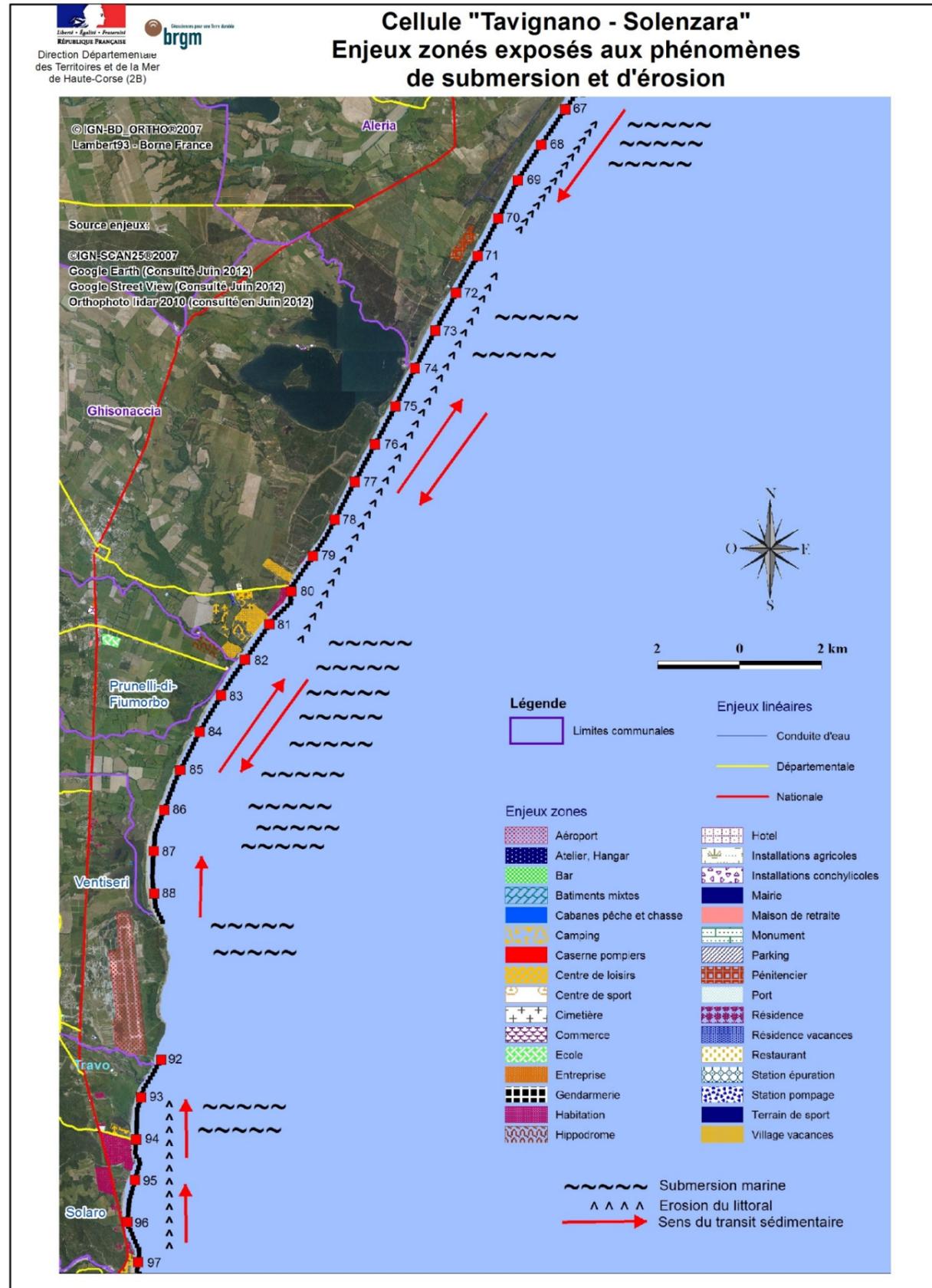
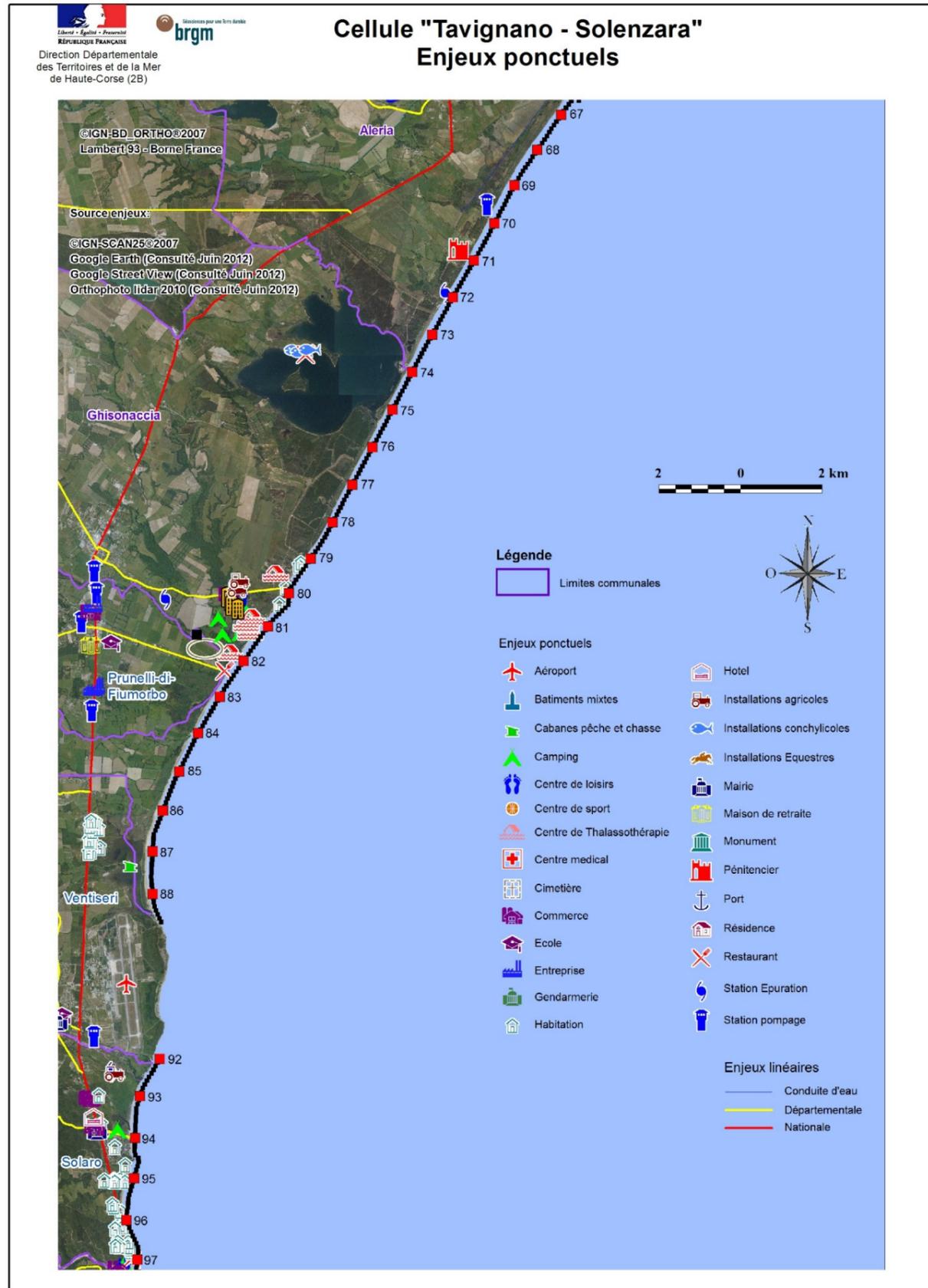


Illustration 30 - Profil transverse du littoral au niveau de la Marina d'Oru illustrant la faible altitude de l'arrière-dune.



4.4.4 Les enjeux présents dans la cellule hydro-sédimentaire « Tavignano – Solenzara » :

La majeure partie de cette cellule sédimentaire est naturelle, et un grand linéaire côtier est propriété du Conservatoire du littoral (environ 13 km).

Les enjeux naturels s'étendent principalement sur le Nord de la cellule entre les communes d'Aléria et celle de Ventiseri. Ils se composent :

- d'une réserve de chasse en terre et en mer sur la commune d'Aléria soumise à la fois à une érosion modérée (entre 20 et 40m sur la période de 1948 à 2007) mais également à une submersion marine potentielle partielle durant un épisode de tempête ;
- d'une Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) s'étendant sur deux communes, celle de Ghisonaccia et d'Aléria. Cette zone est soumise à une érosion modérée sur toute sa longueur au même titre que la réserve de chasse citée précédemment ;
- d'une zone conchylicolle, l'étang d'Urbino, avec un littoral globalement stable avec quand même une légère érosion au Nord du grau. Le grau lui-même est sujet à l'ensablement et doit être curer régulièrement ;
- de plusieurs zones Znieff de type 1, de superficie réduite. Dans le secteur de Ghisonaccia et d'Aléria, ces zones sont soumises à une érosion modérée alors que dans la partie plus au sud, le littoral va avoir plutôt tendance à être en accrétion mais la submersion marine potentielle est beaucoup plus importante au Sud qu'au Nord ;
- d'une partie du Parc Naturel Régional de Corse qui est essentiellement soumis à une exposition à une submersion marine potentielle alors que le littoral est plutôt en accrétion sur ce secteur.

En ce qui concerne les enjeux que nous pouvons considérer comme anthropiques, ils sont très localisés. Nous pouvons identifier quatre zones :

- dans le secteur d'Aléria, les constructions du centre pénitencier de Casabianda se trouvent actuellement à plus de 100 mètres du trait de côte dans une zone où le trait de côte a tendance à être stable voire légèrement en érosion inférieure à 0.5 m/an. Par ailleurs, la morphologie du secteur permet de limiter les impacts en terme de submersion marine ;
- de part et d'autre de ce centre pénitencier se trouvent une station de pompage et une station d'épuration ;



Illustration 31 - Construction proche du littoral à la pointe de Vignale (www.francevuesurmer.com).

- le sud de la commune de Ghisonaccia concentre une grande partie des « enjeux anthropiques » présents (Cf. Illustration 31 et 32). Ce sont principalement des centres de loisirs touristiques et des habitations qui sont situés dans une zone où l'érosion reste limitée mais certains de ces enjeux de

part leur positionnement (moins de 50 mètres du trait de côte et parfois à peine 20 mètres) peuvent être rapidement affectés par ce phénomène. De plus, l'exposition au phénomène de submersion marine potentielle durant un événement extrême est l'une des plus importante de la Plaine orientale avec le lido de la Marana. L'épaisseur de la tranche d'eau pourrait atteindre 1 m et pénétrer jusqu'à plusieurs dizaines de mètres à l'intérieur des terres ;



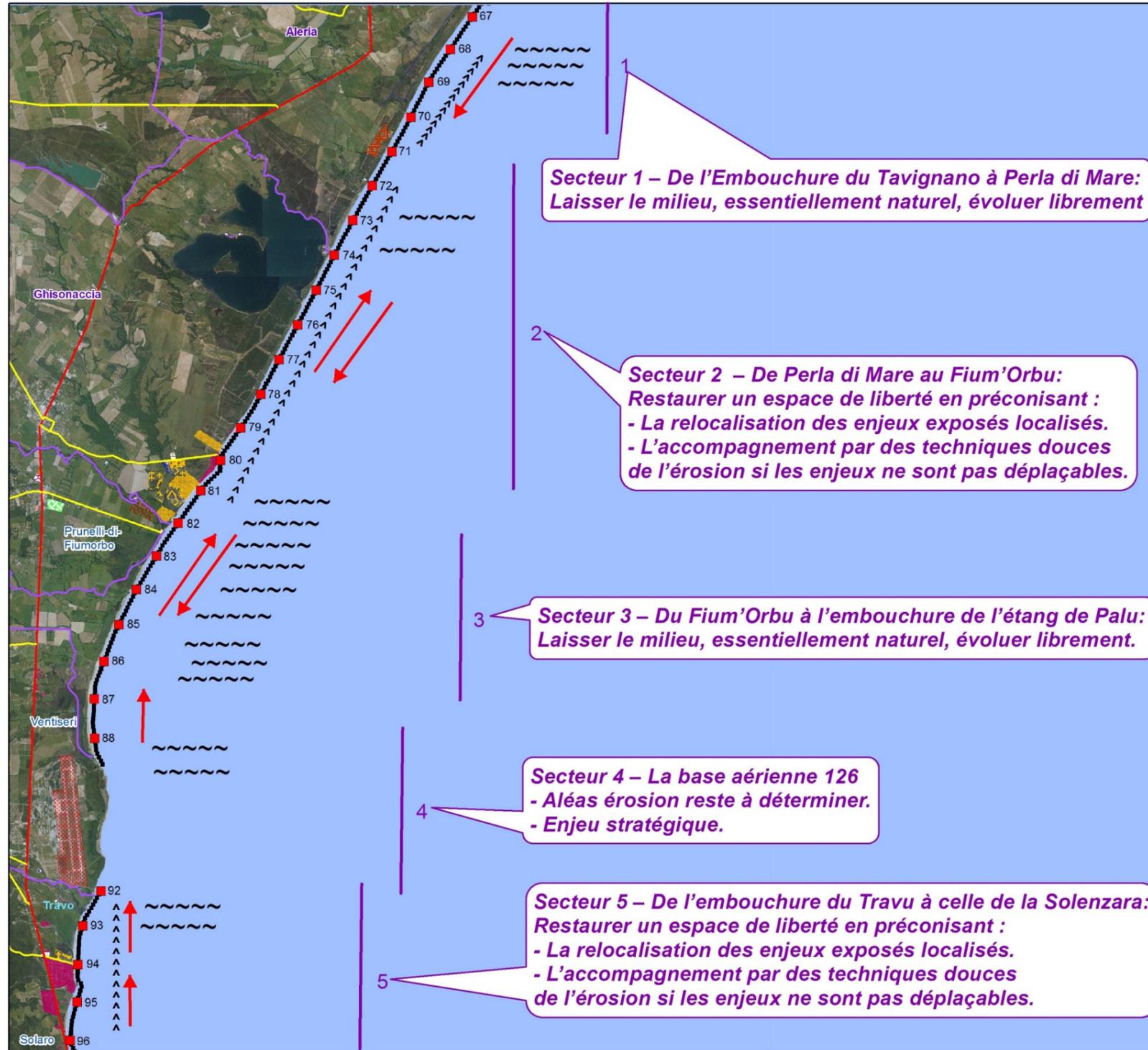
Illustration 32 - Vue aérienne au niveau de la Marina d'Erba Rossa (www.homair.com).

- la présence de la base aérienne de Solenzara (Cf. Illustration 33) reste un enjeu majeur de cette cellule sédimentaire mais l'évolution sur ce secteur n'est pas suivie en raison de la non disponibilité des photos historiques. Un système d'approvisionnement en hydrocarbure est implanté en mer (sea-line) ;
- au nord du port de Solenzara, on trouve quelques habitations à proximité du littoral à la marina di Solaro.



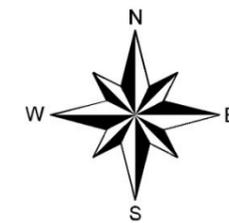
Illustration 33 - Littoral au niveau de la base aérienne 126 de Solenzara (www.francevuesurmer.com).

Préconisations de gestion pour la cellule "Tavignano - Solenzara"



Les Stratégies de gestion préconisées pour la Cellule Tavignano-Solenzara:

- Laisser le milieu évoluer naturellement et éviter l'implantation de nouveaux enjeux sur le littoral ;
- Gérer les cordons dunaires dans les secteurs les plus exposés à la submersion marine ;
- Dans les secteurs à enjeux fortement exposés, favoriser la relocalisation des biens et services à plus ou moins long terme.



- ~~~~~ Submersion marine
- ^^^^^^ Erosion côtière
- Sens du transit sédimentaire

IGN-BD_ORTHO 2007
Lambert93 - Borne France

Source enjeux:
Google Earth (Consulté Juin 2012)
Google Street View (Consulté Juin 2012)
Orthophoto Lidar 2010 (Consulté Juin 2012)

4.4.2. Préconisations de gestion pour la cellule Tavignano - Solenzara

Le littoral compris entre l'embouchure du fleuve Tavignano et celle de la Solenzara représente un linéaire côtier de 32 km qui reste peu urbanisé sur la frange côtière. Une grande partie de ce linéaire présente une érosion modérée à forte. Ceci concerne la zone située immédiatement au Sud de l'embouchure du Tavignano, la quasi-totalité du littoral de Ghisonaccia, et le littoral de Solaro. Par ailleurs, la topographie littorale est très basse par endroits et l'exposition à la submersion est forte au sud de la commune de Ghisonaccia jusqu'à la base aérienne 126.

Objectifs recherchés : Les préconisations générales dans cette cellule sont de laisser le milieu évoluer naturellement autant que possible et d'éviter l'implantation de nouveaux enjeux sur la frange littorale. Ce laisser-faire peut éventuellement s'accompagner de la gestion des cordons dunaires afin de limiter les effets de la submersion marine. Dans les secteurs à enjeux fortement exposés, des solutions douces d'accompagnement sont à privilégier, après évaluation de la solution de relocalisation.

Les solutions inadaptées :

- **les épis** conçus pour bloquer le transit littoral sont inadaptés sur ce secteur où la dérive littoral résiduelle reste faible et où les transits peuvent facilement s'inverser en fonction des directions de houle dominantes ;
- **les talus** en enrochements ou géotextiles, conçus pour protéger l'arrière-plage car ils déstabilisent fortement le littoral et génèrent, par réflexion de la houle, la disparition progressive de la plage ;
- **les techniques de piégeage** sédimentaire de type brise-Lames ne sont pas adaptés en raison d'un transit sédimentaire parallèle à la côte.

Les solutions envisageables : Plusieurs techniques permettent d'atténuer les phénomènes d'érosion et de submersion. En fonction des problématiques locales, on distingue, du nord au sud, 3 grands secteurs de gestion :

1 – de l'embouchure du Tavignano à Perla di Mare :

Ce secteur présente une érosion modérée à forte, et des phénomènes de submersion sont observés. Toutefois, les enjeux présents sont limités, et de manière générale pas implantés à proximité immédiate de la plage. C'est le cas du pénitencier de Casabianda par exemple. Il est donc préconisé de laisser ce milieu évoluer naturellement.

2 – de Perla di Mare au Fium'Orbu :

Le littoral est très urbanisé et fortement exposé à la submersion marine et à l'érosion côtière. La plage est relativement large et les constructions sont généralement implantées légèrement en retrait de la plage, à l'exception de la pointe de Vignale. Il est donc préconisé de mettre en place des solutions techniques douces afin d'atténuer les phénomènes d'érosion et de submersion. Cela comprend :

- la restauration et la gestion d'un cordon dunaire. Cette solution est particulièrement adaptée sur les secteurs où la plage est large ;
- sur les secteurs où les enjeux sont trop proches du littoral, la relocalisation doit être envisagée à plus ou moins long terme, et toute action entreprise devra s'insérer dans une stratégie « sans regrets » qui accompagne l'évolution naturelle et s'oppose à toute nouvelle implantation d'enjeux sur le littoral. Ceci peut comprendre des rechargements ponctuels, qui peuvent éventuellement provenir du curage des embouchures après évaluation de la qualité de ces sédiments.

3 – du Fium'Orbu à l'embouchure de l'étang de Palu :

Ce secteur est principalement naturel, et il est préconisé de le laisser évoluer naturellement. De plus, le trait de côte est relativement stable depuis 1948. Une grande partie de ce littoral est exposée à la submersion marine, mais il s'agit principalement d'étangs déjà en connexion avec la mer (Gradugine, Palu) pour lesquels une submersion temporaire a peu d'incidences.

4 – la base aérienne 126 :

L'étude historique n'a pu être réalisée sur ce secteur en raison de la non-accessibilité aux photographies historiques. Les implantations sont toutefois relativement éloignées du littoral protégé par des affleurements rocheux en mer. S'agissant d'un secteur compris entre deux embouchures (Travu et grau de Palu), la dynamique de ce tronçon est relativement indépendante des littoraux adjacents. Les analyses restent à faire sur ce secteur présentant un enjeu stratégique.

5 - de l'embouchure du Travu à celle de la Solenzara :

Cette portion du littoral présente plusieurs plages séparées par des embouchures ou par des pointes rocheuses. Les phénomènes d'érosion y sont modérés à forts. A l'exception de quelques secteurs très localisés, les enjeux présents sont situés en retrait de la plage et il est préconisé de laisser évoluer le milieu naturellement ou de mettre en œuvre si nécessaire des techniques douces d'accompagnement. Sur les secteurs où des enjeux sont déjà fortement exposés, la solution de relocalisation devra être évaluée, et toute fixation du trait de côte par des solutions dures est à proscrire.

Cellule Tavignano - Solenzara			
Désignation de la solution technique	Principes généraux	Evaluation des impacts environnementaux potentiels	Evaluation de la faisabilité du scénario
Evolution au fil de l'eau / Laisser-faire	Erosion modérée sur les communes d'Aleria, Ghisonaccia et Solaro Quelques enjeux fortement exposés	- l'urbanisation proche du trait de côte peut à terme conduire à la disparition de la plage (secteurs déjà protégés) et un risque accru pour les enjeux ; - maintien d'un comportement dynamique naturel du littoral	Cette solution est particulièrement adaptée sur les secteurs naturels qui représentent une part importante du linéaire.
Relocalisation/ abandon des enjeux exposés	Restaurer un espace naturel Limiter les risques côtiers	- impacts limités sur le milieu en dehors de la période de travaux ; - consommation d'espace pour relocaliser les enjeux - solution durable et pérenne	Ce scénario est une réponse adaptée dans les secteurs où les enjeux sont localisés et/ou facilement déplaçables.
Rechargements sédimentaires ponctuels	Compenser le déficit par des rechargements localisés	- peu d'impacts en dehors de la période de travaux ; - amélioration de la résilience de la plage et de la résistance aux tempêtes	Solution technique adaptée si les enjeux ne sont pas déplaçables, mais qui reste non-pérenne ; Impacts de la modification de l'avant-côte à évaluer

5. Conclusion

L'objectif de cette étude est de faire des propositions de gestion du littoral de la Plaine orientale au vu des enjeux présents pouvant être soumis aux aléas côtiers tels que la submersion marine, la sensibilité de la côte à l'érosion durant un événement de tempête ainsi qu'à l'évolution historique du trait de côte.

Le diagnostic de l'évolution historique et récente du trait de côte a permis de mieux caractériser le phénomène sur le littoral de la Plaine orientale. On obtient ainsi les pourcentages du linéaire en érosion ou en accrétion (Cf. Illustration 34).

	Evolution historique (1948 – 2007)	Evolution récente (2002 – 2007)
Erosion forte	8.5 km (au-delà de -40 mètres) Soit 9% du linéaire	3.5 km (au-delà de -15 mètres) Soit 4% du linéaire
érosion	32.5 km (au-delà de -10 mètres) Soit 35% du linéaire	22 km (au-delà de -5 mètres) Soit 24% du linéaire
stable	29 km (entre -10 et + 10 mètres) Soit 32% du linéaire	41.5 km (entre -5 et +5 mètres) Soit 45% du linéaire
accrétion	31.5 km (au-delà de +10 mètres) Soit 34% du linéaire	28 km (au-delà de +5 mètres) Soit 31% du linéaire
Accrétion forte	3 km (au-delà de +40 mètres) Soit 3% du linéaire	6.5 km (au-delà de +15 mètres) Soit 7% du linéaire

Illustration 34 - Linéaire côtier en érosion ou accrétion.

Par ailleurs, l'étude sur les tempêtes affectant le littoral de la Plaine orientale, réalisée dans le cadre de la convention OEC-BRGM, permet d'évaluer la sensibilité des plages à l'érosion lors des tempêtes, ainsi que l'exposition au phénomène de submersion marine.

Une grande proportion du linéaire côtier de la plaine est exposée à l'érosion lors des tempêtes (Cf. illustration 35).

Sensibilité à l'érosion	Linéaire côtier
Faible	0 km
Moyen	21 km soit 22% du linéaire
Fort	63 km soit 66% du linéaire
Très fort	11 km soit 12% du linéaire

Illustration 35 – Linéaire côtier exposé à l'érosion lors des tempêtes.

Lors des tempêtes, la frange côtière est partiellement submergée, avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre jusqu'à 1.5 m. Cette inondation temporaire va concerner des zones naturelles, mais également des zones bâties (établissements publics ou propriétés privées) et des zones agricoles (cf. Illustration 36).

	Couche d'eau comprise entre 0 et 50cm	Couche d'eau comprise entre 50cm et 1m	Couche d'eau comprise entre 1m et 1.5m
Etablissement recevant du public	100 Ha Soit 41% de l'étendue de cette couche d'eau Soit 8% de toute la superficie de ces établissements	22 Ha Soit 26% de l'étendue de cette couche d'eau Soit 2% de toute la superficie de ces établissements	0.3 Ha Soit 11% de l'étendue de cette couche d'eau Soit 0.03% de toute la superficie de ces établissements
Propriétés privées	15 Ha Soit 6% de l'étendue de cette couche d'eau Soit 9% de toute la superficie de ces propriétés	5 Ha Soit 6% de l'étendue de cette couche d'eau Soit 3% de toute la superficie de ces propriétés	0.09 Ha Soit 3% de l'étendue de cette couche d'eau Soit 0.05% de toute la superficie de ces propriétés
Exploitations agricoles	130 Ha Soit 53% de l'étendue de cette couche d'eau Soit 9% de toute la superficie de ces terrains	56 Ha Soit 67% de l'étendue de cette couche d'eau Soit 4% de toute la superficie de ces terrains	3 Ha Soit 86% de l'étendue de cette couche d'eau Soit 0.2% de toute la superficie de ces terrains

Illustration 36 – Surface bâties ou agricoles exposées à différents niveaux de submersion marine définis par la hauteur d'eau atteinte lors de la tempête.

A partir de ces éléments, ce rapport propose des préconisations de gestion du littoral de la plaine à l'échelle des cellules sédimentaires, en évaluant les différentes stratégies et solutions techniques à disposition. Il constitue ainsi un outil d'aide à la décision à destination des services de l'état et des collectivités de la Plaine orientale de Corse.

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
- BCEOM,** 2004. Etude générale pour la protection et la mise en valeur du littoral des communes de Frontignan-La-Peyrade et de Villeneuve-lès-Maguelone.
- 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.
- Lazure, P. et Dumas, F.,** 2007. An external-internal mode coupling for a 3D hydrodynamical model for applications at regional scale (MARS). *Advances in Water Resources* 31: 233-250.
- 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.
- Saha, Suranjana, and Coauthors,** 2010: The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **91**, 1015–1057.
- 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.
- 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.



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

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