Etude de l'érosion de la plage de Sisco

DEMANDEUR : Commune de Sisco
PROJET : Défense de la plage contre l'érosion littorale

Numéro d'affaire	Indice	Date	Nombre de pages	Vérifié par	Etabli par	Mission
040517507	B	08/06/2018	37	Éric GRABOWSKI	Alison SCHNEIDER	Etude érosion

TABLE DES MATIERES

1 CADRE DE L'INTERVENTION 3
1.1 Intervenants 3
1.2 Mission étude de l'érosion 3
1.3 Documents de référence 3
1.4 Présentation de l'étude 5
1.5 Contexte 6
2 ETUDE DE LA PLAGE DE SISCO 8
2.1 Morphologie de la plage 8
2.2 Agents dynamiques 14
2.3 Qualité des sédiments 18
2.4 Processus sédimentaires 20
2.5 Evolution temporelle 21
3 GEOLOGIE / HYDROLOGIE / RISQUES NATURELS 25
3.1 Géologie 25
3.2 Hydrologie 26
3.3 Risques naturels 27
4 PROTECTIONS ENVIRONNEMENTALES 29
4.1 Espèces protégées 29
4.2 Sites Natura 2000 30
4.3 Plan national d'actions 31
5 MODES DE GESTION PROPOSES 32
5.1 Opération de dragage 32
5.2 Devenir des sédiments 32
5.3 Réhabilitation de la digue 33
5.4 Mesures non structurelles 35
5.5 Gestion raisonnée des banquettes de posidonie 35
6 ANNEXE 37

1 CADRE DE L'INTERVENTION

1.1 Intervenants

FONCTION	ORGANISME	NOM	DIFFUSION
Maîtrise d'Ouvrage	Mairie de Sisco	M. Vivoni le Maire	X
Réalisation	Rocca E Terra	E. Grabowski	X

Tableau 1 Récapitulatif des intervenants sur le projet

A la demande de Monsieur Vivoni le Maire de la commune de Sisco, le bureau d'étude ROCCA E TERRA est en charge de la réalisation d'une étude de l'érosion de la plage de Sisco en Haute-Corse et de préconiser des moyens de défense adaptés.

1.2 Mission étude de l'érosion

Cette mission contient :

- Reconnaissances sur site
- Prospection par sismique réfraction
- Recherche de systèmes de défense
- Préconisations pour la mise en exécution
- Recherches documentaires

1.3 Documents de référence

- Carte IGN, source Géoportail, http://www.geoportail.gouv.fr/accueil
- Service de consultation du plan cadastral, https://www.cadastre.gouv.fr
- Carte géologique régionale, source BRGM, extrait au 1/50000, http://infoterre.brgm.fr
- Plan de Prévention des Risques Naturels de Mouvement de Terrain, www.prim.net
- Plan de Prévention des Risques Naturels, http://www.les-plans-de-prevention-des-risques-naturels
- Carte des inondations et coulées de boue, www.prim.net

- Carte des remontées de nappes, débordements, ruissellements, inondations, crues, http://www.inondationsnappes.fr/
- Carte de l'aléa retrait-gonflement, source BRGM, www.argiles.fr, www.infoterre.brgm.fr
- Plan de zonage sismique, www.prim.net, http://www.risquesmajeurs.fr/le-zonage-sismique-de-la-France, http://www.planseisme.fr/
- Belon, R., Balouin, Y., Merour, A., Riotte, C. et Bodere. G. (2013) – Atlas Littoral de la Haute-Corse de Bastia à Galeria. Rapport final. BRGM/RP-62214-FR, 124 p., 20 ill., 81 pl.
- Belon R., Balouin Y., Bodéré G, (2016) – Atlas Littoral de la Haute-Corse de Bastia à Galéria – Phase finale. Rapport BRGM/RP-64052-FR ; 86 p., 50 ill., 2 annexes.
- Sierra, J.P., Casas-Prat, M., 2014. Analysis of potential impacts on coastal areas due to changes in wave conditions. Clim. Change 124, 861-876.

1.4 Présentation de l'étude

Cette étude s'inscrit dans un projet visant à étudier l'érosion littorale et à mettre en œuvre des mécanismes de défense adaptés. L'objectif est à la fois de sécuriser la navigabilité des petites embarcations par le rétablissement des tirants d'eau de la marine, de permettre un libre écoulement des crues sans engendrer de risque et de protéger les zones vulnérables au risque d'érosion.

Figure 1 Situation géographique de la zone d'étude

Le territoire de la commune de SISCO 20233 (code INSEE 2B281) s'étend sur le versant Est du Cap Corse de la Cima di e Follicie (altitude 1 322 mNGF) jusqu'à la façade littorale. A 12 km au Nord de Bastia, le paysage identitaire de la vallée de Sisco est caractérisé par des versants et des crêtes, les habitations y sont réparties dans plusieurs petits hameaux.

La plage de poche de Sisco (« pocket beach » en anglais) est une petite plage de galets située entre deux avancées rocheuses et divisée au niveau de l'embouchure du ruisseau de Sisco en une partie Nord et une partie Sud. Deux phénomènes agissent sur sa morphologie à la fois l'envasement de l'embouchure du ruisseau à chaque épisode d'intempérie et le recul localisé du trait de côte vers l'intérieur des terres.

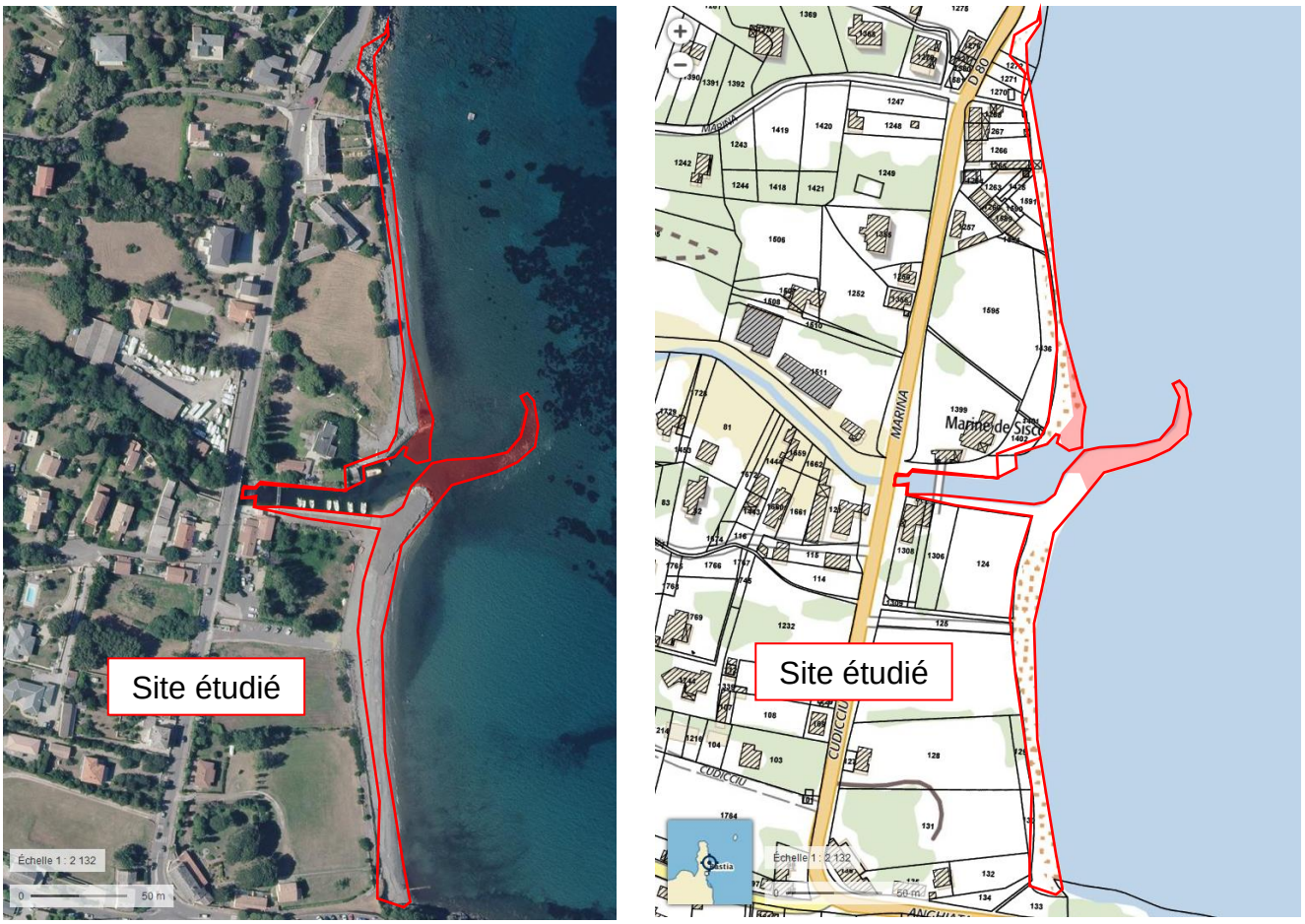


Figure 2 Délimitation du projet

L'étude de la dynamique et du fonctionnement de cette interface terre-mer (en rouge dans la figure n°2 ci-dessus) s'inscrit dans un projet visant à étudier les risques d'érosion côtière et de submersion marine dans l'optique de mettre en œuvre un mécanisme de défense adapté.

1.5 Contexte

1.5.1 Aménagement du site

La marine de Sisco est la vitrine de la commune, elle est d'une importance capitale pour ses habitants et les activités économiques. Située à l'embouchure du ruisseau éponyme, elle est utilisée par des petites embarcations privées. Une passerelle piétonne permet de relier les plages Nord et Sud. A proximité immédiate du littoral on

trouve deux restaurants, un club de plongée, quelques constructions mais principalement des terrains non aménagés.

1.5.2 Situation actuelle

Comme le montre la figure n°3 ci-dessous, le trait de côte, ligne physique de séparation entre la terre et la mer, est historiquement stable (période étudiée entre 1948 et 2002) et son évolution plus récente tend à l'accrétion (entre 2002 et 2012) selon l'étude menée par le BRGM (Belon et al., 2016). Cependant, elle peut être affectée par l'érosion de zones sensibles lors d'événements tempétueux.

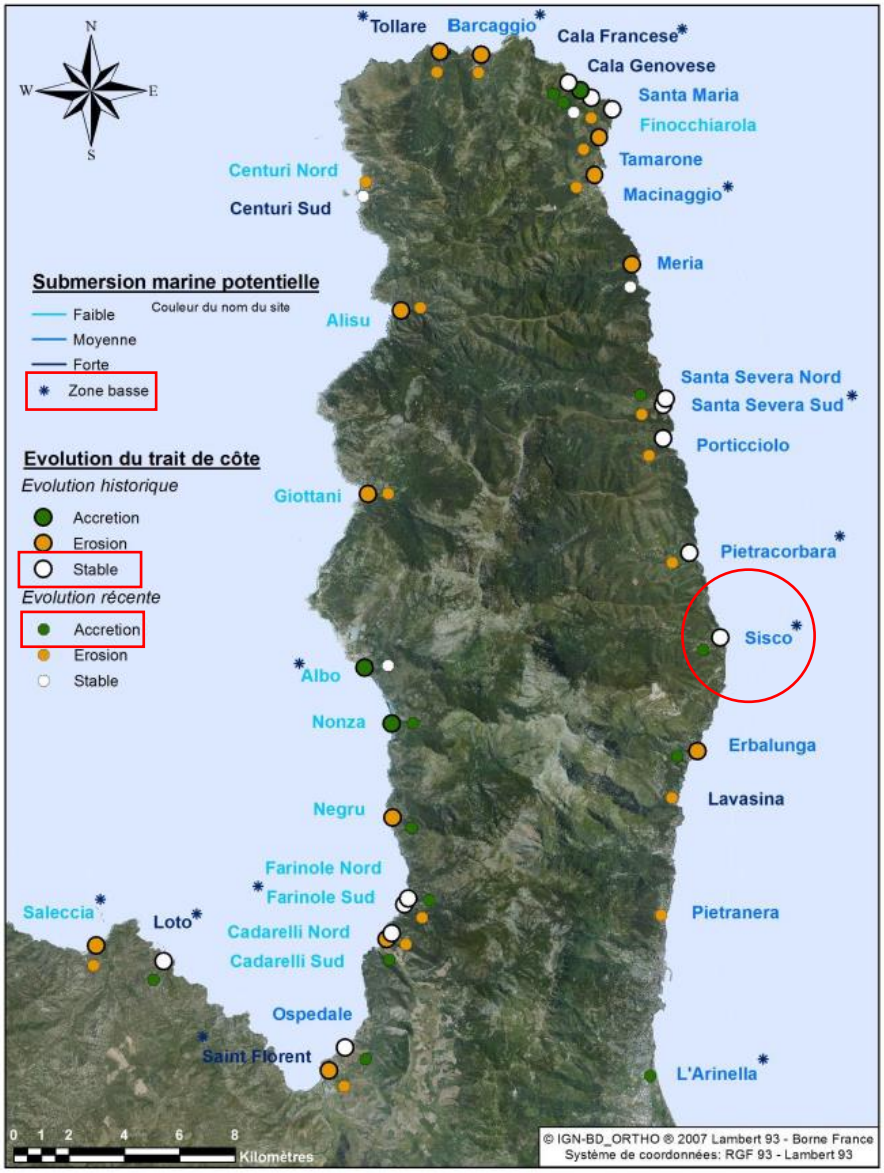


Figure 3 Situation des phénomènes d'érosion côtière et de submersion marine de la plage de Sisco (BRGM)

2 ETUDE DE LA PLAGE DE SISCO

2.1 Morphologie de la plage

La côte rocheuse à l'Est du Cap Corse isole plusieurs anses sableuses que l'on nomme « plages de poche » ou « pocket beaches » en anglais. Celle de Sisco est une petite plage de 400 mètres linéaires, composée de sables fins à grossiers, de graviers et de galets.

L'embouchure du ruisseau est une zone propice à l'ensablement. A l'Est, il subsiste d'une ancienne digue une barre rocheuse à moins de 1 m de profondeur. Au Sud, la digue de protection est constituée de blocs et de sédiments fins.

2.1.1 Etage supralittoral

La limite haute de l'action de vagues (notamment lors de tempêtes) façonne des bermes. Ces lignes de rupture érosives marquent aussi une différence d'inclinaison de la plage, plus raide en aval. Les galets et graviers qui composent la plage favorisent la formation de pentes fortes.

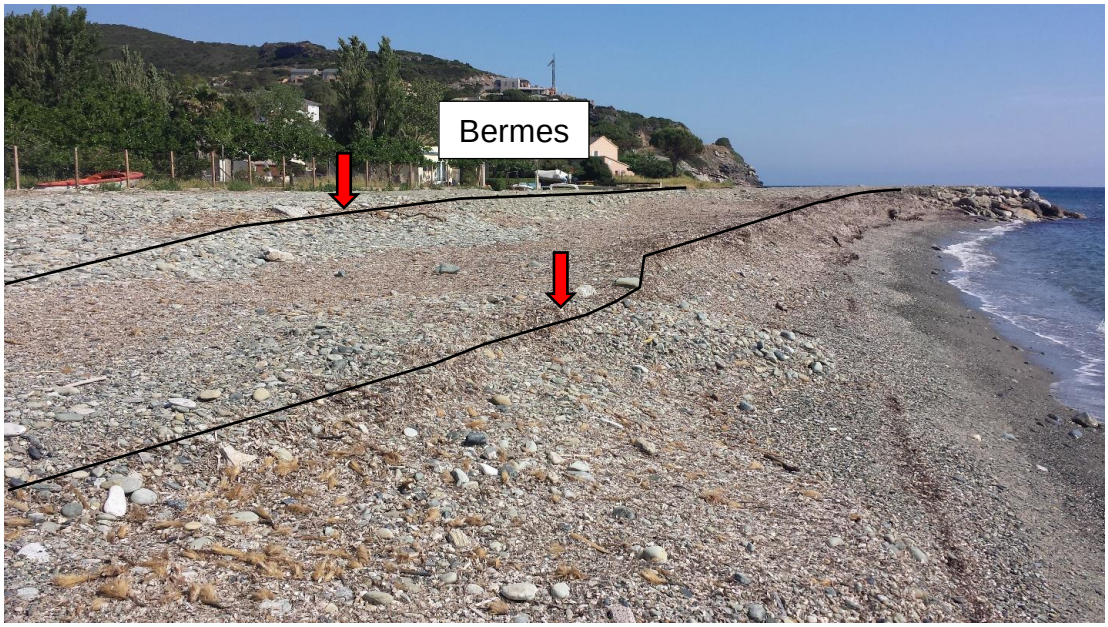


Figure 4 Plage Sud de la marine de Sisco

La prospection géophysique réalisée par sismique réfraction émet et capte les vibrations dans les roches et permet de déterminer les caractéristiques du sous-sol. Ces ondes se propagent dans tous les milieux avec une vitesse d'autant plus élevée

que le milieu est plus dense. Les ondes générées par le tir sismique sont réfractées par le toit de chaque couche du sol à des niveaux de compacité différents. Ainsi, la mesure des temps de réfraction des ondes renseigne la densité des couches.

Le résultat de la reconnaissance du sous-sol prend la forme d'un profil de plusieurs couches dont les couleurs évoluent du rouge au bleu en fonction des vitesses de compression mesurées. Plus la vitesse est faible et plus la zone est altérée.

Reconnaissance du sous-sol de la plage Nord :

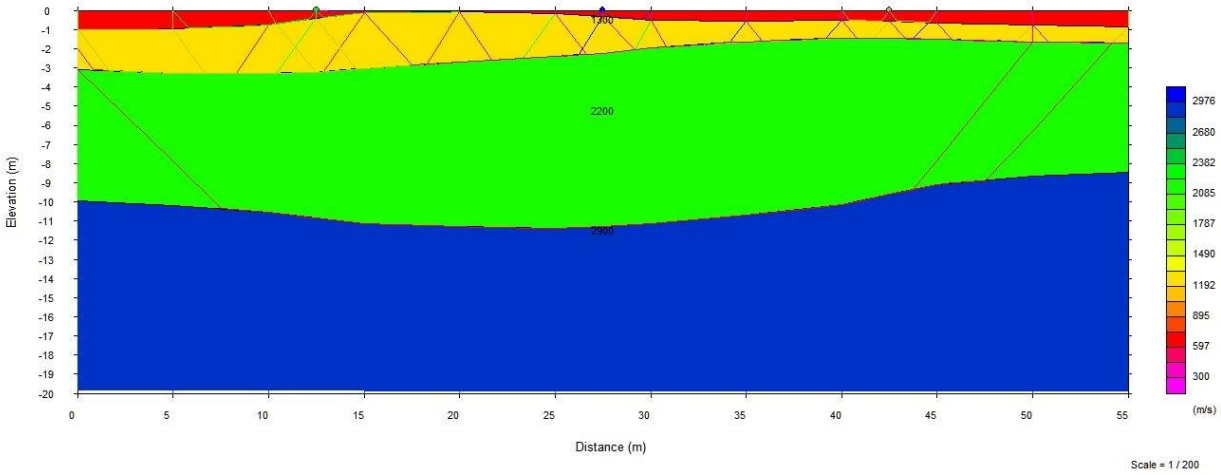


Figure 5 Profil P2 réalisé plage Nord, modèle à 4 couches obtenu par sismique réfraction

Reconnaissance du Sous-sol de la plage Sud :

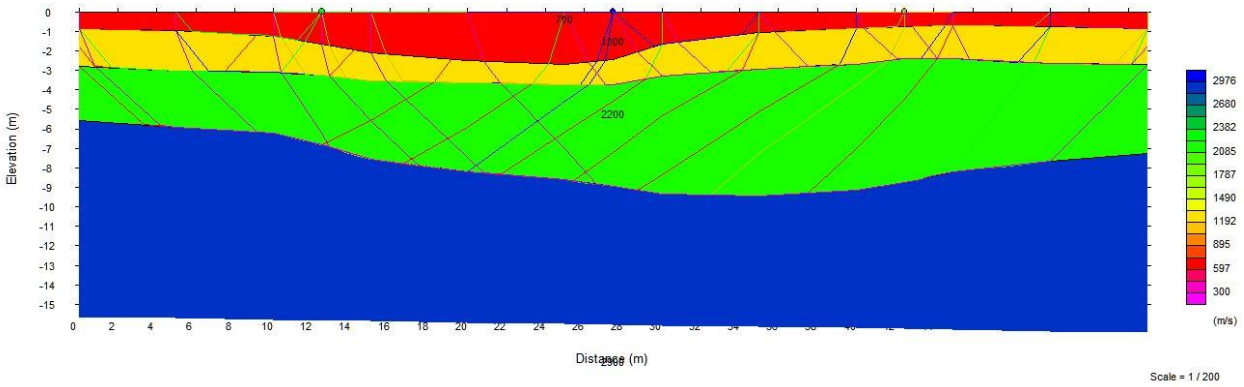


Figure 6 Profil P1 plage Sud, modèle à 4 couches obtenu par sismique réfraction

Tableau 2 Caractéristiques et interprétation des profils par sismique réfraction

Couches	Vitesse	Description	Profil	Epaisseur
Rouge Couche n°1	700 m/s	Matériaux altérés hors d'eau : galets et sable mêlés aux feuilles mortes de posidonie	Nord	0 à 1 m
			Sud	1 à 2.5 m
Jaune Couche n°2	1 800 m/s	Schistes altérés mouillés : galets, gravies et feuilles morts de posidonies	Nord	1 à 3 m
			Sud	0.5 à 2 m
Vert Couche n°3	2 200 m/s	Schistes altérés sous eau	Nord	7 à 8 m
			Sud	3 à 6 m
Bleu Couche n°4	2 900 m/s	Schistes sains	Nord	à partir de 8.5 à 11 m de profondeur
			Sud	à partir de 6 à 9 m de profondeur

Historiquement, le phénomène d'érosion touche particulièrement la plage Nord. La reconnaissance géophysique du sous-sol révèle une sensibilité plus élevée de la plage Nord au phénomène d'érosion. Les cartes hydrodynamiques produites dans le cadre de l'atlas littoral de la Haute-Corse (BRGM, 2016) valident ce constat. La prospection par sismique réfraction a permis d'émettre des hypothèses sur l'identification du sous-sol ainsi que la couche supposée contenir les feuilles de posidonie (plus stable). Ainsi, la **plage Nord** est constituée de **matériaux moins cohésifs** par rapport à la plage Sud. Sa plus grande exposition aux courants la rend d'autant plus **vulnérable à l'érosion** notamment lorsqu'elle est combinée à une submersion marine.

En arrière-plage un cordon de galets limite l'action des vents de terre avec une dépression d'arrière-plage. Cette surélévation, qui protège les terres en aval, est composée de galets (Belon et al., 2013) et recouverte de végétation succincte.

La couverture végétale est relativement succincte sur la plage en elle-même excepté en haut de plage dans les laisses de mer puis sur le haut de dune.

La zone intertidale est caractérisée par un étagement extrêmement précis, tant des espèces végétales (zones de laminaires) que des espèces animales (zones de littorines), chacune ayant sa durée optimale de séjour hors de l'eau. La violence des vagues, la brutalité des différences de température, et parfois de salinité près des estuaires, réduit d'ailleurs la diversité des espèces vivantes.

Figure 7 Végétation du haut de la plage Sud

2.1.2 Etage médiolittoral

Sous le niveau de la mer, la houle déferle et modèle le profil de l'avant-plage. Les fonds marins sont constitués de sable à proximité de la côte puis de sables grossiers et galets (d'après Guennoc et al., 2001 ; Pluquet et al., 2004).

Une plongée de reconnaissance a permis de faire état de l'envasement de la marine, de recueillir la bathymétrie (inférieure à 1 m) et d'observer les fonds rocheux affleurant à l'embouchure.

L'observation de la forme des dépôts (sable, sable grossier, galets centimétriques) accumulés dans l'embouchure du ruisseau permet d'envisager une **dérive littorale** dans le sens **Sud vers le Nord**.

Figure 8 Embouchure du ruisseau de Sisco

Les rochers quasi-affleurant dans le prolongement de l'embouchure résultent de la démolition de l'ancienne digue. Certains blocs sont identifiés comme matériaux de construction peu altérés. Le tirant d'eau ne dépasse pas 30 à 80 cm.

Figure 9 Barre rocheuse provenant de l'ancienne digue

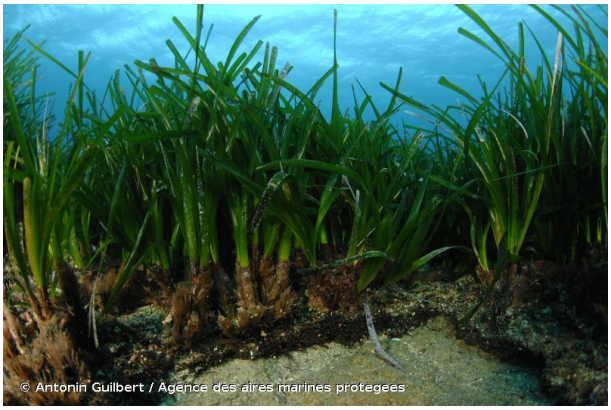
De plus, cette barre rocheuse dans le prolongement de la digue Sud semble casser l'énergie des vagues.

Figure 10 Photographie prise par Monsieur Doll en juin 2004

2.1.3 Etage infralittoral

Au-delà des barres rocheuses, vers le large à environ 70 m de la digue, la limite supérieure de l'herbier de posidonie se trouve à 1,80 m de profondeur.

La posidonie (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) est une magnoliophyte marine endémique de méditerranée d'un rôle écologique primordial (nurserie, habitat, production d'oxygène, stockage et séquestration du carbone) et pôle de biodiversité.



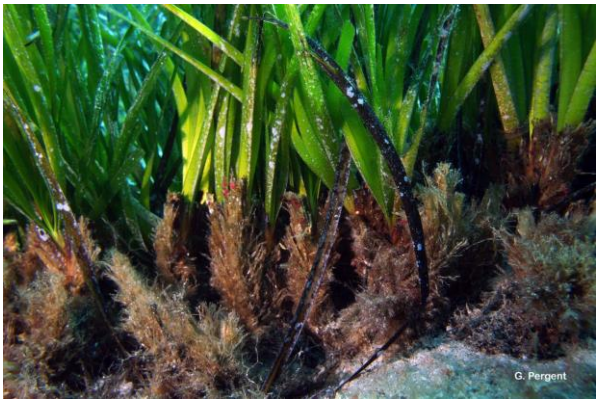


Figure 11 Herbier à Posidonia oceanica

L'herbier de posidonies est l'écosystème le plus important du bassin méditerranéen. Cette barrière végétale atténue les courants marins et la houle, et contribue à protéger le littoral de l'érosion (Garcia & Duarte, 2001 ; Pergent, 2006). La convention de Barcelone vise à protéger cet écosystème marin en partie pour son rôle dans l'équilibre sédimentaire des littoraux.

Les feuilles de posidonie, les rhizomes et les pelotes sont réparties sur l'ensemble de l'espace littoral, ils participent à l'accumulation des sédiments et au renforcement de la plage. De plus, le suivi de l'évolution de la plage de Pietracorbara est entrain de prouver le rôle positif des banquettes de posidonies dans la dynamique du trait de côte.

2.2 Agents dynamiques

Le littoral est façonné par les échanges de sédiments sous l'action combinée des processus météorologiques suivants :

2.2.1 Données de vent et de houle

La majorité des vents mesurés à la station du Cap Sagro (1.30 km au Sud de la marine de Sisco) dont près d'un quart (22.8%) soufflent en direction du Sud. La figure n°7 ci-dessous représente la rose des vents mesurés entre août 2015 et mars 2018 :

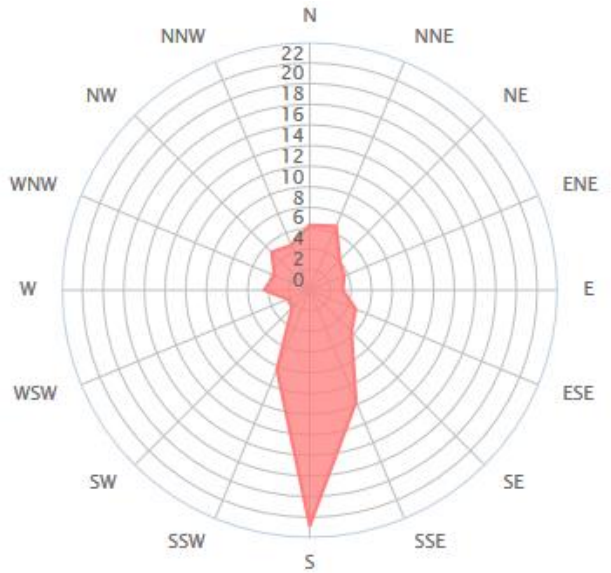


Figure 12 Rose des vents au niveau de Cap Sagro - données annuelles - période 08/2015 - 03/2018 (source : windfinder)

L'orientation du vent est à l'origine de courants de surface. Un vent dirigé vers le Sud de la côte sera accompagné d'un courant de surface dans la même direction et compensé par un courant de fond responsable de l'évacuation de sédiments vers le Nord au large.

La côte Est du Cap Corse est exposée à des houles dominantes de façon variable, caractérisée par une large prédominance des conditions de faible agitation (Hs < 1 m) en provenance principalement du secteur Sud-Est, cependant des évènements moins fréquents mais plus intenses peuvent provenir du secteur Nord-Est.

Hormis les périodes d'événement tempétueux, le risque de submersion marine potentielle est « moyen » dans cette zone de basse altitude :

Tableau 3 Niveau de set-up (déferlement) estimé avec le modèle SWAN à Sisco. BRGM

Niveau marin (marée + surcote atmosphérque)	Atlas Hydrodynamique (valeurs Set-up en m) Houle Nord	Atlas Hydrodynamique (valeurs Set-up en m) Houle Sud-Est	Set-up moyen en m (Stockdon)	Niveau statique moyen en m (Stockdon)
1.14 m	0.31	**0.34**	**0.27**	**1.38**

Toutefois, la tendance au recul de la plage de Sisco résulte des événements extrêmes pouvant entraîner des submersions marines et des phénomènes d'érosion ponctuels localisés sur les zones les plus vulnérables.

La marine et le littoral de Sisco sont particulièrement vulnérables en cas de houle Nord et peuvent potentiellement être submergés par le déferlement des houles Sud et Nord/Est.

2.2.2 Les courants

La plage de poche de Sisco est une cellule hydro-sédimentaire isolée par des caps rocheux à ses extrémités.

Le phénomène de dérive littorale est la combinaison d'une houle à incidence oblique et du retrait selon la ligne de plus grande pente. Le courant de **dérive littorale** identifié par les investigations s'applique **du Sud vers le Nord**.

Les courants agissent par des mouvements successifs de déferlement et de retrait, l'équilibre des dépôts s'effectue selon la pente et la taille des sédiments. Le fort hydrodynamisme favorise le dépôt d'un sédiment grossier.

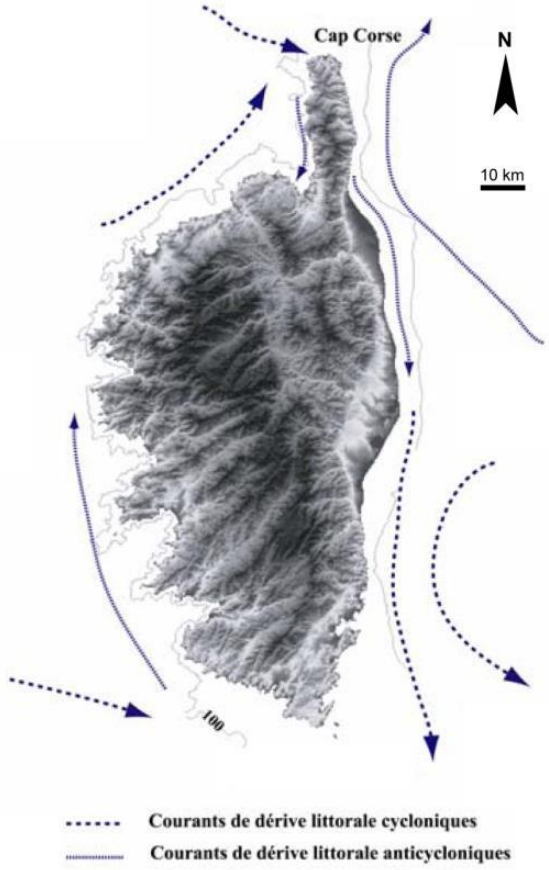


Figure 13 Cartographie des courants de dérive à l'échelle de la Corse (modifié d'après Pluquet, 2006).

Les courants de houle sont fonction de l'orientation de la houle par rapport au littoral et de son amplitude. Au contact d'obstacles les courants sont modifiés, ainsi ils sont amplifiés face à des pics rocheux et réduits dans les baies.

Les courants de dérive littorale sont générés par le déferlement de la houle le long des côtes, leur direction dépend de l'angle d'incidence de la houle. La dérive littorale génère le transfert de sédiments le long des côtes et influence leurs évolutions. Toute

modification de la morphologie des côtes implique des perturbations de la dérive littorale ainsi, la rencontre d'un ouvrage d'abri portuaire induit une accumulation de sédiments en aval et une érosion en amont.

2.2.3 Les marées

Le régime de marée qui s'applique à la mer Méditerranée est de type microtidal, il s'agit d'un faible marnage inférieur à 2 mètres. Ce phénomène lié à l'attraction gravitationnelle de la mer par la lune et le soleil crée un courant de « flot » lors de la marée montante, de « jusant » lors de la marée descendante et d'« étal » lorsque le courant est nul.

Par ailleurs, les facteurs régissant les marées météorologiques sont les hautes ou bases pressions atmosphériques, les vents, les courants, la houle de tempête.

Tableau 4 Niveaux des marées à Bastia et Macinaggio en Haute-Corse (SHOM, 2016)

Port	Niveau de référence	Pleine mer (PHMA)	Niveau moyen (NM)	Basse mer (PBMA)	Marnage
Bastia	Niveau NGF / 0.485 (IGN 78)	00.365	00.095	-00.195	0.56
	Niveau / 0 hydrographique	00.85	00.58	00.29	
Macinaggio	Niveau NGF / 0.396 (IGN 78)	00.344	00.064	-00.236	0.58
	Niveau / 0 hydrographique	00.74	00.46	00.16	

(Avec : PHMA : niveau des plus hautes mers astronomiques ; NM : niveau moyen ; PBMA : niveau des plus basses mers astronomiques ; ZH : Zéro hydrographique)

Les données de marées à Sisco n'étant pas connues, les valeurs indiquées sont celles de Bastia à 13 km au Sud, et celles de Macinaggio à 17 km au Nord.

A cela peut s'ajouter un phénomène de surcote atmosphérique qui résulte de conditions météorologiques particulières et qui engendrent un dépassement du niveau de la marée haute.

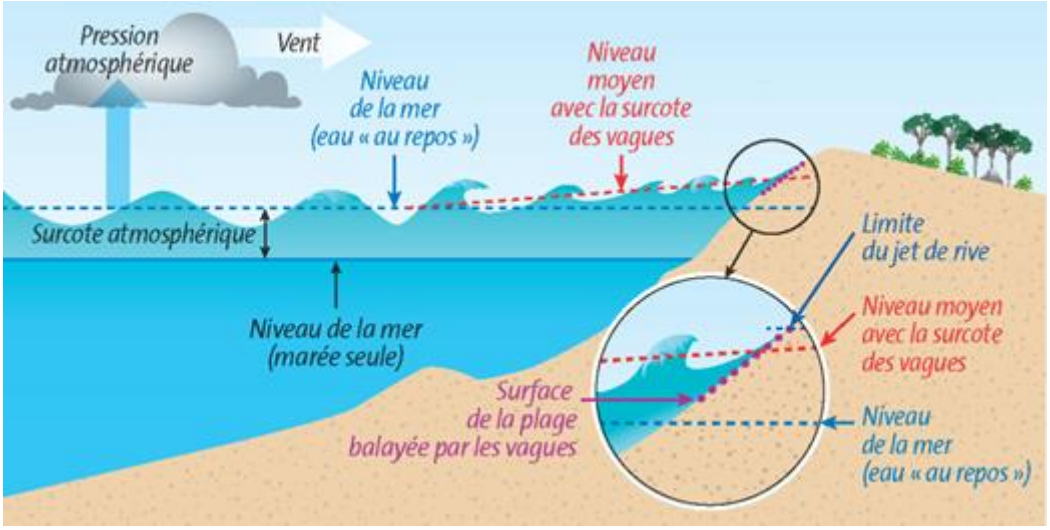


Figure 14 Tempête : agitation et surélévation du plan d'eau (BRGM)

2.3 Qualité des sédiments

Trois prélèvements de sédiments issus de l'embouchure du ruisseau constituent un échantillon (P1) représentatif de la marine. De la même façon, trois prélèvements constituent un second échantillon (P2) de sédiments de la plage.

Les sédiments de l'échantillon P1 extrait de la marine ont fait l'objet d'une analyse de contaminants conformément à l'arrêté du 9 août 2006 modifié. Des niveaux résiduels de chrome et de plomb étaient attendus correspondant au bruit de fond géologique.

En annexe se trouve le plan d'échantillonnage des sédiments de la marine. Les échantillons de sédiments de plage ont été prélevés sur les plages Sud et Nord.

2.3.1 Analyses chimiques

Tableau 5 Résultats d'analyse des éléments traces métalliques

Métaux	Unité	**Niveau N1**		Sédiments marine		**Niveau N2**		Sédiments marine
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25	<	**38**	<	50	<	
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	1.2	<		<	2.4	<	**260**
Chrome (Cd)	mg/kg Ms	90	<		<	180	<	**190**
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	45	<		<	90	<	**2 000**
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	0.4	<		<	0.8	<	**1.1**
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	37	<		<	74	<	**100**
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	100	<		<	200	<	**7 200**
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	276	<		<	552	<	**39 000**

Les résultats révèlent une **contamination aux métaux** dépassant le niveau seuil N2 sur la majorité des métaux testés.

Tableau 6 Résultats d'analyse des polychlorobiphényles

Polychlorobiphényles	Unité	Sédiments marine	**Niveau N1**	**Niveau N2**
PCB (28)	mg/kg Ms	**<0.001**	0.005	0.01
PCB (52)	mg/kg Ms	**<0.001**	0.005	0.01
PCB (101)	mg/kg Ms	**<0.001**	0.01	0.02
PCB (118)	mg/kg Ms	**<0.001**	0.01	0.02
PCB (138)	mg/kg Ms	**<0.001**	0.02	0.04
PCB (153)	mg/kg Ms	**<0.001**	0.02	0.04
PCB (180)	mg/kg Ms	**<0.001**	0.01	0.02

Les sédiments de la marine ne sont pas contaminés aux PCB.

2.3.2 Analyses physiques

Tableau 7 Résultats d'analyse de la granulométrie des sédiments

Fraction	Unité	Sédiments marine	Sédiments de plage	Classification des éléments	
< 2 µm	% Ms	4.6	1.9	Vase	Très fin
< 16 µm	% Ms	11	7.3		Fin
< 50 µm	% Ms	16	10		Moyen
< 63 µm	% Ms	19	11		Grossier
< 90 µm	% Ms	23	12	Sable	Très fin
< 125 µm	% Ms	27	14		Fin
< 180 µm	% Ms	30	16		Moyen
< 250 µm	**% Ms**	**31**	**19**		
< 355 µm	% Ms	31	24		
< 500 µm	% Ms	31	31		
< 1 000 µm	% Ms	31	60		Grossier
< 2 000 µm	% Ms	31	85		Très grossier

Près d'**un tiers** de l'accumulation de sédiments dans le chenal de la marine est constitué de matériaux sédimentaires non cohésifs de **granulométrie inférieure à 250 µm**. Environ **1/5ème des sédiments de la plage** correspondent à la même granulométrie.

Près de la **moitié** des sédiments de la plage sont constitués d'éléments **entre 500 et 2000 µm**.

2.4 Processus sédimentaires

Dans le cas des « plages de poche » la cellule sédimentaire est théoriquement isolée des plages suivantes ce qui limite les échanges entre elles.

La plage de Sisco est constituée d'alluvions fluviatiles, principalement de galets mêlés de sable et graviers, résultat de l'érosion de la vallée abrupte et découpée. La plage s'étend sur 400 mètres linéaires, sa largeur varie entre 10 et 25 m. Il s'agit d'un littoral de type « côte secondaire » selon la classification de F.P. Shepard (1952).

L'étude de la granulométrie des sédiments confirme la présence d'une accumulation à tendances sédimentaires à dépôts marins modelés non cohésifs de type grains de sable (50 µm – 2 mm) dans l'embouchure du ruisseau.

La surface de la zone à draguer est estimée à environ 1200 m² et le volume de matériaux à 400 m^3 par an pour la situation actuelle (digue non consolidée).

2.5 Evolution temporelle

1948

Embouchure naturelle orientée vers le Nord (à 40°). La plage Sud est concave et la plage Nord présente une largeur plus importante. Le secteur autour de l'embouchure est convexe et on observe une petite flèche sableuse à l'intérieur.

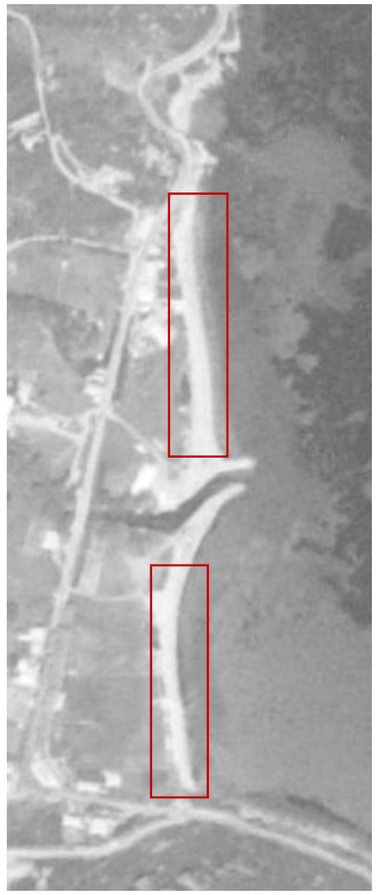
1958

Embouchure naturelle présentant un très fort atterrissement voire comblement. Erosion visible à l'extrême Nord.

1959

Embouchure naturelle partiellement comblée.

1968

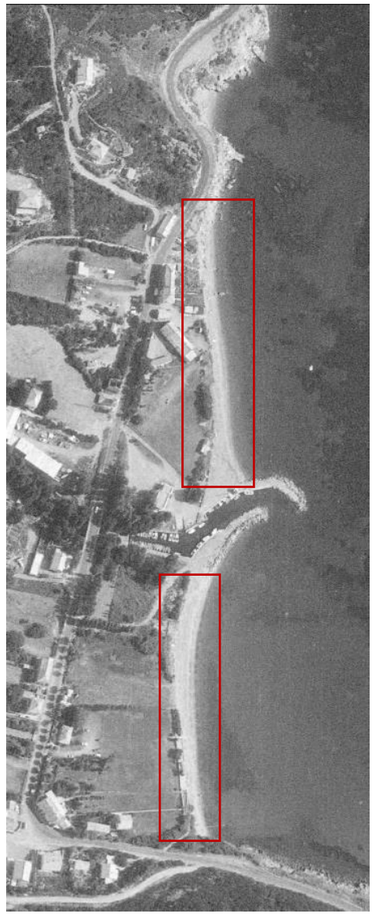


Embouchure aménagée (artificialisée) orientée à 50° puis à 90° vers l'Est.
Les pages Nord et Sud sont érodées. Au Sud la plage est concave avant l'embouchure.
Ce sont les premières images de l'aménagement de la marine avec une artificialisation nette des berges.

1973

Les plages Nord et Sud sont en accrétion. Surtout aux abords immédiats des digues. Rétrécissement en longueur de la digue Sud. Prolongement et retour de la digue Nord vers le Sud-Est.

1975



Érosions marquées des plages Nord et Sud. Extension de la digue Nord avec un retour prolongé vers le Sud-Est (130°) et un renforcement avec enrochements.

1977

Phénomène d'accrétion au Nord et au Sud juste avant l'embouchure et au centre de la plage Sud. Orientation légèrement plus vers l'Est (120°).

1982

Érosions des plages Nord et Sud. En particulier les zones les plus sensibles : extrémités Nord et Sud.

1985

On observe une érosion marquée au Sud. Au Nord le trait de côte semble stabilisé.

1990

Erosion marquée au Nord, concentré en amont de la digue.

1996

Modification de la structure des digues par un prolongement de l'élément Sud vers l'Est/Nord-Est à 60°, et rétrécissement de la digue Nord.

Accrétion de la plage Sud. Erosion au Nord.

1998

Accrétion de la plage Sud. Stabilisation au Nord.

2002

2000-2002 : Retrait de la digue Nord. Prolongement de l'anse de la digue Sud en direction du Nord (10°). Erosion marquée au Nord et au Sud. Observation d'un important atterrissement dans l'embouchure.

2007

Retrait de la digue Sud. Erosion au Nord au droit de l'ancienne digue. Il subsiste une barre rocheuse immergée à moins de 1 m de profondeur dans l'emprise de l'ancienne digue.

Les gros coups de mer d'Est sont cassés en partie grâce à l'action de cette barre rocheuse artificielle. Les événements de Sud-Est entrent dans le port (submersion les jours d'équinoxe).

2011

Accrétion au Nord et au Sud.

2016

Stabilisation générale malgré une légère érosion au Nord.

3 GEOLOGIE / HYDROLOGIE / RISQUES NATURELS

3.1 Géologie

D'après la carte géologique du BRGM N°1104 de BASTIA, le site étudié se trouve dans une zone de formation alluviale.

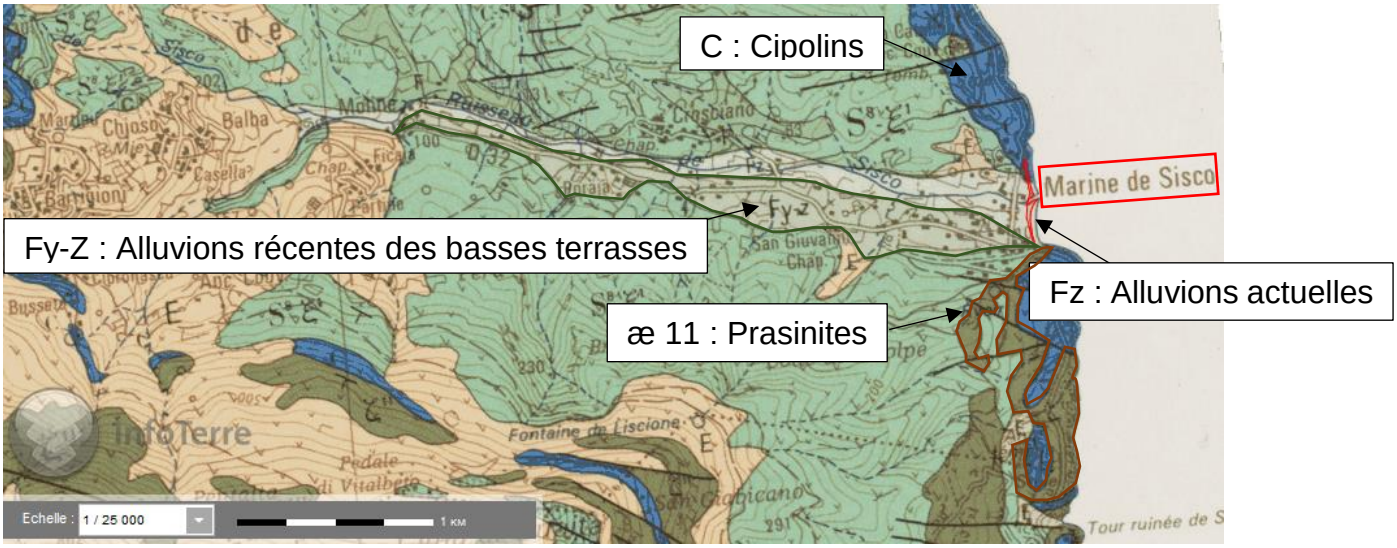


Figure 15 Carte géologique du secteur de la zone étudiée. BRGM

Le substratum de ce secteur du Cap Corse est composé de schistes lustrés appartenant à la formation géologique de la Corse Alpine. Ces ensembles de roches métamorphiques sont caractéristiques des « schistes lustrés » datant du jurassique ou du crétacé (âge tertiaire).

Fz : Alluvions actuelles. Ce sont de gros blocs de matériaux ophiolitiques, et des sédiments plus fins vers l'aval. Ces alluvions recouvrent une importante surface à l'embouchure du ruisseau de Sisco. Après de fortes pluies sur les reliefs du Cap ce type de ruisseaux peut divaguer et noyer son embouchure. Le ruisseau présente un lit fait de gros blocs empruntés en partie aux zones montagneuses situées un peu plus à l'Ouest (serpentinites, gabbros et prasinites) et probablement aussi aux alluvions plus anciennes que l'on retrouve dans les berges de ces ruisseaux. A l'embouchure même, les lits s'élargissent et les sédiments deviennent plus fins.

Au Nord et au Sud la formation affleurante est constituée de **Cipolins, unité de Sisco (C)**. Les cipolins donnent deux assises dont les épaisseurs varient de 0 à 50 mètres :

C niveau inférieur. Il s'agit de calcaires marmoréens blanc verdâtre, bien cristallisés, qui présentent des interlits micacés de teinte verte. Ils renferment en outre des lentilles de prasinites. Ces prasinites qui apparaissent stratifiées pourraient correspondre à quelques replis secondaires. On peut également se demander si ces produits basiques ne seraient pas interstratifiés dans les carbonates.

C-S8 : Niveau supérieur. Il est beaucoup plus argileux et les bancs de cipolins sont isolés au sein de calcshistes et de schistes ardoisiers.

L'association de ces cipolins avec les quartzites micacés présumés être des radiolarites leur confère probablement un âge jurassique supérieur à crétacé inférieur et ce niveau pourrait être alors le complément stratigraphique du précédent.

L'extérieur du lit majeur est constitué de **calschistes et micaschistes de l'unité de Sisco (S8-E1)** : formation métasédimentaire. Les quartzites et les cipolins ont généralement bien résisté à l'érosion et affleurent largement quand ils ne sont pas recouverts par des éboulis.

Les schistes sont gris à noirs et renferment des lentilles de quartz. Ils s'enrichissent parfois en calcite et passent alors assez rapidement aux barres de cipolins. Ils passent également insensiblement aux schistes quartzeux.

3.2 Hydrologie

3.2.1 Caractéristiques du ruisseau de Sisco

Le ruisseau torrentiel de Sisco prend sa source au pied de crêtes massives et acérées d'origine éruptive (Prasmites) il est alimenté par 7 affluents. Le ruisseau parcourt 6.5 km avant de déboucher dans la marine de Sisco. L'occupation du sol du bassin versant est caractérisée par près de 87 % de forêts et milieux semi-naturels, plus de 8 % de territoires agricoles et 4.5 % de territoires artificialisés (source : sandre eaufrance).

Les caractéristiques morphométriques du bassin versant sont :

Tableau 8 Caractéristiques morphométriques du bassin versant (issues du PPRN 2BDDTM20070003)

Superficie	Longueur du drain	Cote maximale	Cote minimale	Pente moyenne
19,6 km²	6,06 km	1 307 m NGF	0 m NGF	19,3%

3.2.2 Données de crues

Le climat méditerranéen influence les crues du ruisseau de Sisco qui peuvent être brutales. Les paramètres hydrologiques retenus pour le PPRI sont les suivants :

Tableau 9 Pluies décennales et centennales retenues

P10 en mm	P100 en mm
115	169

L'étude accompagnant l'atlas des zones inondables fixe les valeurs suivantes pour les débits de crue :

Tableau 10 Débits de crue du ruisseau de Sisco

Débit	100 ans	10 ans	2 ans
Débit de pointe en m^3/s	163	81	34

Chaque année après les périodes d'intempéries et de crues, environ **400 m^3** de sédiments sont dragués dans l'embouchure du ruisseau.

3.3 Risques naturels

3.3.1 Risque inondation

Les crues du ruisseau, d'une violence avérée, engendrent un charriage très important de sédiments provenant du bassin versant, une crue majeure a emporté le pont en 1938. Des gabions sur les berges du ruisseau de Sisco protègent les rives et les terrains en amont de l'embouchure.

Il existe un Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn), Il identifie les zones non constructibles et les zones constructibles sous conditions :

Tableau 11 Plan de prévention des risques naturels

Bassin de risque	Plan	Aléa	Prescrit le	Approuvé le
Sisco	PPRn	Inondation - Par une crue torrentielle ou à montée rapide de cours d'eau	13/08/2003	23/05/2005

Le tableau suivant récapitule les arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur la commune de SISCO :

Tableau 12 Liste des arrêtés portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
Inondations et coulées de boue	31/10/1993	02/11/1993	29/11/1993	15/12/1993
Inondations et coulées de boue	04/11/1994	06/11/1994	21/11/1994	25/11/1994
Inondations et coulées de boue	21/10/1999	21/10/1999	07/02/2000	26/02/2000
Inondations et coulées de boue	14/09/2006	14/09/2006	19/12/2006	04/01/2007
Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	28/11/2008	28/11/2008	17/04/2009	22/04/2009
Inondations et coulées de boue	04/11/2011	06/11/2011	18/11/2011	19/11/2011
Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	05/11/2011	06/11/2011	21/12/2011	03/01/2012
Inondations et coulées de boue	15/03/2015	17/03/2015	05/06/2015	07/06/2015

3.3.2 Risque submersion marine

Les événements de submersion marine peuvent entraîner d'importants impacts sur le littoral notamment lorsqu'ils sont combinés à des phénomènes d'inondations.

L'atlas des zones submersible place en zone d'aléa rouge le secteur entre la RD 80 et la marine (inconstructible au PLU).

Hormis les périodes d'évènements tempétueux, le **risque de submersion marine potentielle est « moyen »** dans cette zone de basse altitude :

Tableau 13 Niveau de Set-up (déferlement) estimé avec le modèle SWAN. BRGM

Plage	Atlas Hydrodynamique (valeurs Set-up en m)	
	Houle de Nord	Houle de Sud-Est
Sisco	0.31	0.34

Toutefois, la tendance au recul de la plage de Sisco résulte des **événements extrêmes** pouvant entrainer des submersions marines et des phénomènes d'érosion ponctuels localisés sur les zones les plus vulnérables.

Le MEDDTL propose dans sa note de synthèse sur l'élévation du niveau marin (juillet 2010), de considérer une élévation du niveau marin comprise entre 0,4 et 1 m à l'horizon 2100 conformément aux recommandations du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC).

4 PROTECTIONS ENVIRONNEMENTALES

4.1 Espèces protégées

Figure 16 Photographie aérienne sur laquelle apparaît l'herbier de Posidonies

Tout au long de l'année le cycle naturel régule les rejets de feuilles de posidonies. Lors des tempêtes d'hiver, les feuilles sont reprises par les vagues ; rouies, elles servent alors de support et de complément alimentaire pour certains peuplements de l'infralittoral et du circalittoral dont elles favorisent ainsi le développement. La suppression mécanique des banquettes de Posidonies provoque donc un appauvrissement général au sein de l'écosystème littoral.

Les feuilles mortes de posidonie, les rhizomes et les pelotes sont réparties sur l'ensemble de l'espace littoral, ils participent à l'accumulation des sédiments et au renforcement de la plage. De plus, le suivi de l'évolution de la plage de Pietracorbara est entrain de prouver le rôle positif des banquettes de posidonies dans la dynamique du trait de côte.

4.2 Sites Natura 2000

Le plateau du Cap Corse (FR 9402013) est un site Natura 2000 au titre de la directive européenne « Habitats, faune, flore ». L'herbier de Posidonies de la côte Est du Cap Corse présente un intérêt particulier par le fait qu'il constitue une continuité écologique avec le grand herbier de la Plaine Orientale.

Le site s'étend du Cap Sagro à 1.5 km au Sud de la marine de Sisco, jusqu'à la plage de Lozari à 7 km d'Ile Rousse.

Figure 17 Cartographie du site Natura 2000 Plateau du Cap Corse

Le plateau du Cap Corse (FR 9402009) est un site Natura 2000 au titre de la directive européenne « Oiseaux ». Ce site, de par sa situation géographique, est un lieu de migration prénuptiale important des oiseaux de retour d'Afrique. Il a également pour intérêt d'englober les principales îles côtières (Giralia, Finocchiarola, Capense). Le site couvre une superficie plus réduite entre le Cap Sagro à 1.5 km au Sud de la marine de Sisco jusqu'à la Punta di Corno di Becco à l'extrémité Nord-Ouest du Cap Corse. Au niveau international la zone est également protégée par le sanctuaire marin PELAGOS.

Les habitats recensés sont les bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine, les herbiers de posidonies (*Posidonion oceanicae*), les estuaires et les récifs.

L'espèce mammifère particulièrement visée par la protection est le grand dauphin (*Tursiops truncatus*).

4.2.1 Inventaires ZNIEFF

Aucune zone nationale d'intérêt écologique faunistique et floristique n'est recensée sur l'emprise du site étudié.

4.2.2 Protections règlementaires hors Natura 2000

Aucune autre protection telles que les sites classés ou les sites inscrits ne couvre le site étudié.

4.3 Plan national d'actions

La tortue d'Hermann (*Testudo hermanni*), unique tortue terrestre, est une espèce menacée, en fort déclin sur l'ensemble de son aire de répartition et plus particulièrement en Europe de l'Ouest. Elle fait l'objet du plan national d'actions en faveur de la Tortue d'Hermann 2018-2027.

En France elle ne subsiste plus qu'en effectifs réduits dans le Var et en Corse. Ses besoins écologiques se résument :

1. au maintien d'espaces naturels relativement ouverts, de type maquis en mosaïque

2. à la stabilité de ces espaces dans le temps (faible niveau de perturbation)

3. à la limitation de la fréquentation humaine sur ces espaces.

Dans le Cap Corse on trouve localement des individus résultant soit d'introductions, soit de populations relictuelles. La densité la plus élevée de population (entre 3 et 22 individus par hectare avec une moyenne de 7 individus/ha) occupe la plaine orientale, le golfe d'Ajaccio et l'extrême Sud de l'Île).

5 MODES DE GESTION PROPOSES

5.1 Opération de dragage

L'opération de dragage sera soumise à **autorisation** en application de l'article R.214-1 du Code de l'environnement, titre IV Impacts sur le milieu marin, rubrique 4.1.3.0. Dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin : 1° Dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence N2 pour l'un au moins des éléments qui y figurent (A). Les résultats d'analyse sur les sédiments conformément à l'arrêté du 9 août 2000 sont présentés dans les tableaux 4 et 5 p. 19.

Une **étude d'impact** sera nécessaire avant le dragage des sédiments de l'embouchure du ruisseau pour déterminer la présence ou l'absence d'impacts sur l'environnement, sur la faune et sur la flore. Cette étude déterminera si des mesures devront être prises afin d'éviter, de réduire, voire de compenser les éventuels impacts en vue d'obtenir une autorisation. Le Ministère de la transition écologique et solidaire a publié en janvier 2018 avec le CEREMA un guide thématique d'aide à la définition des mesures ERC.

5.2 Devenir des sédiments

La marine de Sisco, en tant que Pocket-beach est une cellule hydro-sédimentaire autonome dont le transit sédimentaire s'effectue du Sud vers le Nord. Aux extrémités Nord et Sud, à proximité des cap rocheux, les zones les plus sensibles à l'érosion littorale sont identifiées.

Dans le cadre du projet européen INTERREG MARITTIMO le volet SEDIMATERIAUX étudie les transformations possibles de sédiments de dragage en **éco-matériaux** notamment des enrochements dont l'utilisation pourrait cibler le renforcement de la digue, la consolidation des berges du ruisseau, ou la protection des zones les plus vulnérables. D'autres réutilisations sont possibles malgré la contamination en éléments traces métalliques telles que la transformation en remblai pour les couche de forme de projets routiers, la reconstitution de sol, etc.

Le programme PRISMA (Promoting Integrated Sediment Management) établi les principes de la valorisation économique par la commercialisation des sédiments de dragage.

Le stockage à terre des sédiments avant revalorisation ou traitement permet d'organiser les opérations de gestion. Toutefois, du choix du site de stockage dépend le volume de sédiments acceptable.

L'immersion des sédiments de dragage n'est pas une solution étudiée en l'état en raison de la contamination en ETM (cf. analyses chimiques paragraphe 2.3.1.). Pour être envisagée il serait nécessaire de traiter les sédiments afin de les dépolluer.

Le rechargement de plage à partir des sédiments dragués est également à proscrire en raison de leur contamination et de la différence de granulométrie. Pour être durable le rechargement devrait comporter des éléments légèrement plus grossiers (cf. analyses physiques paragraphe 2.3.2.).

5.3 Réhabilitation de la digue

5.3.1 Digue Sud

L'artificialisation de la marine dans les années 1960 a eu un impact négatif majeur sur l'érosion du littoral. Un nouvel épisode d'érosion impactant s'est déroulé entre 1996 et 2002.

Depuis 2002, les épisodes d'érosion et d'accrétion s'alternent et la situation générale semble stable.

Le problème majeur restant la **vulnérabilité à l'érosion en cas de houle Nord et la potentielle submersion par le déferlement des houles Sud et Nord/Est**.

Chaque année les éléments constitutifs de la digue Sud sont déstabilisés voire emportés par le déferlement des vagues dans le chenal du port et ainsi participe à l'ensablement de l'embouchure. Il pourrait être envisagé de renforcer cet élément par des matériaux pérennes (enrochements en éco-matériaux, éléments de granulométrie plus élevée, etc.).

Une étude structure de la digue combinée à une modélisation de la courantologie permettra de déterminer la structure à réaliser.

En effet, le futur ouvrage devra être adapté afin de ne pas être impacté par les changements climatiques. La valeur retenue pour les politiques publiques et les différentes études liées aux inondations par submersion marine tiennent compte d'une augmentation du niveau marin égale à 60 cm à l'horizon 2100 (sur la base de l'hypothèse « pessimiste » de l'ONERC et des études du 4ème rapport du GIEC).

L'élévation du niveau de la mer augmentera la profondeur de l'eau autour et à l'intérieur de la marine, modifiant les modèles de propagation des ondes qui peuvent à leur tour produire d'autres impacts sur les aménagements, affectant des processus tels que l'agitation des vagues, l'envasement ou la stabilité de la structure (Sierra et Casas-Prat, 2014).

5.3.2 Digue Nord

L'étude de l'évolution du trait de côte (cf. chapitre 2.5.) indique que la présence d'une digue au Nord de l'embouchure a eu des répercussions négatives sur l'érosion à la fois des secteurs Nord et Sud.

De plus, la présence d'une telle structure risque de favoriser une accumulation de sédiments au niveau de l'embouchure du ruisseau, le courant de dérive littorale transportant les sédiments depuis le Sud vers le Nord, et donc le comblement de l'embouchure ce qui constituerait un obstacle à l'écoulement des crues.

Tout aménagement doit faire l'objet d'une modélisation afin de caractériser son impact et notamment l'amplification de l'érosion en amont de l'ouvrage, la potentielle destruction d'habitats ou mise en danger d'espèces et la potentielle mise en danger des personnes en cas de défaillance de l'ouvrage.

5.4 Mesures non structurelles

5.4.1 Monitoring

La mise en place d'une surveillance d'indicateurs permettra d'alerter en cas de phénomène à risque, à savoir la combinaison de fortes pluies, de pressions atmosphériques défavorable, de vents forts, etc.

Le site internet www.vigicrues.gouv.fr diffuse les cartes de vigilances établies par le Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations (SCHAPI).

La prévision des submersions marines est réalisée par Météo France en partenariat avec le Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) à l'échelle du département. Un bulletin de suivi est émis à partir du niveau orange (renseigne la temporalité du phénomène, la direction du vent prévue sur le littoral, les coefficients de marée et les heures de pleine mer ainsi que la surcote prévue).

5.4.2 Système d'alerte

La communauté d'agglomération de la presqu'île de Guérande s'est dotée d'un système de prévision et d'avertissement réalisé par MétéoFrance. Le système transmet un avertissement par sms et mail lors de dépassement de seuils prédéfinis à savoir : niveau de la mer attendu correspondant au risque des premiers débordements, vitesse des vents supérieure à 80 km/h, pression inférieure à 1 000 hpa, etc.

5.5 Gestion raisonnée des banquettes de posidonie

Les banquettes de posidonies protègent le rivage, d'où la nécessité d'un mode de gestion raisonné surtout en cas de retrait lors de la période estivale. Le retrait et le stockage des feuilles en période estivale permet d'opérer un **rechargement ciblé** en hiver, voire un **enfouissement**. Cette technique est actuellement à l'étude afin d'augmenter l'épaisseur de la couche de sol utilisée comme tampon pour ralentir le processus d'érosion. Ces mises en œuvre seront opérées dans les secteurs vulnérables identifiés (enjeux) notamment au droit de la plage Nord.

Avant toute chose le projet doit être soumis à **autorisation de la part de la DREAL** en raison de la manipulation de cette espèce protégée. Le retrait des feuilles doit être manuel et non mécanique et leur stockage doit respecter des conditions de faible humidité et de non dégradation. Règlementairement, le stockage est toléré en haut de plage. Par la suite, il sera nécessaire de disposer de moyens humains pour repositionner les banquettes à l'approche des périodes d'intempéries.

De même, la conservation des laisses de mer joue un rôle majeur dans la préservation et la stabilisation de l'étage supralittoral (exceptionnellement immergé mais soumis aux embruns et au déferlement des fortes vagues) ainsi que des cordons de galets en haut de plage.

A Antisanti, Le 8 juin 2018

CHARGEE D'ETUDE : Alison Schneider, Ingénieure environnement

RESPONSABLE PROJET : Éric Grabowski, Directeur technique

MISE AU NET : Agnès Grabowski, Présidente

6 ANNEXE

Annexe 1 Plan d'échantillonnage des sédiments de la marine

Caractérisation des sédiments de la marine de Sisco

Proposition de plan d'échantillonnage

Localisation des points de prélèvements :

Figure 1 : Plan de prélèvement des sédiments

- 1 point de prélèvement en aval de la passerelle, dans des matériaux plutôt vaseux et feuilles mortes de posidonie. Suspicion de matériaux principalement terrigènes.
- 1 point de prélèvement dans l'entrée du port dans des matériaux plus volumineux à la fois liés à la dérive littorale et à la destruction de la digue.

Coordonnées des points de prélèvement :

	P1	P2
Position	42° 48' 36" N 9° 29' 22" E	42° 48' 36" N 9° 29' 24" E
Altitude	- 0.5m	- 0.5 m

Mode opératoire :

Les prélèvements seront réalisés en plongée à la pelle, les sédiments de chaque point de prélèvement rempliront un seau. Les seaux seront envoyés en laboratoire pour caractérisation des sédiments selon l'arrêté du 9 août 2006 modifié.