



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Etude des conditions de mise en œuvre d'un by-pass artificiel au niveau du port de Taverna (Haute-Corse)

Rapport final

BRGM/RP-71888-FR

Version 2 du 21 novembre 2022

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM

Stépanian A, Paquier A.E., et Billy J.

Vérificateur :

Nom : Mugica Julie

Fonction : Ingénieure littoral

Date : 19/05/2022

Signature :

Approbateur :

Nom : Rey Anthony

Fonction : Directeur régional BRGM
Corse

Date : 19/05/2022

Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr



Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire mis à votre disposition.

Mots clés : Transit sédimentaire, géomorphologie littorale, trait de côte, posidonies, sismique réflexion, port de Taverna, Haute-Corse

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Stépanian A, Paquier A.E., et Billy J. (2022) – Etude des conditions de mise en œuvre d'un by-pass artificiel au niveau du port de Taverna (Haute-Corse). Rapport final V2. BRGM/RP-71888-FR, 87 p., 61 fig.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-21/09/2021

Synthèse

Dans le cadre de son projet de facilitation d'un by-pass sédimentaire au niveau du port de Taverna, la Communauté de Communes de Costa Verde (CCCV) a sollicité un appui du BRGM pour une contribution à une étude sur les conditions de mise en œuvre de prélèvements sur les zones littorales en excès sédimentaire vers des secteurs en déficit. Cette solution serait une première expérimentation, à cette échelle sur le littoral insulaire, de mitigation de l'érosion par une gestion dynamique des stocks sableux au sein d'une même cellule sédimentaire. L'appui de la Direction régionale du BRGM en Corse a porté sur l'analyse des données qu'il a pu acquérir sur ce territoire dans le cadre de ses missions de service public.

L'objectif principal de l'étude consiste à apporter des éléments scientifiques nouveaux à la CCCV, pour aboutir à une estimation globale de la ressource et de la mobilité sédimentaire au niveau du port de Taverna. Les résultats alimentent les études de faisabilité et le dimensionnement de ce plan de gestion des sédiments qui répondra à différentes contraintes techniques, matérielles, environnementales et réglementaires, et dont le projet fera une instruction par les services de l'Etat au titre du Code de l'Environnement.

Le présent rapport rend compte des travaux consacrés à l'amélioration des connaissances concernant la dynamique sédimentaire et l'évolution du trait de côte du secteur d'étude et les volumes sédimentaires disponibles au droit du port de Taverna. Cette première phase a pour but d'accompagner la collectivité dans la présentation de son projet de facilitation du « by-pass » naturel des ouvrages portuaires, et d'estimer les volumes sédimentaires en présence.

L'étude de la dynamique sédimentaire et de l'évolution du littoral a été réalisée à plusieurs échelles de temps dont les analyses croisées montrent une cohérence avec les connaissances préalables concernant l'influence de la construction du port de Taverna : depuis sa construction en 1972, les jetées portuaires perturbent la dérive littorale et l'évolution naturelle du littoral au sein de la cellule sédimentaire avec un décrochage du trait de côte en aval-dérive. Cette situation, causée par une artificialisation du littoral, modifie ainsi le comportement morphodynamique du système dune-plage-avant-côte, qui est ici principalement contrôlé par une dynamique des barres sous-marines, typiques de la Plaine orientale, et dont le comportement est encore peu documenté. Les mesures réalisées dans le cadre du Réseau d'Observation du Littoral de la Corse illustrent une variabilité interannuelle importante de la dynamique des barres et du trait de côte, mais permettent de montrer également une tendance assez récente depuis 2019, avec une forte accrétion de la barre sous-marine au sud contre la digue. Ces données confirmées par les acquisitions bathymétriques récentes (2010, 2018, 2020) laissent suggérer qu'un by-pass naturel des infrastructures, situation inédite depuis 1972, est probablement déjà en cours depuis quelques années. Les dragages d'entretien des chenaux d'accès (estimés à 10 000 m³/an) en attesteraient. Des données de caméra vidéo, à haute résolution temporelle, acquises en 2020-2021 montrent cependant que le by-pass ne se traduit pas au niveau de l'évolution du trait de côte des plages adjacentes sur la période de suivi. Il reste cantonné au proche avant-côte.

La prospection par sismique-réflexion a permis d'évaluer à 400 000 +/- 60 000 m³, le stock sédimentaire significatif et disponible au niveau de la zone d'extraction pressentie par la CCCV. Cette estimation doit être cependant précisée en fonction de la géométrie de la zone prévue et de l'épaisseur sédimentaire considérée comme exploitable pour des opérations de rechargement de plage. Il est mis en évidence également une relative faiblesse des stocks sableux au Sud, ce qui est un indicateur peu favorable d'une recharge du stock sableux bloqué par la digue sud, par

la dérive littorale, en cas de by-pass du port, et ce qu'il soit naturel ou bien accompagné par des prélèvements artificiels. Enfin, la proximité de l'herbier de posidonies et son imbrication réciproque avec les masses sédimentaires sableuses laissent supposer des contraintes importantes en termes d'extraction d'un point de vue technique et réglementaire. En effet, l'accumulation sédimentaire à proximité du musoir de la digue sud du port tend à recouvrir localement l'herbier de posidonies.

Ces nouvelles données laissent supposer des difficultés pour la quantification de la dynamique sédimentaire sur la plage et le proche avant-côte par modélisation numérique en raison d'un grand nombre d'incertitudes liées à la présence de l'herbier et de sa prise en compte dans les modélisations numériques des transports sédimentaires, et donc de leur représentativité. Ces données pointent également des difficultés de calibration de l'estimation de la dérive littorale par modélisation.

Le projet, tel qu'envisagé à ce jour, par la Communauté de Communes Costa Verde repose sur la mise place d'un prélèvement d'environ 200 000 m³, en 10 ans (15 000 – 20 000 m³/an) des stocks sableux excédentaires et bloqués contre la digue sud du port. Pour la mise en œuvre de ce projet, le BRGM recommande une approche expérimentale avec des suivis appropriés permettant d'ajuster les opérations au fur et à mesure si nécessaire. Une attention particulière sera portée sur la localisation de la zone de prélèvements et des zones de dépôts à 1050 m de la limite haute de l'herbier de posidonies sur les modalités de prélèvements par aspiration, pour limiter les impacts sur celui-ci. Pour la pérennisation de ce by-pass artificiel avec l'exploitation à plus long terme du stock sableux au sud et au droit du port de Taverna, le BRGM recommande d'élargir les réflexions au niveau à minima de la cellule sédimentaire qui se situe entre l'embouchure de l'Alesani et le Port de Taverna avec par ordre de priorité :

- L'extension de la reconnaissance des stocks sédimentaires sous-marins vers le sud, pour juger de l'existence et de la pérennité d'un gisement-source au sein de la cellule, à même de venir réalimenter la zone des prélèvements effectués au droit du port ;
- La mise en place d'un réseau de mesures de la dynamique sableuse en plusieurs points répartis le long du littoral pour disposer d'une calibration robuste des formules de transport utilisées par la suite dans les modélisations ;
- La bonne paramétrisation du rôle de l'herbier de posidonies dans la propagation des vagues, qui est le principal forçage de la dérive littorale.

Au vu des résultats sur la morphodynamique du littoral de Taverna, et des incertitudes qui pèsent sur la disponibilité de la ressource sédimentaire, les opérations de by-pass au niveau de la cellule de Taverna, devront être réalisées et suivies à titre expérimental afin de pouvoir être ajustées dans le cas d'éventuels impacts défavorables en amont et en aval de la dérive ainsi qu'au droit du port. Pour cela, les recommandations suivantes sont émises :

- Poursuivre les suivis existants (ROL et caméras) et mettre en place de nouveaux suivis spécifiques à différentes échelles temporelles (MNT, protocole prises de vue, réseau tempête, , végétation dunaire, etc.) de l'évolution des littoraux au nord et au sud, permettant de constater l'efficacité du by-pass, en particulier sur la plage nord dont l'évolution naturelle est peu connue et dont le domaine dunaire est plus urbanisé qu'au sud, induisant de fait un potentiel de résilience face à l'érosion plus faible ;
- Assurer un suivi bathymétrique haute-résolution (MNT) sur l'avant-côte à un pas de temps annuel, à l'échelle de la cellule sédimentaire au sud de Taverna pour mieux cerner l'évolution

des stocks sédimentaires. Ce suivi annuel sera idéalement réalisé sur la base, de deux levés avant et après la campagne de dragage ;

- Réaliser une campagne de sismique-réflexion extensive pour estimer la répartition des stocks sédimentaires sur l'avant-côte, en particulier au sud pour une évaluation complète de la ressource. Ce bilan sédimentaire pourra être prévu tous les 5 ans par exemple et en cohérence avec l'échelle de temps du projet.

Ce projet fait également l'objet d'une seconde phase, de type « Assistance à Maitrise d'Ouvrage », pour apporter un appui technique et scientifique à la CCCV, durant le déroulé de son projet, en particulier pour la réalisation des études règlementaires, les travaux de prélèvement/rechargement et le suivi de leur efficacité sur le littoral inter-communal.

Sommaire

1. Introduction et contexte de l'étude	11
1.1. Contexte général	11
1.2. Objectifs	14
1.3. Problématique scientifique	14
1.4. La Plaine orientale de la Corse, côte sableuse basse sensible à l'érosion	20
1.4.1. Contexte géomorphologique du port de Taverna	21
1.4.2. Contexte météorologique et hydrodynamique	23
2. Evolution historique du trait de côte sur le littoral de Taverna	27
2.1. Inventaire et analyse des données disponibles	27
2.1.1. Données topo bathymétriques et relevés de la position du trait de côte	27
2.1.2. Autres données	28
2.2. Evolution long terme du trait de côte au droit du port de Taverna (1937-2019)	29
2.2.1. Méthodologie	29
2.2.2. Résultats	30
2.2.3. Conclusions	31
2.3. Evolution moyen terme du trait de côte au droit du port de Taverna (2002-2021)	32
2.3.1. Site de Campoloro Nord	32
2.3.2. Campoloro Sud	38
2.3.3. Conclusion sur l'évolution à moyen terme	43
2.4. Comparaison topo-bathymétrique a court terme au droit du port de Taverna	43
2.4.1. Evolution topo-bathymétrique 2010-2018	44
2.4.2. Evolution topo-bathymétrique court terme (2018-2020)	45
2.4.3. Conclusions	47
2.5. Evolution à court terme à partir des des images Solarcam (BRGM/OEC) au sud et Nord du Port de Taverna	49
2.5.1. Matériel et méthodes	49
2.5.2. Conditions hydrodynamiques	53
a) Conditions météorologiques	53
b) Conditions de vagues	53
2.5.3. Evolution du trait de côte au nord et au sud du port de Taverna	54
2.5.4. Conclusions	63
2.6. Conclusions sur l'évolution du littoral de part et d'autre du port de Taverna	64
3. Evaluation des stocks sédimentaires sur le littoral de Taverna	65
3.1. Plan de position	65
3.2. Zones d'accumulations sédimentaires	67
3.2.1. Exemple d'un profils longitudinal Sud-Nord	67
3.2.2. Exemple d'interprétation sur des profils transversaux ouest-est	68
3.3. Cartographie des épaisseurs sédimentaires	73
3.4. Conclusions	75
3.4.1. Evaluation de la ressource	75
3.4.2. Implications sur la caractérisation de dynamique sédimentaire	76
4. Conclusions	81
5. Bibliographie	85

Liste des figures

Figure 1 : Situation du port de Taverna.....	11
Figure 2 : Evolution du trait de côte au droit du Port de Taverna. Les taux d'évolutions sont calculés sur la période 1982-2019 revus à dire d'expert (Paquier et al., 2021).....	12
Figure 3 : Zones de prélèvements envisagés (Source CCCV).	13
Figure 4 - Facteurs d'évolution morphologique des littoraux. (A) facteurs et (B) facteurs générés par les activités humaines (source : BRGM)	15
Figure 5 : Blocage sédimentaire lié à l'implantation d'un ouvrage transversal (épi, jetée) – modifié d'après (Paskoff, 2010).	16
Figure 6 : Principe du système de by-pass.....	16
Figure 7 : Comparaison de la photographie IGN 2017 et celle de 1950 sur le site internet de l'IGN https://remonterletemps.ign.fr . Le port de Taverna est signalé par le rectangle sur l'image du haut.	18
Figure 8 : Données de terrain : données acquises en 2020 dans le cadre du ROL sur le site de « Campoloro » (ces données sont acquises chaque année) et données bathymétriques acquises au printemps 2020 dans le cadre de MAREGOT.	20
Figure 9 : Vulnérabilité des installations touristiques sur la plage suite à un évènement érosif important lors d'une tempête en octobre 2007 le long de la Plaine orientale (Aléria, 30 octobre 2007, Photographie BRGM/ROL 1, Stepanian et al., 2011).	21
Figure 10 : Cellules hydrosédimentaires de la Plaine orientale corse (Stepanian et al., 2010 - BRGM/RP-59058-FR). Le port de Taverna est ici nommé « port Campoloro ».	22
Figure 11 : Rose des houles mesurées à Alistro (CANDHIS) entre le 01/11/2013 et le 31/12/2019).	23
Figure 12 : Chronique des tempêtes enregistrées à Alistro entre novembre 2013 et décembre 2019. La direction des vagues est leur direction de provenance	24
Figure 13 : Bilan des données disponibles.....	27
Figure 14 : Projet de rechargement et dépôt sur la plage de Santa-Lucia-di-Moriani (CCCV, 2021)	28
Figure 15 : Rechargement de la plage de Santa-Lucia-di-Moriani (CCCV, 2021).....	29
Figure 16 : Positions historiques du trait de côte issues de photo-interprétation (Paquier et al., 2021).	30
Figure 17 : Taux d'évolution annuels (en m) calculés sur la période 1937-2019 et révisé à dire d'expert dans le cadre de la Convention de recherche et développement entre le BRGM et la DDTM2B relative à l'estimation de l'évolution potentielle du trait de côte aux horizons 2040 et 2100 sur la Plaine orientale (Haute Corse ; Paquier et al., 2021).	31
Figure 18 : Schéma d'implantation des profils, emprise des traits de côte et localisation de la caméra pour Campoloro Nord (© IGN SCAN 25).	32
Figure 19 : Campoloro Nord, profil Nord – Alba Serena.	33
Figure 20 : Campoloro Nord, profil Sud – Merendella.	33
Figure 21 : Évolutions au niveau des profils à Campoloro Nord.	34
Figure 22 : Traits de côte bas mesurés au nord du port dans le cadre du ROL Corse entre 2002 et 2021.....	36

Figure 23 : Variabilité et taux d'évolution du trait de côte 2002-2021 au nord du port de Taverna.	37
Figure 24 : Evolutions récentes du trait de côte 2019-2021 au nord du Port de Taverna.	37
Figure 25 : Évolutions horizontales du trait de côte bas à Campoloro Nord.	38
Figure 26 : Schéma d'implantation des profils et emprise des traits de côte pour Campoloro Sud (© IGN SCAN 25).	38
Figure 27 : Campoloro Sud, profil Nord – Digue.	39
Figure 28 : Campoloro Sud, profil Sud – Prunete.	39
Figure 29 : Évolutions au niveau des profils à Campoloro Sud.	40
Figure 30 : Traits de côte bas mesurés au sud du port dans le cadre du ROL Corse entre 2002 et 2021.	41
Figure 31 : Variabilité et taux d'évolution du trait de côte 2002-2021 au sud du Port de Taverna.	42
Figure 32 : Evolution récente du trait de côte 2019-2021 au Sud du Port de Taverna.	42
Figure 33 : Évolutions des traits de côte bas à Campoloro Sud.	43
Figure 34 : Évolution altimétrique de la plage émergée active et de l'avant-côte de Campoloro pour la période de 2010-2018.	45
Figure 35 : Évolution altimétrique de la plage et de l'avant-côte de Campoloro pour la période de 2018-2020.	46
Figure 36: Localisation des caméras sur le port de Taverna (gauche). Caméra Nord lors de sa calibration (droite).	49
Figure 37 : Zones exploitables des images Solarcam. Les rectangles verts représentent l'étendue des zones dans lesquelles les traits de côte mesurés in-situ et extraits des images Solarcam sont concordants.	50
Figure 38 : Dates des images étudiées pour les deux caméras.	51
Figure 39 : Etapes de traitement des images prises par les Solarcam. Exemple du 08 Décembre 2020 à midi.	52
Figure 40 : Conditions de vent durant la période d'étude (Station Météofrance Bastia).	53
Figure 41 : Conditions de vagues à Alistro durant la période d'étude (bouée CANDHIS du Cerema). Hs : Hauteur significative des vagues (m) ; T : période pic des vagues (s) ; Direction : Direction de provenance des vagues (°).	54
Figure 42 : Ensemble des traits de côte extraits sur les plages situées au nord et au sud du port. Fond : IGN 2019.	55
Figure 43 : Dépôt de banquettes de posidonies au nord du port de Taverna (image SOLARCAM 9/04/2021).	56
Figure 44 : Ensemble des traits de côte extraits sur les plages situées au Nord et au Sud du port. Fond : IGN 2019.	57
Figure 45 : Plage au sud du port de Taverna le 05-12-2020 à midi ; une large banquette recouvre la plage accolée à la digue sud du port de Taverna.	58
Figure 46 : Images de la rupture de cordon littoral par le Taverna.	59

Figure 47 : Premiers et derniers traits de côte mesurés sur les plages nord et sud. Le premier trait de côte a été extrait sur l'image du 05-12-2020, le dernier sur celle du 30-12-2021. Fond : IGN 2019.....	60
Figure 48 : Traits de côte mesurés chaque mois sur les plages au nord et au sud de Taverna. Fond : IGN 2019.	61
Figure 49 : Suivi haute fréquence du trait de côte du 16 au 26 mai 2021.	62
Figure 50 : conditions de vagues à Alistro du 16 au 26 mai 2021.....	63
Figure 51 : Plan de position des profils de sismique marine ECHOES.	66
Figure 52 : Profil sismique parallèle à la côte Tav.LS-01 (Taverna-20211126-141637) vue du sud vers le nord, localisation des profils sur la Figure 51. La ligne en tirets rouge correspond au toit du substratum rocheux, à la base du prisme sédimentaire.....	68
Figure 53 : Profils sismiques de la zone Sud - Plage de Prunete en vue 3D (A) avec la bathymétrie drapée, (B) la zone d'accumulation sableuse mise en évidence (jaune) et (C) zoom sur le profil sismique Tav.CS-01 (Taverna-20211127-094736).....	69
Figure 54 : Profils sismique Tav.CS-02 (Taverna-20211127-092256),Tav.CS-03 (Taverna-20211127-091145) et Tav.CS-04 (Taverna-20211127-090052) au sud du Port de Taverna, localisation des profils sur la Figure 51.	70
Figure 55 : Profils sismiques au niveau du Port de Taverna et de sa digue Sud en vue 3D (A) avec la bathymétrie drapée, (B) la zone d'accumulation sableuse mise en évidence (jaune) et (C) zoom sur le profil sismique Tav.CS-05 (Taverna-20211127-080906).	71
Figure 56 : Profils sismiques de la zone au nord de la digue Nord du Port de Taverna en vue 3D (A) avec la bathymétrie drapée, (B) la zone d'accumulation sableuse mise en évidence (jaune) et (C) zoom sur le profil sismique Tav.CS-06 (Taverna-20211126-121303).....	72
Figure 57 : Profils sismiques Tav.CS-07 (Taverna-20211127-084235) et Tav.CS-08 (Taverna-20211127-082711) au nord du Port de Taverna, et de l'emprise de la zone d'étude, localisation des profils sur la Figure 51.	73
Figure 58 : Epaisseur de sable estimé grâce aux profils sismiques sur la zone d'étude. La vitesse des ondes dans le sédiment utilisée est 1700 m/s.	74
Figure 59 : Processus hydrosédimentaires et corps sédimentaires des plages sableuses (Castelle, 2012).	77
Figure 60 : Principes théoriques de l'évolution des plages sableuses par modélisation longshore (a, b, c, d) et cross-shore (e) d'après Robinet (2017).	78
Figure 61 : Présentation partielle du rôle d'un herbier en zone côtière. Les interactions de l'herbier avec l'hydrodynamique peuvent être bien plus complexe en fonction de l'hydrodynamique en présence et les caractéristiques physiques de la végétation (densité, hauteur, flexibilité).	79

1. Introduction et contexte de l'étude

1.1. CONTEXTE GENERAL

Dans le cadre de sa stratégie de gestion de l'érosion de son littoral, la Communauté de Commune de la Costa Verde (CCCV) envisage une solution basée sur le rétablissement d'un transfert sédimentaire de part et d'autre du Port de Taverna (Figure 1 : Situation du port de .

En effet, le port de plaisance, construit en 1972, au niveau de l'embouchure du Campol'oro, perturbe la dynamique sédimentaire naturelle qui se traduit principalement par une dérive littorale qui est localement dirigée sud-nord, en raison de l'obliquité générale des houles par rapport à la côte à l'échelle annuelle

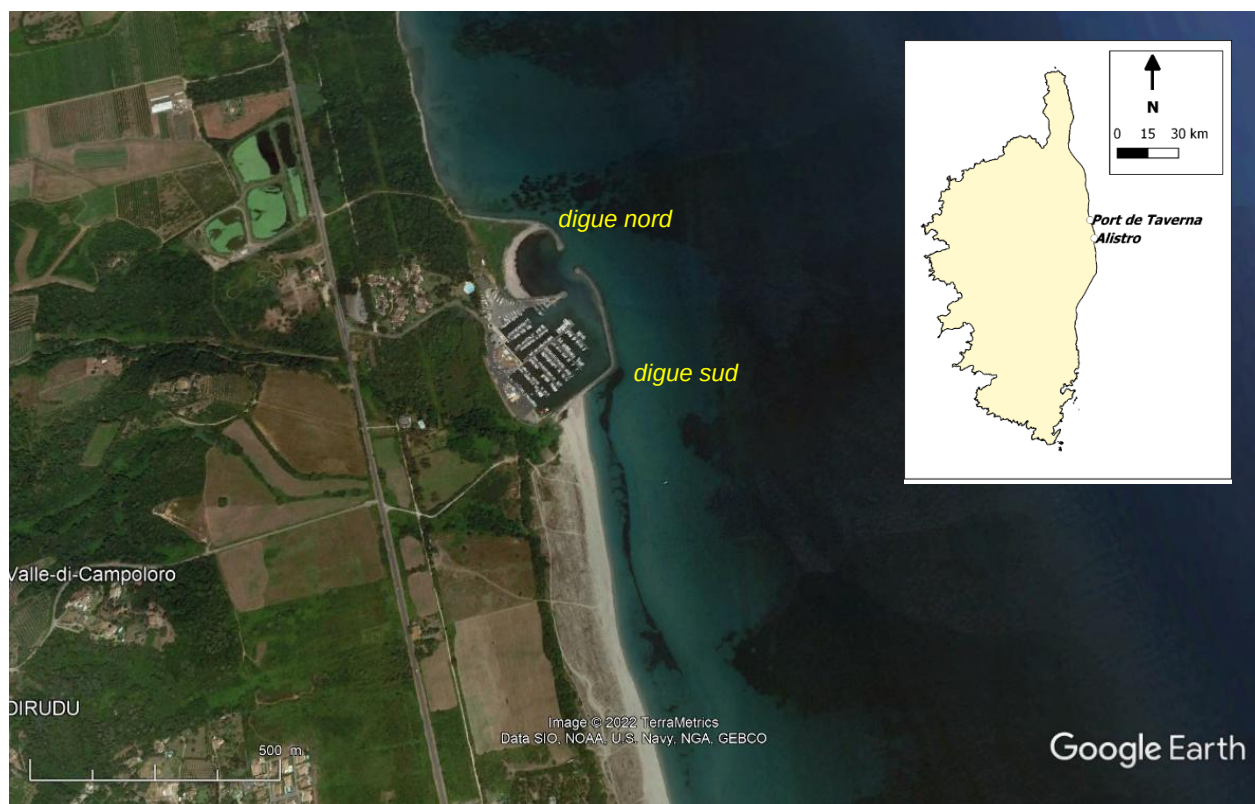


Figure 1 : Situation du port de Taverna

Les sables littoraux qui transitent du Nord au Sud le long de la Plaine orientale sous l'effet de la dérive littorale sont ainsi bloqués par la digue Sud du Port et s'accumulent le long de celle-ci. Le rivage au nord se trouve par conséquent en situation de sous-alimentation sédimentaire et on y mesure une érosion chronique et un recul du trait de côte associé et un abaissement de l'altitude de la plage.

La Figure 2 présente ainsi un état des lieux de l'évolution du trait de côte entre 1982 et 2019 pour le littoral au sud du port (littoral amont-dérive), en avancée régulière, d'ampleur modérée, (environ +0,5 m/an) et le littoral au nord du port (littoral aval-dérive) en recul régulier et important (entre -0,5 et 1 m/an).

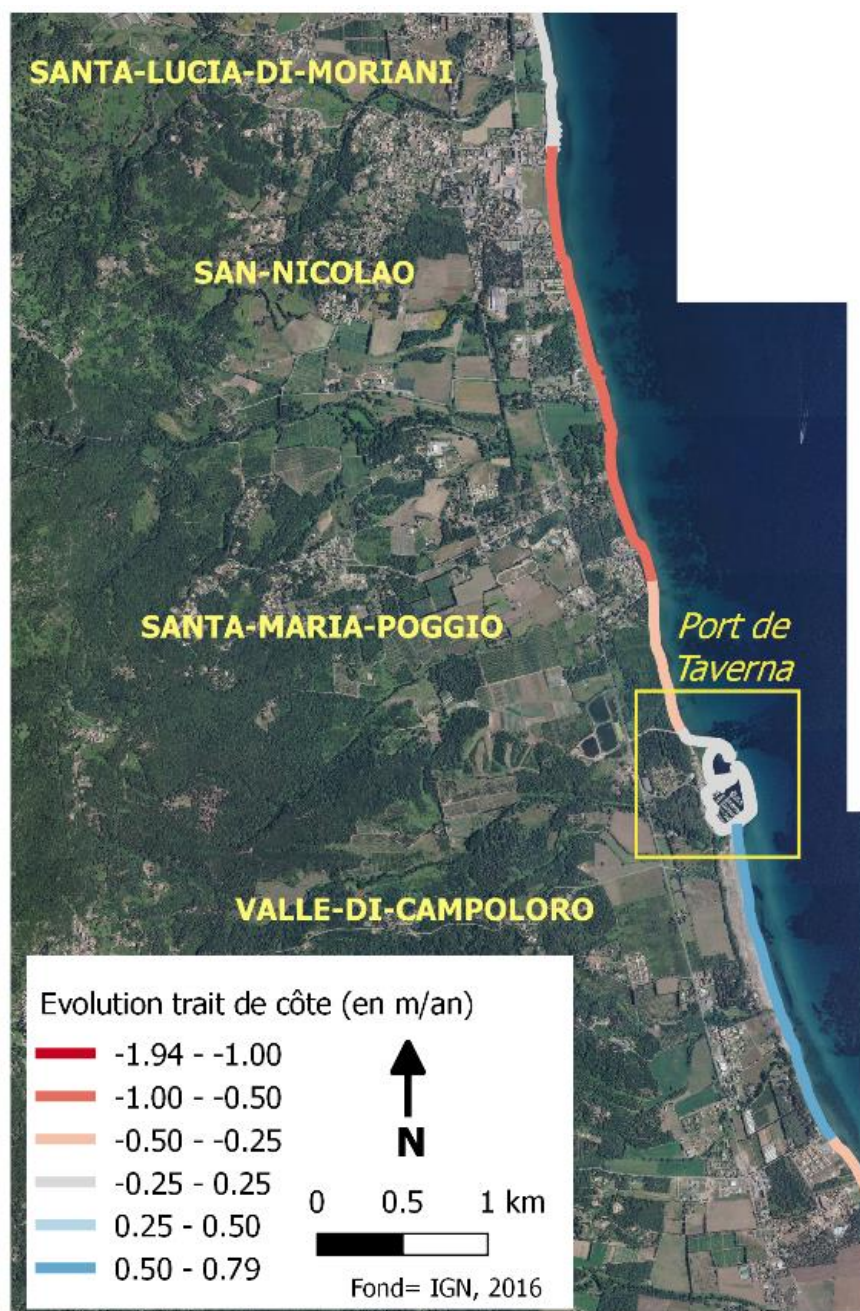


Figure 2 : Evolution du trait de côte au droit du Port de Taverna. Les taux d'évolutions sont calculés sur la période 1982-2019 revus à dire d'expert (Paquier et al., 2021).

Les données récentes topobathymétriques à haute-résolution spatiales, acquises en 2018 dans le cadre du projet SHOM-IGN Litto3D¹, ont mis en évidence le développement et l'accrétion d'une barre sableuse, parallèlement au littoral, au droit du port.

La mobilité de cette barre sableuse (dénommée « dorsale » sur les documents de la CCCV sur la Figure 3) atteste des mouvements sédimentaires du sud vers le nord qui sont contrôlés par la dérive littorale, et qui entraînent un by-pass des sédiments le long de la digue sud, et qui viennent

¹ <https://diffusion.shom.fr/pro/l3d-mar-corse-2017-2018.html>

combler la zone d'accès portuaire. Cela conduit à des opérations de dragage du port pour maintenir la navigabilité. En 2017, les prélèvements annuels étaient estimés de l'ordre de 10 000 m³ par an².

Le rétablissement des transferts sableux entre le sud et le nord du port est désormais envisagé par le prélèvement de sables sur deux zones distinctes (Figure 3), à l'aide d'une drague aspiratrice conçue et achetée spécifiquement pour ces travaux³. Le relargage des sédiments prélevés est prévu sur le littoral au nord du port sans que des zones spécifiques soient aujourd'hui déterminées (sur la plage émergée, au niveau de la ligne de rivage ou sur la barre sous-marine).

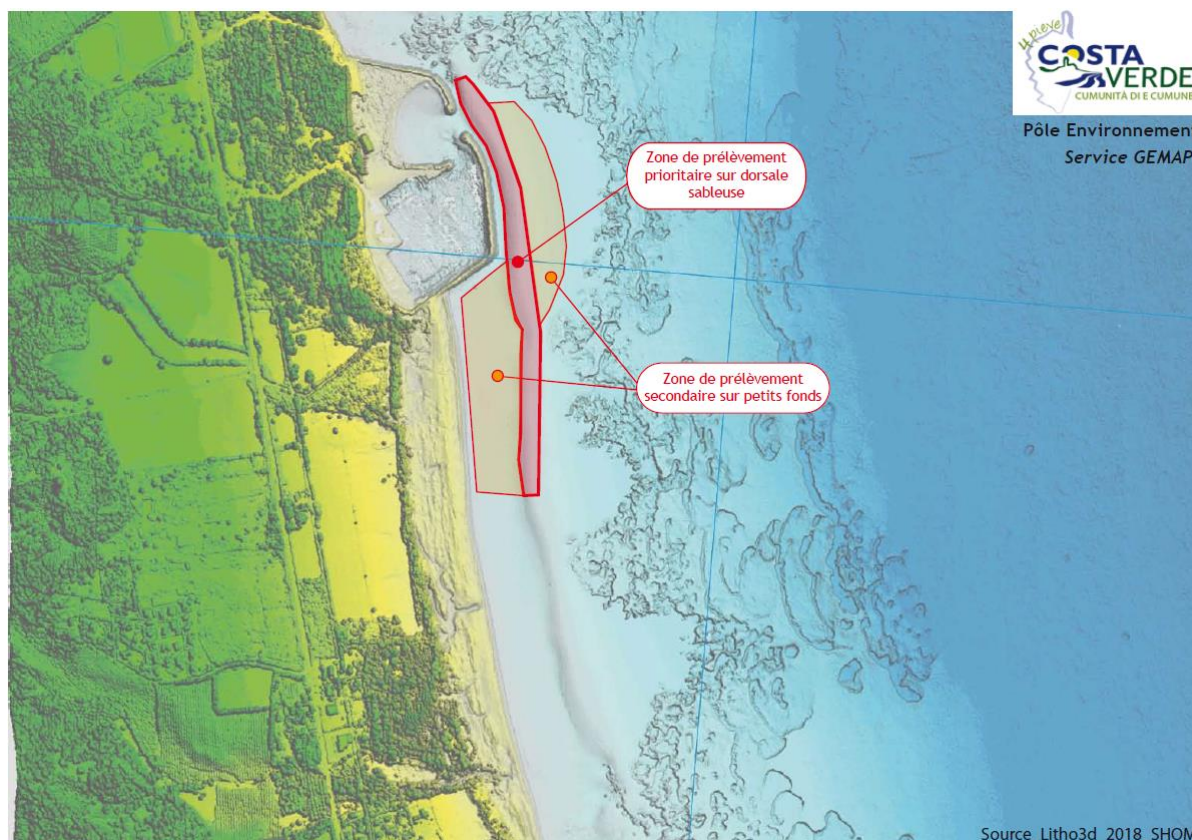


Figure 3 : Zones de prélèvements envisagés (Source CCCV).

Au regard de l'importance de ces travaux, et en amont de ceux-ci, une phase d'études réglementaires au titre du Code de l'Environnement est nécessaire et elles seront soumises à l'instruction des Services de l'Etat en Corse.

Dans ce contexte, la CCCV a sollicité un appui du BRGM pour une contribution à une étude des conditions de mise en œuvre de cette solution de gestion de l'érosion, qui reste originale sur le littoral de Corse, par une gestion dynamique des stocks sableux au sein d'une cellule sédimentaire.

²<https://france3-regions.francetvinfo.fr/corse/haute-corse/cote-orientale/taverna-tonnes-sediments-rejetees-herbier-posidonie-1260421.html>

³ <https://www.corsematin.com/articles/le-port-de-taverna-bientot-equipe-dune-drague-aspiratrice-113954>

La réalisation ultérieure (étude d'avant-projet) et le dimensionnement (étude de projet) de ce plan de gestion des sédiments devront répondre à différentes contraintes techniques, matérielles, environnementales et réglementaires, dont une instruction au titre de la Loi sur l'Eau.

En raison de son expérience sur ce territoire, acquise dans le cadre de ces missions de service public, la Direction régionale du BRGM en Corse dispose d'un certain nombre d'études et de connaissances spécifiques sur ce littoral qui a fait par ailleurs l'objet de travaux récents (Moriani-Plage à San Nicoalo en particulier) :

- dans le cadre du Réseau d'Observation du Littoral en partenariat avec l'Office de l'Environnement de Corse depuis 2001 : www.littoral-corse.fr ;
- dans le cadre d'études à la demande de la DDTM de Haute-Corse portant sur l'érosion le long de la Plaine orientale et son évolution à long terme (Stepanian, *et al.*, 2010 ; Balouin *et al.*, 2012 ; Paquier *et al.*, 2021) et de projet sur la caractérisation des tempêtes en partenariat avec l'OEC (Balouin *et al.*, 2011 ; Stepanian *et al.*, 2011) ;
- dans le cadre du projet INTERREG MAREGOT (PO MARITIMO 2014-2020, porté par plusieurs partenaires insulaires (l'Office de l'Environnement de Corse, SDIS 2B et BRGM), les régions Ligurie, Toscane, Sardaigne, le département du Var et le Conservatoire du Littoral (Délégation Provence-Alpes-Côte d'Azur : www.maregot.eu).

1.2. OBJECTIFS

Dans le cadre de ces travaux, le BRGM apporte son appui technique et scientifique à la CCCV, pour aboutir à une estimation globale de la ressource et de la mobilité sédimentaire au niveau du port de Taverna, susceptible d'alimenter les études réglementaires de faisabilité et de projet.

Le programme d'action est constitué de deux phases complémentaires :

- Une première phase, en amont de la réalisation des études réglementaires, consacrée à l'amélioration des connaissances concernant la dynamique sédimentaire et les volumes sédimentaires disponibles sur l'avant-côte au droit du port de Taverna. Cette phase préliminaire a pour but d'accompagner la collectivité dans la présentation de son projet de « by-pass artificiel », et l'estimation préalable des volumes sédimentaires en présence au niveau du secteur dans lequel sont envisagées aujourd'hui la détermination des zones de prélèvement.
- Une seconde phase, de type « Assistance à Maitrise d'Ouvrage », pour apporter un assistance technique et scientifique à la CCCV, durant le déroulé de son projet, en particulier pour la réalisation des études règlementaires, les travaux de prélèvement/rechargement et le suivi de leur efficacité sur le littoral de la CCCV.

Le présent rapport rend ainsi compte des travaux réalisés dans la première phase de travail et offre les perspectives envisagées pour la seconde phase de ce projet.

1.3. PROBLEMATIQUE SCIENTIFIQUE

Les mouvements sableux le long des côtes sont dus à divers phénomènes et ce sont eux conditionnent l'évolution morphologique du littoral (Figure 4)) :

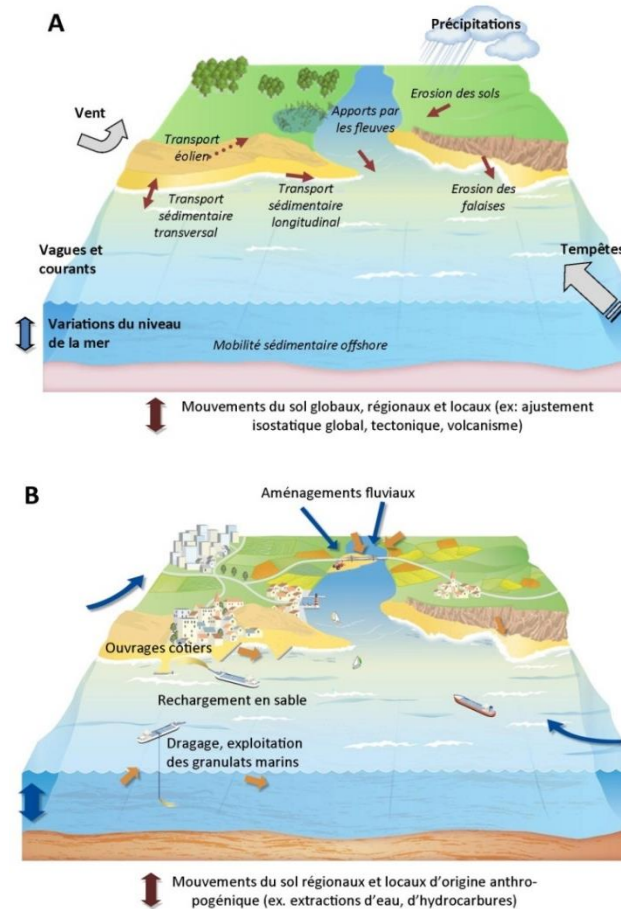


Figure 4 - Facteurs d'évolution morphologique des littoraux. (A) facteurs et (B) facteurs générés par les activités humaines (source : BRGM)

Parmi ces phénomènes, certains sont particulièrement important sur l'érosion du littoral et le recul du trait de côte :

- l'impact des tempêtes ;
- l'érosion chronique liée au déficit sédimentaire d'apport par les fleuves côtiers ; l'interruption de la dérive littorale⁴ sableuse, qu'elle soit naturelle (aux embouchures des fleuves par exemple) ou liée à l'aménagement du littoral (incidence d'ouvrages de défenses, de jetées portuaires..) ;
- l'urbanisation des domaines dunaires qui interrompt les échanges sableux dune-plage et réduisent ainsi leur capacité de résilience.

L'interruption de la dérive littorale est un mécanisme d'évolution du littoral qui est bien connu : elle génère des accumulations de sédiments en amont du transit et un déficit d'apport sédimentaire et, par conséquent, des phénomènes d'érosion en aval-transit (Figure 5).

⁴ La dérive littorale est le transport longitudinal sableux le long des côtes sous l'effet de vagues obliques dominantes.

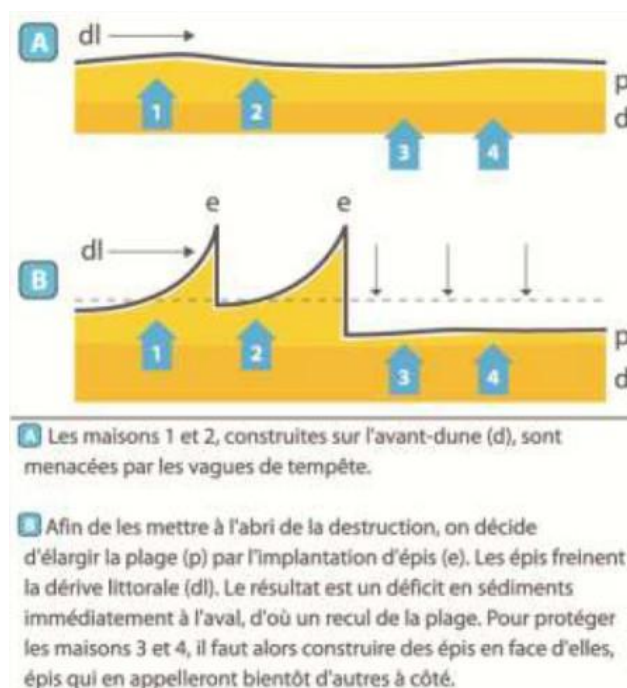


Figure 5 : Blocage sédimentaire lié à l'implantation d'un ouvrage transversal (épi, jetée) – modifié d'après (Paskoff, 2010).

Le littoral de Campoloro aux alentours du port de Taverna est exposé à une forte problématique d'érosion au nord qui résulte potentiellement d'interactions entre ces processus naturels et anthropiques. La présence du port perturbant la dérive littorale joue très vraisemblablement un rôle prépondérant dans les évolutions observées sans toutefois que ces effets aient pu être quantifiés faute d'observations à haute fréquence.

Dans certaines situations, l'accumulation sédimentaire au sud du port et susceptible de déborder la digue sud et un contournement (dit by-pass sédimentaire, Figure 6) semble possible. Dans d'autres situations, l'accrétion sableuse n'atteint pas le musoir de la digue et le by-pass est soit inexistant, soit il peut s'effectuer plus au large au niveau des barres d'avant-côte. C'est ce type de by-pass naturel qui est supposé être en cours au niveau du port et qui entraînerait l'ensablement des chenaux d'accès.

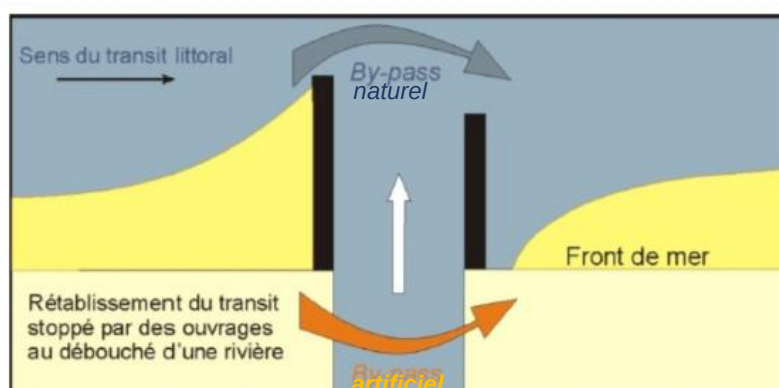


Figure 6 : Principe du système de by-pass.

La méconnaissance de ces phénomènes et de leurs causes implique la nécessité d'estimer les transits sédimentaires afin d'envisager d'éventuelles solutions de gestion de cette problématique d'érosion. La Figure 7 montre la comparaison des images aériennes de l'IGN de 1950 et 2017 et illustre ainsi les perturbations engendrées par la construction du port :

- disparition de la continuité sédimentaire de la plage ;
- maintien, voire avancée de la plage en amont-transit ;
- disparition de celle-ci en aval-transit.

Il faut cependant noter que :

- En 1950, la largeur des plages est très variable du nord au sud du littoral, en raison de la dynamique naturelle des barres sous-marines et du trait de côte qui présente des ondulations fréquemment observées le long de la Plaine orientale.
- Le port a été installé à un endroit où la plage est sur cette photographie peu large par rapport à d'autres secteurs et situé au niveau de l'embouchure du Campoloru (ou Tarvernu), petit ruisseau côtier qui rompt parfois le cordon dunaire.
- La position de la limite de l'herbier de posidonies et de la géométrie de celui-ci, sont relativement stables entre ces deux photographies, qui atteste de la pérennité des conditions hydrodynamiques, sédimentaires et de qualité des eaux côtières depuis 1950.
- L'urbanisation proche du littoral au nord du port s'est largement plus développée que sur le secteur au sud, où le domaine dunaire a été préservé.

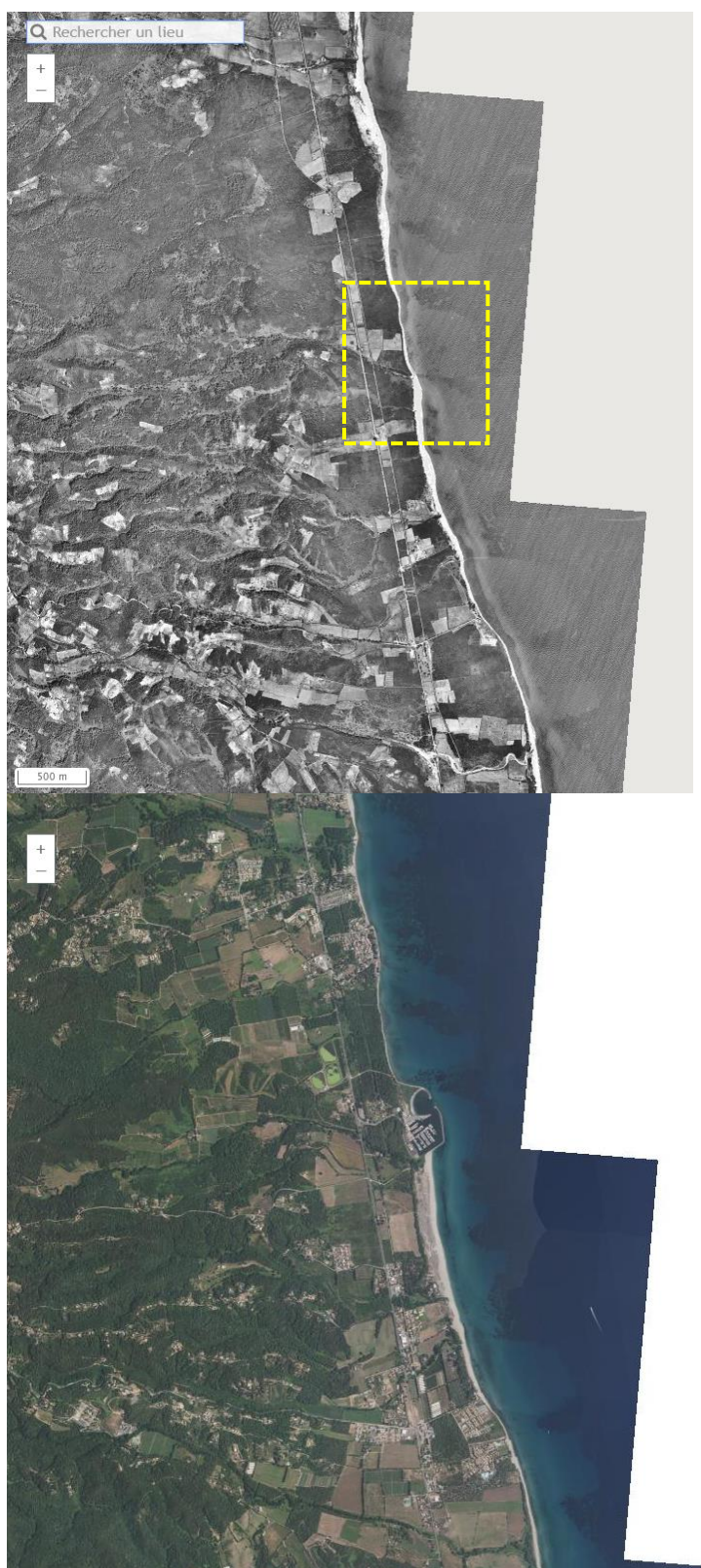


Figure 7 : Comparaison de la photographie IGN 2017 et celle de 1950 sur le site internet de l'IGN <https://remonterletemps.ign.fr>. Le port de Taverna est signalé par le rectangle sur l'image du haut.

Dans le cadre du Réseau d'Observation du Littoral de Corse (ROL), des suivis annuels de traits de côte et de profils de plage (plage émergée active et avant-côte) au nord et au sud du port sont assurés depuis 2002 afin de connaître les tendances d'évolution sur le long terme (Figure 8, Mugica et al., 2019).

En complément de ces mesures ponctuelles, un système de caméras a été installé en 2020 au niveau du Port de Taverna, afin d'obtenir des images à haute fréquence temporelle sur plusieurs centaines de mètres du littoral adjacent au nord et au sud du port (Paquier et Valentini, 2020).

Ce projet qui s'étend entre 2021 et 2024 est réalisé dans le cadre d'une convention de Recherche et Développement entre le BRGM et l'Office de l'Environnement de la Corse. L'objectif de l'implantation d'un tel système est d'apporter des connaissances sur l'évolution et la migration des barres sous-marines dont les dimensions, la morphologie et la localisation présentent une grande variabilité à l'échelle saisonnière, mais également à l'échelle événementielle, lors des tempêtes. En complément des données topo-bathymétriques acquises en 2020 sur ce site, dans le cadre du projet MAREGOT⁵ et du ROL depuis 2002 (Figure 8), et par comparaison avec des données satellitaires haute fréquence (un passage tous les 5 jours pour Sentinel 2B par exemple), le suivi morphologique par camera-vidéo ainsi mis en place permettra une caractérisation de l'évolution du trait de côte et l'amélioration de la connaissance des processus naturels et anthropiques impliqués. Une partie des données acquises en 2021, dans ce projet BRGM/OEC, est ainsi mise à disposition dans le présent appui scientifique du BRGM à la CCCV pour caractériser les transits sédimentaires au niveau de Taverna.

⁵ Projet Interreg PO MARITIMO 2017-2020. <http://interreg-maritime.eu/fr/web/maregot/projet>



Figure 8 : Données de terrain : données acquises en 2020 dans le cadre du ROL sur le site de « Campoloro » (ces données sont acquises chaque année) et données bathymétriques acquises au printemps 2020 dans le cadre de MAREGOT.

1.4. LA PLAINE ORIENTALE DE LA CORSE, COTE SABLEUSE BASSE SENSIBLE A L'EROSION

Le port de Taverna se situe sur le littoral de la commune de Santa-Maria-Poggio, sur la Plaine orientale corse.

Le littoral de la Plaine orientale de la Corse est un linéaire côtier d'une centaine de kilomètres de long qui s'étend de Bastia (Haute-Corse) à Solenzara (Corse-du-Sud). A l'exception de quelques affleurements rocheux, au niveau de caps, il est largement constitué de plages sableuses, avec des massifs dunaires faiblement développés, et étangs et lagunes littorales reliés à la mer par des graus, à l'embouchure desquels peuvent se développer des flèches sableuses.

Comme toute côte basse sableuse, la Plaine orientale est soumise à un large spectre de forçages naturels (vagues, vents, courants) qui perturbent son équilibre mais également aux actions anthropiques (aménagements, constructions extraction...) qui peuvent le fragiliser davantage et conduire à sa dégradation chronique.

La Plaine orientale de Corse est de fait un espace naturel fragile particulièrement vulnérable à l'érosion côtière (Figure 9).



Figure 9 : Vulnérabilité des installations touristiques sur la plage suite à un évènement érosif important lors d'une tempête en octobre 2007 le long de la Plaine orientale (Aléria, 30 octobre 2007, Photographie BRGM/ROL 1, Stepanian et al., 2011).

1.4.1. Contexte géomorphologique du port de Taverna

D'après les travaux du BRGM (Stépanian *et al.*, 2010), le port de Taverna marque la limite entre deux cellules hydro-sédimentaires (Figure 10). :

- la cellule « Golo-Campoloro » au nord du port ;
- et la cellule Campoloro-Tavignano au sud.

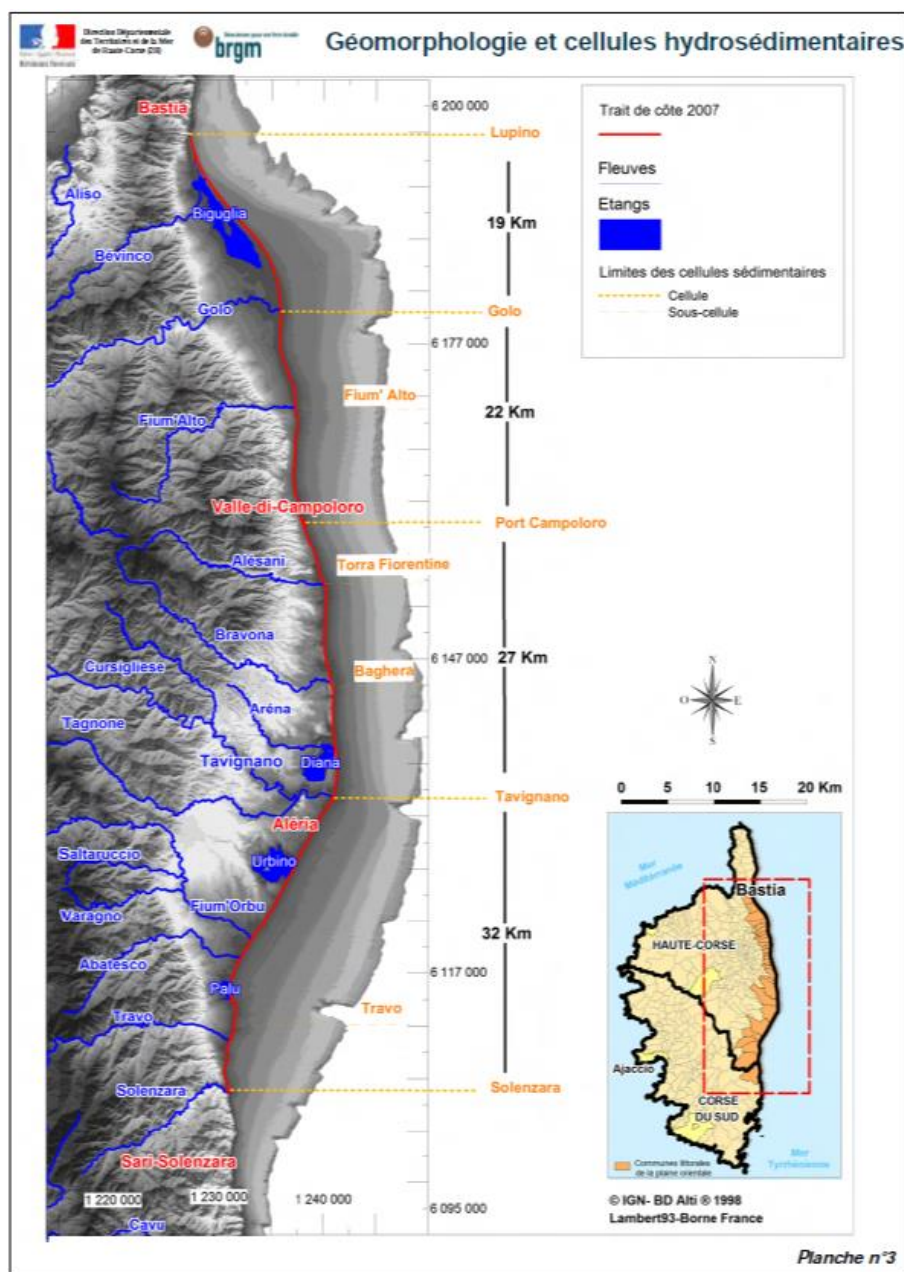


Figure 10 : Cellules hydrosédimentaires de la Plaine orientale corse (Stepanian et al., 2010 - BRGM/RP-59058-FR). Le port de Taverna est ici nommé « port Campoloro ».

La cellule « Golo-Campoloro » est une cellule sédimentaire de 22 km qui s'étend de la rive sud de l'embouchure du fleuve Golo jusqu'au port de Taverna. Les digues portuaires construites dans les années 1970 perturbent le transit sédimentaire naturel majoritairement sud-nord.

Jusqu'à présent, le contournement de l'ouvrage par les sédiments est considéré relativement faible et le port est considéré comme constituant une limite quasi-imperméable, mais cette hypothèse pourrait être remise en question par les évolutions bathymétriques récentes.

La limite nord de la cellule « Campoloro-Tavignano » est matérialisée par la digue sud du port de Taverna alors que 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, comme le montre le travail récent sur la contribution de la dynamique naturelle du Golo sur l'évolution du

littoral (Mugica et al., 2021). 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 et ponctuellement une inversion de dérive littorale. Pour information et de manière analogue, 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.

1.4.2. Contexte météorologique et hydrodynamique

a) Conditions hydrodynamiques fréquentes

Sur la Plaine orientale, les vents sont assez irréguliers. Les vents de secteur Ouest (U Libeccio) sont cependant dominants toute l'année, mais leur influence est limitée sur le littoral Est, à l'abri des fortes houles. En revanche, les vents de secteur Est (U Grecale, U Levante, le Sirocco) sont moins fréquents, mais ont une influence directe sur le littoral, en particulier lors des épisodes tempétueux. Ce sont de plus ces vents d'Est qui contribuent actuellement à l'alimentation des cordons dunaires depuis la plage. Ils vont également générer des vagues de vent et des houles plus transversales à la côte. (Figure 12).

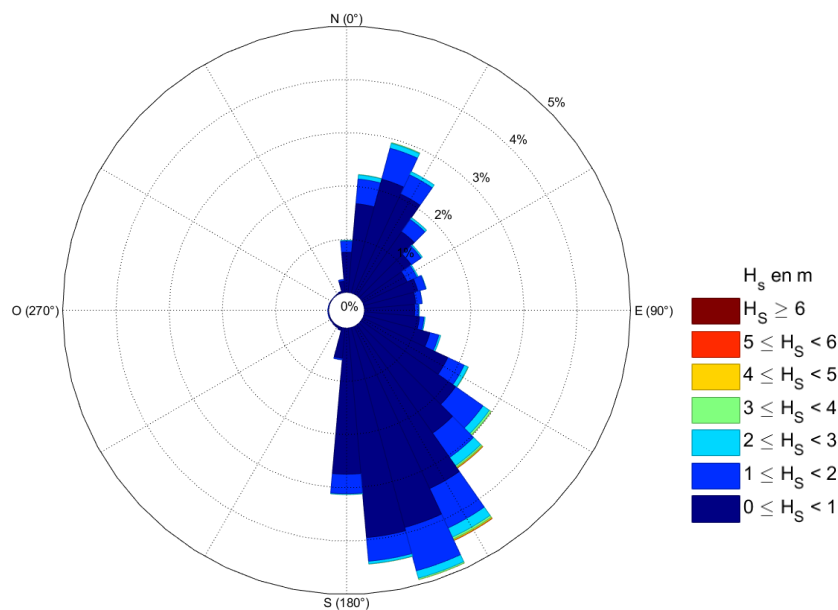


Figure 11 : Rose des houles mesurées à Alistro (CANDHIS) entre le 01/11/2013 et le 31/12/2019).

Les données de vagues de la bouée CANDHIS située à Alistro (Figure 11) permettent d'approcher les conditions de houle qui se propagent sur la Plaine orientale. Les houles dominantes dépassent rarement les 3 m, avec des périodes entre 2, et 9 s.

Les vagues ayant ici un impact significatif sur l'évolution sur le littoral, et proviennent du SSE et du NNE (Figure 11). La dérive littorale dominante générée par ces forçages se propage du sud vers le nord. Des épisodes d'inversion du sens de la dérive sont toutefois assez fréquents (Balouin et al., 2012).

b) Conditions hydrodynamiques extrêmes

En période de tempêtes, les conditions hydrodynamiques sont plus intenses et les conséquences en termes d'évolution du littoral exacerbées.

Vagues

Pour la période récente (2013-2019) l'identification des tempêtes a été réalisée à partir des données de houles enregistrées par la bouée au large d'Alistro faisant partie du réseau de houlographes national CANDHIS (Figure 11). Conformément aux travaux précédents du BRGM sur les impacts des tempêtes sur la Plaine orientale (Balouin *et al.*, 2010), une sélection des tempêtes sur cette période de temps a été réalisée ici sur deux critères :

- (i) des conditions de vagues supérieures à 2 m (H_s) ;
- (ii) seules les houles en direction de la côte sont concernées.

Les années 2017 et 2019 sont caractérisées par de plus nombreux événements que les autres années. L'événement présentant les vagues les plus hautes a eu lieu le 19 décembre 2016. Malheureusement, aucun suivi d'évolution géomorphologique synchrone à cet événement n'a été réalisé. En revanche, le second événement le plus intense lors de la tempête Adrian en octobre 2018, a fait l'objet de plusieurs relevés et analyses (Mugica et Laigre, 2018).

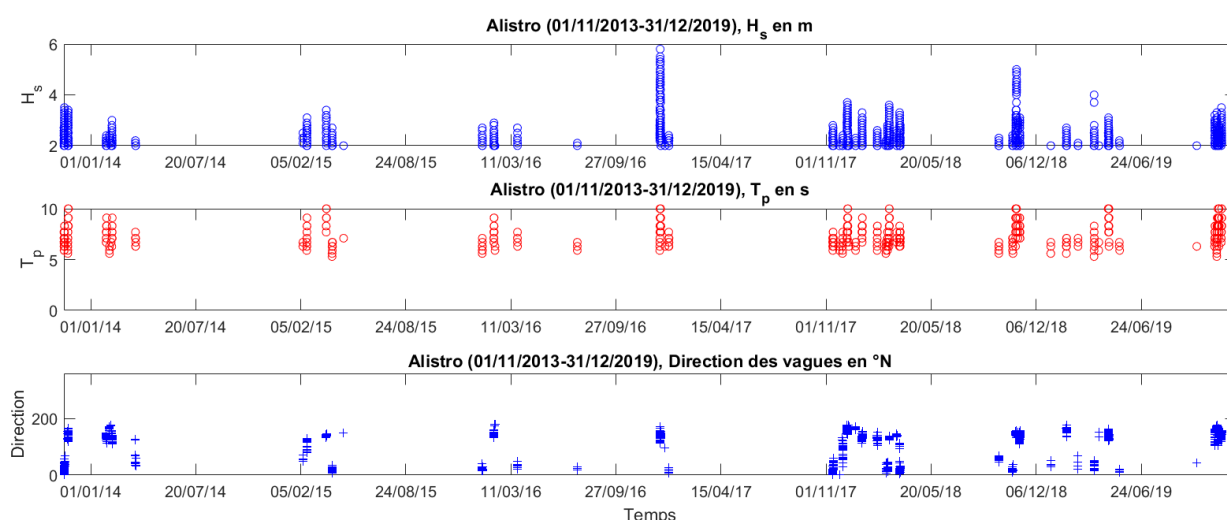


Figure 12 : Chronique des tempêtes enregistrées à Alistro entre novembre 2013 et décembre 2019. La direction des vagues est leur direction de provenance

Niveaux d'eau

La Corse est une zone micro-tidale dont le marnage ne dépasse pas 0,4 m (SHOM, 2017).

Lors des tempêtes, la surcote atmosphérique et la surcote liée aux vagues (wave-setup) provoquent une élévation du niveau marin local, qui peut atteindre 1 m (Balouin, *et al.*, 2011).

L'action des vagues dans ce contexte se produira plus haut sur le profil de plage avec des effets morphogéniques importants qui sont alors dominés par une dynamique transversale, les effets de réfraction des vagues sur les fonds entraînant une incidence de celles-ci plus frontale au niveau du rivage.

Les crues fluviales au niveau des embouchures sur la Plaine orientale

Les principaux cours d'eaux trouvant leurs embouchures sur la Plaine orientale sont le Bevinco (dans la lagune de Biguglia), le Golo, le Fium'Alto, l'Alesani, la Bravona, l'Arena (dans la lagune de Diana), le Tavignano, le Travo, et la Solenzara. Ces cours d'eau ont des bassins versants de tailles variables, constitués de lithologies variées et plus ou moins occupés par des zones agricoles, forestières ou anthropisées. Les débits solides et apports sédimentaires à la côte seront donc différents.

Une étude sur la contribution du Golo à l'évolution du littoral adjacent à son embouchure a été réalisée pour le Conservatoire du Littoral (Mugica *et al.*, 2021). Ce travail montre qu'actuellement, les apports sédimentaires de ce fleuve côtier sont en conditions normales négligeables, en raison des nombreux obstacles sur le lit en amont. En revanche, en conditions de crue, des sédiments arrivent jusqu'au littoral mais leur quantification reste pour l'instant délicate, voire impossible, au regard des données existantes et du manque de suivi mis en œuvre sur cette problématique.

Enfin, il est difficile de distinguer la part des différentes contributions anthropiques sur l'évolution des débits solides du fleuve (extractions, urbanisation des berges, édification de barrages, mise en place de seuil, défaut d'entretien...).

2. Evolution historique du trait de côte sur le littoral de Taverna

L'évolution du littoral de part et d'autre du port de Taverna est étudié ici en fonction des données disponibles et interprétables selon plusieurs échelles temporelles:

- A long terme (échelle de temps décennale à séculaire), sur la base de photo-interprétation des images aériennes depuis 1937 ;
- A moyen terme (échelle de temps pluriannuelle à décennale), à travers les données acquises par le Réseau d'Observation du Littoral de Corse ;
- A court terme (échelle de temps annuelle), via l'analyse de l'évolution du trait de côte au nord et au sud du port, à partir de données acquises par caméra vidéos entre novembre 2020 et décembre 2021.

2.1. INVENTAIRE ET ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES

2.1.1. Données topo bathymétriques et relevés de la position du trait de côte

L'inventaire et l'analyse des données existantes portent principalement sur des relevés de la position du trait de côte et des profils de plage et sur la comparaison des modèles numériques de terrain disponibles sur le secteur. La plupart des données ont été acquises dans le cadre des activités de service public du BRGM, en partenariat avec les services de l'Etat et les collectivités territoriales (Figure 13).

Données	Etude	Référence bibliographique
Relevés de la position historique du trait de côte par photo-interprétation de photos anciennes	Etude Plaine orientale Etude DDTM2B	Stépanian <i>et al.</i> , 2010 Paquier <i>et al.</i> , 2021
Relevés de la position du trait de côte 2002-2021	ROL	www.littoral-corse.fr
Relevé de profils topographiques	ROL	
MNT Lidar topo bathymétrique - 2010	Tempête Plaine orientale	Balouin <i>et al.</i> , 2011
MNT Lidar topo bathymétrique Litto3D - 2018	SHOM-IGN Litto3D	www.datashom.fr
MNT topo bathymétrique (photogrammétrie + sondeur acoustique) - 2021	Projet MARITIMO Interreg MAREGOT	www.maregot.eu

Figure 13 : Bilan des données disponibles

Les positions du trait de côte considérés dans ce travail sont relatives à la position de la berme de basse plage pour les positions relevées sur le terrain (ROL) : cette microforme d'accrétion est mise en place par le jet de rive et est constituée de matériaux portés par les vagues.

Sur le terrain, la berme correspond peu ou prou à la limite entre le sable sec et le sable humide. Elle constitue un bon indicateur des mouvements de la plage en enregistrant rapidement les évolutions sur une courte échelle de temps. En effet cette forme de bas de plage est modelée par les houles en permanence.

Pour les études d'évolution du trait de côte par photo-interprétation, le critère de position du trait de côte retenu est la limite du jet de rive qui est identifiable à la fois sur le terrain et sur de l'imagerie aérienne. Il permet également d'être en cohérence avec les données générées sur ce secteur lors d'études antérieures (Delpont et Oliveros, 1999).

2.1.2. Autres données

Dans le cadre de ce projet, la CCCV a fourni un jeu de photos prises lors de travaux de rechargements ponctuels menés sur la commune de Santa-Lucia-di-Moriani (Figure 14 et Figure 15).

Bien que ces images soient particulièrement intéressantes dans le cadre du suivi du trait de côte sur ce secteur, sensible et étudié dans le cadre du ROL, elles ne sont pas exploitables dans le cadre de cette étude, car trop ponctuelles, et situées au-delà de la zone de by-pass du port de Taverna.

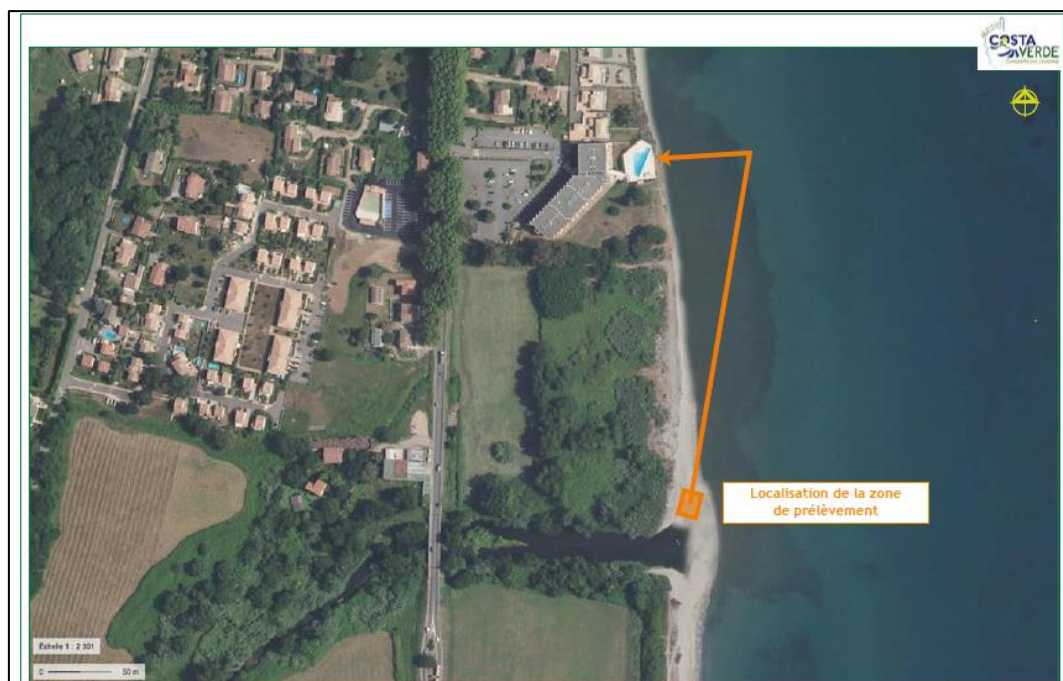


Figure 14 : Projet de rechargement et dépôt sur la plage de Santa-Lucia-di-Moriani (CCCV, 2021)



Figure 15 : Rechargement de la plage de Santa-Lucia-di-Moriani (CCCV, 2021)

Le gestionnaire du port de Taverna n'a pas fourni d'information sur les volumes de sédiments dragués dans les infrastructures portuaires et leur lieu de relargage éventuel. Les estimations des volumes extraits, parues dans la presse, sont de l'ordre de 10 000 m³/an.

En ce qui concerne les extractions et les dépôts sur le Domaine Public Maritime, les levés et observations réalisés dans le ROL ont montré des extractions ponctuelles au sud de la digue sud du port, et plus récemment des dépôts sédimentaires ont été constatés sur la plage juste au nord du port. Leur ampleur et leur fréquence restent inconnues.

2.2. EVOLUTION LONG TERME DU TRAIT DE COTE AU DROIT DU PORT DE TAVERNA (1937-2019)

Une étude portant sur l'estimation de l'évolution potentielle du trait de côte aux horizons 2040 et 2100 à l'échelle de la Plaine orientale a été réalisé récemment pour la Direction de la Mer et du Littoral de Corse (DDTM2B) (Paquier et al., 2021).

2.2.1. Méthodologie

Pour estimer l'évolution potentielle du trait de côte aux horizons 2040 et 2100, l'évolution passée du trait de côte a été estimée à partir d'analyses statistiques entre 1937 à 2019 (Figure 16). Sont présentées ici les données de traits de côte mesurées sur les photos aériennes historiques de l'IGN disponibles.

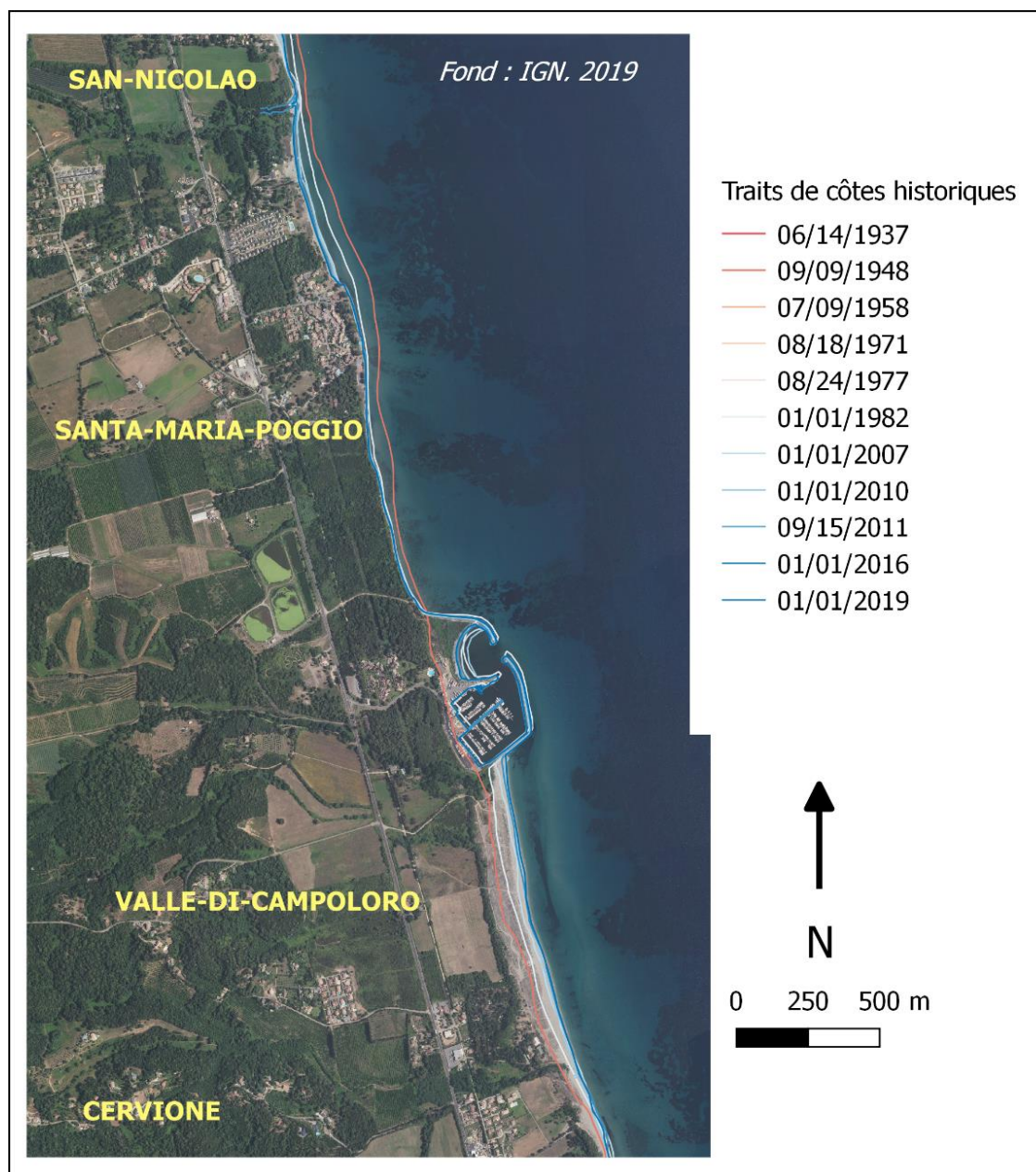


Figure 16 : Positions historiques du trait de côte issues de photo-interprétation (Paquier et al., 2021).

2.2.2. Résultats

L'analyse montre que, sur la période 1948-2019, le trait de côte a pu reculer jusqu'à 120 m par endroit au nord du port et qu'il est en avancée de plus de 100 m au sud de celui-ci (Figure 16). Sur la base de ces données, les calcul des vitesses moyennes d'évolution montrent trois secteurs au comportements contrastés (Figure 17) :

- Au nord du port, une zone de recul très clairement identifiée : les premières centaines de mètres en partant du port sont classées comme secteur en recul faible à modéré ($> -0,5$ m/an) ;
- Au nord du port, à partir de l'ouvrage de protection de Vanga Di l'Oru et jusqu'à Taglia Isolaccio, le littoral est classé en recul chronique fort (> -0.5 m/an) ;

- Au sud du port, et jusqu'à Cervione, le secteur est classé comme stable ou en avancée (0 à 2 m/an) avec cependant une forte variabilité.

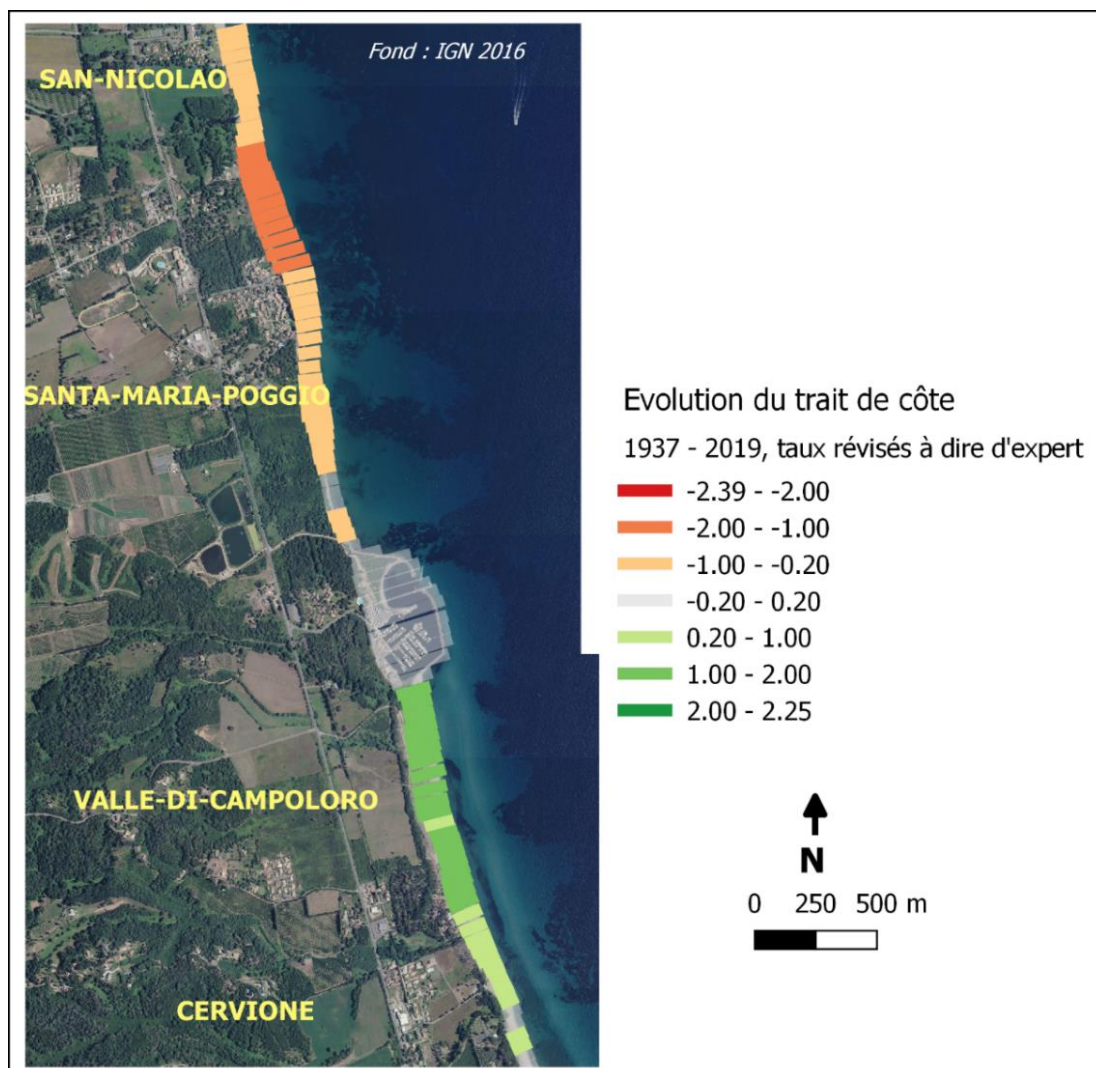


Figure 17 : Taux d'évolution annuels (en m) calculés sur la période 1937-2019 et révisé à dire d'expert dans le cadre de la Convention de recherche et développement entre le BRGM et la DDTM2B relative à l'estimation de l'évolution potentielle du trait de côte aux horizons 2040 et 2100 sur la Plaine orientale (Haute Corse ; Paquier et al., 2021).

2.2.3. Conclusions

Cette étude montre qu'à l'échelle des 80 dernières années, le trait de côte sableux au nord du port est bien en recul chronique tandis qu'au sud de celui-ci, il est caractérisé par une avancée globale mais qui reste cependant très variable dans sa temporalité. Elle illustre également que l'effet du port sur la dérive littorale est bien marqué, avec une interruption de la plage émergée active. Depuis sa construction jusqu'à aujourd'hui, il n'a été pas observé d'accrétion massive le long de la digue aboutissant un dépassement de son musoir et un by-pass naturel. En revanche, la contribution relative (quantification) du port sur l'évolution du littoral dans sa globalité, par rapport à une évolution naturelle, reste en l'état et avec les données disponibles impossible à évaluer.

2.3. EVOLUTION MOYEN TERME DU TRAIT DE COTE AU DROIT DU PORT DE TAVERNA (2002-2021)

Les évolutions historiques montrent bien que le port de Taverna marque une limite dans le transit sédimentaire transversal le long du littoral de la Plaine orientale Corse.

Pour suivre cette évolution plus précisément, le site a été intégré dès 2002 au Réseau d'Observation du Littoral : les suivis ainsi réalisés dans le cadre du ROL Corse sont notamment menés sur les sites dits de Campoloro Nord et Sud, soit les deux plages situées au nord et au sud du port de Taverna et permettent de qualifier ces évolutions à une échelle de temps interannuelle. L'incertitude des mesures de la position du trait de côte, qui est réalisée à l'aide de DGPS est estimée de l'ordre de +/- 5 m (Mugica et al., en cours ; (www.littoral-corse.fr)).

2.3.1. Site de Campoloro Nord

Depuis 2002, le littoral au Nord de Campoloro (au nord du Port de Taverna) est suivi sur 3 km (Santa-Maria-Poggio, San Nicolao, Santa Lucia di Moriani) à travers le relevé de deux profils de plage et le levé du trait de côte haut (pied de dune) et bas (berme). Les implantations des profils sont reportées sur la Figure 18.

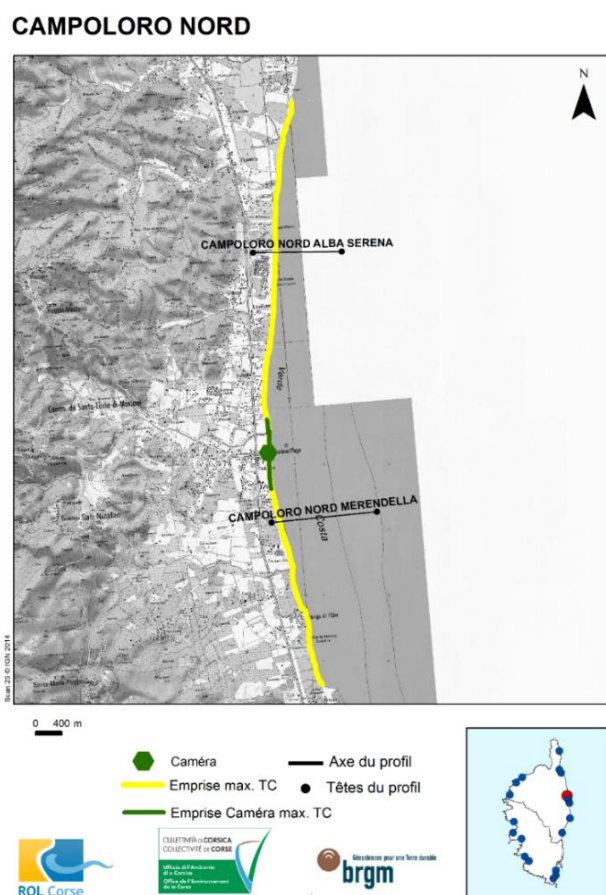


Figure 18 : Schéma d'implantation des profils, emprise des traits de côte et localisation de la caméra pour Campoloro Nord (© IGN SCAN 25).

Les profils topo-bathymétriques issues des dernières campagnes de mesures en 2021 sont présentés sur la Figure 19 et la Figure 20.

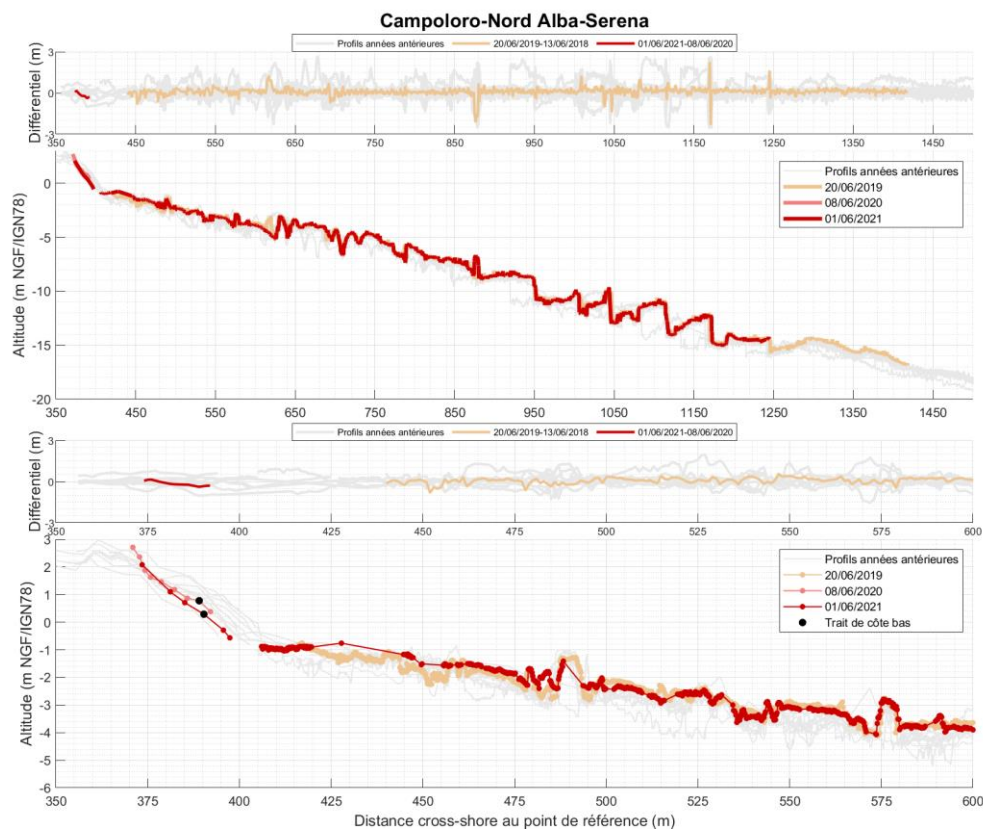


Figure 19 : Campoloro Nord, profil Nord – Alba Serena.

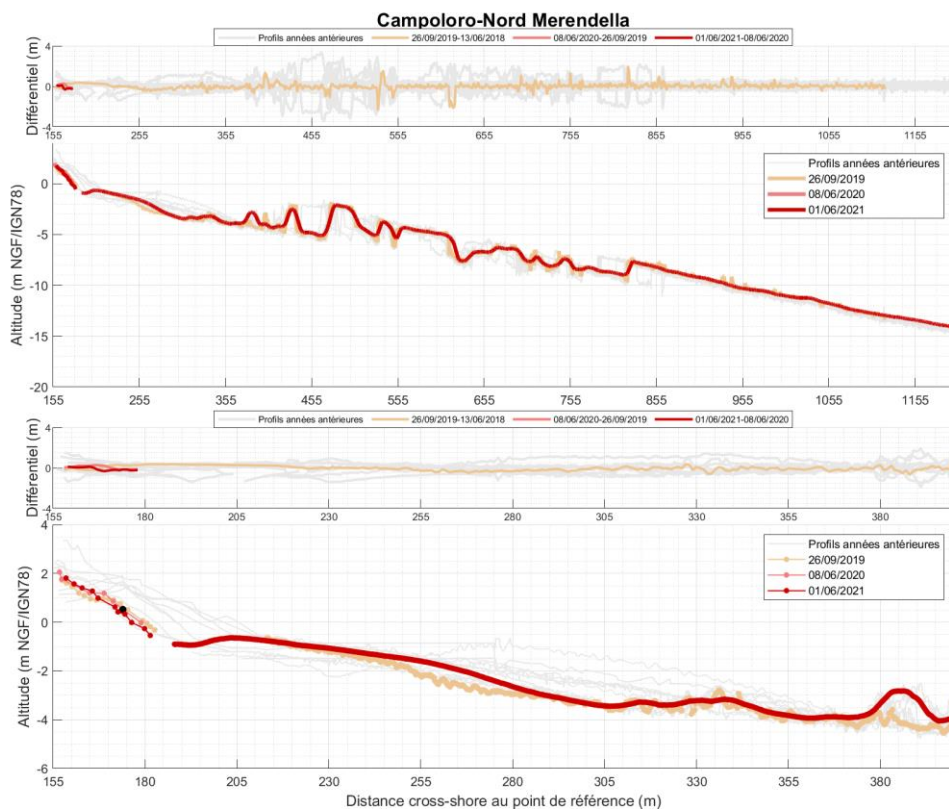


Figure 20 : Campoloro Nord, profil Sud – Merendella.

Ils synthétisent également les évolutions à moyen et long terme constatées depuis le début des mesures en 2002 sur ce site (Figure 21). Les évolutions géomorphologiques sont décrites d'une part entre les deux dernières années de mesures (2019 à 2020 et 2020 à 2021) et d'autre part depuis le début des mesures en 2002. Les profils topo-bathymétriques illustrent la morphologie des différents corps sédimentaires (dune, berme, barre sous-marine, etc.). Leurs variations altimétriques (élévation ou abaissement) et morphologiques sont analysées. La configuration altimétrique et géomorphologique en 2021 des profils au sein de l'enveloppe de l'ensemble des mesures est également analysée : une configuration basse, intermédiaire ou haute indique que l'altitude du profil (ou d'une partie du profil) en 2021 est respectivement basse, intermédiaire ou haute par rapport à l'ensemble des autres années de mesures.

Les deux profils du secteur suivi au nord du port de Taverna (« Campoloro Nord ») sont relativement stables dans leur morphologie générale, en revanche leur variabilité augmente sur la plage émergée active, qui se trouve en 2020 et 2021, dans une position très en recul (de 8 à 20 m) par rapport à celles mesurées depuis le début des levés en 2002.

Sur ces deux profils, l'abaissement de la topographie et le recul du trait de côte associé est donc bien marqué à l'échelle de temps du suivi.

Site		Campoloro Nord			
		Evolutions court terme		Evolutions moyen terme 2002 à 2021	
Suivi		2019-2020	2020-2021	Evolutions horizontales du TCB	Evolutions verticales du profil
Profils	Nord Alba Serena	<i>Pas de topographie en 2019</i>	Abaissement de la plage émergée active (- 0,2 à 0,5 m) TCB ⁶ stable	Malgré une période d'avancée entre 2011 et 2018, le bilan est au recul (- 8 m) depuis 2002	Evolution au sein d'une enveloppe de 1,5 m environ Configuration basse de la plage émergée active Configuration haute de l'avant-côte, mesure perturbée par présence d'herbiers
		<i>Pas de bathymétrie en 2020</i> 2019-2021 : Stabilité relative, présence d'herbiers			
	Sud Merendella	Légère élévation de la plage émergée active (+ 0,2 m)	Léger abaissement de la plage émergée active (- 0,2 m)	Recul plus continu et important qu'au nord (- 20 m)	Evolution au sein d'une enveloppe de 2 m environ Configuration basse de la plage émergée active Configuration basse à intermédiaire de l'avant-côte
		<i>Pas de bathymétrie en 2020</i> 2019-2021 : Peu d'évolution			

Figure 21 : Évolutions au niveau des profils à Campoloro Nord.

⁶ TCB : Trait de Côte Bas = berme de basse plage ou limite sable/mer

En complément des données de suivi le long des 2 profils suivis depuis 2002, les données de trait de côte acquises sur le secteur de Campoloro Nord entre 2002 et 2021 sont présentées sur la Figure 22 et Figure 23. La tendance mesurée est un recul chronique du trait de côte avec des taux d'érosion entre - 0.2 et -2 m/an et une grande variabilité spatiale et temporelle depuis 2002.

Sur la période récente (2019-2021, Figure 24), les évolutions sont plus contrastées avec des zones d'avancée sur le littoral nord.

Ces zones d'avancée relativement généralisées sur ce littoral peuvent être la traduction soit :

- d'un contexte hydrosédimentaire bien particulier ces dernières années (peu de tempêtes, retour important du sable des petits-fonds vers la plage) ;
- d'un apport massif de sables par by-pass naturel effectif du port de Taverna ;
- du résultat d'actions localisées de rechargement de plages ;
- de la combinaison de ces différentes possibilités.

Évolution du trait de côte bas entre 2002 et 2021

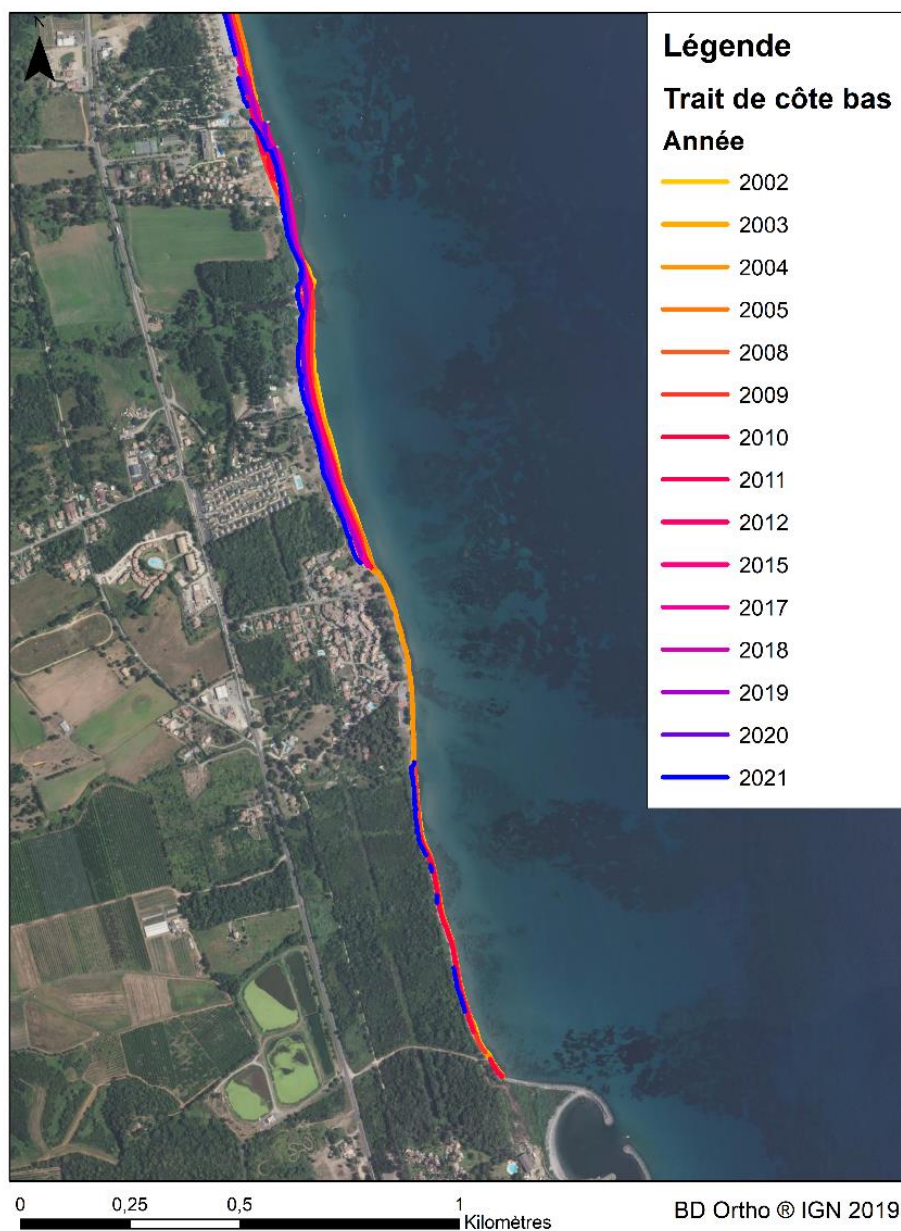


Figure 22 : Traits de côte bas mesurés au nord du port dans le cadre du ROL Corse entre 2002 et 2021.

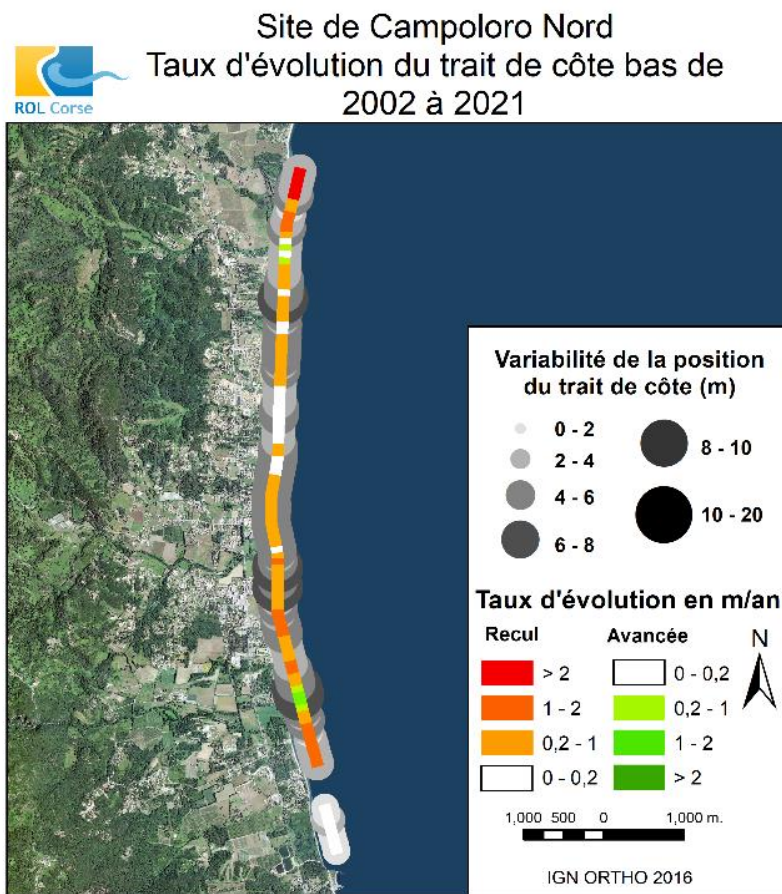


Figure 23 : Variabilité et taux d'évolution du trait de côte 2002-2021 au nord du port de Taverna.

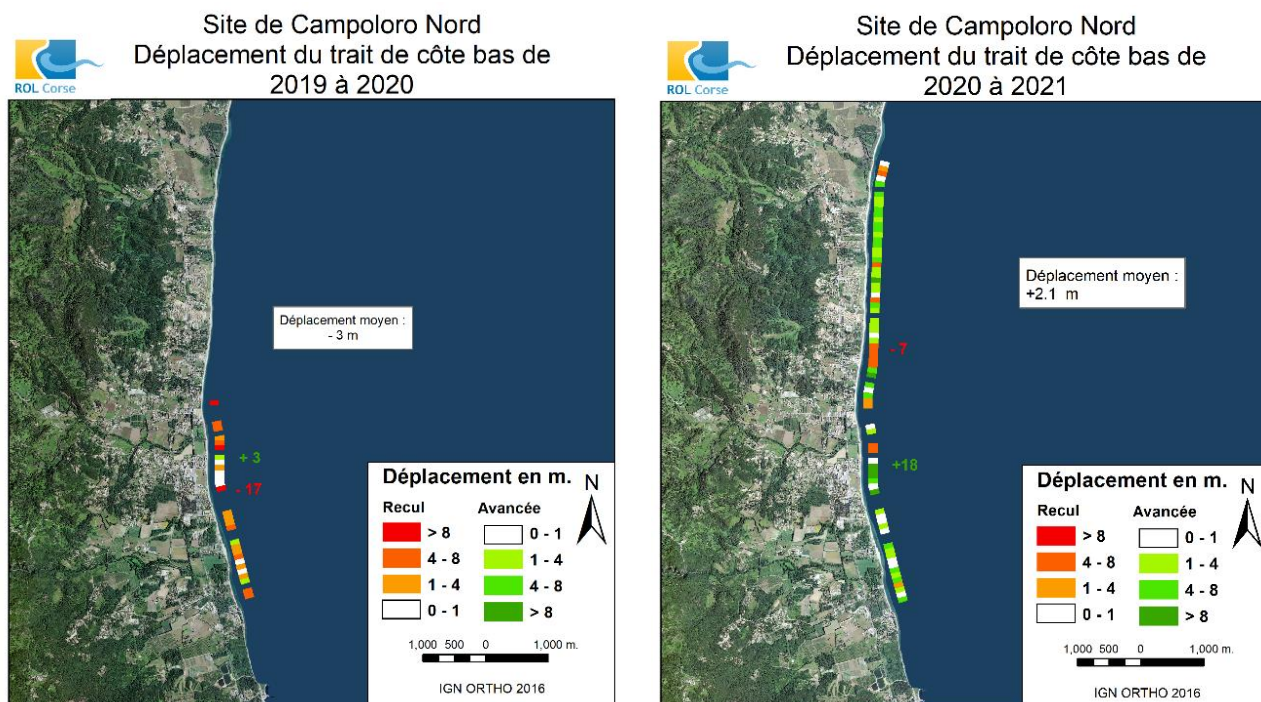


Figure 24 : Evolutions récentes du trait de côte 2019-2021 au nord du Port de Taverna.

Site		Campoloro Nord		
Suivi		Evolutions 2019-2020	Evolutions 2020-2021	Evolutions à moyen terme 2002 à 2021
Trait de côte	Bas	Pas de donnée sur la moitié nord⁷ Dominance du recul sur la moitié sud	Dominance de l'avancée (+ 1 à 8 m) +18 m localement potentiellement lié à des actions mécaniques	Tendance au recul généralisé (- 0,2 à 2 m/an) Variations au sein d'une enveloppe de 2 à 8 m

Figure 25 : Évolutions horizontales du trait de côte bas à Campoloro Nord.

2.3.2. Campoloro Sud

Le littoral au sud du Port de Taverna est suivi depuis 2002 sur environ 2,5 km avec deux profils et un relevé du trait de côte (Figure 26)

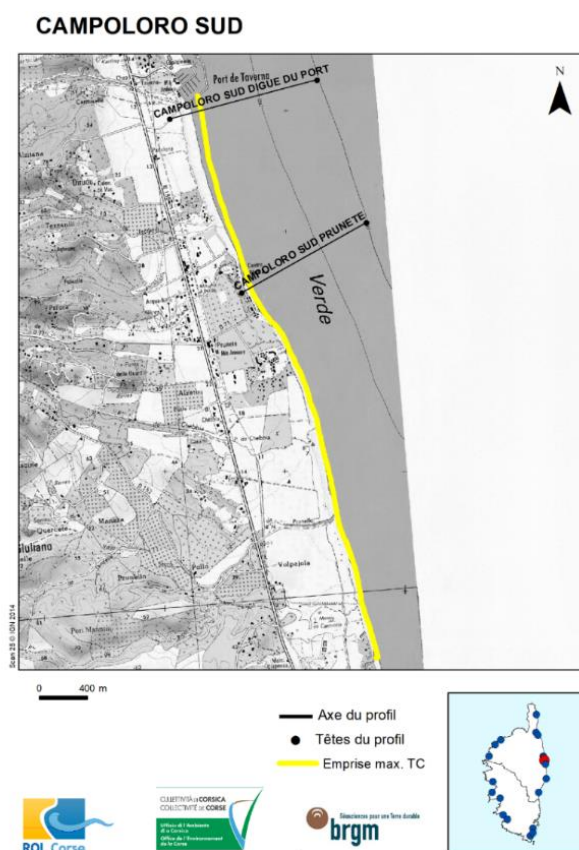


Figure 26 : Schéma d'implantation des profils et emprise des traits de côte pour Campoloro Sud (© IGN SCAN 25).

Les profils topo-bathymétriques sont présentés sur la Figure 27 et la Figure 28.

⁷ Linéaire couvert à 62% en 2019 (Mugica *et al.*, 2019 – RP-69955-FR)

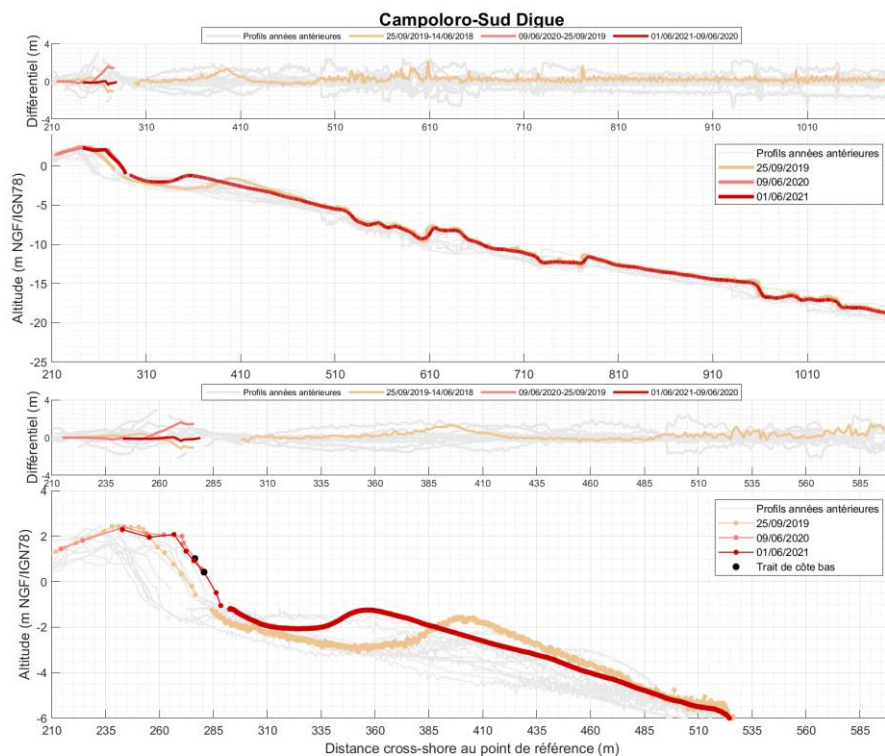


Figure 27 : Campoloro Sud, profil Nord – Digue.

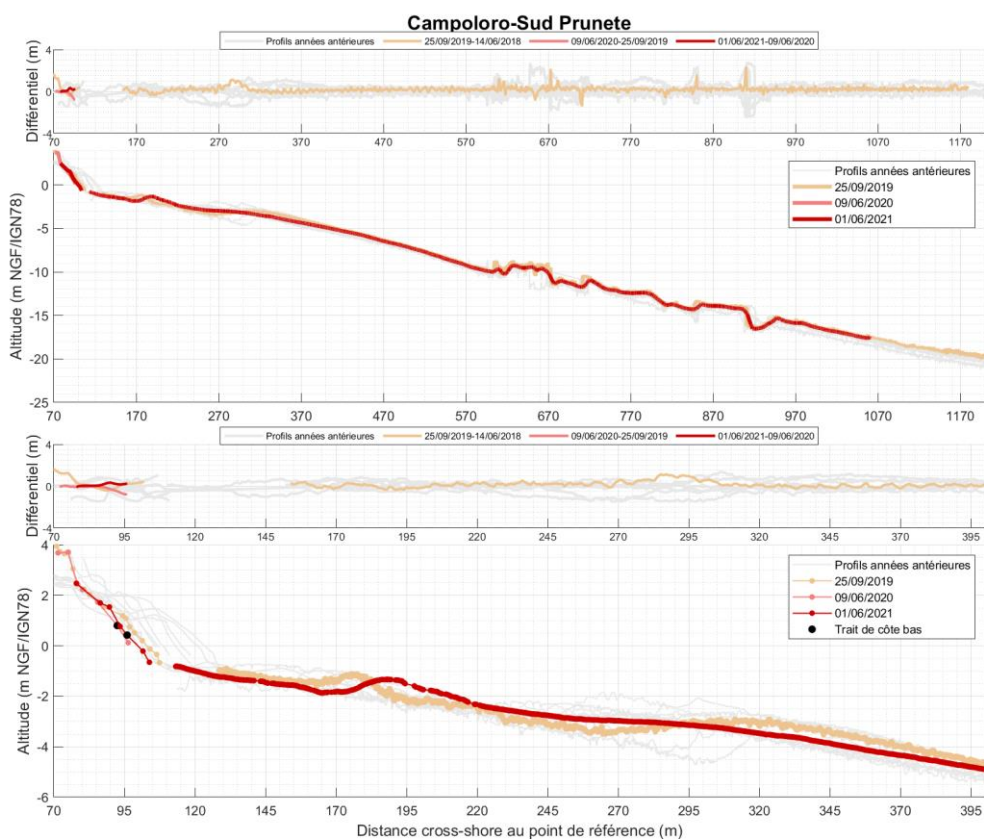


Figure 28 : Campoloro Sud, profil Sud – Prunete.

La tendance générale d'évolution de ces profils est plutôt inversée par rapport au nord mais distinctes sur le profil de la digue Sud du port et de celui de Prunete (Figure 29) :

- La situation du profil de la digue Sud en 2020-2021 est plus favorable depuis 2002, avec une morphologie convexe d'accrétion importante. La barre sous-marine la plus proche du rivage montre une avancée vers la plage particulièrement importante entre 2019 et 2021 : cela traduit la progression vers le nord de la dorsale sableuse vers l'entrée du port.
- A l'inverse, la situation de 2020-2021 est la plus défavorable depuis 2002, avec une morphologie concave du profil qui traduit une tendance à un recul chronique. La barre sous-marine a tendance à s'éloigner vers le large sur les deux dernières années.

Site		Campoloro Sud			
Suivi		Evolutions court terme		Evolutions à moyen terme (2002 à 2021)	
		2019-2020	2020-2021	Evolutions horizontales du TCB	Evolutions verticales du profil
Profils	Nord Digue	Dune stable Forte élévation ~+1m de la plage émergée active, et avancée du TCB de +10m	Plage émergée active stable	Evolution au sein d'une enveloppe de 50 m Alternances phases de recul et d'avancée (continue depuis 2012), généralement en opposition avec le profil de Prunete	Evolution au sein d'une enveloppe de 4m Configuration haute de l'ensemble du profil
		<i>Pas de bathy en 2020</i> Migration de la barre sous-marine vers le rivage (~40m)		Bilan à l'avancée (+25m)	
	Sud Prunete	Relative stabilité de la dune et du haut de la plage émergée active	Relative stabilité de la dune et du haut de la plage émergée active	Evolution au sein d'une enveloppe de 17 m Alternances phases d'avancée et de recul (continu depuis 2012), généralement en opposition avec le profil Nord	Evolution au sein d'une enveloppe de 3 m Configuration basse de l'ensemble du profil
		Recul du TCB de -5 m	Avancée du TCB de +5 m	Bilan au recul (+12 m)	
		<i>Pas de bathy en 2020</i> Migration de la barre sous-marine vers le large (~20 m)			

Figure 29 : Évolutions au niveau des profils à Campoloro Sud.

Les données de trait de côte entre 2002 et 2021 sont présentées sur la Figure 30 et Figure 31. La tendance mesurée est très variable à l'échelle de la zone de levé. Les taux d'évolution calculés se situent entre - 2 et + 2 m/an avec des amplitudes fortes (entre 2 et 20 m) et une grande variabilité spatiale et temporelle à l'échelle de temps du suivi (représentée par les ronds dans les nuances de gris sur les figures), avec :

- sur les 500 premiers mètres au sud du port, un trait de côte qui est en avancée depuis 2002 ; C'est ici que les évolutions sont les plus fortes, au droit de la digue Sud du port où s'accumulent les sédiments sous l'effet de la dérive littorale.

- une alternance de zone en recul global et une zone en avancée au droit de Prunete.
- en limite sud, une zone en recul chronique avec des taux de l'ordre de - 0,2 à 2 m/an.

Sur la période récente (2019-2021, Figure 32 et Figure 33), les évolutions globales sont marquées par une stabilité voire une avancée générale.

Évolution du trait de côte bas entre 2002 et 2021

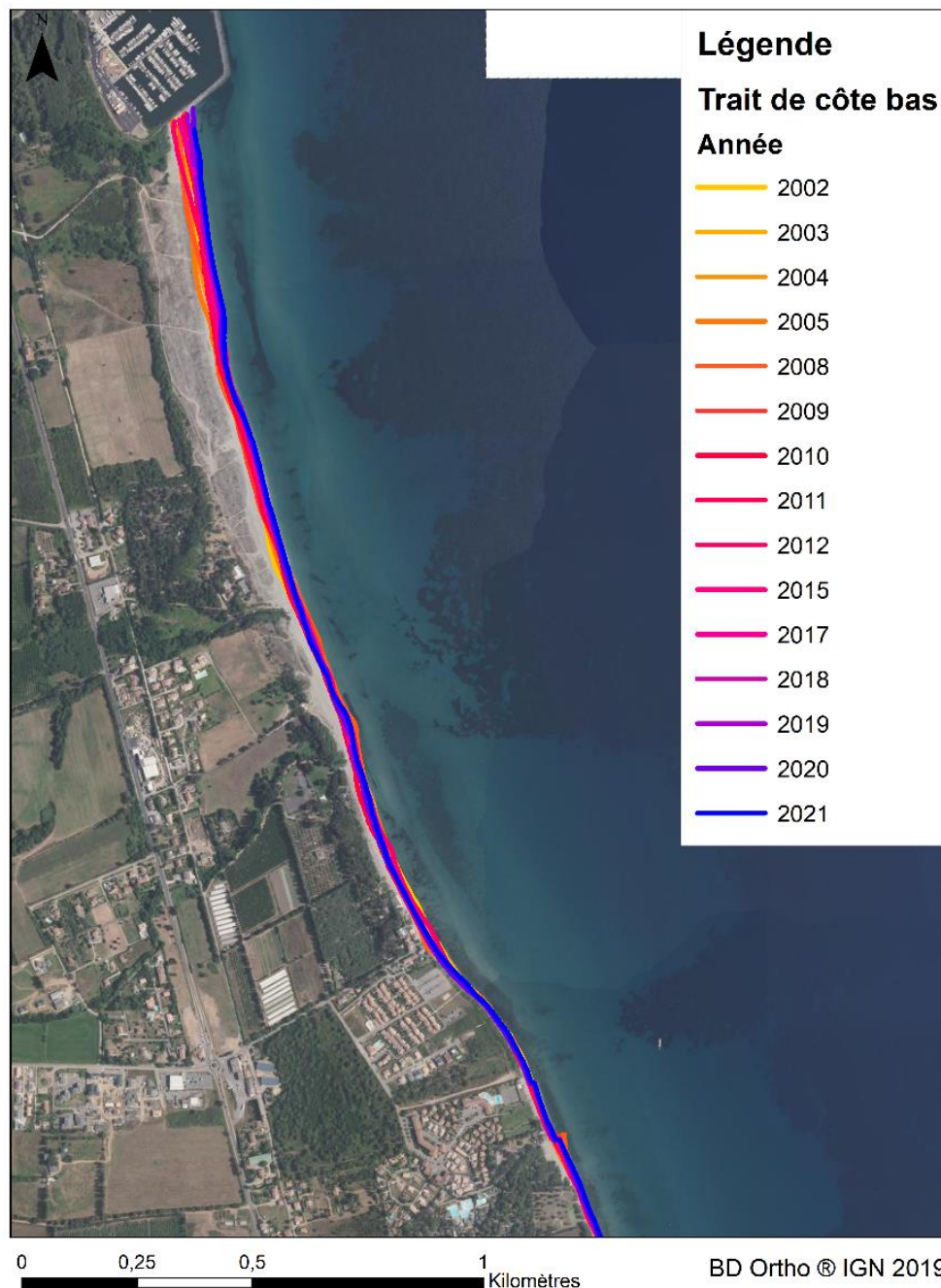


Figure 30 : Traits de côte bas mesurés au sud du port dans le cadre du ROL Corse entre 2002 et 2021.



Site de Campoloro Sud
Taux d'évolution du trait de côte bas de
2002 à 2021

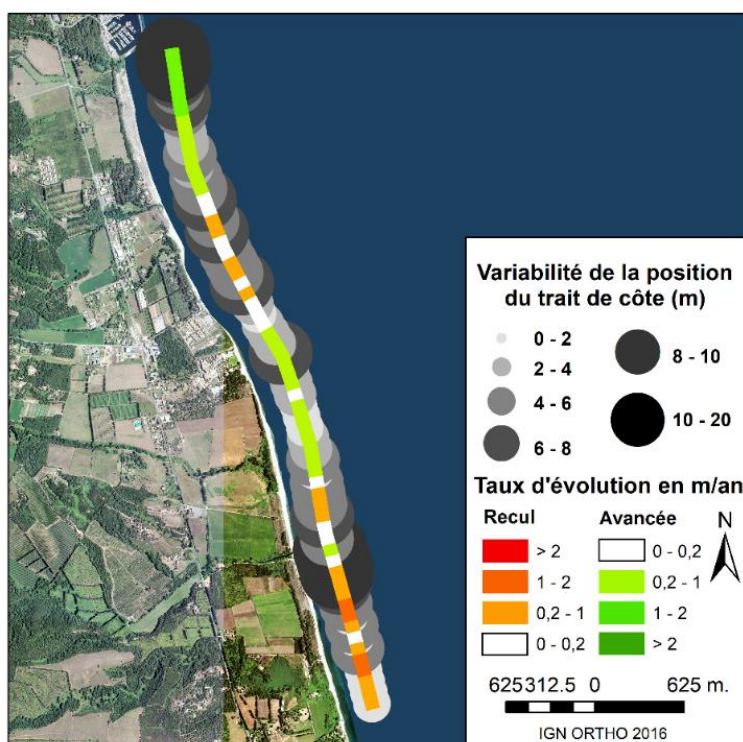
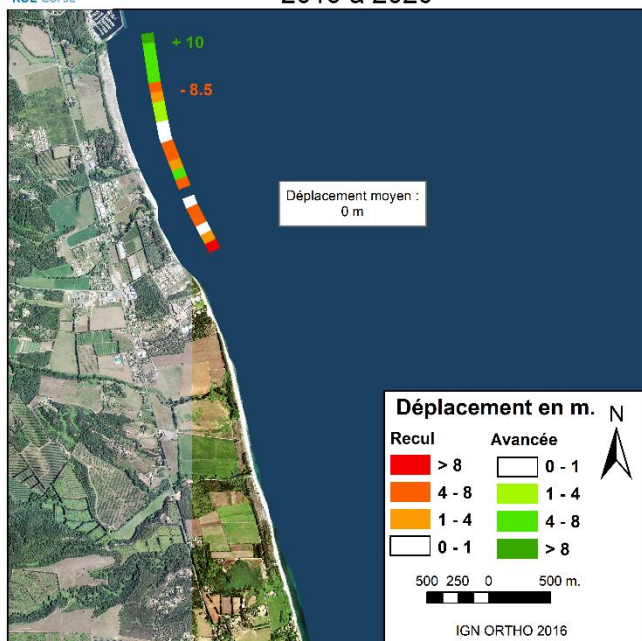


Figure 31 : Variabilité et taux d'évolution du trait de côte 2002-2021 au sud du Port de Taverna.

Site de Campoloro Sud
Déplacement du trait de côte bas de
2019 à 2020



Site de Campoloro Sud
Déplacement du trait de côte bas de
2020 à 2021

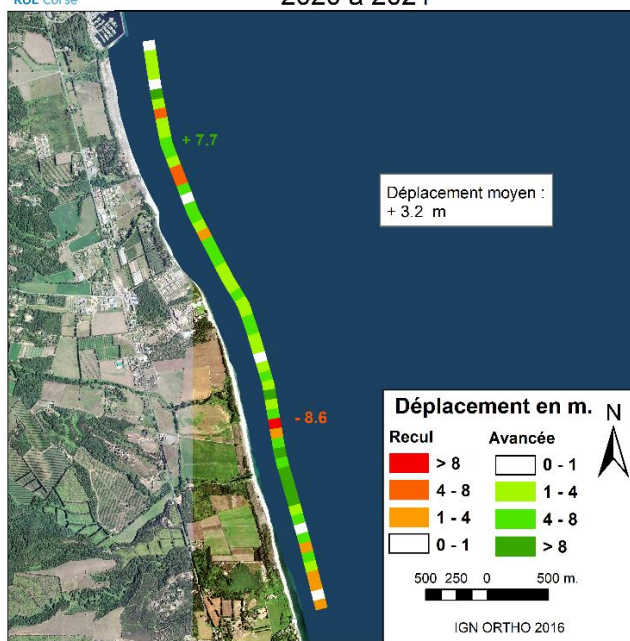


Figure 32 : Evolution récente du trait de côte 2019-2021 au Sud du Port de Taverna.

Site		Campoloro Sud		
Suivi		Evolutions 2019-2020	Evolutions 2020-2021	Evolutions à moyen terme 2002 à 2021
Trait de côte		Avancée (+10m) au nord contre la digue sur un linéaire de 250 m environ		Avancée au nord de la zone (+0,2 à 2 m/an) sur un linéaire de 0,8 à 1 km
	Bas	Alternances recul/stabilité vers le sud Pas de donnée sur moitié sud en 2019	Avancée (+1 à 8 m) sur l'ensemble de la zone malgré localement des zones de recul	Variabilité de 6 à 20 m (plus importante au nord) Alternances stabilité/recul/avancée vers le sud

Figure 33 : Évolutions des traits de côte bas à Campoloro Sud.

2.3.3. Conclusion sur l'évolution à moyen terme

Le contraste d'évolution entre les deux secteurs du littoral au nord et au sud du port est bien illustré par les mesures réalisées dans le cadre du ROL depuis 2002 qui permettent de la caractériser et de la quantifier :

- Au sud, les tendances d'accrétion sont dominantes en particulier au droit de la digue Sud et se traduisent à la fois dans les profils topo-bathymétriques et les relevés de la position du trait de côte, mais elles ne sont pas homogènes à l'échelle de zone de suivi qui est marquée par une érosion chronique à son extrémité sud, traduisant ici un déficit d'apport sédimentaire depuis le sud. Contre la digue du port, des prélèvements sédimentaires sur la plage ont été régulièrement effectués par divers opérateurs, mais leur traçabilité n'étant pas toujours assurée, il est difficile d'évaluer leur contribution sur l'évolution du littoral ;
- Au nord, le littoral est en déficit sédimentaire chronique depuis 2002, malgré deux dernières années plutôt stables, voire en accrétion, dont l'origine est difficilement déterminable (by-pass effectif depuis le sud, accrétion générale des petits-fonds et de la plage en conditions de faible agitation, apports anthropiques...).

2.4. COMPARAISON TOPO-BATHYMETRIQUE A COURT TERME AU DROIT DU PORT DE TAVERNA

Afin de caractériser les tendances évolutives depuis 10 ans, une comparaison des relevés bathymétriques au nord et au sud du port sont ici présentées.

Les données exploitées sont :

- des données d'un levé lidar topo-bathymétrique aéroporté réalisé en 2010 dans le cadre d'un programme BRGM/OEC sur l'impact des tempêtes sur la Plaine orientale (Balouin et al., 2010) ;

- des données du SHOM du programme Litto3d®⁸ acquises par levé Lidar bathymétrique en 2018 ;
- un Modèle Numérique de Terrain topo bathymétrique acquis en 2020 par la société SubCMarine dans le cadre du projet MAREGOT⁹. Les données terrestres sont acquises par photogrammétrie et les données bathymétriques par sondeurs mono-faisceau.

2.4.1. Evolution topo-bathymétrique 2010-2018

La Figure 34 présente l'évolution topo-bathymétrique entre 2010 et 2018 au droit du port de Taverna.

- *Évolution sédimentaire de la plage et de l'avant côte au nord du port de Taverna*

Au nord du port, une accrétion est observée dans l'herbier tandis que les petits fonds sont stables ou en érosion. Ces évolutions montrent également certaines zones de l'herbier qui sont ensablées par les apports depuis le sud, mais il convient de garder à l'esprit que l'accrétion qui est observée dans l'herbier peut aussi être le résultat d'un artefact dû à sa croissance propre et ne révèle pas forcément un apport sédimentaire extérieur (c'est également le cas avec la canopée sur les zones terrestres).

L'avant-côte ne présente pas de forme sédimentaire de type barre, ou autre morphologie sous-marine, ce qui indique un environnement plutôt déficitaire en sédiments. Les variations de l'élévation sont faibles entre 2010 et 2018.

- *Évolution sédimentaire de la plage et de l'avant côte au sud du port de Taverna*

Entre 2010 et 2018, la plage émergée active à Campoloro sud est globalement stable.

En 2010, la bathymétrie montre une petite barre peu élevée au nord de la zone. Pour le reste du site, l'avant-côte proche semble plutôt riche en sédiment, car l'élévation est forte, mais aucune forme sédimentaire n'est présente.

En 2018, une barre quasi continue se développe sur l'ensemble de la zone sud du port de Taverna. La barre est présente au front du port et semble être bloquée au nord par un herbier de posidonie. Un léger gain en élévation sur l'avant-côte dans la continuité nord de la barre est indicatif d'un possible by-pass du port et d'un apport en sédiment depuis la barre vers le nord du port.

⁸ www.datashom.fr

⁹ <http://interreg-maritime.eu/fr/web/maregot/projet>

Évolution entre 2010 et 2018

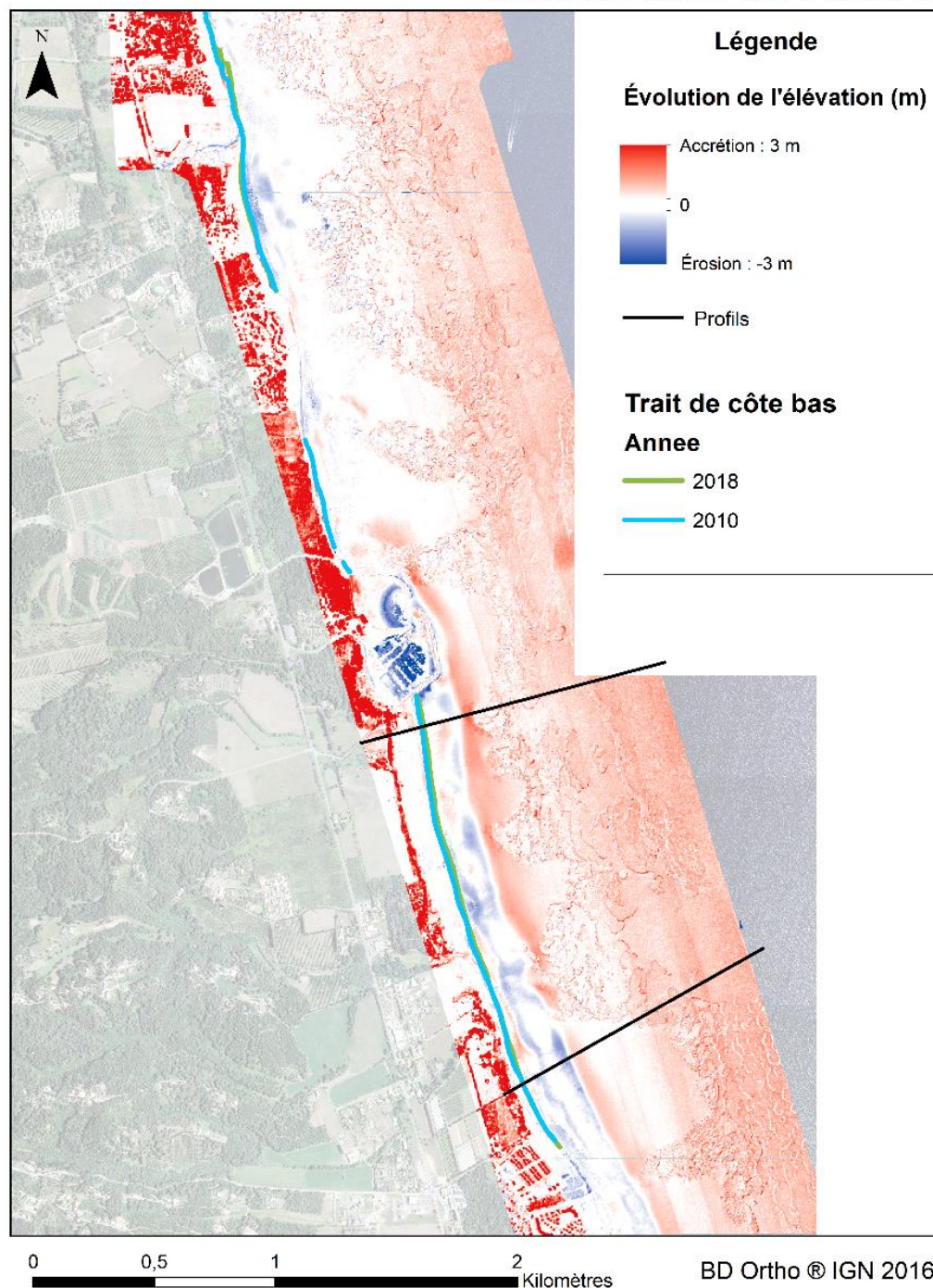


Figure 34 : Évolution altimétrique de la plage émergée active et de l'avant-côte de Campoloro pour la période de 2010-2018.

2.4.2. Evolution topo-bathymétrique court terme (2018-2020)

La Figure 35 présente le différentiel altimétrique entre 2018 et 2020.

Évolution entre 2018 et 2020

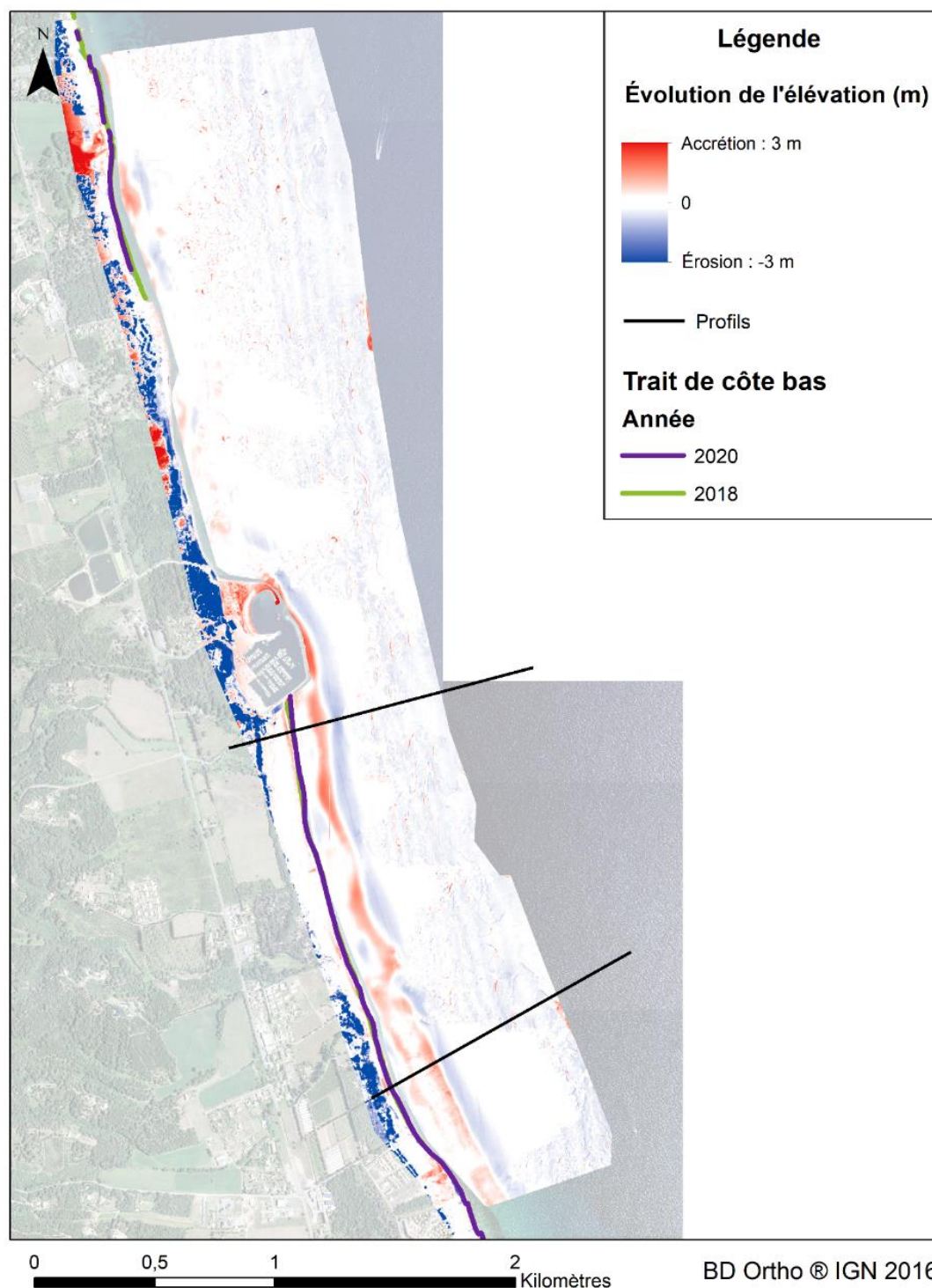


Figure 35 : Évolution altimétrique de la plage et de l'avant-côte de Campoloro pour la période de 2018-2020.

- Évolution sédimentaire de la plage et de l'avant côte au nord du port de Taverna

Globalement l'avant-côte et la plage émergée active sont relativement stables. Les évolutions constatées ne permettent pas d'inférer des transits sédimentaires significatifs entre 2018 et 2020.

L'avant-côte ne présente pas de morphologie particulière : elle reste relativement plane de la plage jusqu'à l'herbier de posidonies, ce qui illustre un secteur en déficit sédimentaire. L'herbier est présent à une distance variant de 200 m à plus de 600 m du trait de côte bas. Il est identifiable sur la Figure 34 de par sa rugosité supérieure à celle des sédiments meubles.

- *Évolution sédimentaire de la plage et de l'avant côte au sud du port de Taverna*

La barre sous-marine d'environ 1,5 m de hauteur avec une largeur maximum de 80 m environ, présente sur l'ensemble de la zone sud du port de Taverna en 2018, s'est rapprochée en 2020 du rivage et demeure rectiligne dans la partie nord de la zone. Sa morphologie est plus complexe dans la moitié sud, avec une forme en croissant.

La plage émergée active est globalement stable sauf au niveau du secteur de Prunete où un linéaire de 500 à 800 m environ subit une érosion, ce qui se retrouve sur les évolutions des profils du ROL entre 2019 et 2020.

2.4.3. Conclusions

Ces données montrent que la migration de la barre sous-marine au sud du Port de Taverna a été probablement plus significative depuis 2010, mais qu'elle est vraiment visible sur les données depuis 2018, où elle amorce une accrétion vers le rivage et la digue sud du port. Sa morphologie est linéaire au droit du port et plus complexe dans la moitié sud.

Au nord, la morphologie de l'avant-côte sans relief particulier, reste relativement plane jusqu'à l'herbier, et est le témoin d'un secteur en déficit sédimentaire et surtout sans transit sédimentaire important, les principales évolutions étant concentrées au niveau du rivage.

Il est possible que la position de la barre réponde à une saisonnalité du climat météo-marin local avec typiquement une position de la barre plus distale durant et après des périodes énergétiques (hivers, tempêtes) et plus proche durant les périodes calmes. Mais il est aussi très probable que la position de la barre réponde à une cyclicité propre, avec une plus longue période de variation.

Une évaluation de la position et de l'évolution de la barre à plus court terme est nécessaire pour évaluer sa dynamique et le potentiel de by-pass depuis le littoral de Campoloro Sud vers le Nord.

2.5. EVOLUTION A COURT TERME A PARTIR DES DES IMAGES SOLARCAM (BRGM/OEC) AU SUD ET NORD DU PORT DE TAVERNA

Dans le cadre d'une convention de Recherche et Développement entre le BRGM et l'Office de l'Environnement de la Corse, une instrumentation de suivi du littoral au nord et au Sud de Taverna été mise en place en 2020 pour améliorer la compréhension de l'évolution du littoral à haute fréquence temporelle sur plusieurs centaines de mètres du littoral adjacent au nord et au sud du port (Paquier et Valentini, 2020). Ce projet qui s'étend a pour objectif d'apporter des connaissances sur l'évolution et la migration des barres sous-marines et leur relation avec l'évolution du trait de côte.

Une partie des données acquises dans ce programme est ainsi mise à disposition de la présente étude pour caractériser les transits sédimentaires et l'évolution du trait de côte au niveau de Taverna par une surveillance morphologique du littoral sur la période novembre 2020 – décembre 2021.

2.5.1. Matériel et méthodes

En novembre 2020, deux caméras Solarcam¹⁰ ont été installées au nord et au sud du port de Taverna (Figure 36).



Figure 36: Localisation des caméras sur le port de Taverna (gauche). Caméra Nord lors de sa calibration (droite).

¹⁰ <https://www.solarcam.fr>

La caméra Nord permet de suivre le trait de côte de façon optimale sur environ 250 m tandis que la caméra Sud offre une couverture optimale sur 580 m, en raison de l'angle de prise de vue et de la largeur de la plage émergée (Figure 37). Ces distances permettent d'assurer une précision de l'ordre de 0.5 m à 1 m dans ces zones de suivi. En effet, l'incertitude sur la position du trait de côte augmente avec la distance par rapport à la caméra. La méthodologie complète est détaillée dans Paquier et Valentini (2020).



Figure 37 : Zones exploitables des images Solarcam. Les rectangles verts représentent l'étendue des zones dans lesquelles les traits de côte mesurés in-situ et extraits des images Solarcam sont concordants.

Une première analyse des images prises par les caméras de Taverna a été réalisée et concerne les prises de vue réalisées à un pas de temps horaire entre décembre 2020 et 2021.

Quarante-deux images choisies ont été étudiées pour chacune des caméras. Les dates retenues sont identiques pour les deux caméras. Les images prises à midi ont été choisies pour une qualité optimale en fonction de l'ensoleillement. Une image toutes les deux semaines environ a été retenue. Mais sur une période de quelques jours pendant lesquels des variations importantes de la position du trait de côte ont pu être observées, l'analyse de la position du trait de côte a été étudiée avec une image par jour. (Figure 38, en Mai 2021 notamment).

Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	
2020	2021	2021	2021	2021	2021	
05-12-2020	09-01-2021	04-02-2021	21-03-2021	10-04-2021	01-05-2021	
08-12-2020	10-01-2021	15-02-2021	27-03-2021	19-04-2021	04-05-2021	
15-12-2020	28-01-2021	27-02-2021	29-03-2021	30-04-2021	11-05-2021	
					16-05-2021	
					17-05-2021	
					18-05-2021	
					19-05-2021	
					20-05-2021	
					23-05-2021	
					24-05-2021	
					25-05-2021	
Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
2021	2021	2021	2021	2021	2021	2021
05-06-2021	01-07-2021	01-08-2021	15-09-2021	15-10-2021	15-11-2021	15-12-2021
20-06-2021	15-07-2021	15-08-2021	30-09-2021	30-10-2021	30-11-2021	30-12-2021
		31-08-2021				

Figure 38 : Dates des images étudiées pour les deux caméras.

Le trait de côte a été extrait sur chacune des images retenues. L'image est d'abord ortho-rectifiée, puis le trait de côte est extrait automatiquement grâce aux développements de traitement automatique mis au point par le BRGM. Une expertise et une reprise manuelle de ce trait de côte est souvent nécessaire afin que celui-ci soit défini le plus justement possible (Figure 39).



Image non-traitée



Image orthoréctifiée



Trait de côte extrait

Figure 39 : Etapes de traitement des images prises par les Solarcam. Exemple du 08 Décembre 2020 à midi.

2.5.2. Conditions hydrodynamiques

a) Conditions météorologiques

Les données météorologiques acquises à la station Météofrance de Bastia sont représentées sur la Figure 40. Durant la période d'étude, le vent atteint régulièrement des vitesses de 20 km/h. Des pics plus importants pouvant atteindre 55 km/h sont visibles entre janvier et mars. Deux directions majeures sont observées : les vents de secteur ouest-sud-ouest, qui n'auront pas d'impact sur la surface de l'eau, et les vents de secteur est, susceptibles de générer des vagues aux effets morphogènes sur le littoral.

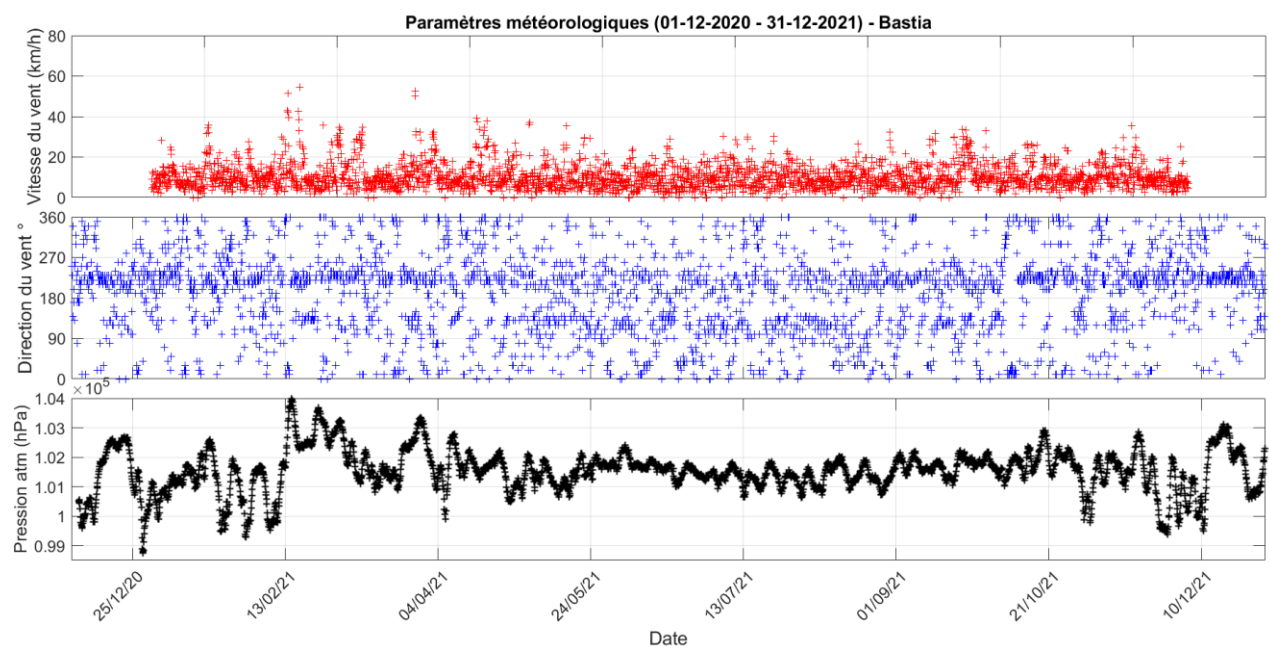


Figure 40 : Conditions de vent durant la période d'étude (Station Météofrance Bastia).

b) Conditions de vagues

Les conditions d'agitation du plan d'eau à la bouée Alistro (CANDHIS, Cerema) entre novembre 2020 et décembre 2021 sont représentées sur la Figure 41.

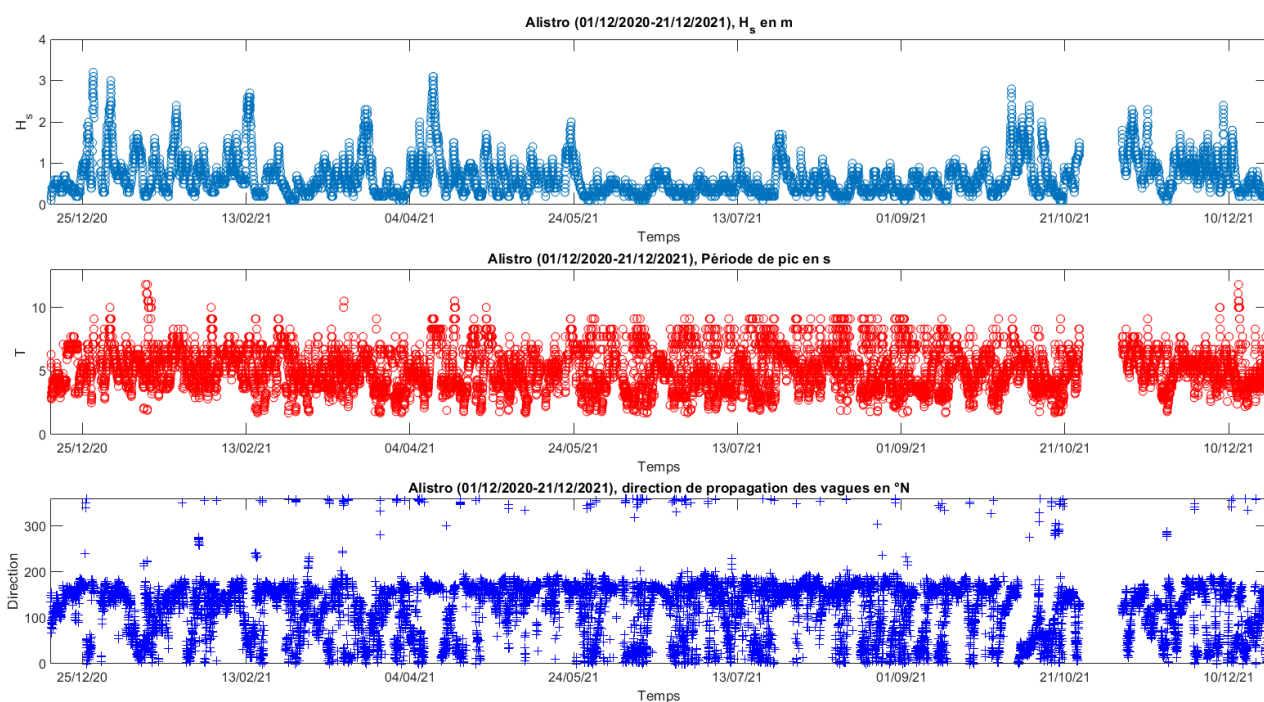


Figure 41 : Conditions de vagues à Alistro durant la période d'étude (bouée CANDHIS du Cerema). H_s : Hauteur significative des vagues (m) ; T : période pic des vagues (s) ; Direction : Direction de provenance des vagues (°).

La période de mesures est caractérisée par :

- une période hivernale entre décembre 2020 et avril 2021, marquée par 6 événements de tempêtes dépassant 2 m de hauteur significative au large ;
- une période estivale, plus calme, jusqu'à fin septembre 2020, où les coups de mer sont plus épisodiques ;
- et une seconde période à l'automne 2021, plus agitée avec quelques tempêtes et une interruption dans les mesures (bouée Alistro Hors service).

2.5.3. Evolution du trait de côte au nord et au sud du port de Taverna

a) Evolution du littoral nord

La Figure 44 montre l'ensemble des traits de côte extraits sur le littoral nord de Campoloro.

L'année est marquée par une grande variabilité de la position du trait de côte. Ceux-ci montrent cependant une tendance à une avancée significative notamment dans l'extrémité nord de la zone. Certaines fluctuations de la position du trait de côte au cours de l'année peuvent être le résultat de dépôts de banquettes de posidonie (Figure 43).

De plus, cette avancée pourrait être due aux rejets de sédiments réalisés lors de travaux de curage du port de Taverna, pour lesquels nous n'avons pas d'information particulière.

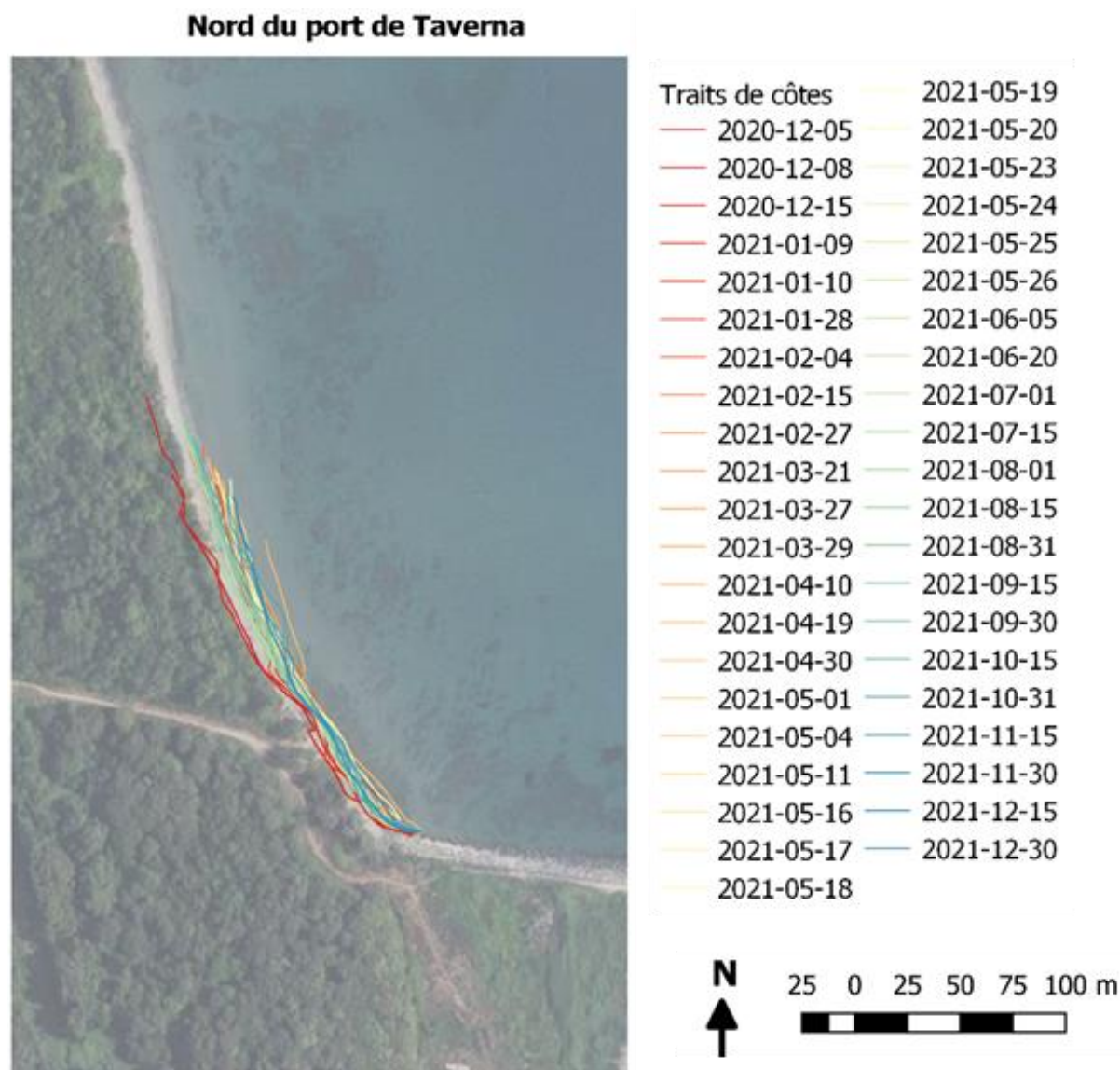


Figure 42 : Ensemble des traits de côte extraits sur les plages situées au nord et au sud du port. Fond : IGN 2019.



Figure 43 : Dépôt de banquettes de posidonies au nord du port de Taverna (image SOLARCAM 9/04/2021).

a) Evolution du littoral sud

La Figure 44 montre l'ensemble des traits de côte extraits sur le secteur sud.

Au sud du port, le trait de côte est dans une phase d'avancée jusqu'à l'été 2021 puis de recul à l'automne sur les 150 premiers mètres au sud de la digue. Plus au sud, les traits de côte de l'hiver 2020 sont plus en retrait que les autres. Cette différence de comportement entre le nord et le sud de la zone peut être dû au transfert sédimentaire du sud vers le nord qui tend à accumuler le sédiment contre la digue.

La constitution d'une banquette de feuilles mortes de posidonies de taille variable pouvant parfois être conséquente (0 à 2 m d'épaisseur, et entre 0 et 60 % de la plage émergée) au fur et à mesure des échouages, participe également à la protection de la plage au sud de la digue (Figure 44).

A l'automne 2021, il s'est produit une rupture du cordon littoral par un cours d'eau à 150 mètres juste en aval de la digue, qui a entraîné un « recul » du trait de côte de l'ordre de 20 m. Ce n'est pas un événement rare lors de tempêtes méditerranéennes, mais son observation en image est cependant plus rare et intéressante.

Le lundi 4 octobre 2021, la Corse a connu de fortes pluies (jusqu'à 250 mm en quelques heures sur les communes du sud de la Plaine orientale). Cela a provoqué un apport d'eau massif dans les cours d'eau de la Plaine orientale Corse et notamment dans le lit du ruisseau qui donne son nom au port. Le Taverna trouve son embouchure au pied de la digue sud du port de Taverna sur laquelle est installée la caméra Sud.

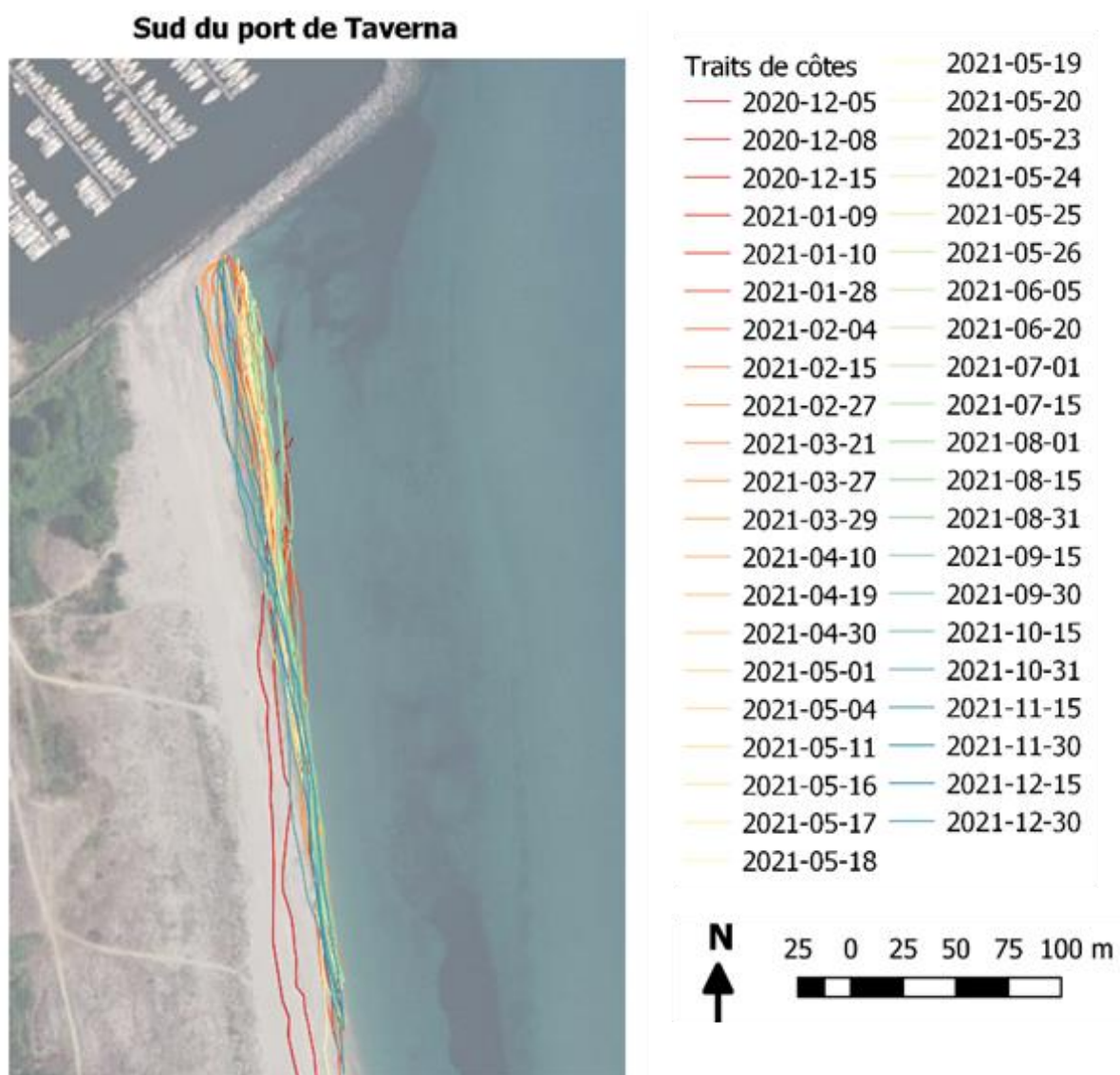


Figure 44 : Ensemble des traits de côte extraits sur les plages situées au Nord et au Sud du port. Fond : IGN 2019.



Figure 45 : Plage au sud du port de Taverna le 05-12-2020 à midi ; une large banquette recouvre la plage accolée à la digue sud du port de Taverna.

Les images présentées sur la Figure 46 se lisent du haut vers le bas et suivent cette rupture de cordon littoral. Durant la journée du 4 octobre, l'eau qui s'écoule dans le lit du Taverna vient s'accumuler en arrière du cordon littoral (indiqué sur les premières photos par une flèche rouge). Entre 17h et 17h30, le cordon rompt, certainement suite au débordement du cours d'eau au-delà du cordon. A 18h, heure d'arrêt des prises de vue, la vidange de l'eau accumulée est toujours en cours, la crue n'étant probablement pas encore terminée.

Le lendemain, le cours d'eau a fini de creuser son lit au travers du cordon littoral. La colonne de droite montre l'évolution du trait de côte durant les 7 jours suivants. Durant cette période, des vagues de NNE atteignant 2,4 m au large de la Plaine orientale ont été enregistrées. En conséquence, le trait de côte a reculé de façon significative.

Ce phénomène de rupture du cordon est potentiellement à l'origine d'un recul massif du trait de côte avec pour conséquence de remobiliser des sables de la plage vers l'avant-côte alimentant la barre sous-marine et ainsi le probable by-pass. Cependant, ces phénomènes, peu documentés dans la littérature, restent épisodiques et en lien avec de fortes précipitations. L'évaluation de leur contribution au transit sédimentaire général reste délicate.

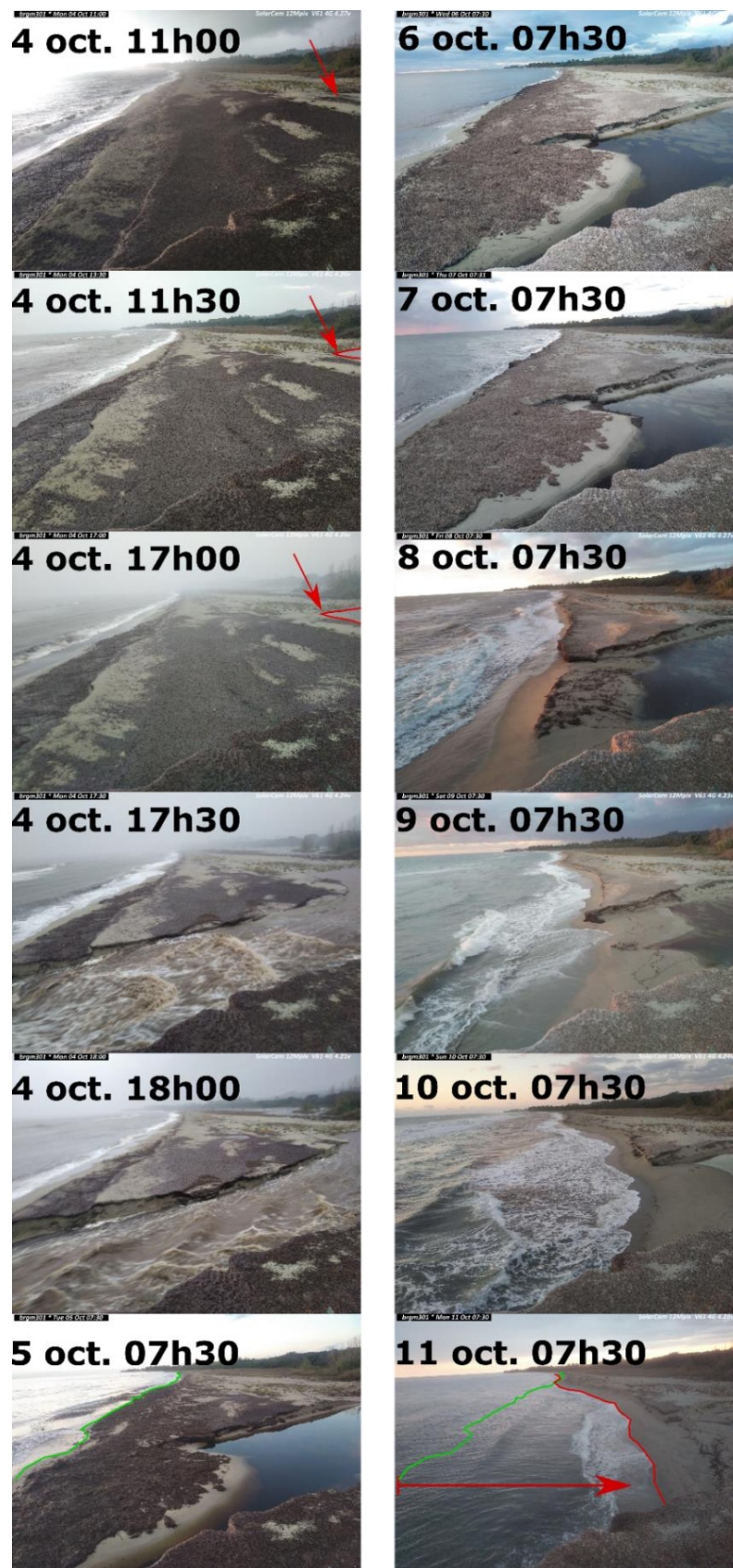


Figure 46 : Images de la rupture de cordon littoral par le Taverna

b) Dynamique de l'évolution du trait de côte

La dynamique de l'évolution du trait de côte est étudiée à partir des données caméras suivant plusieurs échelles temporelles :

- Evolution résiduelle à l'échelle de la durée de suivi (1 an) ;
- Evolution suivant un pas de temps mensuel ;
- Evolution à fréquence journalière pendant une période de 10 jours.

Les informations acquises à chaque échelle de temps, et leur complémentarité, permettent de caractériser différents comportements morphodynamiques du trait de côte.

a) Evolution résiduelle entre novembre 2020 et novembre 2021

Au nord du Port de Taverna, le trait de côte semble avoir avancé sur une année (Figure 47). En revanche, sur le littoral sud, il est en avancée globale sur la partie sud de la plage, alors que contre la digue, il montre plutôt un recul. Ce recul résiduel est en grande partie expliqué par le recul généré lors de la rupture du cordon littoral en octobre 2021 et détaillé ci-dessus.

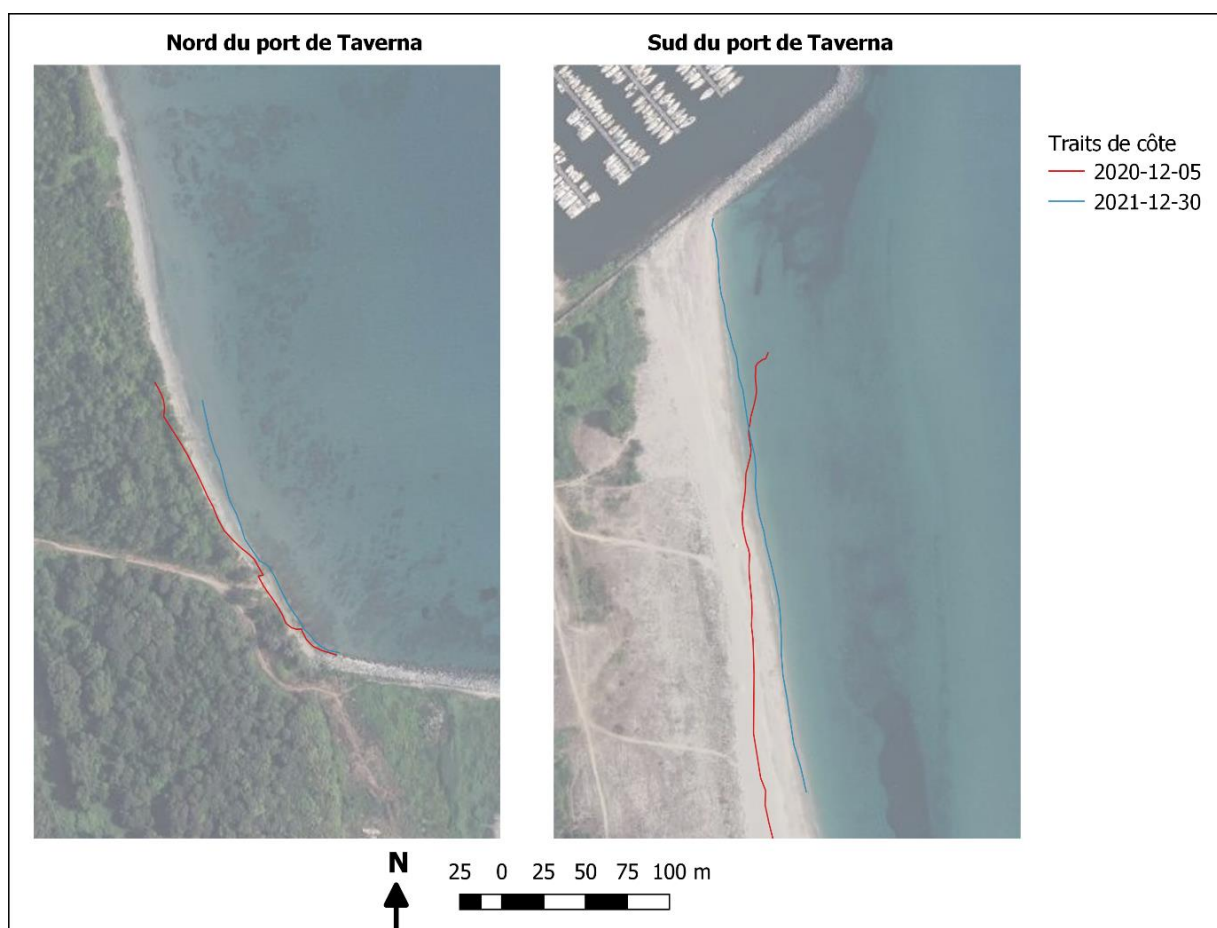


Figure 47 : Premiers et derniers traits de côte mesurés sur les plages nord et sud. Le premier trait de côte a été extrait sur l'image du 05-12-2020, le dernier sur celle du 30-12-2021. Fond : IGN 2019.

b) Traits de côte extraits à intervalle mensuel des données caméras

La Figure 48 montre l'évolution annuelle selon un pas de temps mensuel.

Au nord, cela confirme bien l'avancée du trait de côte entre décembre 2020 et juin 2021, mais elle illustre une dynamique contrastée au cours de l'année : le trait de côte a en fait avancé de décembre 2020 à avril 2021, localement d'un maximum de + 17 m, puis reculé depuis entre avril et novembre 2021. La période hivernale de décembre 2020 à avril 2021 est la période préférentielle des coups de mer et des phénomènes d'érosion, aussi cette évolution positive n'est pas totalement expliquée en l'état. Ce secteur ayant fait l'objet de dépôts de sédiments depuis le port de Taverna, il serait intéressant reconnaître leur date et les volumes impliqués.

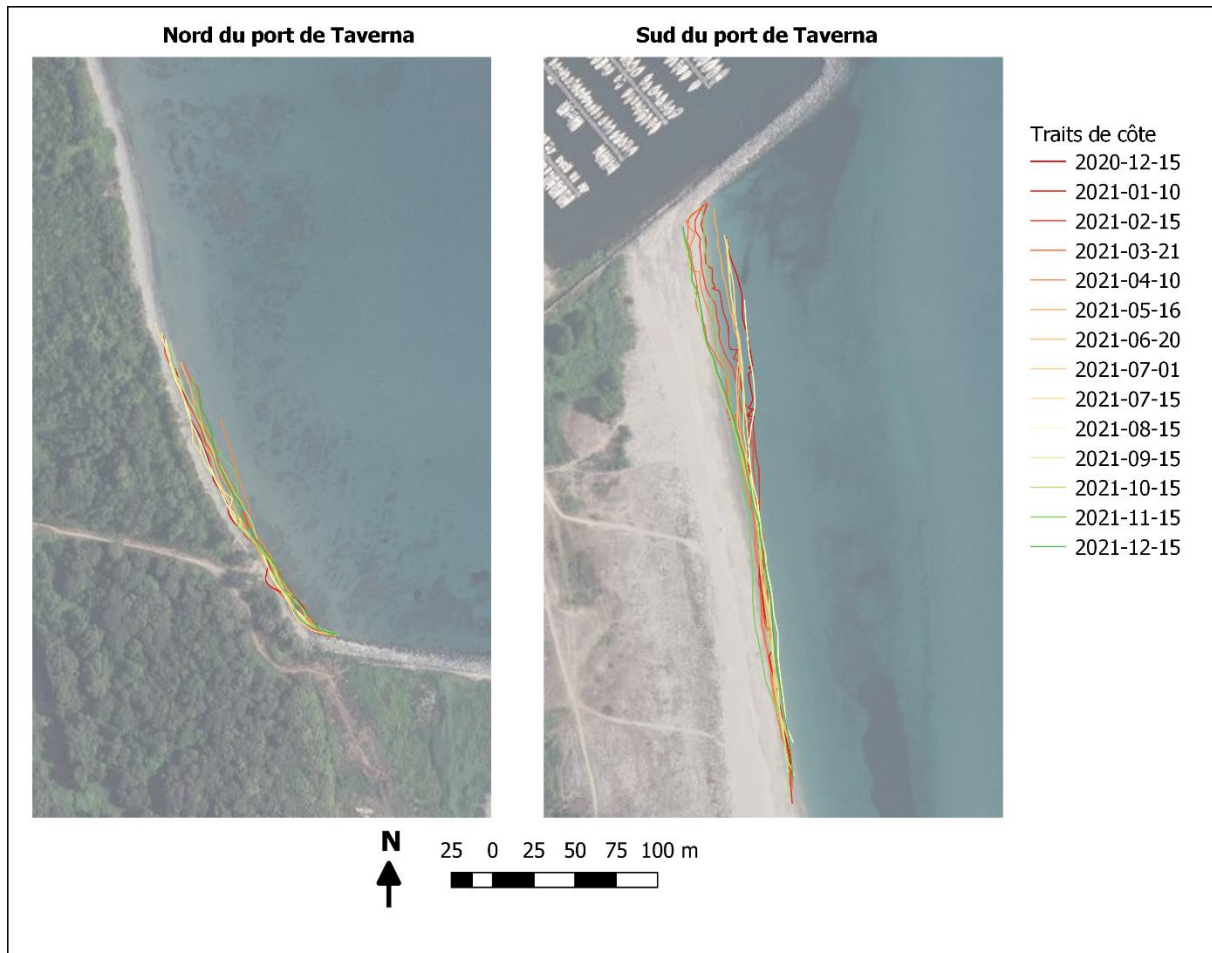


Figure 48 : Traits de côte mesurés chaque mois sur les plages au nord et au sud de Taverna. Fond : IGN 2019.

Au sud, le trait de côte recule dans sa partie nord, de manière importante (maximum 28 m) entre décembre 2020 et avril 2021. Il avance de nouveau jusqu'en juillet 2021 (maximum 24 m), puis recule de nouveau à l'automne 2021 (maximum 21 m, lors de l'ouverture du cordon). Il est en revanche plus stable dans sa partie sud.

Ceci est typique du comportement saisonnier de cette plage sous influence directe de la dérive littorale sud-nord en conditions normales de faible agitation et soumise à des effets conjoncturels des tempêtes et cette année d'une crue qui a entraîné une rupture du cordon. La présence des banquettes de posidonies, en particulier contre la digue sud, permet de protéger la plage de façon conséquente et participe grandement à sa résilience saisonnière.

c) *Traits de côte extraits à intervalles rapprochés (hebdomadaire) durant 10 jours des données caméras*

La Figure 49 présente une analyse de l'évolution sur une dizaine de traits de côte relevés entre le 16 et 26 mai 2021 durant une période de vagues moyennes à importantes d'est-nord-est avec quelques vagues d'est autour du 19 et du 25 mai (Figure 50). Ce type de conditions est susceptible de générer une inversion (nord-sud) de la dérive littorale par rapport à des conditions modales (sud-nord).

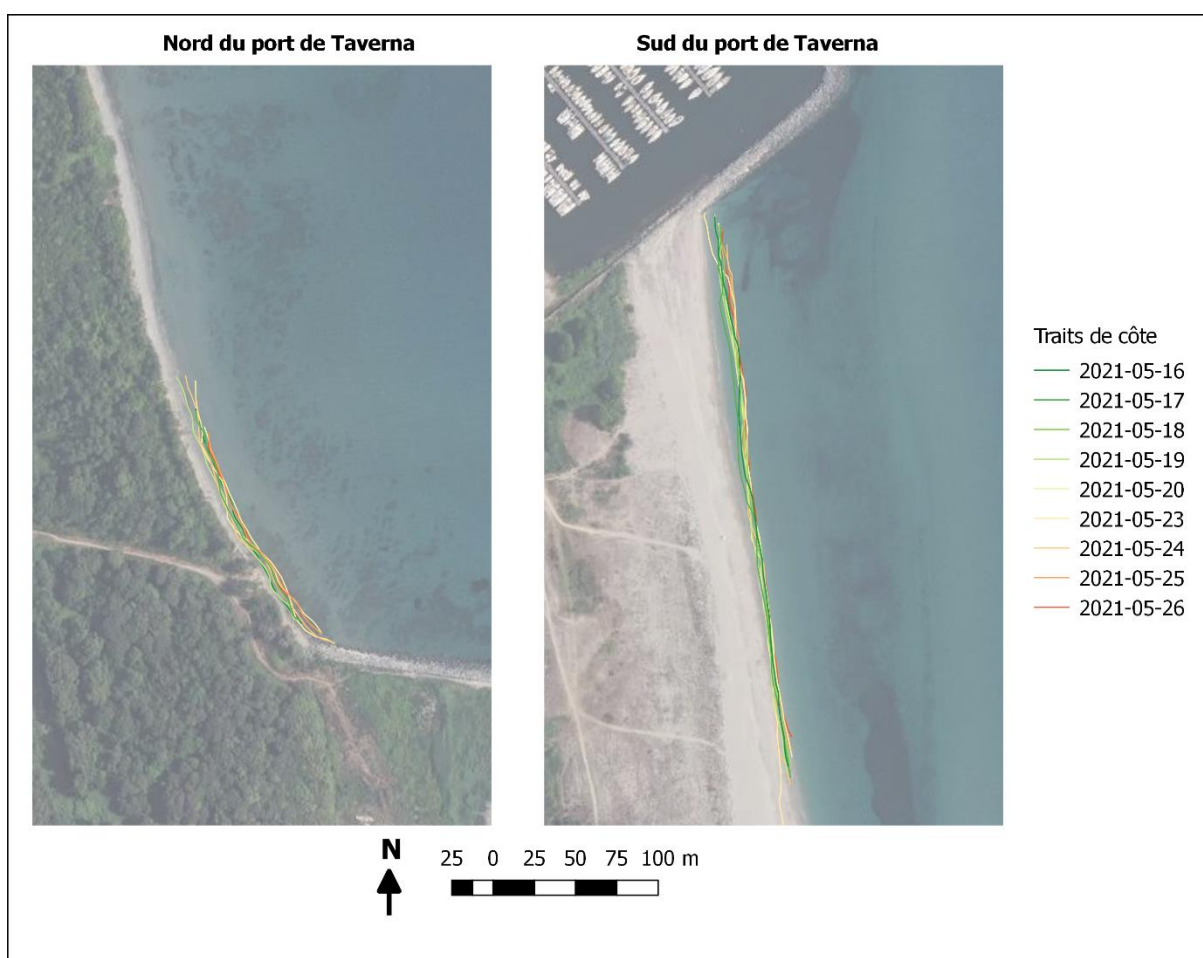


Figure 49 : Suivi haute fréquence du trait de côte du 16 au 26 mai 2021.

L'évolution du trait de côte résultante est faible par rapport aux évolutions observées à l'échelle saisonnière (5 m maximum au nord et 9 m maximum au sud toutes dates confondues). Par ailleurs, alors que le trait de côte semble plutôt en avancée au sud du port, au nord, l'évolution ne montre pas de tendance particulière. Enfin, l'épisode de vagues d'est, plus frontales, n'entraînent pas vraiment d'évolution significative.

Cet exemple montre que pour ce type de conditions, l'évolution est peu significative. La configuration du port, entraîne très probablement des phénomènes de réfraction et diffraction des vagues locales qui tendent à rendre plus transversales les vagues incidentes et donc à limiter les inversions de dérive littorale. La distance de la bouée d'Alistro par rapport au site d'étude joue également dans l'établissement d'une corrélation entre l'évolution morphologique et les conditions hydrodynamiques plus évidente. A l'échelle de l'événement, il faudrait donc privilégier des données de vagues et de vent plus locales, par le moyen de capteurs installés dans la zone

littorale au plus proche des caméras, ou par l'utilisation de données de ré-analyse des champs de vent et vagues accessibles sur internet (type Ifremer ou COPENICUS).

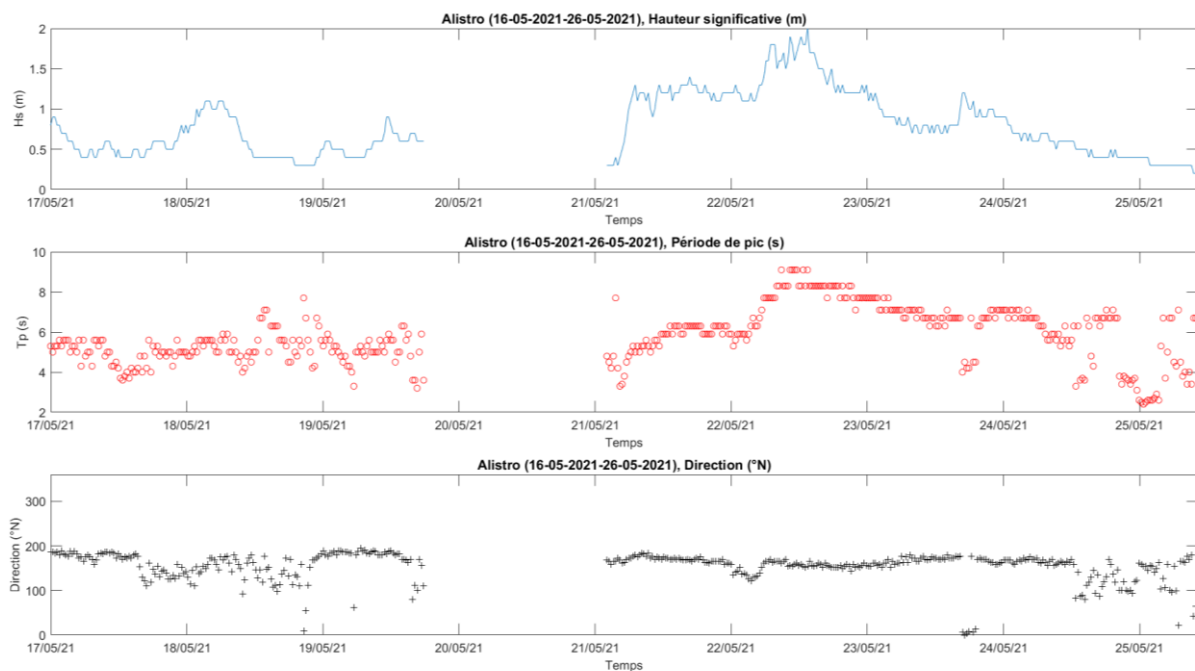


Figure 50 : conditions de vagues à Alistro du 16 au 26 mai 2021.

2.5.4. Conclusions

A partir des données d'images acquises grâce aux deux Solarcam installées depuis 2020 au port de Taverna, à l'échelle saisonnière, le comportement modal des traits de côte des plages situées au nord et au sud du port de Taverna montre une tendance à avancer à l'approche de l'été et à reculer à des échelles variables dans les conditions automnales et hivernales.

- Au sud, le trait de côte recule durant les périodes des tempêtes (hiver) et avance durant le printemps. La présence d'une banquette de posidonies au nord de la plage permet de protéger cette zone de l'érosion durant la période des tempêtes.
- Au nord du port, le trait de côte avance durant la période des tempêtes et recule légèrement par la suite, même si durant l'été, ce recul est moindre.

Des dépôts de sédiments depuis le port ayant été réalisés à l'hiver 2020-2021, leur contribution sur l'avancée observée est inconnue. Il serait utile de connaître les dates et volumes des dépôts de sédiments pour comprendre cette évolution au regard des évolutions des conditions météo marines.

La possibilité d'un by-pass entre le sud et le nord est probable mais semble difficile à mettre en évidence sur la période de suivi (décembre 2020 – décembre 2021). En revanche, la quantification des matériaux transportés par un potentiel by-pass naturel est impossible à évaluer au regard des données disponibles, et surtout en l'absence d'information sur la quantité des dépôts réalisés au nord, dans le cadre de la maintenance du port. Enfin, la possibilité d'un by-pass naturel est tout de même mise en doute car la digue sud n'est pas saturée par une accrétion jusqu'à son musoir lors du suivi réalisé.

2.6. CONCLUSIONS SUR L'EVOLUTION DU LITTORAL DE PART ET D'AUTRE DU PORT DE TAVERNA

L'analyse de l'évolution du littoral réalisée à plusieurs échelles de temps montre une cohérence générale :

- A long terme (échelle décennale à séculaire), le trait de côte sableux au nord du port est bien en recul chronique tandis qu'au sud de celui-ci, il est caractérisé par une avancée globale mais qui reste cependant très variable dans sa temporalité. Les digues portuaires perturbent clairement la dérive littorale et le principe de rupture de la continuité sédimentaire dans le cordon est très bien illustré. Cette interruption du transit aggrave une évolution naturelle du trait de côte, qui est aussi contrôlée par des facteurs environnementaux (relation avec l'herbier) et anthropiques, liée à l'urbanisation des domaines dunaires.
- A moyen terme (échelle pluri-annuelle à décennale), les mesures réalisées dans le cadre du ROL (profils et trait de côte) sont en cohérence avec cette tendance historique et la quantifie mais elles illustrent également une variabilité interannuelle importante. Elles permettent de montrer également une tendance assez récente depuis 2019, avec une forte accrétion de la barre sous-marine au sud contre la digue et peuvent laisser suggérer qu'un by-pass naturel des infrastructures, situation inédite depuis 1972, est en cours depuis quelques années. La comparaison des données bathymétriques récentes (2018-2020) confirme cette accrétion, qui serait en relation avec la dynamique de la position de la barre sous-marine qui répond très certainement à une cyclicité propre, déjà observée par endroits sur la Plaine orientale. Au nord, le littoral est en déficit sédimentaire chronique depuis 2002, malgré deux dernières années plutôt stables, voire en accrétion, dont l'origine est cependant difficilement déterminable, et dont une explication pourrait être des dépôts des sédiments dragués dans les infrastructures portuaires de Taverna.
- A court terme (échelle saisonnière à annuelle), les données de caméra confirment le comportement modal des plages situées au nord et au sud du port de Taverna, mais les amplitudes sont moindres avec une très grande variabilité saisonnière : au sud du port, le trait de côte recule durant les périodes des tempêtes (hiver) et avance durant le printemps. La présence d'une banquette de posidonies au nord de la plage permet de protéger cette zone de l'érosion durant la période des tempêtes. En revanche, la possibilité d'un by-pass entre le sud et le nord est probable mais semble difficile à mettre en évidence sur la période de suivi (décembre 2020 – décembre 2021), à partir seulement des données d'évolution du trait de côte. Enfin, la disposition des caméras et le suivi à haute-fréquence permet d'illustrer un mode d'évolution du littoral, par rupture d'un cordon dunaire en crue du fleuve côtier, qui était peu documenté à partir de données diachroniques, et qui potentiellement peut contribuer à l'alimentation sédimentaire de l'avant-côte, et ainsi une reprise par les courants de dérive littorale.

Ces données relatives à la position du trait de côte ne permettent cependant pas de constater et de quantifier le by-pass car il existe un manque de mesures des processus hydro sédimentaires permettant de décrire le transfert de sables sous-marins au droit du port, et l'éventuel retour de ceux-ci sur la plage au nord du port. Un suivi bathymétrique haute-résolution (MNT), plus précis, tel qu'initié entre 2018 et 2020, permettrait de quantifier éventuellement ces processus de by-pass au niveau de la barre sous-marine.

3. Evaluation des stocks sédimentaires sur le littoral de Taverna

L'évaluation des stocks sédimentaires, totaux et mobiles sur le littoral est un enjeu majeur pour aboutir à une bonne caractérisation de l'état de santé et de résilience d'une côte basse sableuse.

Cette estimation est réalisée via à l'acquisition de mesures géophysiques de sismique-réflexion dans les petits fonds pour accéder à la connaissance des épaisseurs sédimentaires sur les avant-côte, entre le trait de côte et l'herbier de posidonies.

Les données acquises permettent d'améliorer les connaissances géologiques et sédimentaires, à la bonne échelle, et à partir desquelles, il sera envisageable ou non une gestion active des stocks sableux sur le littoral.

Dans le cadre de ce projet, le BRGM a confié la réalisation de l'acquisition sismique à la société Creocean. La campagne de mesure s'est déroulée du 26 au 29 novembre 2021.

3.1. PLAN DE POSITION

Le plan de position des profils de sismique marine a été déterminé afin d'avoir une vision spatiale la plus représentative du proche littoral en amont et en aval du Port de Taverna (entre - 4 et - 16 m de profondeur, les conditions météo-marines ne permettant pas l'acquisition de données plus proche du littoral).

Pour cela, des profils longitudinaux, parallèles à la côte, et des profils transversaux, perpendiculaires à la côte, ont été réalisés afin d'identifier les zones d'accumulations sableuses le mieux possible.

Au total, 65 km de profils ont été enregistrés (Figure 46).

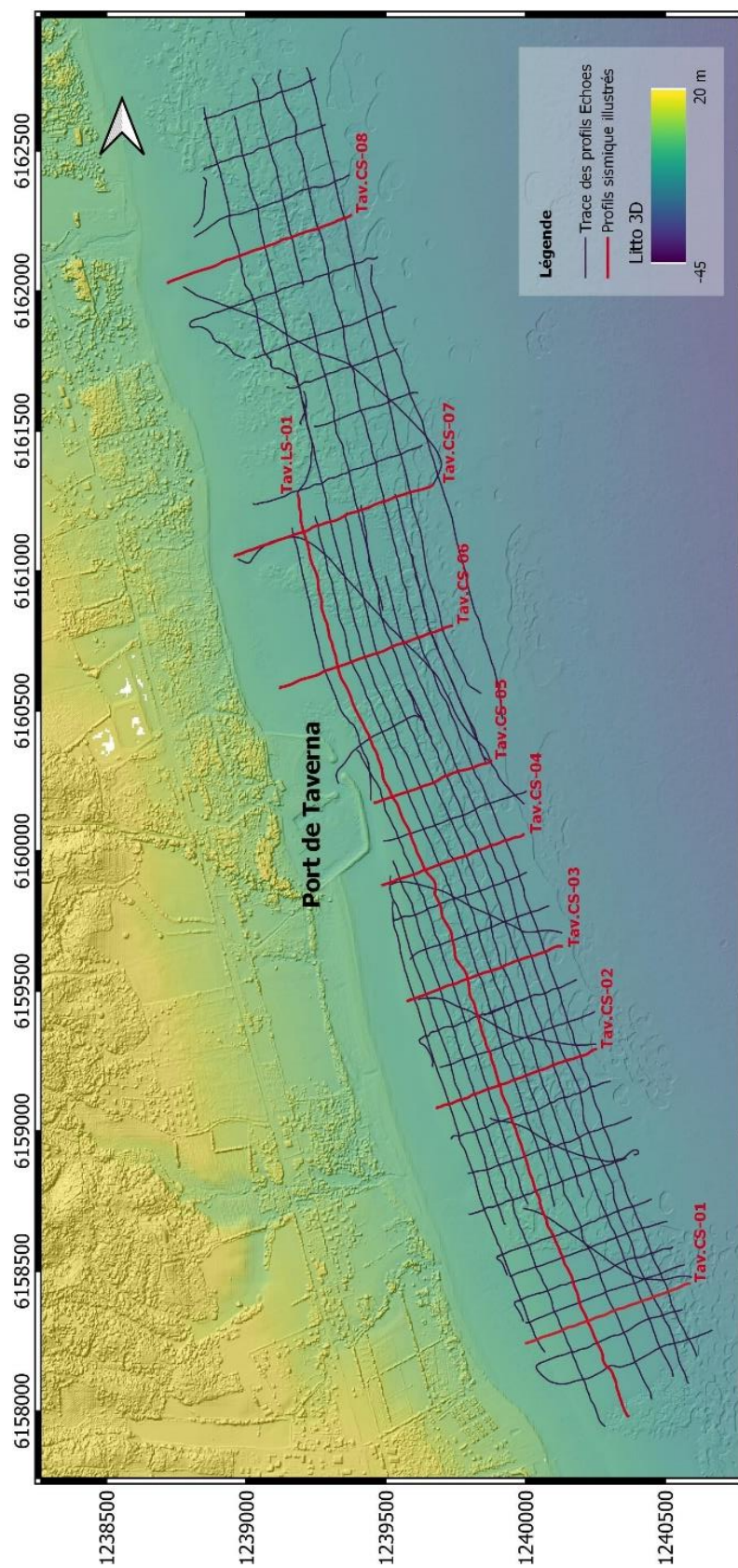


Figure 51 : Plan de position des profils de sismique marine ECHOES.

Les profils sismiques ont été traités par le BRGM grâce au logiciel DELPH Seismic Interpretation v4.0 (IxBlue).

Sur chaque profil le fond de la mer a été digitalisé afin de corriger les oscillations liées aux vagues lors de l'acquisition.

Dans un second temps, différents filtres ont été appliqués pour traiter la donnée brute (filtre passe bande, gain, atténuation du multiple du fond de la mer, ...).

Les profils sismiques sont exprimés en temps double (ms), c'est-à-dire le temps de parcours de l'onde pour faire un aller (ex : émetteur - fond de l'eau) et un retour (ex : fond de l'eau – récepteur).

La vitesse des ondes dans l'eau de mer est considérée ici à 1500 m/s et celle dans le sable de 1700 m/s (vitesse arbitraire qui correspond à la vitesse communément utilisée dans des sables fins, sédiments typiques de la Plaine orientale).

Avertissement :

Il est important de noter que les épaisseurs des accumulations sableuses identifiées ci-dessous sont indicatives, et déterminées en utilisant la vitesse de propagation des ondes de 1700 m/s, et qu'elles correspondent à un potentiel d'épaisseur.

3.2. ZONES D'ACCUMULATIONS SEDIMENTAIRES

3.2.1. Exemple d'un profil longitudinal Sud-Nord

Le profil parallèle à la côte Tav.LS-01 (*Taverna 20211126-141637*) illustre une coupe du sud vers le nord de la zone d'étude (Figure 52).

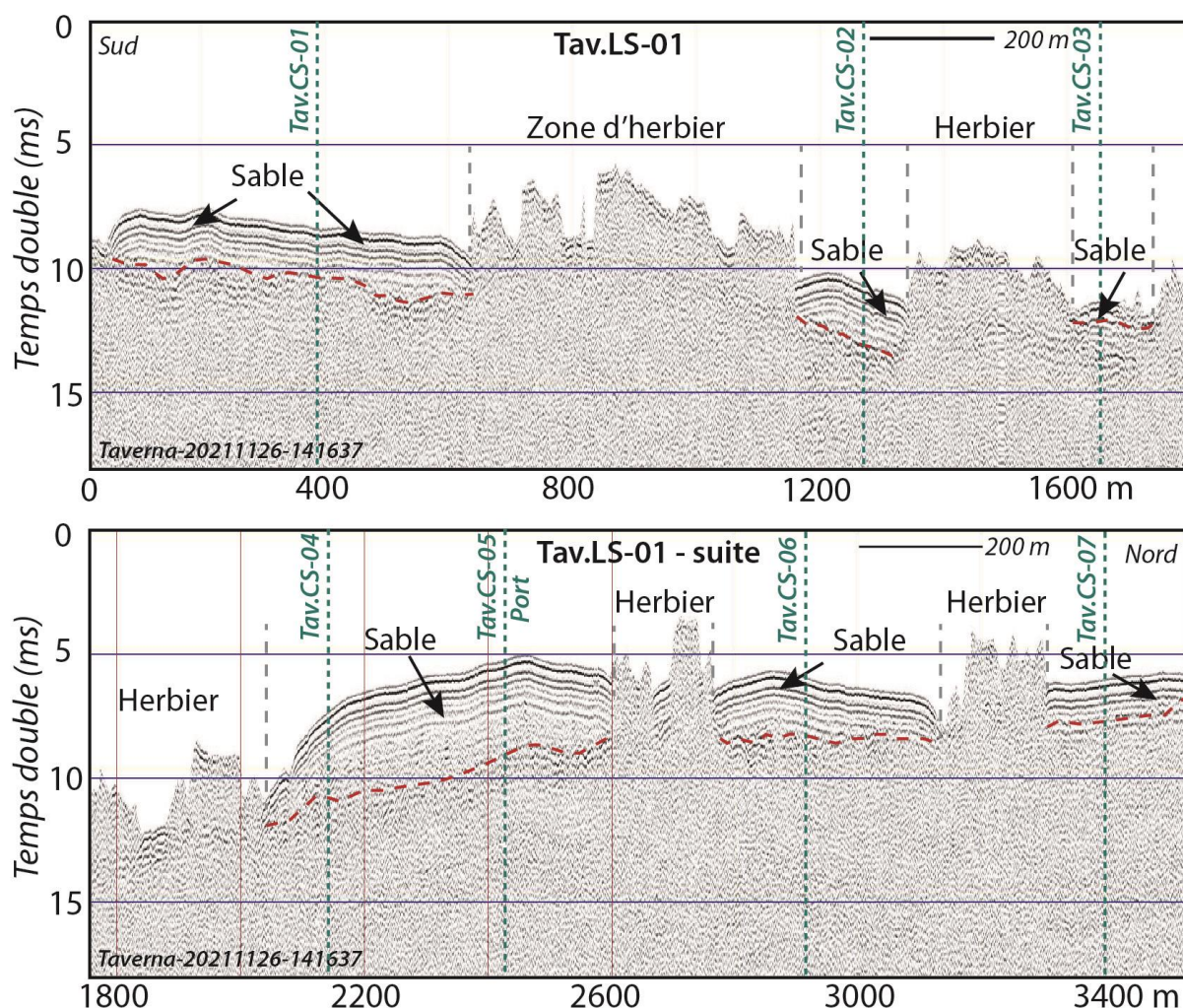


Figure 52 : Profil sismique parallèle à la côte Tav.LS-01 (Taverna-20211126-141637) vue du sud vers le nord, localisation des profils sur la Figure 51. La ligne en tirets rouge correspond au toit du substratum rocheux, à la base du prisme sédimentaire.

Ce profil longitudinal montre une alternance de présence de plusieurs secteurs d'accumulation de sable et des zones d'herbiers. Le profil Tav.LS-01 recoupe les différents profils transversaux est-ouest.

3.2.2. Exemple d'interprétation sur des profils transversaux ouest-est

Huit profils transversaux sont ainsi présentés ci-dessous du secteur de Prunete au sud vers le nord (Tav.CS-01 à 08 ; cf. Figure 53 à Figure 57). Pour chaque profil, la base de l'unité sableuse est représentée en pointillée rouge.

Ils montrent la diversité de la répartition des stocks sédimentaires sableux. Ils ont été interprétés de la plage jusqu'à l'herbier de posidonies où les interférences acoustiques sont trop fortes avec les feuilles pour déterminer la limite entre les sédiments et le substratum rocheux sous-jacents.

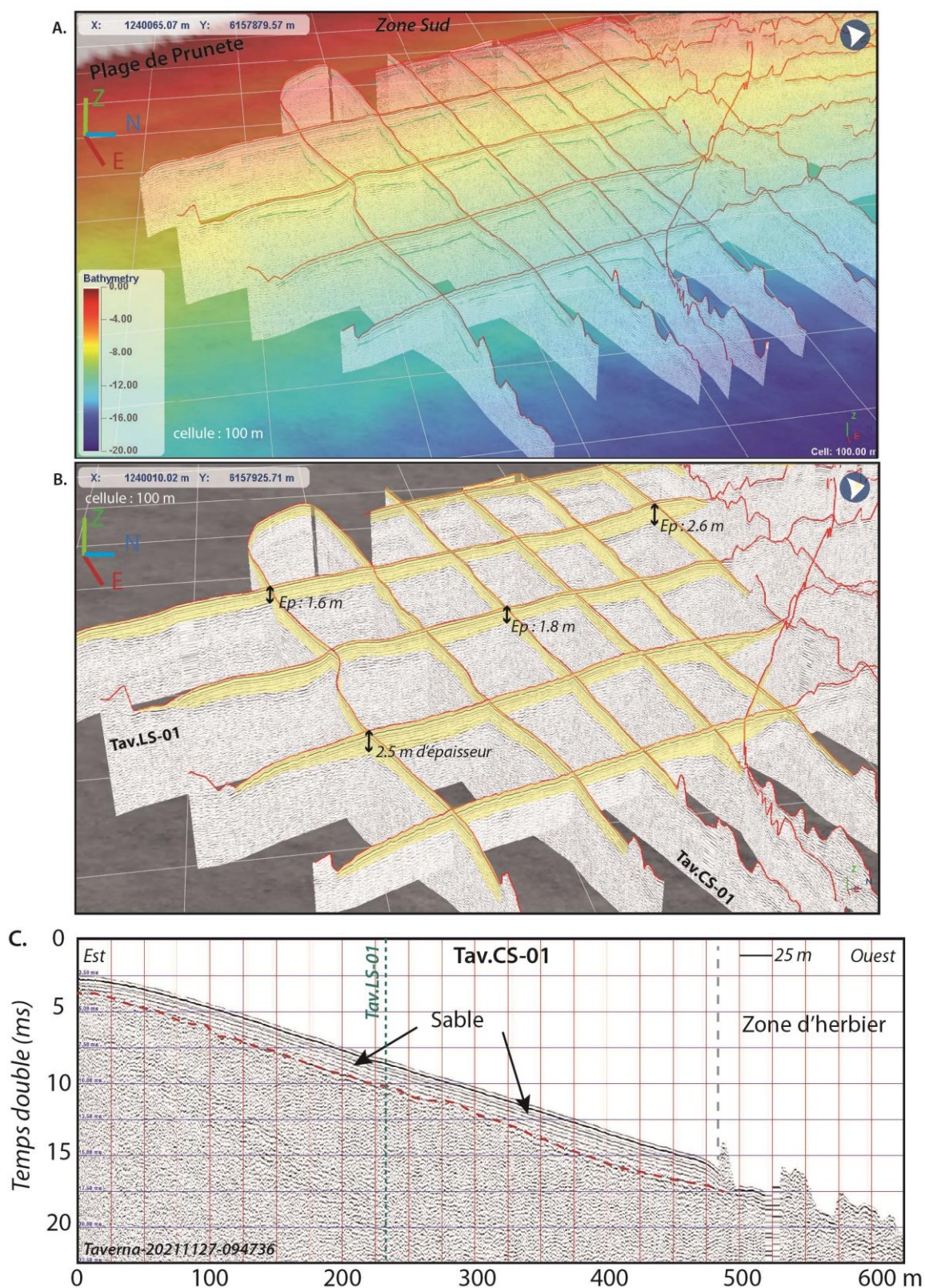


Figure 53 : Profils sismiques de la zone Sud - Plage de Prunete en vue 3D (A) avec la bathymétrie drapée, (B) la zone d'accumulation sableuse mise en évidence (jaune) et (C) zoom sur le profil sismique Tav.CS-01 (Taverna-20211127-094736).

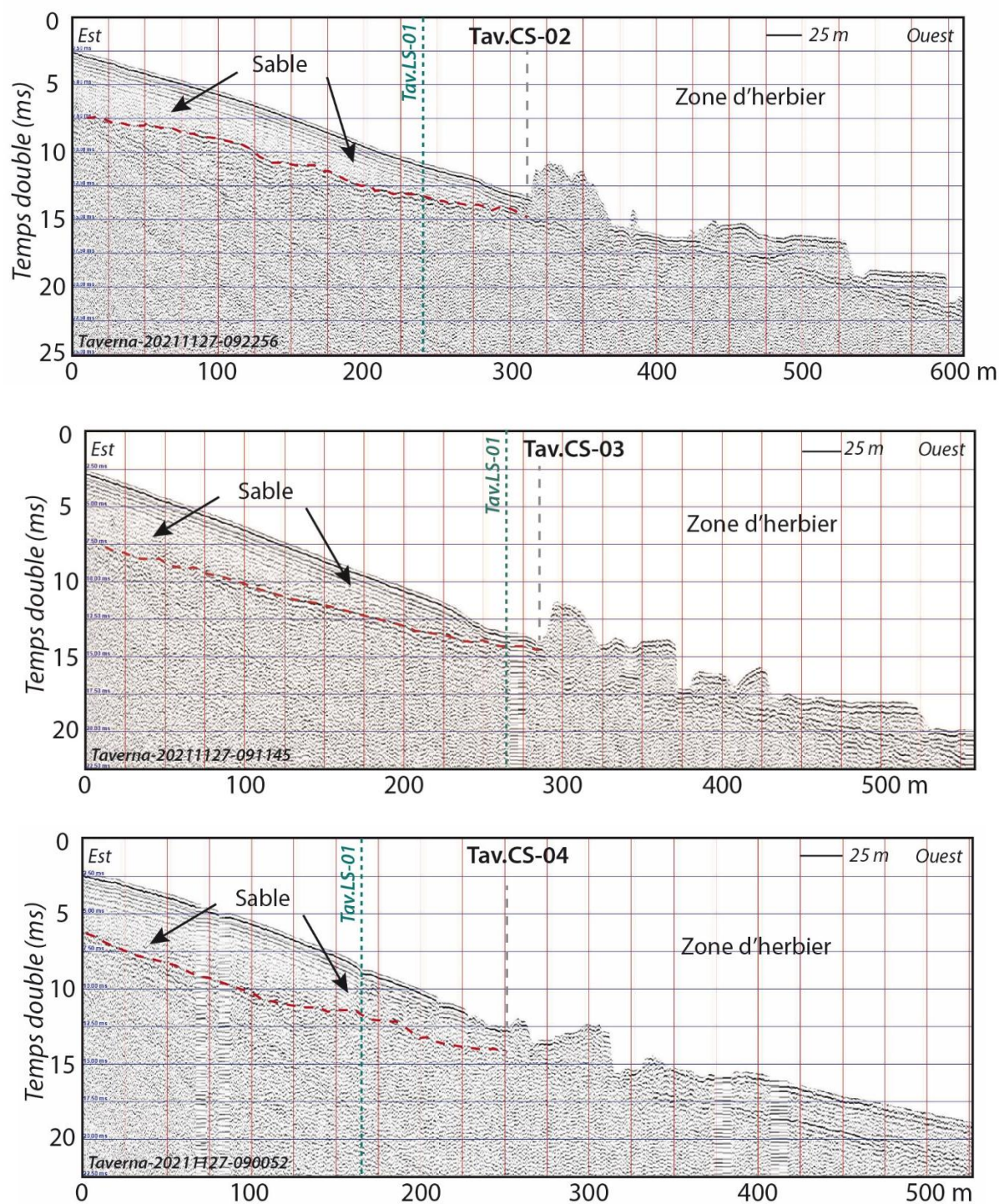


Figure 54 : Profils sismique Tav.CS-02 (Taverna-20211127-092256), Tav.CS-03 (Taverna-20211127-091145) et Tav.CS-04 (Taverna-20211127-090052) au sud du Port de Taverna, localisation des profils sur la Figure 51.

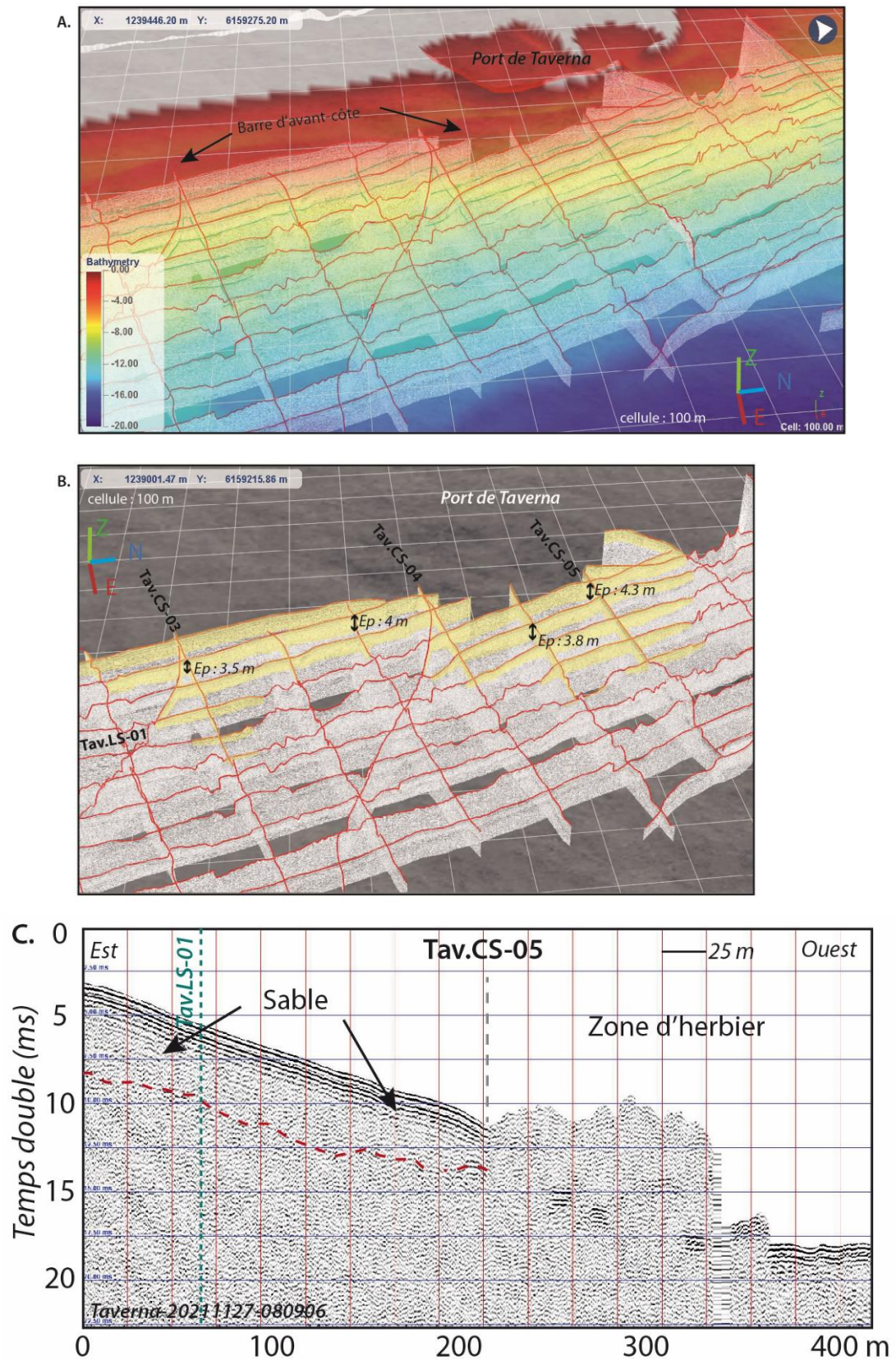


Figure 55 : Profils sismiques au niveau du Port de Taverna et de sa digue Sud en vue 3D (A) avec la bathymétrie drapée, (B) la zone d'accumulation sableuse mise en évidence (jaune) et (C) zoom sur le profil sismique Tav.CS-05 (Taverna-20211127-080906).

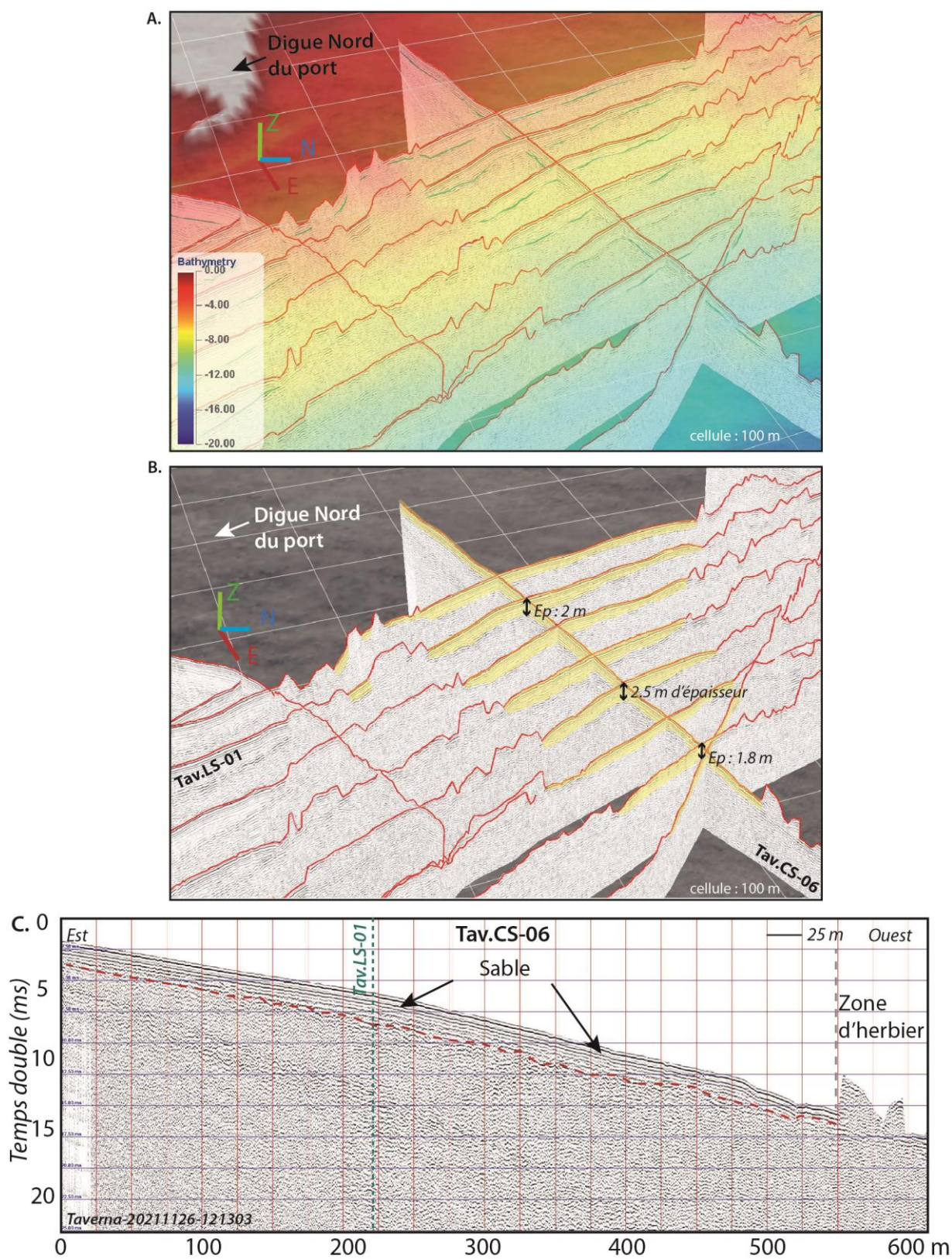


Figure 56 : Profils sismiques de la zone au nord de la digue Nord du Port de Taverna en vue 3D (A) avec la bathymétrie drapée, (B) la zone d'accumulation sableuse mise en évidence (jaune) et (C) zoom sur le profil sismique Tav.CS-06 (Taverna-20211126-121303).

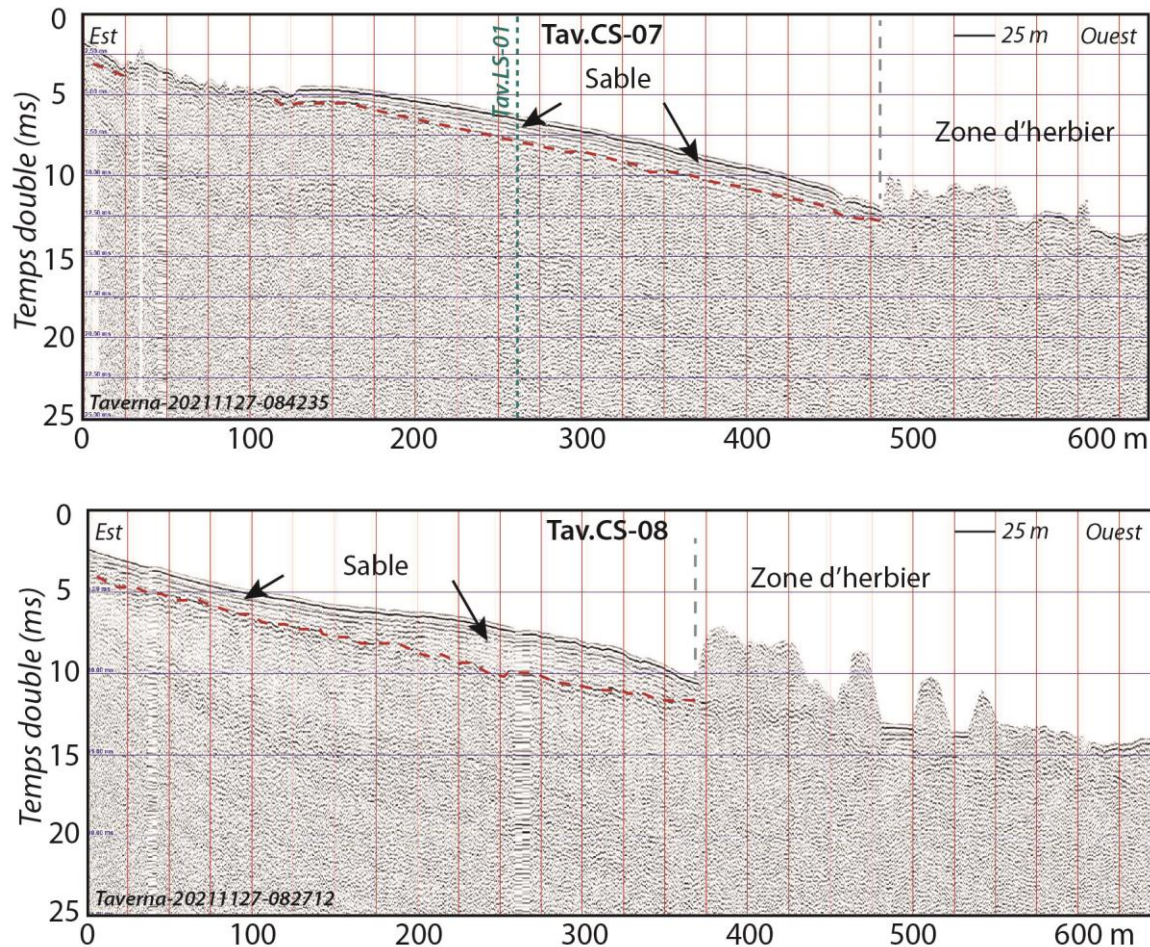


Figure 57 : Profils sismiques Tav.CS-07 (Taverna-20211127-084235) et Tav.CS-08 (Taverna-20211127-082711) au nord du Port de Taverna, et de l'emprise de la zone d'étude, localisation des profils sur la Figure 51.

3.3. CARTOGRAPHIE DES EPAISSEURS SEDIMENTAIRES

La totalité des profils relevés a été interprétée en termes d'épaisseurs de sédiments meubles au-dessus d'un substrat rocheux. Sur les zones d'herbier, la position du substratum rocheux n'est pas interprétable en raison des interférences acoustiques. Sur les zones rocheuses, le signal ne passe pas et donc l'épaisseur est nulle.

On dispose ainsi d'un semis de points des épaisseurs géo référencées sur la totalité de la grille d'échantillonnage, qui varient entre 0 et 5 m au maximum (Figure 58).

Ces résultats montrent également que les masses sédimentaires littorales sont très inégalement réparties le long du littoral :

- les plus fortes épaisseurs se trouvent au droit du port et sont liées à l'accumulation par la dérive littorale et la progression vers le nord de la barre-sous-marine (dorsale) le long de la digue sud ;
- les épaisseurs sont très faibles sur les zones d'affleurement sableux au nord du port ;
- elles sont également plus faibles vers le sud et le secteur de Prunete.

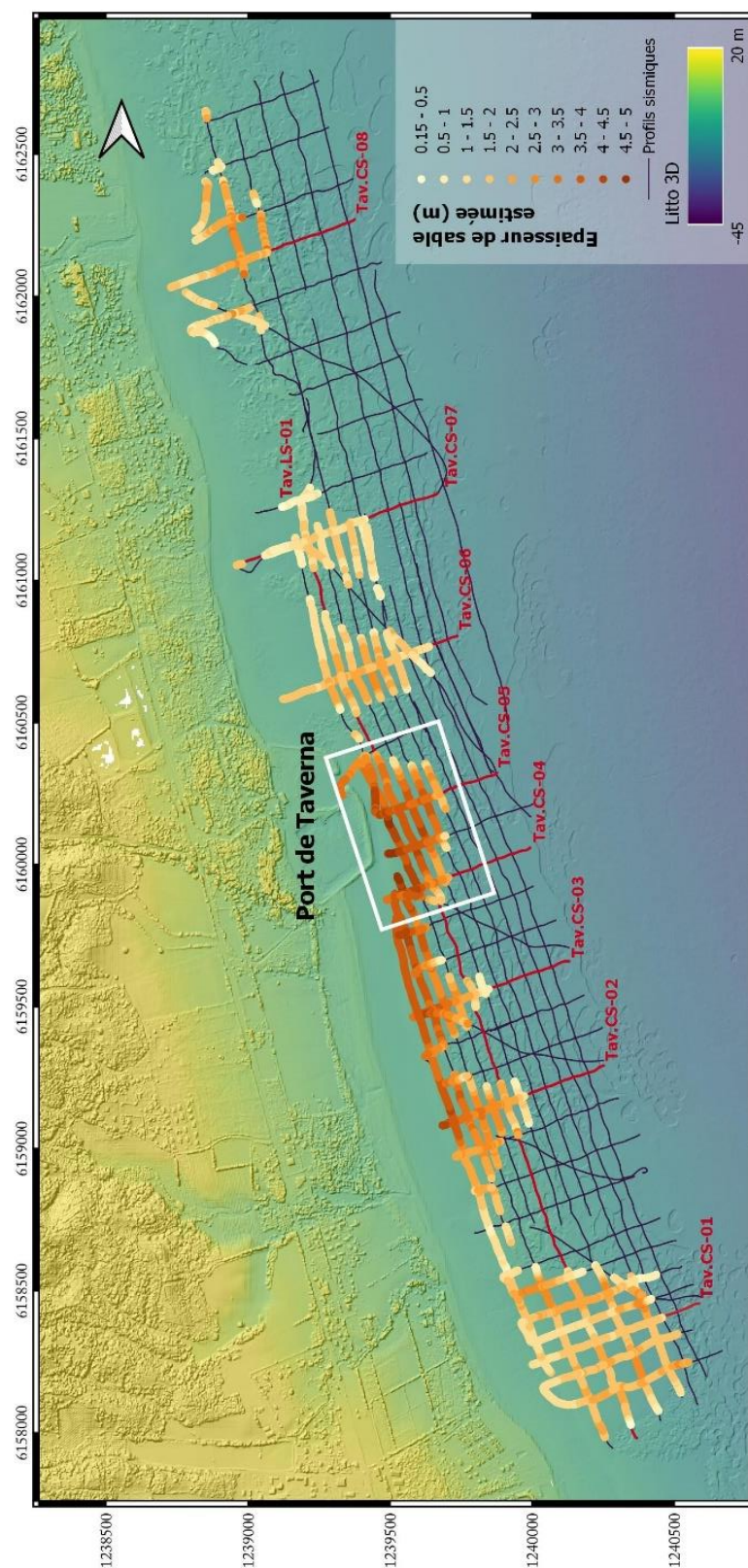


Figure 58 : Epaisseur de sable estimé grâce aux profils sismiques sur la zone d'étude. La vitesse des ondes dans le sédiment utilisée est 1700 m/s.

De plus, les données acquises montrent qu'une grande partie de la zone d'étude présente des herbiers de Posidonie, massifs et diffus, et les accumulations sédimentaires identifiées grâce aux données de sismique marine sont cohérentes avec les données Litto3D de 2018. En effet, Le Modèle Numérique de Terrain à haute résolution (5 m et 1 m) Litto3D permet d'identifier des zones que l'on peut qualifier de « rugueuses » ou « lisses » qui correspondent respectivement aux zones d'herbiers et aux accumulations sableuses affleurant sur le fond de la mer.

A proximité du port, les données de sismique marine se terminent au niveau de la crête de la barre d'avant-côte (Figure 57) pour des raisons de navigabilité lors de l'acquisition, il n'était pas possible d'aller plus proche du rivage. Par conséquent les épaisseurs y sont plus importantes à cet endroit en comparaison avec les autres secteurs. Cette barre sableuse est un objet sédimentaire mobile, qui migre naturellement, lentement vers le nord, et les données illustrent donc la position de la barre lors de l'acquisition.

Au droit du Port de Taverna, la surface de la zone d'accumulation sableuse couverte par la sismique marine est de l'ordre de 125 000 m², au niveau de la barre d'avant-côte, pour un volume de sable estimé dans cette zone de l'ordre de 408 000 m³.

L'incertitude de mesures de l'épaisseur sédimentaire sur un point est estimée à 0,5 m. Elle intègre :

- la précision du positionnement par DGPS centimétrique ;
- la précision du sondeur de sédiment ;
- la précision du pointé de l'interface du substratum rocheux.

Ramenée à l'échelle de la surface au droit du port de Taverna, cette incertitude est estimée à environ +/- 62 500 m³.

Le volume sableux est donc de l'ordre de 408 000 +/- 62 500 m³ devant le port (Figure 58).

Les volumes sédimentaires disponibles sont souvent entrecoupés de zone d'herbiers, massifs ou diffus, ce qui entrainera des contraintes d'exploitation potentiellement fortes techniquement et réglementairement.

3.4. CONCLUSIONS

3.4.1. Evaluation de la ressource

La prospection par sismique-réflexion mise en œuvre permet d'évaluer un stock sédimentaire significatif et disponible au niveau de la zone d'extraction pressentie par la CCCV.

Le volume de sédiments meubles accessibles au droit du port est évalué de l'ordre de 400 000 +/- 60 000 m³. Sur le périmètre d'extraction envisagé, cette estimation doit être cependant précisée, en termes de géométrie de la zone et d'épaisseur sédimentaire exploitable pour des opérations de rechargement de plage.

Ces données originales traduisent que l'accrétion sédimentaire à l'échelle du linéaire côtier entre Prunete et le port de Taverna est aujourd'hui principalement concentrée sur le Port de Taverna au niveau de la barre sous-marine et liée à sa progression vers le nord.

Cette situation actuelle résulte de la migration de la barre sous-marine sous sa dynamique propre, liée à la dérive littorale résiduelle sud-nord. Cette évolution dépend également probablement de

la dynamique des barres en croissant. Celles-ci ont été mises en évidence à travers les levés du ROL en plusieurs endroits le long de Plaine orientale, sur le lido de la Marana ou l'embouchure du Tavignano, sans que des cycles évolutifs aient pu être encore mis en évidence et expliqués (Belon et al., 2013 ; Belon et Bodere, 2016).

En revanche, ces données mettent en avant une relative faiblesse des stocks sableux au sud. C'est un indicateur peu favorable d'un renouvellement potentiel de la ressource sédimentaire par la dérive littorale, en cas de by-pass du port, et ce qu'il soit naturel ou bien accompagné par des prélèvements artificiels sur la dorsale tel que prévu dans le projet de la CCCV.

De plus, la proximité de l'herbier de posidonies et son imbrication réciproque avec les masses sédimentaires sableuses laissent supposer des contraintes importantes en termes d'extraction d'un point de vue technique et réglementaire.

3.4.2. Implications sur la caractérisation de dynamique sédimentaire

Ces nouvelles données laissent supposer des difficultés pour la quantification de la dynamique sédimentaire sur la plage et le proche avant-côte en raison d'un grand nombre d'incertitudes liées :

- à l'impact de l'herbier sur la quantification du transport sédimentaire par modélisation, en raison de sa nature propre et de ses relations imbriquées avec les affleurements sableux ;
- au potentiel de renouvellement limité des apports sédimentaires par dérive littorale depuis le sud.

a) Impacts de l'herbier de posidonies sur la dynamique sédimentaire

Les théories classiques de transport sédimentaire, et les modélisations qui en découlent, reposent sur des calculs sur un fond régulier, mobile, de granulométrie homogène (sables, graviers, galets) et permettent de calculer l'intensité du transport sédimentaire à l'aide de formulation empirique qui dépendent essentiellement des caractéristiques des forçages hydrodynamiques et des processus morpho-dynamiques de rétroaction de la morphologie littorale sur ceux-ci (par exemple, les processus de réfraction des vagues sur le fond). La Figure 59 rassemble le principaux processus hydro sédimentaires et les morphologies que l'on rencontre sur les plages, et décrit la distribution de la dérive littorale le long d'un profil transversal.

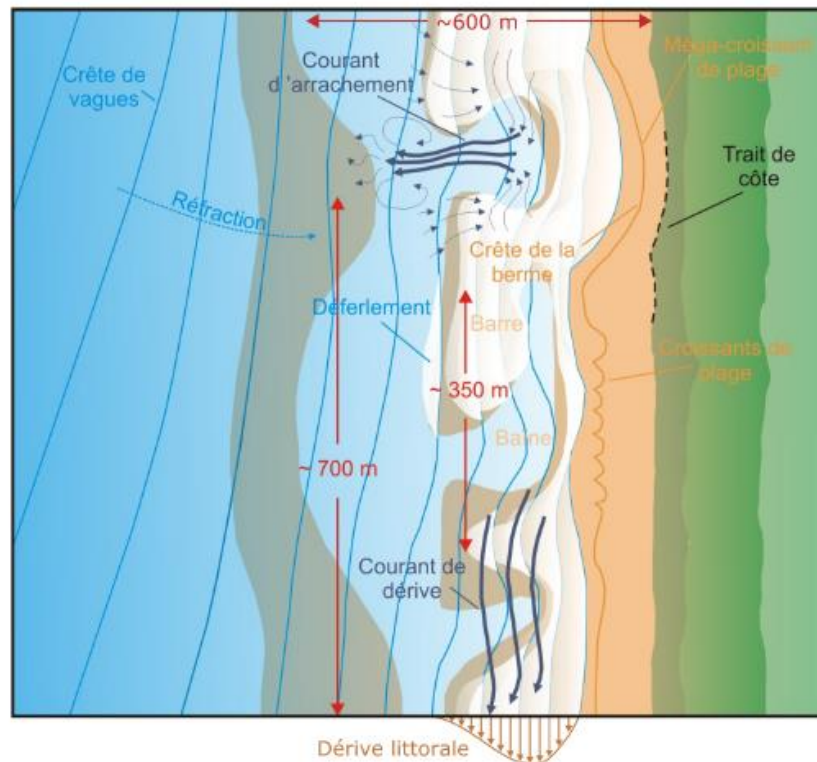


Figure 59 : Processus hydrosédimentaires et corps sédimentaires des plages sableuses (Castelle, 2012).

La modélisation des conditions hydrodynamiques (vagues, courants) est par la suite imposée sous forme de contrainte de cisaillement sur un fond représenté par une grille de points géoréférencés définis par leur altitude et un paramètre de rugosité, exprimant la granulométrie des sédiments et leur cohérence inter-granulaire.

Il est alors possible de calculer, sur chacun de ces points, si un arrachement des particules sédimentaires est possible et dans quelles mesures le forçage hydrodynamique sera à même de transporter ces sédiments en fonction du forçage, de la résistance du fond et de la géomorphologie (Figure 60).

Dans le cas de la dérive littorale (Figure 60), c'est le calcul de celle-ci (transport sédimentaire sous l'action de l'obliquité des vagues incidentes) en chacun des points du littoral, et la comparaison de ces calculs qui permet d'exprimer des gradients de transport sur certains secteurs qui induisent soit un dépôt (diminution du transport) soit une accrétion (augmentation du transport).

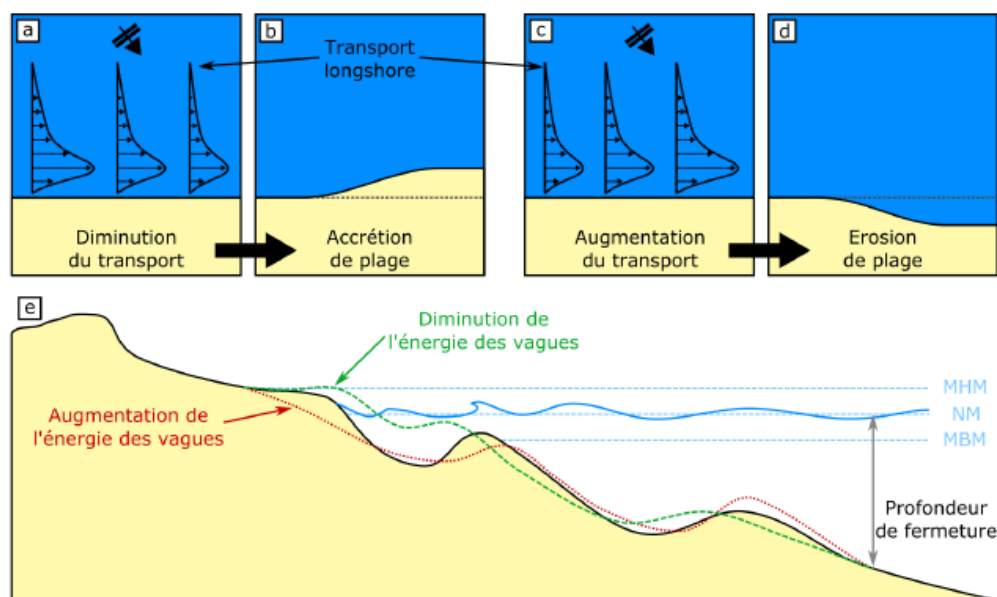


Fig. 2.11 a-d Évolutions caractéristiques d'une plage en vue de dessus en réponse à un gradient négatif (a, b) et à un gradient positif (c, d) de transport sédimentaire longshore. e Évolutions caractéristiques d'un profil type (ligne continue noire) de plage barrée soumise à une augmentation (ligne en pointillés rouges) ou une diminution (ligne en tirets verts) de l'énergie des vagues incidentes.

Figure 60 : Principes théoriques de l'évolution des plages sableuses par modélisation longshore (a, b, c, d) et cross-shore (e) d'après Robinet (2017).

Ces considérations déjà complexes en termes de simulation pour des environnements de substrat homogène sont fortement perturbées par la présence d'un herbier, comme c'est le cas le long de la Plaine orientale, où l'avant-côte présente des faciès variés de sables fins à moyens, et un herbier d'importance environnementale prioritaire.

En effet, la présence d'une zone de végétation sous-marine sur le proche avant-côte (Figure 61):

- modifie les vagues en participant à une plus forte dissipation lors de leur propagation (diminution de leur hauteur incidente à la côte) ;
- modifie les champs de courants avec une réduction de leur vitesse et une modification de leur direction ;
- participe à la protection des sédiments en augmentant leur cohésion et en diminuant les contraintes de cisaillement au sein même de l'herbier ;
- augmente les phénomènes de turbulence hydrodynamique et les érosions en limite de prairie si l'herbier est assez dense.

Enfin, des caractéristiques physiques différentes de végétation (densité, hauteur, flexibilité) participent également à une augmentation des turbulences et donc de la remise en suspension.

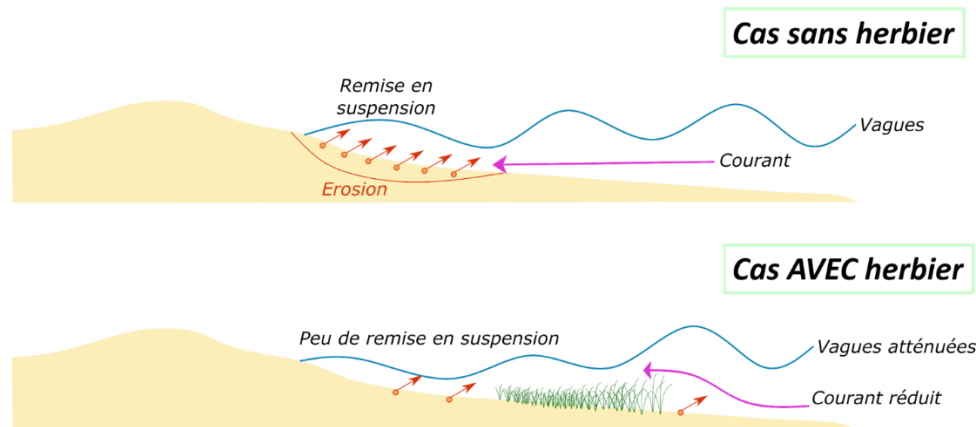


Figure 61 : Présentation partielle du rôle d'un herbier en zone côtière. Les interactions de l'herbier avec l'hydrodynamique peuvent être bien plus complexe en fonction de l'hydrodynamique en présence et les caractéristiques physiques de la végétation (densité, hauteur, flexibilité).

Une modélisation opérationnelle des transferts sédimentaires dans ce type d'environnement nécessite donc en amont une phase de calibration poussée avec des mesures physiques extensives, sur l'herbier et hors-herbier (mesures hydrodynamiques, caractéristiques de l'herbier en différentes stations représentatives de zones à cartographier, cartographie du substrat, etc).

Par ailleurs, l'implémentation de ce type de fond est encore très peu fonctionnelle dans les modèles hydrodynamiques actuels. En effet, l'herbier y est modélisé comme des tiges dures alors que leur flexibilité joue un rôle clé dans l'atténuation des houles, la modification des courants et dans la protection du fond (Mendez & Losada, 2004).

Les modélisations des dynamiques sédimentaires littorales toujours en cours actuellement utilisés dans le domaine de l'ingénierie (par exemple GenCade, LITPACK) sont basés pour la plupart sur les travaux théoriques de Pelnard-Considere (1956), sur un profil meuble et homogène, et n'intègrent pas ces particularités (Robinet, 2017 ; Kim et al., 2020).

Malgré une possible prise en compte de ces caractéristiques du substrat dans les modélisations via des différences de rugosité, il semble que les résultats de simulations et d'évaluation de la dérive littorale via ces méthodes seraient trop imprécises à l'échelle du projet.

En effet, les processus de by-pass potentiel qui ont été mis en évidence, se déroulent sur la partie sous-marine à l'endroit même où les interactions herbiers/zones sableuses sont les plus importantes.

De plus, la dérive littorale est la plus intense en termes de flux après la zone déferlement, et sur la plage, et c'est donc là, à proximité de la digue Sud, que les calculs seraient les plus intéressants à comparer avec des données de terrain pour calibration des formules de transport utilisées dans les modèles.

Or, et en l'absence de données bathymétriques plus régulières, on n'observe pas de corrélation entre l'évolution du trait de côte le long de la digue sud et la position de la barre sous-marine sur le profil de la digue du site ROL Campoloro Sud, ce qui indique que la plage émergée (apports par le jet de rive) et la barre sableuse (apports par migration vers le nord) sont très probablement peu connectées entre termes de flux sédimentaires.

Cette analyse est d'autant plus incertaine que de la dynamique du trait de côte est localement perturbée par des dépôts fréquents de banquettes de posidonies, épisodiquement impactée par

les crues du Campoloro; et que cette zone a été vraisemblablement soumise à des prélèvements, dont la fréquence et le volume ne sont pas traçables.

b) Renouvellement des apports sédimentaires par dérive littorale depuis le sud.

La cartographie de la répartition des stocks sableux réalisée sur la Figure 58 montre qu'au niveau du port de Taverna, le stock est en excès par rapport au reste de la zone étudiée, en particulier par rapport au sud vers Prunete.

Au regard de cette photographie instantanée de la situation et à cette échelle de réflexion, cela signifie que cette anomalie de situation d'excès sédimentaire est très probablement temporaire et que, à moyen terme, le potentiel d'apports depuis le sud par la dérive littorale sera plus limité, et ce pour un temps incertain.

En effet, la migration de la barre sous-marine répond à une dynamique longitudinale, fréquemment observée sur d'autres littoraux sableux (Winjberg et Kroon, 2002), qui a sa temporalité propre et éventuellement une cyclicité qui est pour l'instant inconnue.

Depuis la construction du port en 1972, l'évolution de la plage et des petits fonds est bien contrôlée par la dérive littorale sud-nord, perturbée par les infrastructures portuaires, qui déplace la barre sous-marine lentement vers le nord, pour arriver 50 ans après, à la situation actuelle.

Mais la poursuite de ce processus et son rythme, et donc le potentiel renouvellement de la ressource sédimentaire prélevée, sera lui directement dépendant :

- du maintien ou non des conditions météorologiques et hydrodynamiques qui ont prévalu jusqu'à présent (en intensité et en direction) ;
- de l'impact d'une hausse de niveau marin liée au changement climatique ;
- de la disponibilité de la ressource sédimentaire au sud.

Les deux premiers points peuvent être traités en ingénierie littorale par des hypothèses de travail, validées par les experts en l'état des connaissances disponibles.

En revanche, la présente étude apporte un point de vigilance sur ce dernier point. Il apparaît qu'une réflexion à grande échelle sur la dynamique sédimentaire de la Plaine orientale est nécessaire pour une estimation précise de la distribution de la dérive littorale et du renouvellement de la ressource sableuse pour la cellule sédimentaire.

4. Conclusions

Dans le cadre de son projet de facilitation d'un by-pass sédimentaire au niveau du port de Taverna, la Communauté de Communes de Costa Verde (CCCV) a sollicité un appui du BRGM pour une contribution à une étude sur les conditions de mise en œuvre de prélèvements sur les zones littorales en excès sédimentaire vers des secteurs en déficit. Cette solution serait une première expérimentation, à cette échelle sur le littoral insulaire, de mitigation de l'érosion par une gestion dynamique des stocks sableux au sein d'une même cellule sédimentaire.

L'appui de la Direction régionale du BRGM en Corse a porté sur l'analyse des données qu'il a pu acquérir sur ce territoire dans le cadre de ses missions de service public. Il s'agit d'apporter un des éléments scientifiques nouveaux à la CCCV, pour aboutir à une estimation globale de la ressource et de la mobilité sédimentaire au niveau du port de Taverna. Les résultats sont susceptibles d'alimenter les études de faisabilité et le dimensionnement de ce plan de gestion des sédiments qui répondra à différentes contraintes techniques, matérielles, environnementales et réglementaires, et dont le projet fera une instruction par les services de l'Etat au titre du Code de l'Environnement.

Le présent rapport rend des travaux consacrés à l'amélioration des connaissances concernant la dynamique sédimentaire et l'évolution du trait de côte du secteur d'étude et les volumes sédimentaires disponibles au droit du port de Taverna. Cette phase préliminaire a pour but d'accompagner la collectivité dans la présentation de son projet de « by-pass artificiel », et l'estimation préalable des volumes sédimentaires en jeu (localisation et/ou confirmation des zones de prélèvement et de rechargement préférentielles).

L'étude de la dynamique sédimentaire et de l'évolution du littoral a été réalisée à plusieurs échelles de temps dont les analyses croisées montrent une cohérence avec les connaissances préalables concernant l'influence de la construction du port de Taverna.

- Depuis sa construction en 1972, les jetées portuaires perturbent clairement la dérive littorale dans la cellule sédimentaire avec un décrochage du trait de côte en aval-dérive. Cette situation aggrave une évolution naturelle de la plage à l'échelle de la cellule, qui est principalement contrôlée par une dynamique des barres sous-marines, typiques de la Plaine orientale, et dont le comportement morphodynamique est encore peu connu ;
- Les mesures réalisées dans le cadre du ROL depuis 2002 illustrent une variabilité interannuelle importante de la dynamique des barres et du trait de côte, mais permettent de montrer également une tendance assez récente depuis 2019, avec une forte accrétion de la barre sous-marine au sud contre la digue. Ces données confirmées par les acquisitions bathymétriques récentes (2010, 2018, 2020) laissent suggérer qu'un by-pass naturel des infrastructures, situation inédite depuis 1972, est probablement déjà en cours depuis quelques années. Les dragages d'entretien des chenaux d'accès au port en seraient la conséquence. Ils sont estimés à 10 000 m³/an ;
- Des données de caméra vidéo, à haute résolution temporelle, acquises en 2020-2021 montrent que le comportement du trait de côte de part et d'autre du port répond à une grande variabilité saisonnière classique (recul en période hivernale ; accrétion en période estivale). Elles montrent cependant que le by-pass est difficilement mis en évidence sur la période de suivi, uniquement à partir des données d'évolution du trait de côte. Un suivi topo-bathymétrique haute-résolution et haute-fréquence permettrait de quantifier éventuellement les processus de by-pass par la barre sous-marine, leur éventuel retour naturel des sédiments

sur la plage au nord ainsi que la pérennité des apports sableux par la dérive littorale depuis le sud.

La prospection par sismique-réflexion réalisée apporte des nouveaux éléments sur les stocks sédimentaires :

- Elle a permis d'évaluer à 400 000 +/- 60 000 m³, le stock sédimentaire significatif et disponible au niveau de la zone d'extraction pressentie par la CCCV. Cette estimation doit être cependant précisée en fonction de la géométrie de la zone prévue et de l'épaisseur sédimentaire considérée comme exploitable pour des opérations de rechargement de plage ;
- Il est mis en évidence également une relative faiblesse des stocks sableux au sud, ce qui est un indicateur peu favorable d'une recharge potentielle des stocks sableux au droit du port par la dérive littorale, en cas de by-pass du port, et ce qu'il soit naturel ou bien accompagné par des prélèvements artificiels ;
- Enfin, la proximité de l'herbier de posidonies et son imbrication réciproque avec les masses sédimentaires sableuses laissent supposer des contraintes importantes en termes d'extraction d'un point de vue technique et réglementaire.

Ces nouvelles données laissent supposer des difficultés pour la quantification de la dynamique sédimentaire sur la plage et le proche avant-côte par modélisation numérique en raison d'un grand nombre d'incertitudes liées à la présence de l'herbier et de sa prise en compte dans les modélisations numériques des transports sédimentaires, et donc de leur représentativité.

Ces données mettent également en évidence des difficultés de calibration de l'estimation de la dérive littorale sur ce secteur et en particulier par des méthodes de modélisation numérique. D'une part, les données de calibration disponibles sont uniquement des données d'évolution du trait de côte en particulier sur le littoral au sud du port, dont la dynamique est régulièrement perturbée par des dépôts de banquettes de posidonies et par les crues du Campoloro ; et des prélèvements artificiels, dont la fréquence et le volume ne sont pas répertoriés.

Le projet, tel qu'envisagé à ce jour, par la Communauté de Communes Costa Verde repose sur la mise place d'un prélèvement d'environ 200 000 m³, en 10 ans (15 000 – 20 000 m³/an) des stocks sableux excédentaires et bloqués contre la digue sud du port. Pour la mise en œuvre de ce projet, le BRGM recommande une approche expérimentale avec les suivis appropriés permettant d'ajuster les opérations au fur et à mesure si nécessaire. Une attention particulière sera portée sur la localisation de la zone de prélèvements ainsi que des zones de dépôts à 1050 m de la limite haute de l'herbier de posidonies sur les modalités de prélèvements par aspiration, pour limiter les impacts sur celui-ci.

Pour la pérennisation du by-pass artificiel avec l'exploitation à plus long terme des stocks sableux au sud et au droit du port de Taverna, le BRGM recommande d'élargir les réflexions au niveau à minima de la cellule sédimentaire qui se situe entre l'embouchure de l'Alesani et le Port de Taverna avec par ordre de priorité :

- L'extension de la reconnaissance des stocks sédimentaires sous-marins vers le sud, pour juger de l'existence et de la pérennité d'un gisement-source au sein de la cellule, à même de venir réalimenter la zone des prélèvements effectués au droit du port ;
- La mise en place d'un réseau de mesures de la dynamique sableuse en plusieurs points répartis le long du littoral pour disposer d'une calibration robuste des formules de transport utilisées par la suite dans les modélisations ;

- La bonne paramétrisation du rôle de l'herbier de posidonies dans la propagation des vagues, qui est le principal forçage de la dérive littorale.

Au vu des résultats sur la morphodynamique du littoral de Taverna, et des incertitudes qui pèsent sur la disponibilité de la ressource sédimentaire, les opérations de by-pass au niveau de la cellule de Taverna, devront être réalisées et suivies à titre expérimental afin de pouvoir être ajustées dans le cas d'éventuels impacts défavorables en amont et en aval de la dérive ainsi qu'au droit du port. Pour cela, les recommandations suivantes sont émises :

- Poursuivre les suivis existants (ROL et caméras) et mettre en place de nouveaux suivis spécifiques à différentes échelles temporelles (MNT, protocole prises de vue, réseau tempête, etc.) de l'évolution des littoraux au nord et au sud, permettant de constater l'efficacité du by-pass, en particulier sur la plage nord dont l'évolution naturelle est peu connue et dont le domaine dunaire est plus urbanisé qu'au sud, induisant de fait un potentiel de résilience face à l'érosion plus faible ;
- Assurer un suivi bathymétrique haute-résolution (MNT) sur l'avant-côte à un pas de temps annuel, à l'échelle de la cellule sédimentaire au sud de Taverna pour mieux cerner l'évolution des stocks sédimentaires. Ce suivi annuel sera idéalement réalisé sur la base, de deux levés avant et après la campagne de dragage ;
- Réaliser une campagne de sismique-réflexion extensive pour estimer la répartition des stocks sédimentaires sur l'avant-côte, en particulier au sud pour une évaluation complète de la ressource. Ce bilan sédimentaire pourra être prévu tous les 5 ans par exemple et en cohérence avec l'échelle de temps du projet.

5. Bibliographie

- Balouin Y., Belon R., Delvallée E., Lamy M., 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, 39 p. + volume cartographique.
- 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 ; 52p., 36 ill.
- Belon R., Bodéré G. (2016)** – Réseau d'Observation du Littoral de la Corse. Rapport d'observations 2015. Rapport BRGM RP-66351-FR, 111 p., 66 ill.
- Belon R., Stépanian A., Bodéré G., Balouin Y., Imbault M. (2013)** – Réseau d'Observation du Littoral de la Corse. Rapport d'observations 2013. Rapport BRGM RP-64582-FR, 180 p., 113 ill.
- Castelle B. (2012).** Modélisation et analyse physique des processus-hydro-sédimentaires contrôlant l'évolution des littoraux sableux. *Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches*, Université Bordeaux I.
- Delpont G., Oliveros C. (1999).** Littoral oriental corse : évolution du trait de côte de 1948 à 1996 de Bastia-Furiani à Cervione et de l'embouchure du Travo (Solaro) à Solenzara. Rapport BRGM/RP-40504-FR, 22 p.
- Mugica J. et Koechler F. avec la collaboration de Laigre T., Bodéré G., Manicacci T. (2019)** – Réseau d'Observation du Littoral de la Corse – Compte rendu de la campagne 2018. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-69318-FR, 205 p., 152 ill., 1 tab. 2 ann.
- Sung Chan K., Styles R., Rosati J., Ding Y., Permenter R. (2020).** Comparison of GenCade, Pelnard-Considere, and LITPACK. ERDC/CHL CHETN-IV-124. Vicksburg, MS: US Army Engineer Research and Development Center. <http://dx.doi.org/10.21079/11681/35933>
- Mendez F.J., Losada I.J. (2004).** An empirical model to estimate the propagation of random breaking and nonbreaking waves over vegetation fields. *Coastal Engineering* 51, 103 – 118.
- Mugica J., Billy J., Coutin C., Garcin M., Paquier A-E., (2021).** Contribution du fleuve Golo à l'évolution du littoral des plaines de la Marana et de la Casinca en Haute-Corse. Rapport final. BRGM/RP-69969-FR, 95 p., 56 fig., 2 tabl., 2 ann.
- Mugica J., Hamon Kerivel K., Paquier AE., avec la collaboration de Dolo F., Monier M., Vivier Boudrier A., (en cours).** Évolution géomorphologique des sites du Réseau d'Observation du Littoral de la Corse entre 2019 et 2021. Rapport final. BRGM/RP-71210-FR.
- SHOM (2017).** Ouvrage de marée, Références Altimétrique Maritimes. Ports de France métropolitaine et d'outre-mer. Côtes du zéro hydrographique et niveaux caractéristiques de la marée. Edition 2017, 120 p.
- Paquier A.-E., Mugica, J., et Maspataud A. (2021).** Estimation de l'évolution potentielle du trait de côte aux horizons 2040 et 2100 sur la Plaine orientale (Haute -Corse) – Rapport final/RP-70722.

Paquier A.-E., et Valentini,, N. (2020). Etude du transit sédimentaire autour du port de Taverna : compte-rendu d'installation des caméras de suivi du trait de côte. Rapport final/RP-70187-FR, 45 p., 31 fig.

Paskoff R. (2010). Les littoraux : Impact des aménagements sur leur évolution. Armand Colin Eds.

Pelnard-Considere, R (1956). Essai de Théorie de L'Evolution des Formes de Rivage en Plages de Sable et de alets." Les Energies de la Mer: Compte Rendu Des Quatrièmes Journées de L'hydraulique, Paris 13, 14 and 15 Juin 1956; Question III, rapport 1, 74-1-10.

Robinet A. (2017) Modélisation de l'évolution long-terme du trait de côte le long des littoraux sableux dominés par l'action des vagues. Sciences de la Terre. Université de Bordeaux, 2017. Français. [\(NNT : 2017BORD0946\)](#). [\(tel-01755070\)](#)

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, 80 p., 13 ill., 28 planches.

Stépanian A., Balouin Y., Belon R., 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.

Wijnberg K., Kroon A (2002). Barred beaches. Geomorphology 48 (2002) 103–120



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale du BRGM en Corse

Immeuble Agostini

ZI Furiani

Tél. : 04 95 58 04 33

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm