





# Suivi complémentaire au Réseau d'Observation du Littoral de la Corse 2019 : plages de Lava et Ricanto

Rapport final

**BRGM/RP-69657-FR**  
Janvier 2020

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

Projet AP16CSC013

**J. Mugica et A.E. Paquier**  
Avec la collaboration de  
**F. Koechler et M. Puichaffray**

**Vérificateur :**

Nom : E. PALVADEAU

Fonction : Chef de projet littoral

Date : 06/03/2020



**Approbateur :**

Nom : A. REY

Fonction : Directeur régional BRGM  
Corse

Date : 11/03/2020

Signature :



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

Contact : [qualite@brgm.fr](mailto:qualite@brgm.fr)

**Mots-clés** : géomorphologie, topo-bathymétrie, haute-résolution, photogrammétrie, érosion marine, plages de poche, Corse-du-Sud

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

**Mugica J., Paquier A.E., F. Koechler et M. Puichaffray.** (2019) – Suivi complémentaire au Réseau d'Observation du Littoral de la Corse 2019 : plages de Lava et Ricanto. Rapport final. BRGM/RP-69657-FR, 49 p., 25 fig., 4 tabl.

© BRGM, 2020, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

**D**ans le cadre du Contrat de Baie du Golfe d'Ajaccio et de Lava, il a été mis en évidence que cette partie du littoral souffrait d'un manque de données relatives à l'évolution des plages et du trait de côte. Ainsi, la Communauté d'Agglomérations du Pays Ajaccien (CAPA) a sollicité le BRGM pour intégrer les plages du Ricanto et de Lava au Réseau d'Observation du Littoral de la Corse (ROL) car régulièrement soumises aux phénomènes d'érosion et présentant des enjeux économiques clairement identifiés et importants (aéroport, tourisme...). C'est pourquoi, un suivi régulier du trait de côte et de profils de plage est réalisé depuis 2012.

En 2019, ont été intégrées aux mesures initialement prévues, 2 campagnes de mesures topo-bathymétriques de haute résolution afin d'améliorer la connaissance des évolutions morpho-sédimentaires à court terme (échelle saisonnière et événementielle) et à l'échelle de la plage (avant-côte et plage émergée). Ce complément d'étude a pour objectif de mettre en œuvre et tester différentes méthodes d'acquisition de données topo-bathymétriques haute résolution puis d'estimer les modes de fonctionnement des sites de Lava et du Ricanto en Juin et en Octobre 2019.

Pour les acquisitions topographiques, l'emploi d'un DGPS à Lava et la photogrammétrie par drone au Ricanto ont été testées. Ces méthodes et leurs résultats ont été comparés afin d'estimer les avantages de chacune. En effet, il paraissait nécessaire d'évaluer si le gain en précision par l'utilisation du drone apportait un plus significatif dans l'analyse géomorphologique de ce type de plage. La topographie par DGPS, méthode éprouvée, permet d'obtenir une excellente précision verticale (centimétrique) mais offre une résolution spatiale plus faible que la photogrammétrie acquise par drone. L'interprétation des données drone requiert des étapes de traitement manuelles car elles fournissent un modèle numérique de surface et non de terrain, notamment pour les zones présentant un couvert végétal (restitution de l'altitude de la canopée et non du sol réel). Des erreurs sur les parties en ombres, et sur la zone du jet de rive induisent un besoin de nettoyage préalable des données. La comparaison des deux méthodes montre que le suivi au DGPS est suffisant pour suivre l'ensemble des morphologies de la plage mais que le suivi par drone apporte une meilleure résolution à l'échelle d'une importante surface de plage telle que celle du Ricanto.

Une comparaison des données topographiques acquises en juin 2019 sur chaque site avec le LIDAR topographique 2013 de l'IGN a également été réalisée. Celle-ci offre une première estimation de l'évolution pluriannuelle des deux sites mais est à considérer avec grande prudence car la précision du LIDAR n'est pas connue sur ce secteur. Il est également difficile de dissocier les dynamiques saisonnières de la dynamique pluriannuelle sur ces résultats. Quoi qu'il en soit les évolutions constatées sont cohérentes avec celles tirées des suivis du trait de côte et des profils topo-bathymétriques réalisés depuis 2012.

A l'échelle pluriannuelle, la plage de Lava est en légère érosion alors qu'elle est globalement stable à l'échelle interannuelle (saisonnière) malgré une grande mobilité et un lissage des formes du haut de plage (morphologie en croissants).

A l'échelle pluriannuelle, la plage du Ricanto est globalement stable alors qu'à l'échelle interannuelle, l'avant côte est en érosion et le haut de plage relativement à l'équilibre malgré une grande mobilité des formes (morphologie en croissant).

Au final, malgré les difficultés d'acquisition (contraintes météo-marines, présence d'eau, de sable mouillé, d'obstacles et de végétation sur le haut de plage), les méthodes d'acquisitions de

données topo-bathymétriques testées et comparées sur ces sites présentent de bonnes perspectives pour l'amélioration de la connaissance du fonctionnement court-terme des plages de Lava et Ricanto, représentatives de comportements classiques des plages de poches fréquemment exposées à de fortes conditions d'agitation (dynamique de rotation, morphologie en croissants par exemple).

C'est pourquoi, il est recommandé pour ces 2 plages, de réaliser une nouvelle campagne d'acquisition topo-bathymétrique haute résolution spatiale au printemps 2020 tout en optimisant les protocoles. Ce complément à l'échelle du cycle saisonnier permettra d'estimer les impacts de l'hiver 2019-2020 et d'évaluer les éventuelles capacités de résilience de ces plages. Il est ensuite recommandé de poursuivre les suivis sur le long terme (fréquence annuelle ou bisannuelle) du trait de côte et de quelques profils topo-bathymétriques à minima pour l'estimation des tendances d'évolution utiles à la caractérisation des aléas côtiers et la gestion intégrée de cette zone côtière.

Enfin, cette étude a permis de mettre en évidence l'intérêt de ces acquisitions haute résolution spatiale et temporelle pour les autres plages présentant un comportement similaire (plages de poche de la côte rocheuse occidentale telles que Sagone, Albitreccia par exemple).

# Sommaire

<b>1. Introduction.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Méthodologie .....</b>	<b>15</b>
1.1. MESURES TOPOGRAPHIQUES AU DGPS.....	15
1.2. MESURES TOPOGRAPHIQUES PAR PHOTOGRAMMETRIE.....	16
1.3. MESURES BATHYMETRIQUES PAR SONDEUR MONO-FAISCEAU.....	17
1.4. CONSTRUCTION DES MODELES NUMERIQUES DE TERRAIN .....	18
1.5. EMPRISE DES MESURES SUR LE SITE DE LAVA.....	19
1.6. EMPRISE DES MESURES SUR LE SITE DU RICANTO .....	21
<b>2. Analyse de l'évolution géomorphologique.....</b>	<b>23</b>
2.1. CONDITIONS METEO-MARINES DURANT LA PERIODE DE SUIVI.....	23
2.1.1. Vents : Ajaccio .....	23
2.1.2. Houles et vagues de vent mesurées à la Revellata.....	24
2.2. SITE DE LAVA.....	26
2.2.1. Contexte général .....	26
2.2.2. Caractéristiques géomorphologiques.....	28
2.2.3. Evolution géomorphologique à l'échelle pluriannuelle (6 ans).....	30
2.2.4. Evolution géomorphologique à l'échelle saisonnière (printemps et automne 2019) .....	31
2.3. SITE DE RICANTO .....	35
2.3.1. Contexte général .....	35
2.3.2. Caractéristiques géomorphologiques.....	36
2.3.3. Evolution géomorphologique à l'échelle pluriannuelle (6 ans).....	38
2.3.4. Evolution géomorphologique à l'échelle saisonnière (printemps – automne 2019) .....	40
<b>3. Discussion et conclusions.....</b>	<b>43</b>
<b>4. Bibliographie.....</b>	<b>47</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Les sites de Lava et du Ricanto (fond Orthophotographie IGN 2016).	13
Figure 2 : Levé du trait de côte bas à pied.	15
Figure 3 : Méthodologies des mesures réalisées dans le cadre du ROL.	15
Figure 4 : Elements du dispositif pour la mesure bathymétrique (ROL/BRGM).	18
Figure 5 : Ensemble des points levés au DGPS et à l'échosondeur (points verts) et emprises des zones d'interpolation des MNTs (limitées par les polygones rouges. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.	20
<i>Figure 6 : Ensemble des points levés à l'échosondeur (points colorés) et emprise des données conservées pour l'interpolation des MNTs (limitée par les polygones rouges) pour les plages du Ricanto et de Porticcio. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.</i>	22
Figure 7 : Rose des vents enregistrée à Ajaccio du 05/06/2019 au 02/10/2019 (données Météo-France).	23
Figure 8 : Séries temporelles de direction et vitesse du vent à Ajaccio du 05/06/2019 au 02/10/2019 (données Météo-France).	24
Figure 9 : Rose des houles enregistrées à la Revellata du 03/06/2019 au 02/10/2019 (données CEREMA).	25
Figure 10 : Séries temporelles des hauteurs significatives de vagues ( $H_s$ ), de leur période ( $T_p$ ) et de leur direction du 03/06/2019 au 08/10/2019 à la Revellata (données CEREMA).	25
Figure 11 : Localisation de la plage de Lava (© IGN SCAN 25).	26
Figure 12 : Plage de Lava, nord de la plage en haut à gauche (02/10/2019), centre de la plage en haut à droite (06/02/2019), sud de la plage en bas (05/06/2019).	27
Figure 13 : Sillon de l'embouchure le 24/06/2019 à gauche, le 02/10/2019 à droite.	28
Figure 14 : Embouchure du Lava le 24/06/2019 (gauche) et le 02/10/2019 (droite).	29
Figure 15 : MNTs de la plage de Lava (m/NGF) - topobathymétrie du 24/06/2019 à gauche, topographie du 02/10/2019 à droite. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.	29
Figure 16 : Différentiel topographique calculé entre les données LIDAR 2013 de l'IGN et les données DGPS acquises par le BRGM en 2019. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.	30
Figure 17 : Evolution topographique de la plage de Lava entre juin et octobre 2019. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.	33
Figure 18 : Morphologie du trait de côte bas au nord du site de Lava, vue vers le sud le 24/06/2019 (à gauche, position de la berme en pointillés rouge), vue vers le nord le 02/10/2019 (à droite).	34
Figure 19 : Croissants de plage (à gauche, forme des croissants représentée par les pointillés rouge) et micro-falaise sableuse (à droite) au sud de la plage de Lava le 24/06/2019.	34
Figure 20 : Localisation de la plage du Ricanto (© IGN SCAN 25).	35
Figure 21 : Topo-bathymétrie de la plage de Ricanto et topographie de la plage de Porticcio, en juin et octobre 2019 - secteur Nord (cadre jaune, en haut à gauche), secteur Centre (cadre orange, en bas à gauche) et secteur Sud (cadre marron, en bas à droite). Fond : Orthophotographie © IGN 2016.	37
Figure 22 : Différentiel topographique calculé entre les données LIDAR de 2013 (IGN) et le MNT produit par photogrammétrie. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.	39
Figure 23 : Différentiel entre Juin et Octobre 2019, topobathymétrie pour la plage du Ricanto (en haut et en bas à gauche) et topographique pour la plage de Porticio (en bas à droite). Fond : Orthophotographie © IGN 2016.	41

Figure 24 : Lissage de la 2<sup>ème</sup> rangée des croissants du haut de plage et raidissement de la berme entre juin et octobre 2019. ....42

Figure 25 : Migration et érosion des croissants du haut de plage entre juin et octobre 2019. ....42

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Programme des campagnes d'acquisition sur le site de Lava. ....19

Tableau 2 : Comparaison de la résolution des différents MNT interpolés en fonction de la méthode d'acquisition des données pour le site de Lava. ....20

Tableau 3 : Programme des campagnes d'acquisition sur le site du Ricanto. ....21

Tableau 4 : Comparaison de la résolution des différents MNT interpolés en fonction de la méthode d'acquisition des données pour le site du Ricanto. ....21



# 1. Introduction

Le littoral de Corse se caractérise par un trait de côte plus ou moins mobile en fonction de sa nature (côte rocheuse ou sableuse ou à galets, cordon littoral, plages de poche, zones humides) et des interactions entre les fluctuations sédimentaires naturelles, les actions anthropiques et les impacts du changement climatique (élévation du niveau de la mer en particulier). L'évolution géomorphologique qu'il connaît peut avoir des conséquences économiques et/ou environnementales importantes sur certaines communes lorsque les enjeux touristiques, environnementaux et les infrastructures urbaines sont exposées aux aléas érosion et/ou submersion marines.

Au cours des années 1990, un diagnostic global des évolutions du littoral en Corse a été réalisé par le BRGM en partenariat avec l'Office de l'Environnement de la Corse (OEC) et de la DRIRE (Oliveros, 1998 ; Oliveros et Delpont, 1998, 1999 ; Oliveros *et al.*, 1996 ; 1998). Les évolutions morphologiques (érosion et accrétion) constatées parfois importantes ainsi que les difficultés à les quantifier ont mis en évidence le besoin d'un réseau d'observations et d'un suivi des évolutions géomorphologiques du littoral (Palvadeau et Nay, 2000, 2002). C'est pourquoi le **Réseau d'Observation du Littoral de la Corse (ROL)** a été mis en place en 1999, à l'initiative de l'**OEC en partenariat avec le BRGM** comme opérateur technique.

Avec pour objectif la constitution d'un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires de la bande côtière, **les principales missions du ROL** sont le **suivi de l'évolution géomorphologique du littoral meuble** (sables et galets), **la mutualisation et le partage des connaissances** (diffusion via le portail internet : <http://www.littoral-corse.fr/>) ainsi que **l'expertise pour la gestion intégrée de la bande côtière**.

Dans un contexte d'accroissement des pressions anthropiques sur le littoral et de changement climatique dont l'élévation du niveau de la mer représente l'impact le mieux connu (malgré de fortes incertitudes), les suivis du ROL sur le long terme et de manière homogène à l'échelle d'un territoire prennent tout leurs sens. D'autre part, le ROL contribue également aux réflexions nationales sur l'homogénéisation des protocoles de collecte, de traitements et de diffusion des données (Bulteau *et al.*, 2010 ; Mallet *et al.*, 2012).

En 2000-2001, le ROL a démarré avec 5 sites régionaux et 4 sites sensibles. En offrant la possibilité d'intégration de sites complémentaires en fonction des besoins d'autres partenaires (Contrat de Plan Etat-Région 2001-2006 ; participation de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse AERM&C entre 2007 et 2011 ; participation de la DREAL Corse ; etc.), il a fortement évolué et **s'étend aujourd'hui à 17 sites ce qui représente 46 profils de plage et environ 51 km de linéaire de trait de côte**.

Les plages de Ricanto et de Lava (Figure 1) ont été intégrées au ROL (Belon *et al.*, 2013), à l'issue d'une étude en 2012 portant également sur les plages de Saliccia, Terre sacrée et Saint-François (Belon *et al.*, 2012) à la demande de la **Communauté d'Agglomération du Pays Ajaccien (CAPA)**. Depuis, des profils de plage (8 pour Lava et 4 pour Ricanto) ainsi que le trait

de côte font régulièrement l'objet de levés topo-bathymétriques (DGPS<sup>2</sup> et sondeur monofaisceau) qui sont présentés, ainsi que leur interprétation dans trois rapports : Belon et al., 2013, 2014 et Stepanian et al., 2018. De plus, les traits de côte mesurés depuis 2012 ainsi que ces 3 rapports associés sont diffusés sur le <http://www.littoral-corse.fr/>.

Les résolutions spatiale et temporelle de ces mesures permettent le suivi de tendances d'évolution géomorphologique sur le long terme utile notamment à l'évaluation des aléas côtiers et à l'enregistrement des impacts du changement climatique. Cependant, elles présentent des limites pour la mise en évidence et l'estimation des évolutions à court-terme (échelle saisonnière à événementielle) indispensables à la connaissance du fonctionnement de ces systèmes de plages où les interactions entre les processus naturels et anthropiques sont complexes. C'est pourquoi, en raison de la variabilité des évolutions sur ces 2 plages et de l'hétérogénéité de l'impact des tempêtes à l'échelle de chacune des plages, il a été convenu entre le BRGM et la CAPA d'acquérir des données topo-bathymétriques complémentaires à des résolutions spatiale et temporelle plus fines afin d'estimer leurs capacités de résilience. Ainsi, deux **campagnes d'acquisition topographiques à haute résolution spatiale** au cours du printemps et de l'automne 2019 ont été réalisées sur chacune des deux plages :

- par DGPS pour la plage de Lava ;
- par photogrammétrie pour la plage du Ricanto.

Ces acquisitions topographiques ont été **complétées par 2 campagnes simultanées d'acquisitions bathymétriques** par sondeur mono-faisceau.

Ainsi, à partir de ces acquisitions, deux Modèles Numériques de Terrain topobathymétriques (3D, après et avant l'hiver) pour chacune des 2 plages ont été produits et comparés afin d'estimer les **évolutions morpho-sédimentaires à court terme (échelle saisonnière à événementielle) et à l'échelle de la plage (avant-côte et haut de plage)**.

Ce rapport présente également les méthodes et outils employés ainsi que les résultats. Les deux méthodes pour l'acquisition de données topographiques (photogrammétrie par drone à Ricanto et DGPS à Lava) sont comparées au regard de leur résolution, leur précision, leur facilité et leur coût de mise en œuvre.

Enfin, les évolutions topo-bathymétriques entre juin et octobre 2019 sur les 2 sites sont estimées<sup>3</sup>.

*☞ **Avertissement** : Compte tenu des lacunes de connaissances sur la précision des données, les valeurs présentées dans ce rapport (hauteur, altitude, volume) sont fournies à titre indicatif et sont à considérer avec précaution. Elles ne peuvent être exploitées à ce stade pour la planification d'opération d'entretien (rechargement et prélèvement de sable par ex.). Une optimisation des protocoles d'acquisition est proposée afin de réduire ces lacunes.*

---

<sup>1</sup> Les plages de Lava et du Ricanto ont fait l'objet de mesures en 2013, 2016, 2017 et 2018 dans le cadre du ROL.

<sup>2</sup> DGPS : GPS Différentiel (Differential Global Positioning System) dont le principe repose sur la prise en compte (en tant que correction) de l'écart entre les positions réelles connues de stations de référence ou de points fixes et leurs mesures par les satellites. Ce système permet d'améliorer fortement les mesures GPS.

<sup>3</sup> A Lava, seule l'évolution topographique (et pas la bathymétrie) est étudiée. En effet, l'état de la mer n'a pas permis de réaliser les mesures bathymétriques en octobre 2019.

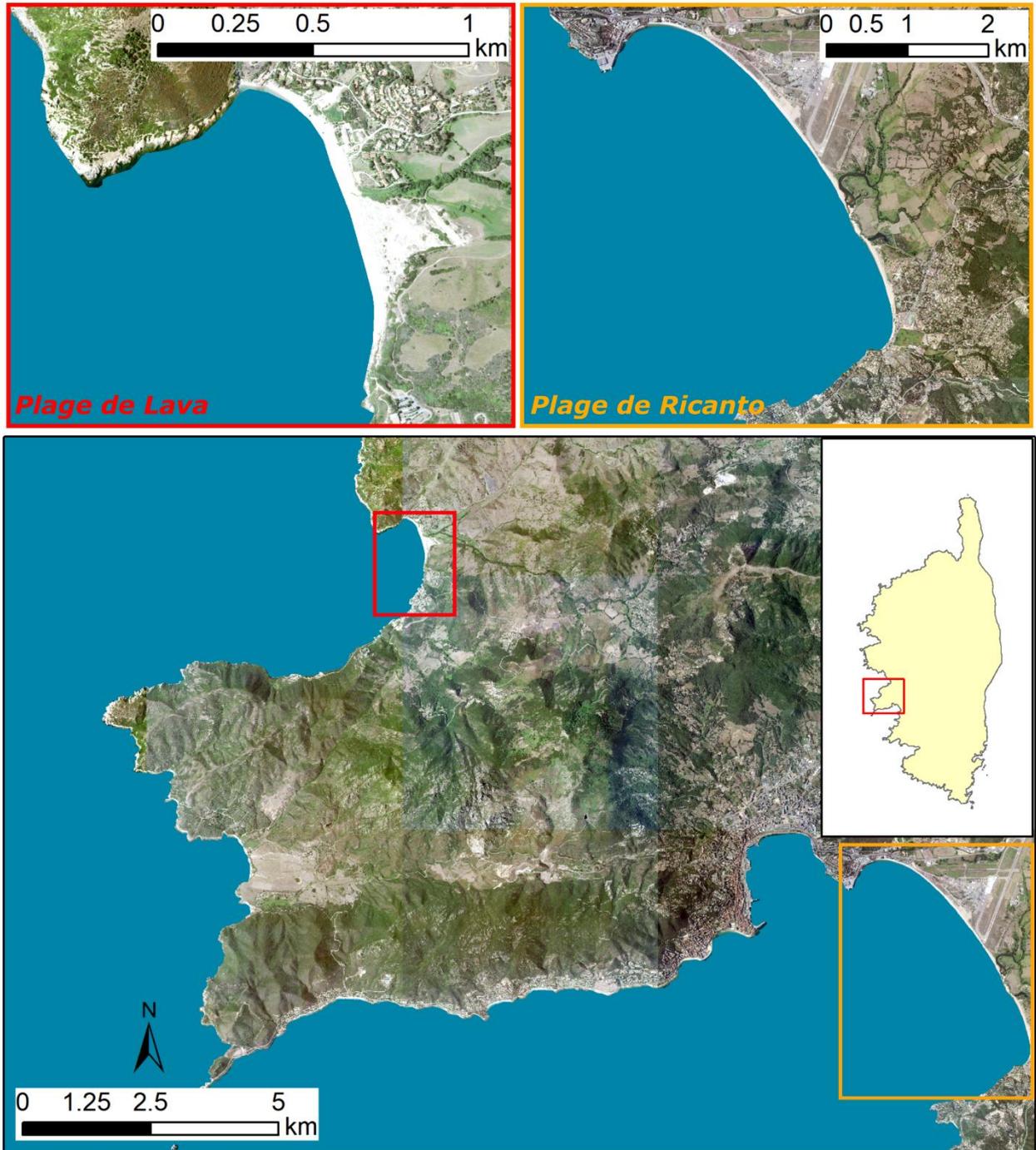


Figure 1 : Les sites de Lava et du Ricanto (fond Orthophotographie IGN 2016).



## 2. Méthodologie

### 1.1. MESURES TOPOGRAPHIQUES AU DGPS

Afin de produire un Modèle Numérique de Terrain (MNT), des mesures topographiques ont été réalisées au DGPS sur **la plage de Lava**.

Le matériel utilisé est un DGPS cinématique TRIMBLE® R10 porté par un opérateur à pied (Figure 2). Afin d'obtenir une résolution spatiale satisfaisante pour produire un MNT, l'opérateur réalise une couverture homogène de la plage (profils transversaux et longitudinaux croisés).



Figure 2 : Levé du trait de côte bas à pied.

Chaque point levé par cette technologie offre une précision centimétrique (Figure 3) grâce au réseau ACTISAT® de stations différentielles permanentes. Le principe de la méthode est détaillé dans les rapports antérieurs du ROL (Laigre et Mugica, 2018 notamment).

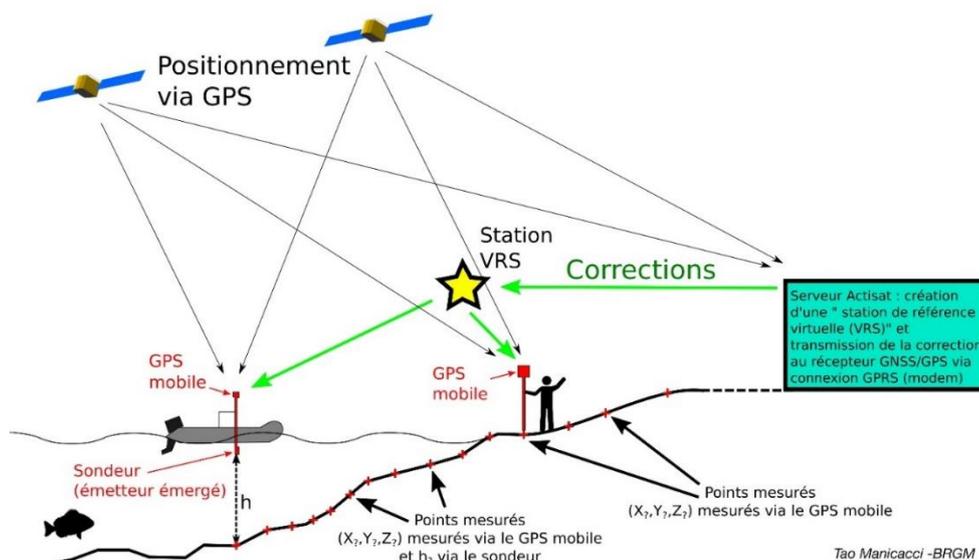


Figure 3 : Méthodologies des mesures réalisées dans le cadre du ROL.

☞ *Avantages et limites de la méthode :*

Cette méthode présente l'avantage d'offrir une très bonne précision centimétrique (inférieure à 10 cm) et une facilité de mise en œuvre. Aucune autorisation n'est nécessaire pour le déploiement du matériel et aucun matériel fixe sur le terrain n'est nécessaire.

En revanche, cette méthode est coûteuse en temps de réalisation pour obtenir une résolution assez fine (maillage de points 10 à 20 m). Celle-ci dépend du cheminement de l'opérateur (qui peut être ralenti par des obstacles sur la plage et la dune, ganivelles par exemple) mais est ajustable à la complexité morphologique du terrain (présence de croissant de plage, de berme, embouchure, etc.).

## 1.2. MESURES TOPOGRAPHIQUES PAR PHOTOGRAMMETRIE

En raison des dimensions du **site du Ricanto** (linéaire de plus de 3 km) et de l'aménagement de la dune avec des ganivelles (limitant le cheminement), la topographie a été acquise par photogrammétrie à partir de la technologie drone.

Cette technologie a été mise en œuvre par un prestataire du BRGM dans le cadre d'un contrat de sous-traitance. Il s'agit de la société TECNICADRONE.

Les prises de vue sont réalisées par un drone en NADIR (perpendiculaire au sol, capteur DJI 1 Pouce<sup>4</sup>) avec une résolution de 20 Mpix (megapixels). Le géo-référencement des images aériennes obtenues a été fait grâce à des cibles déployées sur la plage avant les prises de vue et positionnées au DGPS en mode RTK (Spectra® précision SP60).

Le post-traitement des images effectué par TECNICADRONE repose sur les étapes suivantes :

- le géo-référencement ;
- la création d'une ortho-photographie complète (résolution de 3,5 cm/pix) ;
- l'analyse photogrammétrique de l'ortho-photographie permettant l'extraction de points topographiques (précision planimétrique d'environ 3 cm et altimétrique d'environ 5 cm) ;
- la génération d'un Modèle Numérique de Surface (MNS<sup>5</sup>, résolution de 25 cm/pix, précision altimétrique de l'ordre de 5 cm).

Les données produites par le prestataire sont fournies au format SIG Raster (Système de coordonnées LAMBERT93 – RGF 93).

L'exclusion des zones non valides a été réalisée par le BRGM. Il s'agit de conserver uniquement la topographie des données brutes et d'exclure les zones de végétation (arbres, arbustes, plantes dunaires), les zones occupées par des personnes ou objets mobiles (chaises longues, pédalos, etc). De plus, une exclusion des valeurs fausses a également été effectuée, notamment au niveau

---

<sup>4</sup> Les caractéristiques de l'objectif sont un angle de champ (FOV) de 84° avec une focale de 24 mm.

<sup>5</sup> Le MNS, Modèle Numérique de Surface, est différent du MNT, Modèle Numérique de Terrain, puisqu'il considère les points les plus hauts au-dessus du sol (la surface) et non le sol lui-même (le terrain). Un MNS représentera donc les hauteurs de canopée, d'objets mobiles ou immobiles, de personnes, etc.

des zones en eau<sup>6</sup> (embouchure), du sable mouillé (zone du jet de rive et embouchure) ou des ombres portées (celle de la canopée en arrière plage par exemple).

☞ *Avantages et limites de la méthode :*

Cette méthode présente l'avantage de fournir une très haute résolution sur une étendue importante (25 cm/pix), comparativement au levés au DGPS, et avec une bonne précision (environ 5 cm altimétrique), comparable au DGPS.

En revanche, une pré-analyse de ces données est indispensable pour supprimer certaines zones correspondant à des éléments gênants pour l'interprétation des évolutions morphologiques :

- Arbres, arbustes, plantes dunaires, personnes et objet mobiles (transat, embarcations, etc.) ;
- Erreurs induites par la présence de l'eau, de l'humidité du sable ou d'ombres portées. Les données ne sont pas exploitables dans la zone du jet de rive.

Bien que peu coûteuse, cette méthode est relativement lourde à mettre en œuvre. Elle requiert des autorisations de vol (en particulier en raison de la proximité de l'aéroport d'Ajaccio) ainsi que la réalisation de mesures ponctuelles au sol pour le calage (installation de cibles, mesures DGPS).

D'autre part, sa mise en œuvre est contrainte par les conditions météorologiques (conditions de vent notamment).

### 1.3. MESURES BATHYMETRIQUES PAR SONDEUR MONO-FAISCEAU

Les acquisitions bathymétriques au niveau de l'avant-côte ont été réalisées par une seule et même méthode sur les 2 sites qui repose sur le même principe que celui mis en œuvre dans le cadre du ROL pour le suivi de profils de plage (Rapport BRGM/RP-68373-FR, Laigre et Mugica, 2018).

Ces acquisitions sont effectuées depuis un bateau semi-rigide avec un sondeur acoustique mono-faisceau TRITECH® (un PA 500 qui acquiert la donnée bathymétrique), couplé à un DGPS cinématique Trimble (R10 qui permet le positionnement de la mesure). Ce matériel est installé sur le bateau avec une potence en inox. Le couplage des acquisitions en temps réel est effectué avec le logiciel HYPACK® (Figure 4).

Le réseau ACTISAT® est également exploité pour le positionnement DGPS.

Cette méthode offre une précision verticale de l'ordre de 10 à 20 centimètres (en fonction de l'état de la mer) et une résolution spatiale dépendant de la densité de profils choisie sur le site et de la qualité de la navigation réalisée.

---

<sup>6</sup> Des études récentes ont montré qu'il est possible, sous certaines conditions, d'évaluer la profondeur sous l'eau et dans les zones de sols humides (Aarnink, 2017) mais ces techniques demandant un temps et un niveau d'expertise importants n'ont pas été mises en œuvre par le prestataire dans le cadre de cette étude.

☞ *Avantages et limites de la méthode :*

Cette méthode régulièrement mise en œuvre dans le cadre du ROL présente l'avantage d'offrir une facilité de mise en œuvre. Le matériel du BRGM est opérationnel et disponible pour cela et aucune autorisation n'est nécessaire pour son déploiement hormis les permis de navigation côtière dont sont titulaires les agents du BRGM. D'autre part, elle permet d'obtenir une précision décimétrique très satisfaisante ainsi qu'une résolution ajustable à la complexité de la géomorphologie de l'avant-côte.

En revanche, elle est fortement contrainte par les conditions météo-marines à la fois pour assurer une qualité satisfaisante de la donnée et pour assurer la sécurité des opérateurs lors de l'acquisition (hauteur des vagues supérieures à 50 cm, vitesse du vent supérieure à 20 km/h). Dès que les conditions de vagues forçissent, la qualité de la mesure n'est plus assurée. D'autre part, l'obtention d'une résolution spatiale fine à l'échelle des sites est coûteuse en temps et contrainte par la présence d'obstacles à la navigation (zone de baignade, mouillages, embarcations, baigneurs, etc.).

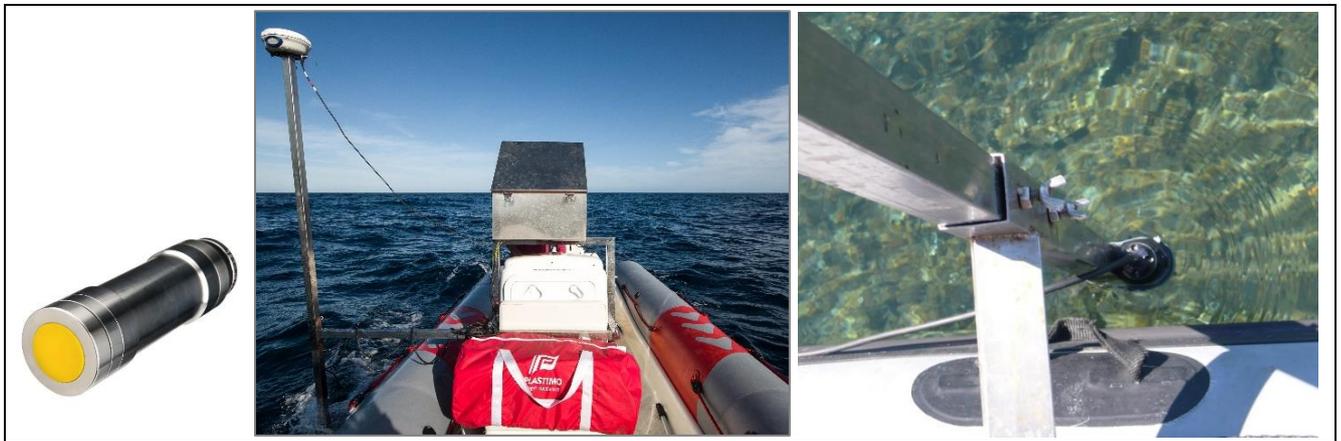


Figure 4 : Elements du dispositif pour la mesure bathymétrique (ROL/BRGM). Sondeur monofaisceau Tritech PA500 à gauche, installation sondeur et DGPS Trimble R10 au centre, installation du sondeur sur la potence à droite.

#### 1.4. CONSTRUCTION DES MODELES NUMERIQUES DE TERRAIN

Pour la plage de Lava et l'avant-côte du Ricanto, les Modèles Numériques de Terrain (MNT) sont générés sous ARCGIS®.

La méthode d'interpolation dite des voisins naturels a été choisie après comparaison avec l'interpolation par krigeage. Cette dernière tendait ici à sous-estimer les profondeurs entre les profils mesurés et produisaient donc des artefacts perpendiculaires à la côte sur le fond. De plus, les données montrent que le fond a des profondeurs assez homogènes sur l'ensemble des profils. La méthode des voisins naturels, dont l'algorithme est simple, a donc été choisie afin de rester au plus près des données.

La résolution des MNT (taille des cellules d'interpolation des données) est issue d'une analyse de sensibilité à dire d'expert ayant pour objectif d'optimiser le résultat obtenu : la taille de cellule est réduite au maximum en testant différentes options et en évitant les biais possiblement induit par une interpolation excessive. Le MNT final a une résolution métrique.

Dans ce rapport, la **référence altimétrique des mesures** est le zéro NGF (Nivellement Général de la France/IGN78).

Le **système de projection** des données cartographiques utilisé est le **Lambert-93**.

**Pour la plage de Lava**, les données de l'avant-côte et du haut de plage ont dû être assemblées afin d'obtenir un MNT topo-bathymétrique continu de la bande littorale. Le MNT est incomplet au niveau de l'avant-côte au nord car une zone n'a pas pu être couverte par les levés bathymétriques en raison de la présence de mouillages (Figure 5).

**Pour la plage du Ricanto**, l'assemblage n'a pas pu être fait car aucune donnée n'est exploitable dans la zone du jet de rive. Une bande de quelques mètres entre l'avant-côte et le haut de plage n'est donc pas couverte par les données. Sur la base de ce constat, une évolution du protocole sera proposée pour les prochaines acquisitions si la CAPA le souhaite (Figure 6).

Un regard expert est nécessaire pour le traitement et le nettoyage de ces données à dire d'expert est indispensable notamment pour :

- Relativiser les évolutions en lien avec les variations de techniques d'acquisition (différentes précisions et incertitudes en fonction des outils de mesures) ou d'observateurs ;
- Mettre en évidence la présence d'affleurements rocheux ou d'herbiers.

## 1.5. EMPRISE DES MESURES SUR LE SITE DE LAVA

Sur le site de Lava, la topographie a été mesurée comme prévu après les tempêtes hivernale au début de la période estivale (24/06/2019) et à l'automne (02/10/2019, Tableau 1). La bathymétrie n'a pas pu être mesurée à l'automne 2019 en raison des mauvaises conditions météorologiques, ne garantissant une aussi bonne qualité des données qu'en juin.

	Campagne printemps 2019	Campagne automne 2019
Mesures topographiques DGPS	24/06/2019	02/10/2019
Mesures bathymétriques monofaisceau	24/06/2019	

Tableau 1 : Programme des campagnes d'acquisition sur le site de Lava.

Les trajectoires des levés topographiques et bathymétriques sont présentées (Figure 5). Globalement l'espacement entre les profils levés en mer est de 25 m alors qu'il est de 10 à 20 m à terre.

La morphologie du haut de plage étant plus complexe que la partie marine, il a été nécessaire d'augmenter la résolution des mesures topographiques. L'opérateur a donc finement quadrillé la zone afin de pouvoir mesurer l'ensemble des formes présentes. Les relevés topographiques sont concentrés sur la plage jusqu'au trait de côte haut (pied des ouvrages ou limite de végétation au nord, pied de dune, limite de végétation et pied des ganivelles au sud).

La continuité entre les données acquises en mer et à terre n'est pas parfaite, notamment au nord de l'anse. Cependant, les discontinuités sont réduites à quelques mètres. Ces discontinuités sont liées à la difficulté d'approche de la plage en bateau (profondeur et présence de personnes). La bathymétrie au nord de la plage n'a pas pu être mesurée en raison de la présence de mouillages et de bateaux.

Les polygones rouges représentent les zones dans lesquelles les données ont été interpolées. **Très peu de données n'ont pas été conservées.** Une partie du profil le plus au nord a été

exclue afin de ne pas induire des erreurs d'interpolation liées à des données manquantes sur l'avant dernier profil.

La résolution des MNTs obtenus est présentée dans le Tableau 2.



Figure 5 : Ensemble des points levés au DGPS et à l'échosondeur (points verts) et emprises des zones d'interpolation des MNTs (limitées par les polygones rouges. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.

Méthode	Juin	Octobre
Topographie DGPS	1 m	1 m
Bathymétrie DGPS + échosondeur	2 m	-

Tableau 2 : Comparaison de la résolution des différents MNT interpolés en fonction de la méthode d'acquisition des données pour le site de Lava.

## 1.6. EMPRISE DES MESURES SUR LE SITE DU RICANTO

Sur le site du Ricanto, la bathymétrie a été mesurée par le BRGM les 05/06/2019 et 01/10/2019 (Tableau 3) en suivant le protocole décrit précédemment. La trajectoire du bateau pour les acquisitions bathymétrique est présentée sur la Figure 6. Les profils sont globalement espacés de 100 m hormis au sud-est de la zone, à proximité de l'embouchure du grau de la Gravone où ils sont espacés de 50 m.

Les données topographiques ont été acquises par le prestataire TECNICADRONE les 03/06/2019 et 08/10/2019 (Tableau 3).

	Campagne printemps 2019	Campagne automne 2019
Acquisitions pour photogrammétrie	03/06/2019	01/10/2019
Mesures bathymétriques monofaisceau	05/06/2019	08/10/2019

Tableau 3 : Programme des campagnes d'acquisition sur le site du Ricanto.

Lors du nettoyage et du traitement préalables, l'ensemble des données bathymétriques ont été conservées alors qu'une faible proportion des données topographiques (drone) a pu être exploitée. En effet, les zones en eaux, de sable mouillé (zone du jet de rive), la végétation et son ombre, les objets mobiles et les personnes ont été exclues pour les raisons exposées précédemment. La capacité de cette technologie à produire des valeurs fiables dans ces zones pourra être testée et améliorée lors de prochaines acquisitions.

D'autre part, cette étape de discrimination très chronophage pourrait également être réduite si les vols étaient réalisés très tôt le matin (au soleil levant) pour éviter les reflets à la surface de l'eau, et donc de permettre une exploitation des données dans les zones en eau. Cependant, il est souligné que la proximité de l'aéroport d'Ajaccio réduit de toute manière le choix des fenêtres de vols et leur durée (fenêtres de 15 minutes).

Enfin, la construction du MNT par photogrammétrie pourra notamment être améliorée par l'acquisition et l'exploitation de données DGPS dans les zones d'eau et de sables mouillés qui sont extrêmement mobiles (zone du jet de rive et embouchure).

La résolution des MNTs obtenus est présentée dans le Tableau 4.

<b>Méthode</b>	<b>Juin</b>	<b>Octobre</b>
<i>Topographie Drone</i>	0.08 m	0.08 m
<i>Bathymétrie DGPS + échosondeur</i>	10 m	10 m

Tableau 4 : Comparaison de la résolution des différents MNT interpolés en fonction de la méthode d'acquisition des données pour le site du Ricanto.

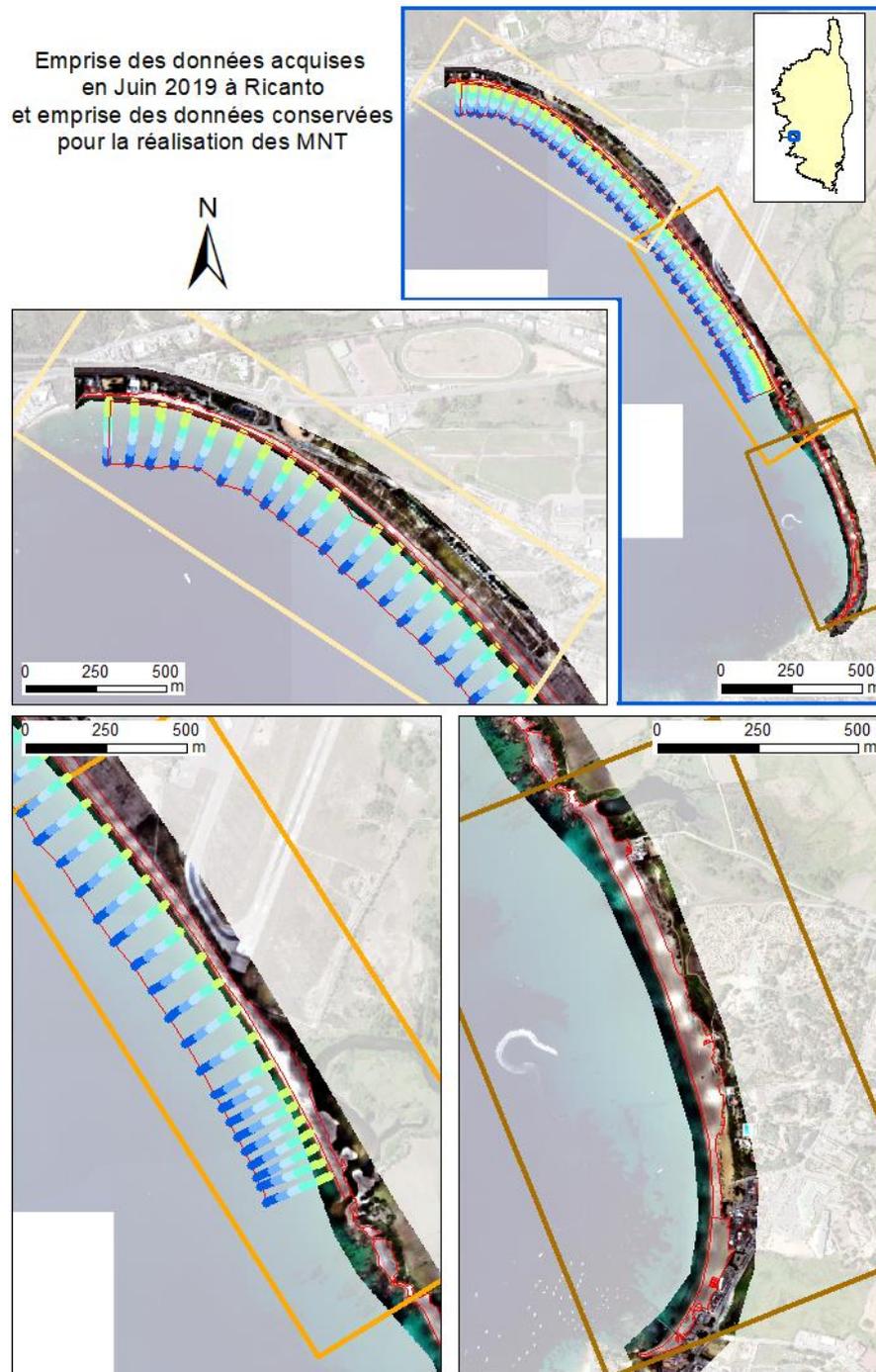


Figure 6 : Ensemble des points levés à l'échosondeur (points colorés) et emprise des données conservées pour l'interpolation des MNTs (limitée par les polygones rouges) pour les plages du Ricanto et de Porticcio. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.

Les trois secteurs de la plage de Ricanto sont ici séparés (secteur Nord encadré en Jaune, secteur Centre en orangé, secteur Sud en marron). L'orthophotographie reconstituée et ayant servi à la génération du modèle numérique de terrain est représentée sur cette carte ainsi que l'emprise des zones conservées pour l'étude de la plage (polygones rouges).

## 2. Analyse de l'évolution géomorphologique

### 2.1. CONDITIONS METEO-MARINES DURANT LA PERIODE DE SUIVI

#### 2.1.1. Vents : Ajaccio

Les données de vent ont été mesurées à la station Météo France d' Ajaccio entre le 05/06/2019 et le 02/10/2019.

Sur cette période estivale d'étude, les vitesses de vents sont modérées (maximum 10 m/s soit 36 km/h, Figure 7). Les vents de nord-est sont les plus récurrents mais atteignent des vitesses moindres (maximum 5 m.s<sup>-1</sup>) que celles des vents de sud-ouest (maximum 10 m/s soit 36 km/h, généralement inférieurs à 7 m.s<sup>-1</sup>). Ces vents de sud-ouest génèrent des vagues de vent orientées nord-est et réparties sur l'ensemble de la période (Figure 8).

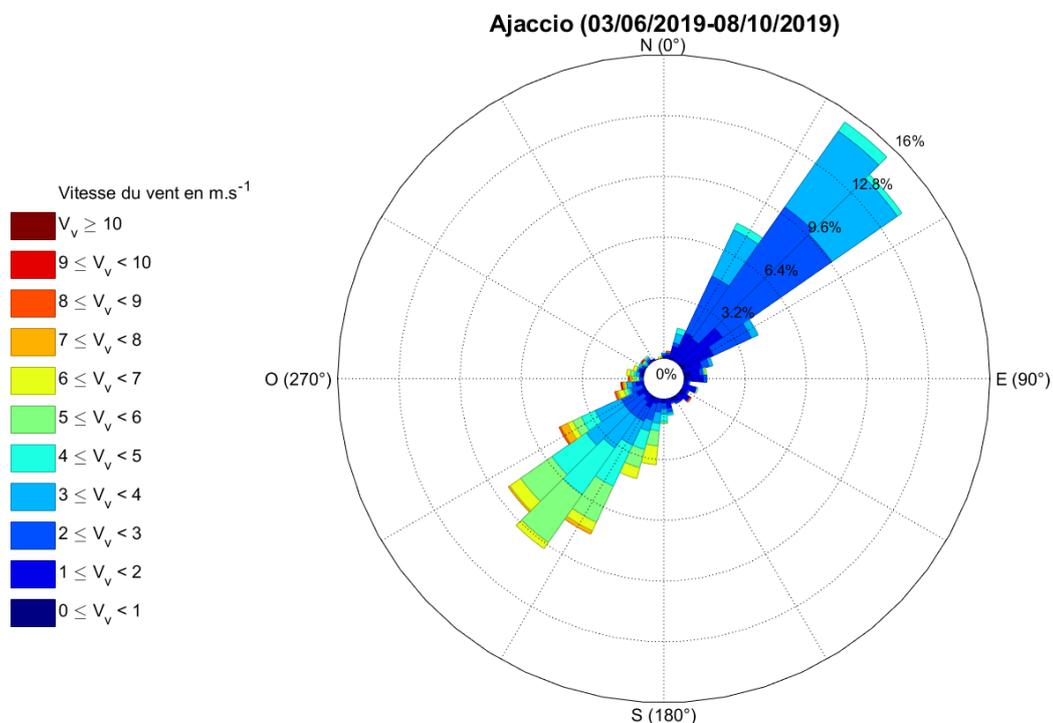


Figure 7 : Rose des vents enregistrée à Ajaccio du 05/06/2019 au 02/10/2019 (données Météo-France).

Les séries temporelles de direction et de vitesse du vent (Figure 8) montrent que les événements de nord-est et de sud-ouest se succèdent durant toute la période estivale. Compte tenu de l'orientation de la plage (nord-ouest – sud-est), **seuls les événements de sud-ouest généreront des vagues de vent pouvant impacter les sites d'étude**. Pendant, la période estivale d'étude, on en recense 3 ayant dépassé les 8 m/s soit 28 km/h.

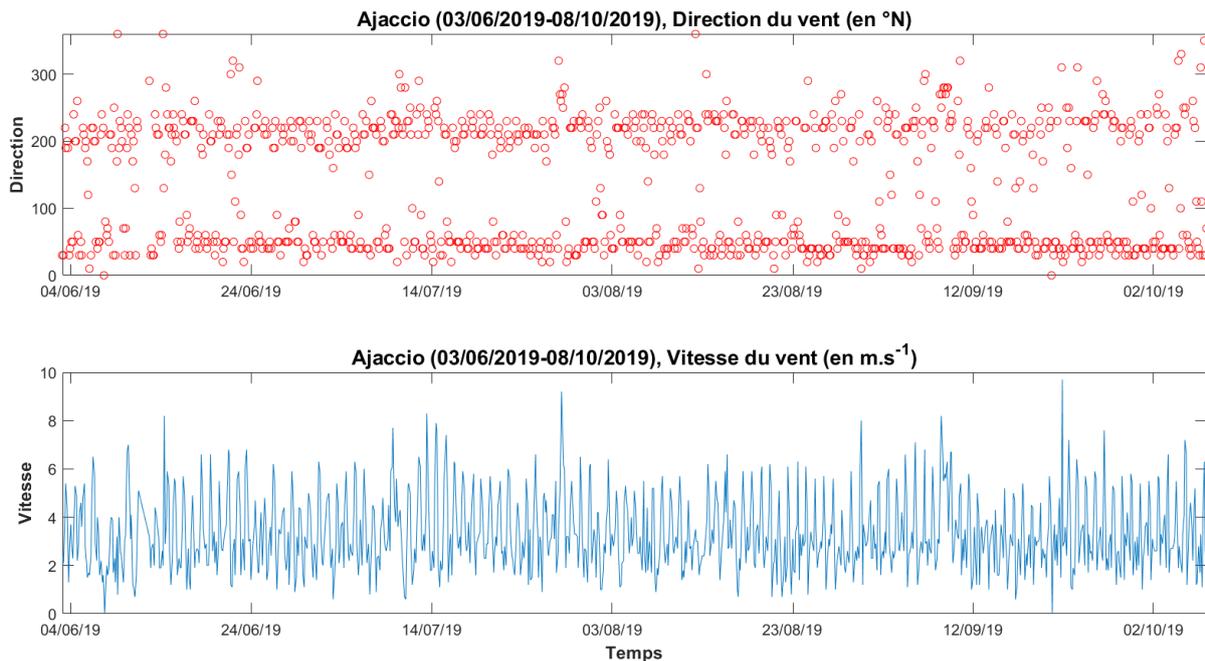


Figure 8 : Séries temporelles de direction et vitesse du vent à Ajaccio du 05/06/2019 au 02/10/2019 (données Météo-France).

### 2.1.2. Houles et vagues de vent mesurées à la Revellata

Les données de vagues proviennent de la bouée du réseau CANDHIS du CEREMA située au large de la Revellata (houlographe 2B04) à l'ouest de Calvi<sup>7</sup>.

La rose des vagues (Figure 9) met en évidence des directions ( $D_p$ ) sud-ouest et nord-est et des hauteurs significatives ( $H_s$ <sup>8</sup>) généralement inférieures à 2 m, qui atteignent rarement les 3.5 m pendant la période estivale.

Les houles les plus importantes ( $H_s=3.2\text{m}$ ,  $T_p=8\text{s}$ ,  $D_p$  : nord et ouest) sont atteintes les 6 et 8 septembre (Figure 10). Les houles nord-est n'impactent pas les sites, exposés ouest-sud-ouest. **En revanche, les houles du 6 septembre sud-ouest sont susceptibles d'avoir impacté les sites d'étude.**

Des vagues de vent ( $2\text{s}<T_p<4\text{s}$ ) de faible hauteur ( $H_s<0.4\text{m}$ ), provenant du nord-est sont générées par le vent de sud-ouest. **Ces vagues de vent orientées nord-est auront un faible impact sur les sites étudiés ici.**

<sup>7</sup> Seulement, 2 marégraphes sont opérationnels en Corse (réseau CANDHIS, la Revellata et Alistro). Pour les études nécessitant une quantification plus fines des paramètres de vagues (études statistiques, analyses d'extrêmes, modélisation numérique de l'hydrodynamique par exemple), des simulations rétrospectives peuvent être utilisées afin de pallier le manque de mesures et permettre la prise en compte des spécificités locales. Dans la présente étude, les mesures de la bouée CANDHIS de la Revellata sont considérées suffisantes pour les estimations fournies à titre indicatif.

<sup>8</sup>  $H_s$  est la hauteur significative des vagues.

<sup>9</sup>  $T_p$  est la période pic des vagues.

Ces résultats sont à considérer avec prudence car les données ne sont pas disponibles pour la période du 15/07/2019 au 13/08/2019. Il est toujours possible que d'autres houles impactant la zone aient été générées durant cette période.

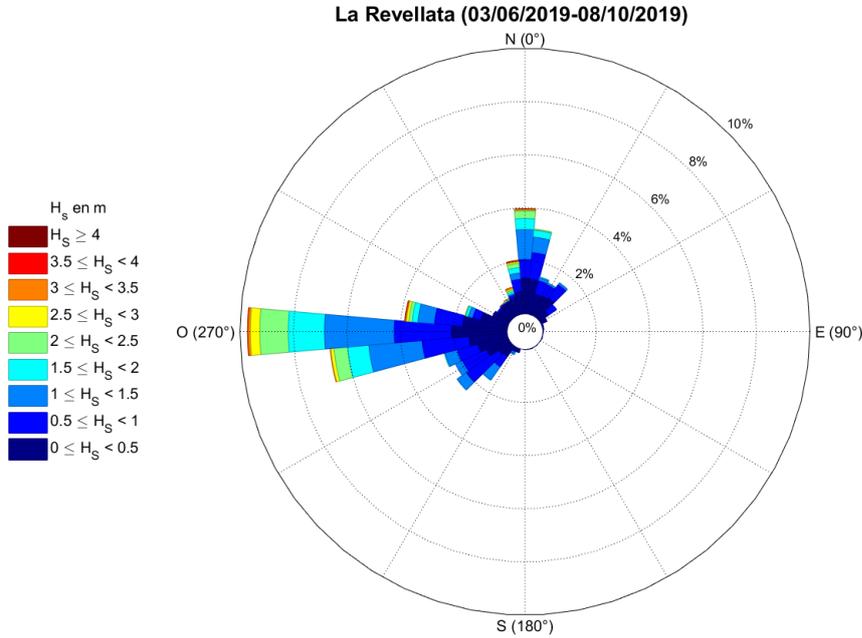


Figure 9 : Rose des houles enregistrées à la Revellata du 03/06/2019 au 02/10/2019 (données CEREMA).

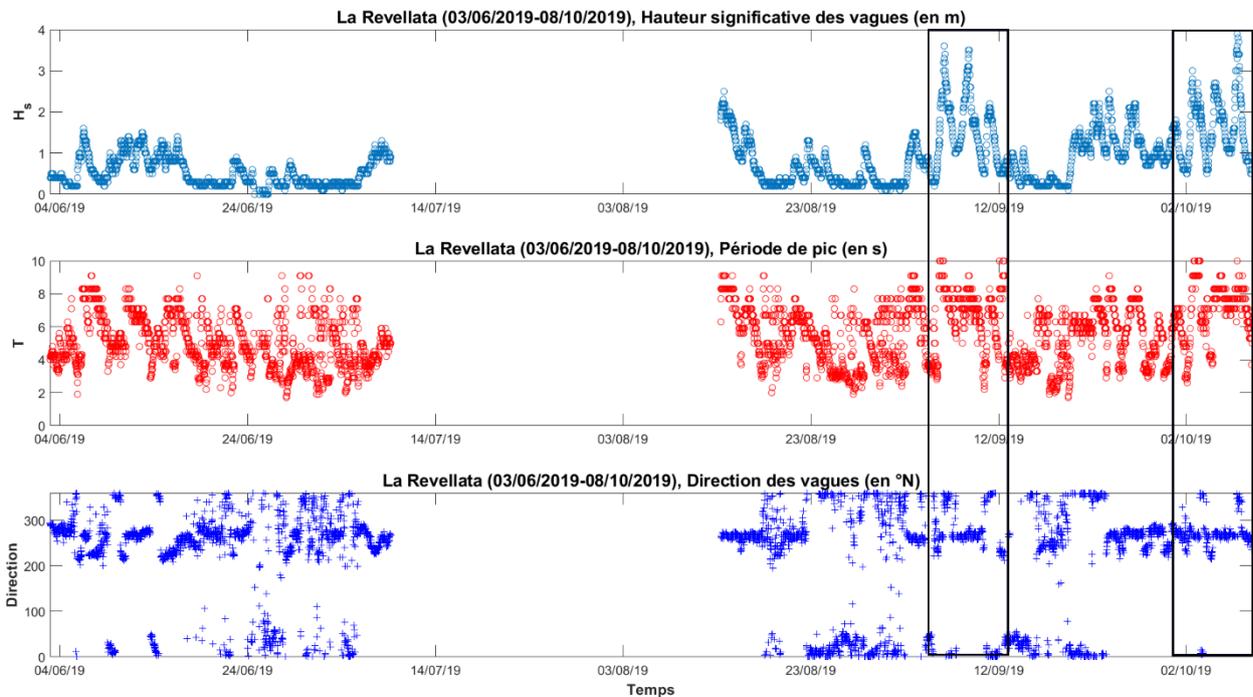


Figure 10 : Séries temporelles des hauteurs significatives de vagues ( $H_s$ ), de leur période ( $T_p$ ) et de leur direction du 03/06/2019 au 08/10/2019 à la Revellata (données CEREMA).

## 2.2. SITE DE LAVA

### 2.2.1. Contexte général

La plage de Lava se situe dans le fond du Golfe de Lava sur les communes d'Appietto au nord et d'Alata au sud (Figure 11). Elle est incluse dans le site Natura 2000 « Iles Sanguinaires, plages de Lava et Punta Pellusella » (FR9400595) au titre de la directive « habitats, faune et flore ». Cette plage fait également l'objet d'une fréquentation touristique avec la présence de plusieurs infrastructures sur la dune (voire la plage au nord du site, résidence hôtelière, bar/restaurant, paillotes, etc.).

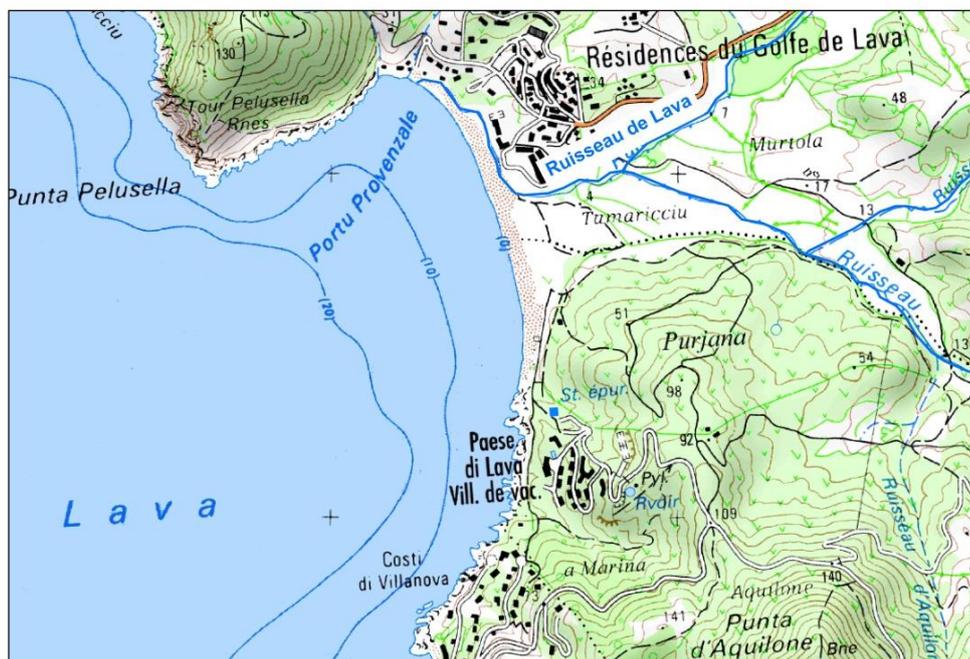


Figure 11 : Localisation de la plage de Lava (© IGN SCAN 25).

Au centre de cette plage débouche le ruisseau de Lava dont l'embouchure subit des divagations saisonnières. En effet, lorsque l'embouchure se ferme, le cours du ruisseau peut naturellement s'orienter vers le nord en longeant les établissements et le pied des ouvrages (jusqu'à reformer une nouvelle embouchure plus au nord) avec pour conséquences un affouillement des fondations associé à un risque de déchaussement (Figure 12). C'est pourquoi, la flèche sableuse<sup>10</sup> qui se forme sous l'effet de la combinaison de facteurs fluviaux et marins (baisse du débit, rôle de la dérive littorale du sud vers le nord) peut faire l'objet d'opérations d'entretien mécanique par la commune (creusement de la flèche).

La partie nord de la plage est aménagée avec la présence d'infrastructures touristiques (hôtel, parking, paillotes) et d'habitations en haut de plage et sur la dune. Une zone de mouillages y est également présente sur l'avant-côte. En revanche, la partie sud de la plage est plus naturelle

<sup>10</sup> Une flèche sableuse est une accumulation de sable le long du littoral.

malgré la présence de quelques habitations et d'une paillote sur la dune qui est par endroit protégée avec des ganivelles (Figure 12). Elle est également caractérisée par des affleurements rocheux sous-marins et des herbiers.

Alors que le nord présente des caractéristiques géomorphologiques qui témoignent d'une zone relativement abritée des vagues (granularité fine, pente plus faible), la plage présente une pente de plus en plus accentuée vers le sud avec une berme marquée par des morphologies en croissants qui témoignent d'une exposition aux houles du large. Les caractéristiques géomorphologiques du site sont détaillées dans le rapport BRGM/RP-68524-FR (Stépanian *et al.*, 2018).

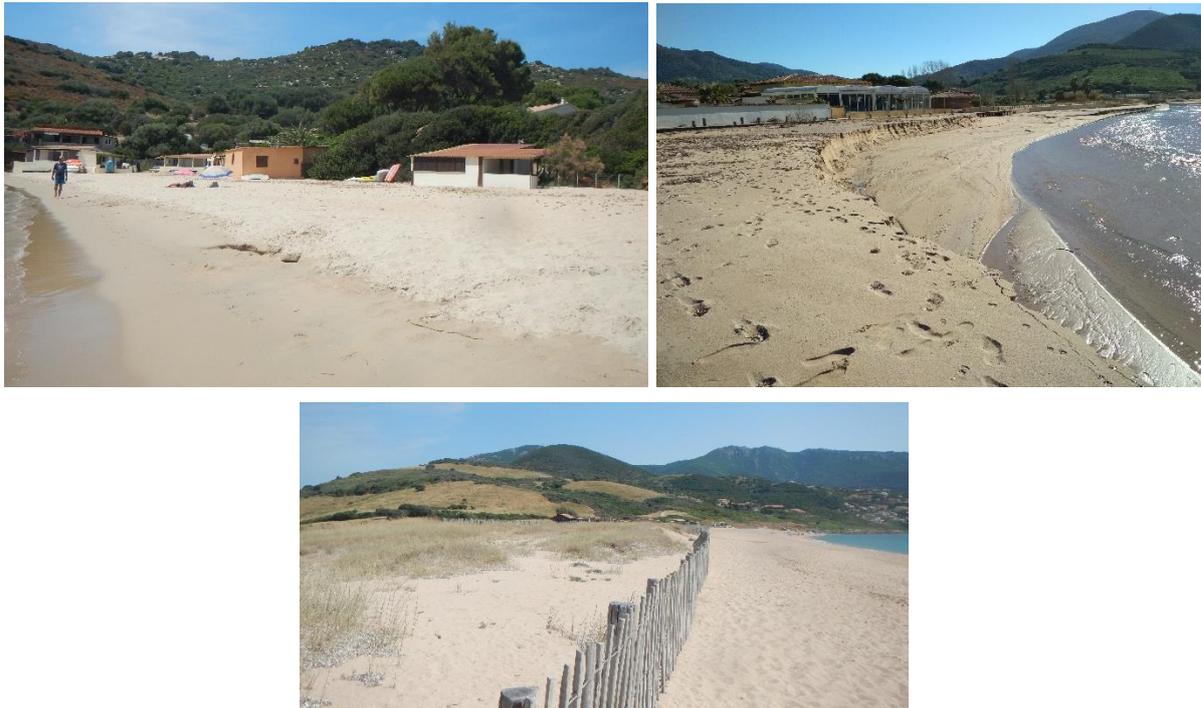


Figure 12 : Plage de Lava, nord de la plage en haut à gauche (02/10/2019), centre de la plage en haut à droite (06/02/2019), sud de la plage en bas (05/06/2019).

## 2.2.2. Caractéristiques géomorphologiques

### ***Avant-côte***

L'avant-côte de Lava (Figure 15) présente une morphologie relativement homogène à l'échelle du site (hormis la présence d'affleurements rocheux au sud pour lesquels la bathymétrie n'est pas représentée). La pente de l'avant-côte est plus marquée au sud (5,29 %) qu'au nord (4,26 %). Mis à part les affleurements rocheux supports de l'herbier au sud, aucune morphologie particulière ne ressort des données mesurées (pas de barre sous-marine bien marquée).

### ***Plage émergée***

La plage émergée a une pente bien plus marquée au sud (8,89 %) qu'au nord (4,49 %). La topographie de la plage de Lava mesurée le 24/06/2019 (Figure 15) met en évidence une altitude nettement plus importante de la partie sud de la plage émergée (altitude maximum supérieure à 4 m NGF) comparée à la partie nord (altitude maximum d'environ 2 m NGF).

On note la présence de formes incurvées au sud de la plage qui correspondent à des croissants de plage couramment observés à cet endroit. Des sinuosités de la berme visibles dans la partie nord du site résultent d'interactions complexes entre des vagues de périodes variées.

### ***Embouchure***

L'embouchure du ruisseau de Lava crée un creusement de l'ordre du mètre dans la topographie de la plage dans au nord (Figure 13). Au moment des levés en juin et en octobre, l'embouchure est fermée (Figure 14).

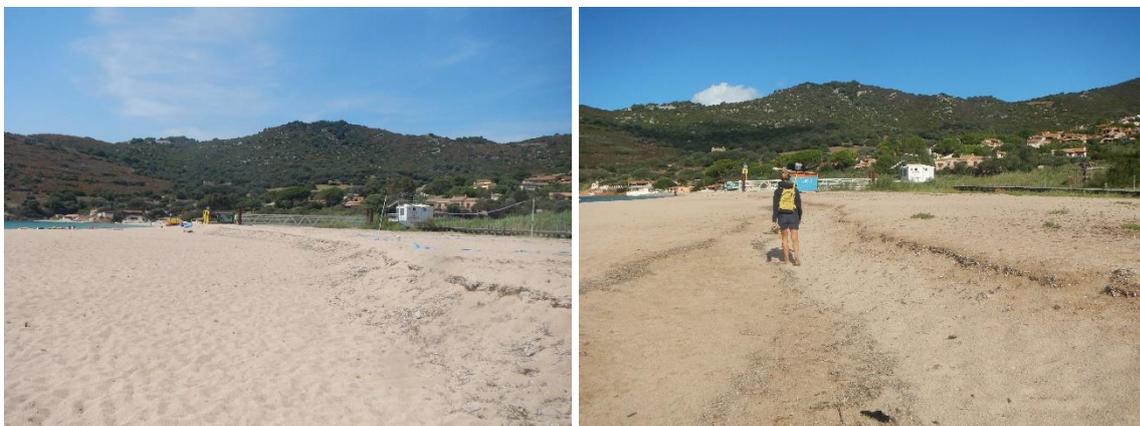


Figure 13 : Sillon de l'embouchure le 24/06/2019 à gauche, le 02/10/2019 à droite.



Figure 14 : Embouchure du Lava le 24/06/2019 (gauche) et le 02/10/2019 (droite).

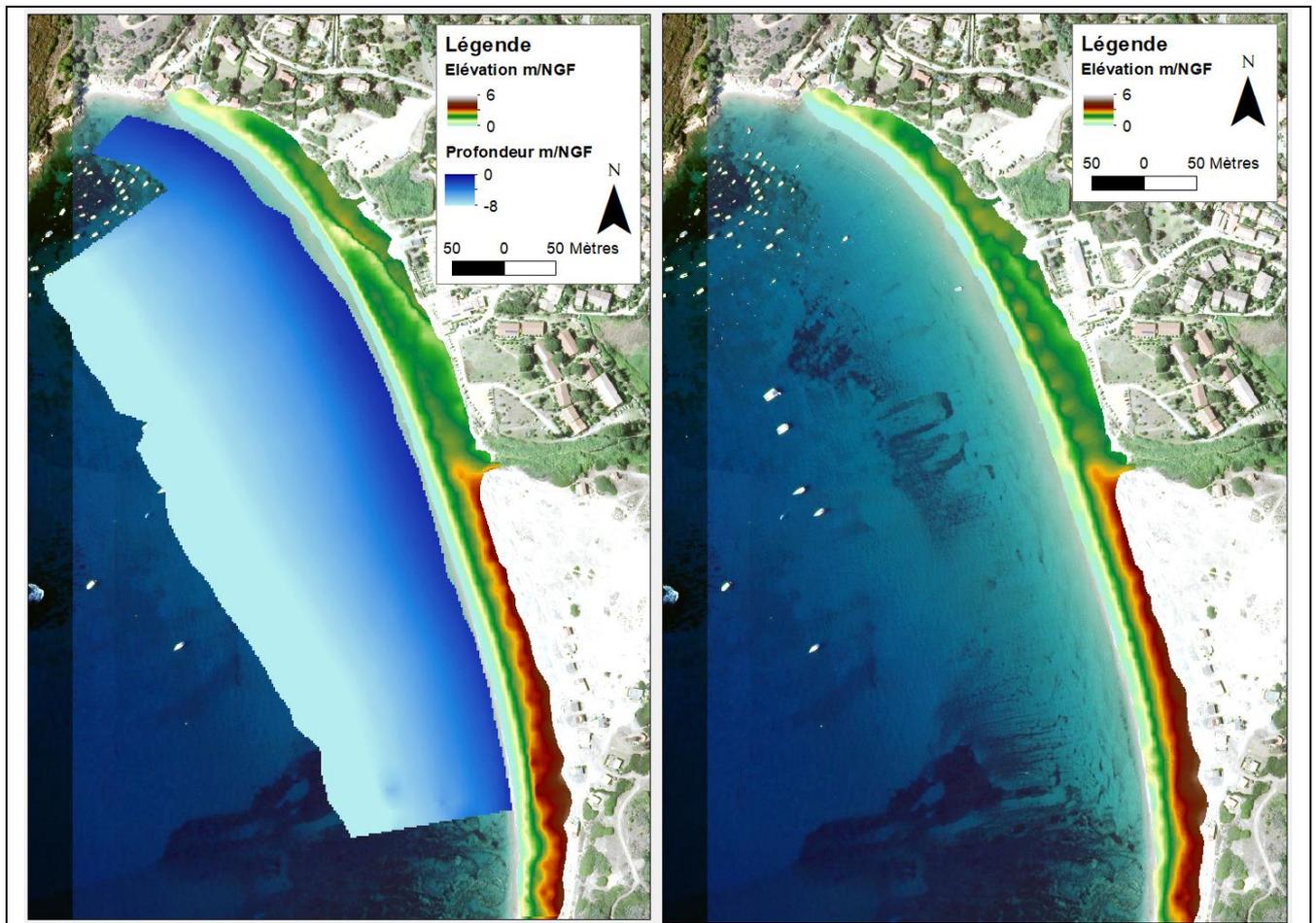


Figure 15 : MNTs de la plage de Lava (m/NGF) - topobathymétrie du 24/06/2019 à gauche, topographie du 02/10/2019 à droite. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.

### 2.2.3. Evolution géomorphologique à l'échelle pluriannuelle (6 ans)

Afin d'estimer l'évolution géomorphologique de la plage de Lava à l'échelle pluriannuelle, les données LIDAR 2013 de l'IGN ont été exploitées. Elles ont été comparées au MNT du 24/06/2019 produit par le BRGM à partir d'acquisitions DGPS. Le différentiel entre les 2 jeux de données est présenté sur la Figure 16. Cette donnée représente les variations d'altitude entre les deux jeux de données et donc les déplacements sédimentaires.

Différentiel topographique entre les données Lidar IGN de 2013  
et les données DGPS BRGM du 24/06/2019

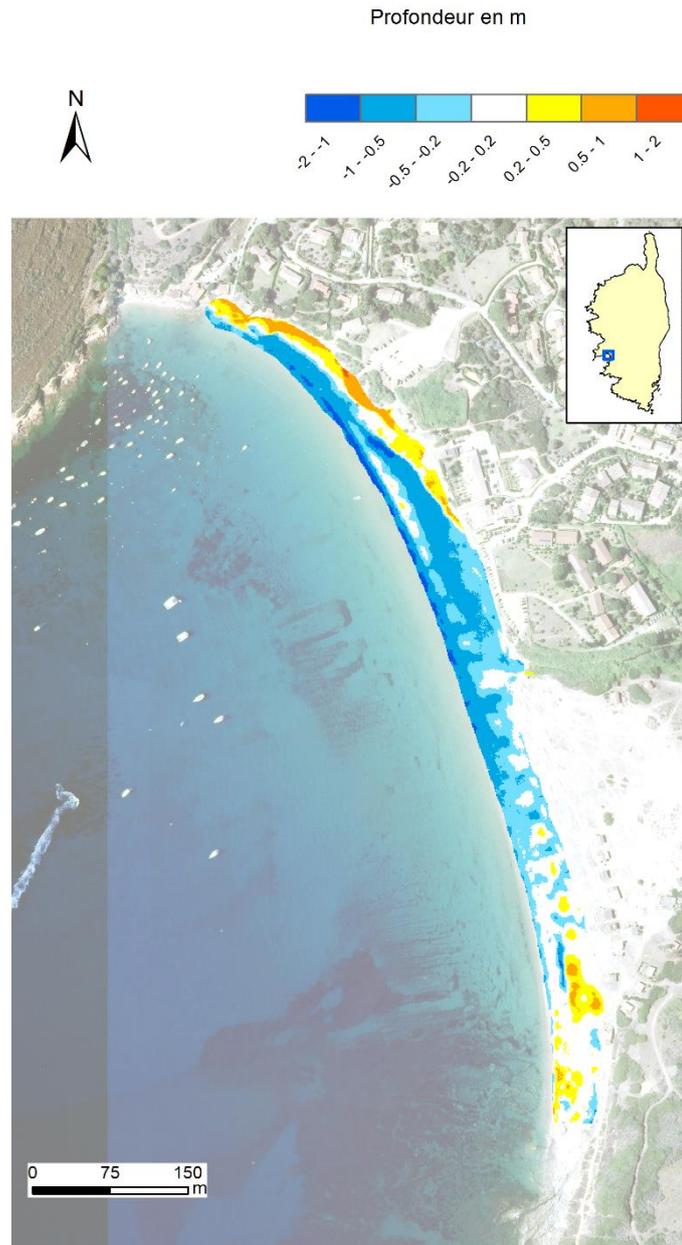


Figure 16 : Différentiel topographique calculé entre les données LIDAR 2013 de l'IGN et les données DGPS acquises par le BRGM en 2019. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.

☞ *Avertissement : La résolution du LIDAR 2013 de l'IGN est de 1m mais sa précision n'est pas connue. Elle est supposée être au mieux de l'ordre de  $\pm 20$  cm tel que c'est classiquement le cas pour ce type de données.*

Cette information peut être traduite en terme de volumes sédimentaires déplacés, gains ou pertes au sein de l'unité sédimentaire de la plage de Lava. Ainsi, au cours des 6 dernières années, la tendance d'évolution topographique de Lava est à l'érosion avec une perte de l'ordre de - 11 000 m<sup>3</sup>. Les différences altimétriques comprises entre  $\pm 20$  cm ne sont pas considérées comme représentatives des érosions ou des accumulations de sédiments car elles sont incluses dans la gamme d'incertitude des données topographiques exploitées. La mesure de points fixes (parking, route par ex.) sera nécessaire afin d'évaluer la précision du LIDAR 2013 de l'IGN sur ce secteur.

Les zones d'accumulation sont essentiellement localisées en haut de la plage, au nord du site (élévation de l'ordre de quelques dizaines de centimètres, jusqu'à 1m). Elles sont probablement liées aux aménagements effectués afin de restaurer un cordon dunaire (végétalisation, installation d'une passerelle en bois). En revanche, les zones d'érosion (abaissement de la plage de l'ordre de quelques dizaines de centimètres, jusqu'à 1m) sont essentiellement localisées à proximité du trait de côte bas sur quasiment tout le linéaire et sur tout le haut de plage au centre du site, dans la zone de l'embouchure.

Le déplacement des formes de la plage relève de la dynamique saisonnière (cf. section 2.2.4 Evolution géomorphologique) et ne peut être considéré comme une tendance à long terme.

#### **2.2.4. Evolution géomorphologique à l'échelle saisonnière (printemps et automne 2019)**

Afin d'estimer l'évolution géomorphologique de la plage de Lava à l'échelle saisonnière, les deux MNTs produits à partir des acquisitions topographiques du BRGM le 24/06/2019 et le 02/10/2019 (Figure 15), ont été comparés. Le différentiel est présenté sur la Figure 17.

Les valeurs comprises entre  $\pm 20$  cm ne sont pas considérées comme représentatives des évolutions car comprises dans la gamme des incertitudes sur la méthode de construction du MNT.

Les évolutions géomorphologiques les plus caractéristiques sont (Figure 17) :

- **des zones d'accumulation de sédiments dans la zone de l'embouchure ainsi qu'au sud de la plage.** Les épaisseurs accumulées sont inférieures à une cinquantaine de centimètres même si ponctuellement, des accumulations de 50 cm à 1 m peuvent être observées ;
- **une accumulation généralisée au niveau du trait de côte bas de toute la moitié nord** de la plage (50 cm à 1 m). Cette accumulation semble être associée à une érosion plus haut sur la plage (de 20 à 50 cm) qui témoigne probablement du lissage de la berme présente au printemps et absente à l'automne dans ce secteur de la plage (Figure 18) ;
- **une tendance générale au lissage de la topographie** (aplanissement des croissants de plage) et du chenal creusé par l'embouchure du Lava. La Figure 19 illustre les formes sédimentaires (croissants de plage et micro-falaise de sable) observables en juin et absentes en octobre au sud du site.

Le bilan volumétrique global pour le système durant cette période montre un léger gain : la plage a gagné environ 6 000 m<sup>3</sup> de sédiment durant la période estivale. Malheureusement, l'absence d'acquisition bathymétrique en octobre 2019 en raison des mauvaises conditions

météorologiques ne permet pas de conclure sur les transferts de sédiments longshore (parallèlement à la plage) et/ou crossshore (perpendiculairement à la plage).

Ces constats sont cohérents avec les conditions météo-marines relativement calmes enregistrées sur la période estivale. Les apports de sable sont susceptibles d'avoir été générés par une légère dérive littorale du nord vers le sud sous l'effet de vagues d'ouest de faible hauteur (Hs inférieures à 2m) et des vents de sud-ouest susceptibles d'avoir alimenté le haut de plage.

Les conditions les plus intenses semblent avoir eu un effet constructif plutôt qu'érosif pendant cette période estivale compte tenu du constat obtenu à partir du différentiel des MNT et l'absence de figure d'érosion le 02/10/2019.

### Evolution topographique de Lava entre Juin et Octobre 2019

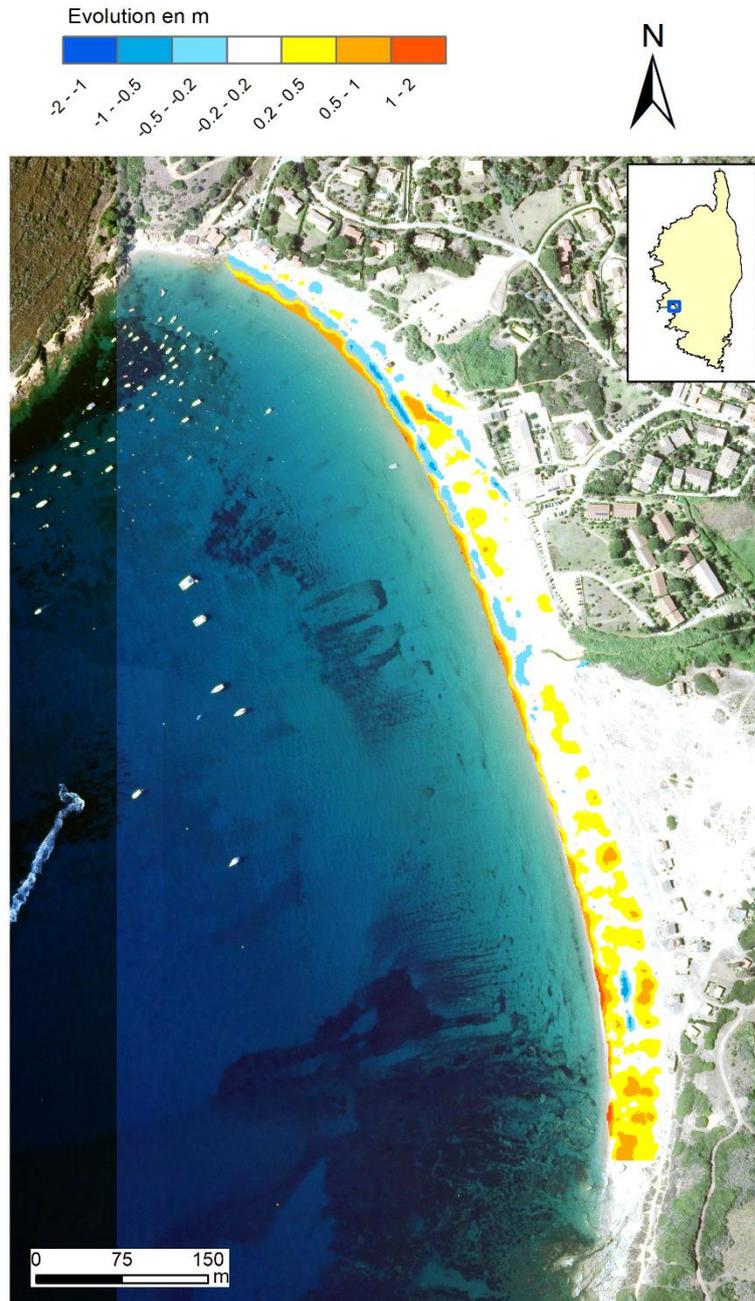


Figure 17 : Evolution topographique de la plage de Lava entre juin et octobre 2019. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.



Figure 18 : Morphologie du trait de côte bas au nord du site de Lava, vue vers le sud le 24/06/2019 (à gauche, position de la berme en pointillés rouge), vue vers le nord le 02/10/2019 (à droite).



Figure 19 : Croissants de plage (à gauche, forme des croissants représentée par les pointillés rouge) et micro-falaise sableuse (à droite) au sud de la plage de Lava le 24/06/2019.

## 2.3. SITE DE RICANTO

### 2.3.1. Contexte général

La plage du Ricanto est située au Sud-Est de la ville d'Ajaccio. Elle s'étend sur une distance de 4 km et fait partie des plus grandes plages de la côte ouest. Elle est bordée au nord-ouest par la base aéronautique navale d'Aspretto et au sud-est par l'embouchure de la Gravone et du Prunelli.

L'aéroport Campo Dell Oro d'Ajaccio est situé juste en bordure arrière-littoral à proximité de l'embouchure du Prunelli (Figure 20).

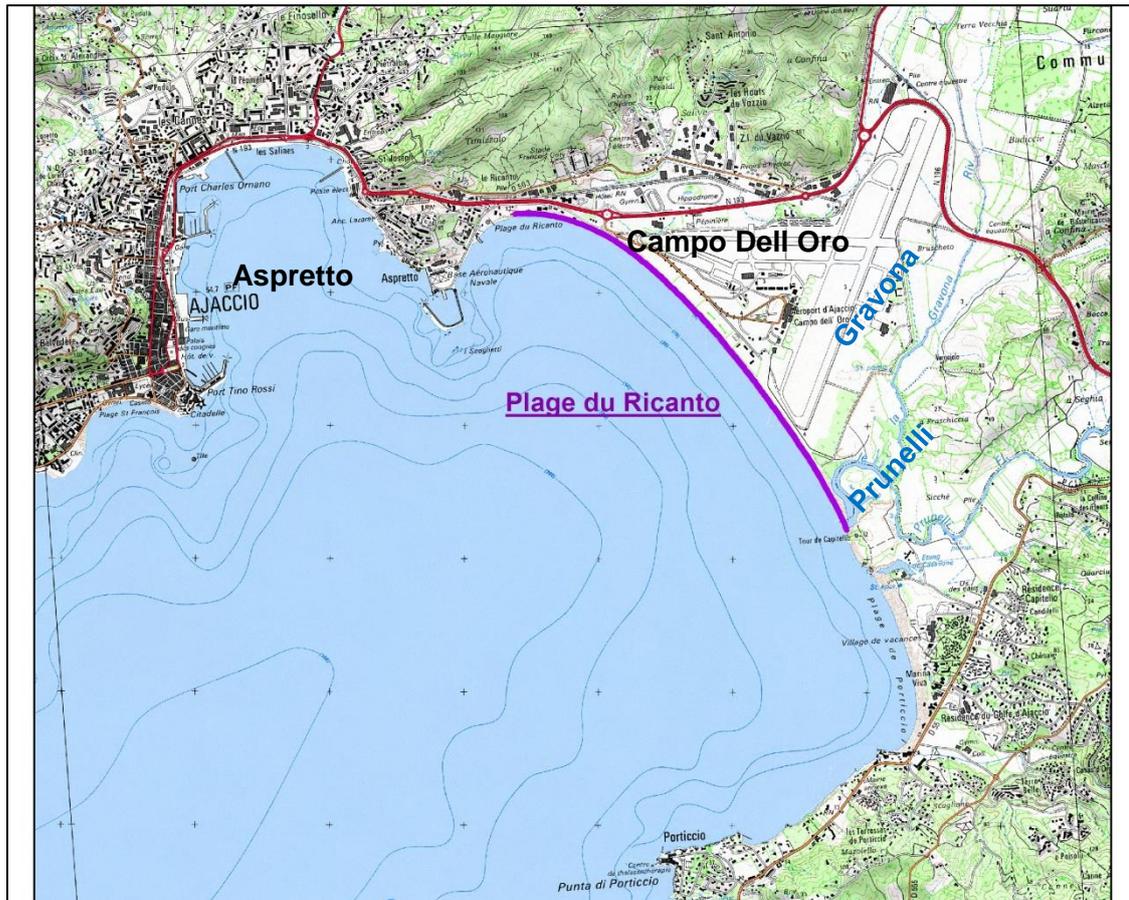


Figure 20 : Localisation de la plage du Ricanto (© IGN SCAN 25).

### **2.3.2. Caractéristiques géomorphologiques**

#### ***Avant-côte***

L'avant côte a été mesurée jusqu'à la profondeur de l'herbier de Posidonie (-10m NGF). Elle présente une pente régulière d'environ 5%. La morphologie du fond est homogène et ne présente pas de forme particulière (pas de barre sous-marine bien marquée, Figure 21).

#### ***Plage émergée***

La plage de Ricanto s'élève jusqu'à +6m NGF. Elle a une pente bien plus importante dans les secteurs Nord et Centre (environ 13%) que dans le secteur Sud (3%) où la plage est plus large et moins élevée. La plage de Ricanto présente des croissants de plage. Des discontinuités sont présentes, notamment des roches à la limite des secteurs Centre et Sud.

#### ***Embouchure***

La plage émergée est marquée par la présence d'une embouchure, celle de la Gravona (secteur Centre) et du Prunelli (secteur Sud) qui se rejoignent en amont, ainsi que d'une flèche sableuse orientée vers le sud au moment des mesures.

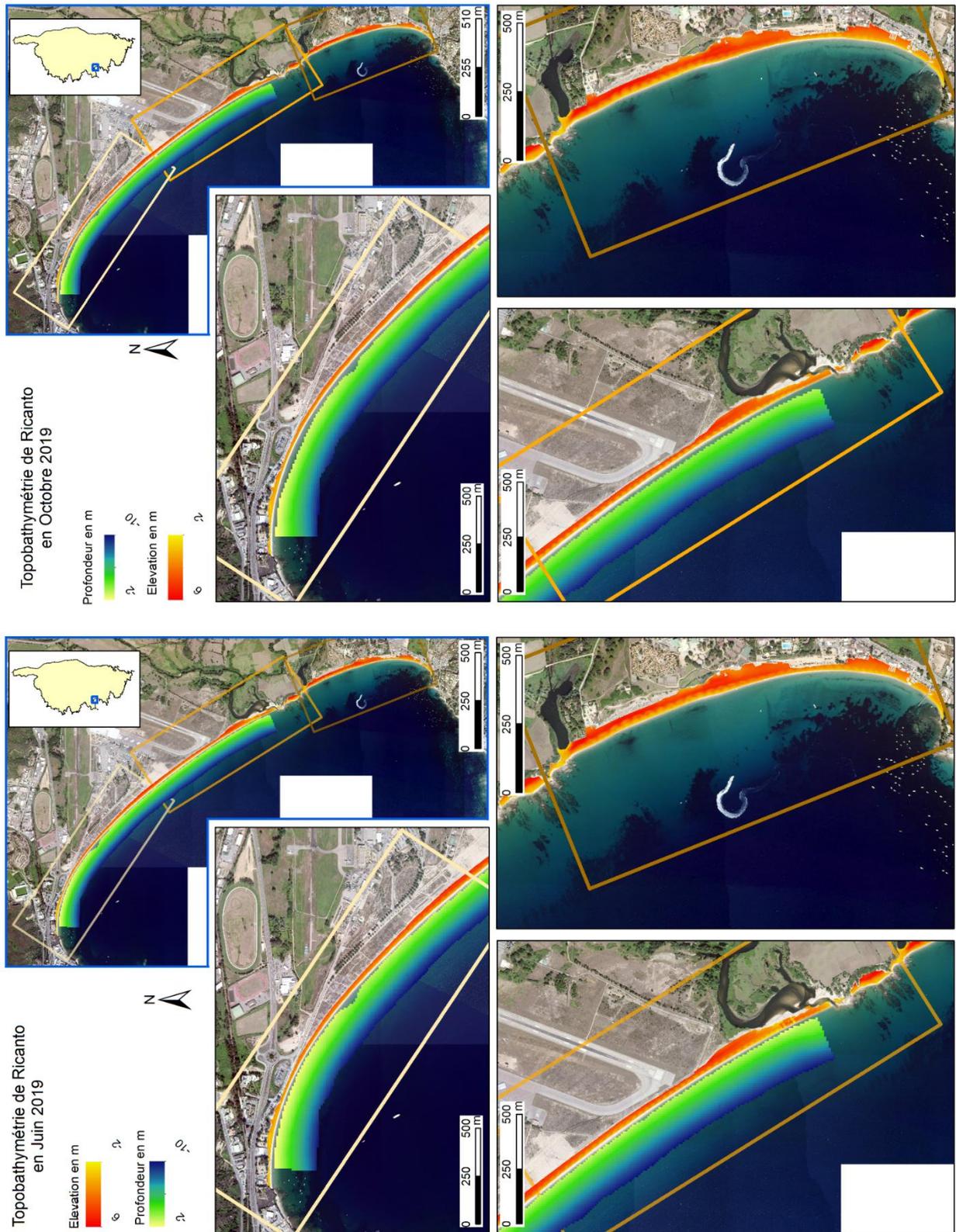


Figure 21 : Topo-bathymétrie de la plage de Ricanto et topographie de la plage de Porticcio, en juin et octobre 2019 - secteur Nord (cadre jaune, en haut à gauche), secteur Centre (cadre orange, en bas à gauche) et secteur Sud (cadre marron, en bas à droite). Fond : Orthophotographie © IGN 2016.

### 2.3.3. Evolution géomorphologique à l'échelle pluriannuelle (6 ans)

Afin d'estimer l'évolution géomorphologique des plages du Ricanto et de Porticcio à l'échelle pluriannuelle, les données LIDAR 2013 de l'IGN ont été exploitées (Figure 22). Elles ont été comparées au MNT produit à partir des données topographiques acquises le 03/06/2019 par photogrammétrie avec la technologie drone (prestataire du BRGM, Tecnicadrone). Le différentiel entre les 2 jeux de données est présenté sur la Figure 22.

Au cours des 6 dernières années, le **bilan de l'évolution** des plages du Ricanto et de Porticcio obtenu par la comparaison de ces MNT, témoigne d'une **légère érosion** (perte de l'ordre de - 8 000 m<sup>3</sup> et de -11 000 m<sup>3</sup> respectivement). Ce constat est néanmoins cohérent avec le recul du trait de côte estimé par photo-interprétation sur la période 1951 – 2013 pour la plage du Ricanto (-33 m, Stéphanian *et al.*, 2018 : rapport BRGM/RP-68524-FR, 2018).

Cependant, **l'évolution de cette plage n'est pas la même selon les secteurs** : l'érosion est localisée dans certains secteurs à l'extrême nord, au centre au droit de la piste de l'aéroport et dans la zone de l'embouchure alors que d'autres secteurs connaissent une accrétion au sud du secteur nord par exemple. Les pertes et les gains sont maximaux à proximité de l'embouchure très mobile. **En l'absence de bathymétrie en 2013, il n'est pas possible de déduire du différentiel les transferts de sédiments sur l'avant-côte.**

Le différentiel entre les 2 MNT de 2013 et 2019, met également en évidence la morphologie des croissants de plage qui résultent d'une dynamique à court-terme (échelle saisonnière voire événementielle). Aucune conclusion ne peut donc être retenue de ces figures sur le différentiel.

Les suivis topo-bathymétriques du BRGM réalisés en 2012, 2013, 2016, 2017 et 2018 avaient également mis en évidence une grande variabilité temporelle avec des périodes d'avancée généralisée du trait de côte (+5m, entre 2012 et 2017) et des reculs ponctuels associés à des événements de tempêtes (-6m, 2017-2018). Cette **variabilité temporelle est caractéristique du mode de fonctionnement des plages de poches** qui s'exprime à l'échelle interannuelle, ce qui a justifié la production de MNT au printemps et à l'automne 2019 et dont l'analyse est présentée dans le paragraphe suivant (2.3.4).

**Le différentiel entre les 2 MNT de 2013 et 2019 permet de mettre en évidence un bilan à l'érosion à l'échelle pluriannuelle.**

Différentiel topographique entre les données LIDAR 2013 de l'IGN et le MNT photogrammétrique de juin 2019 du BRGM

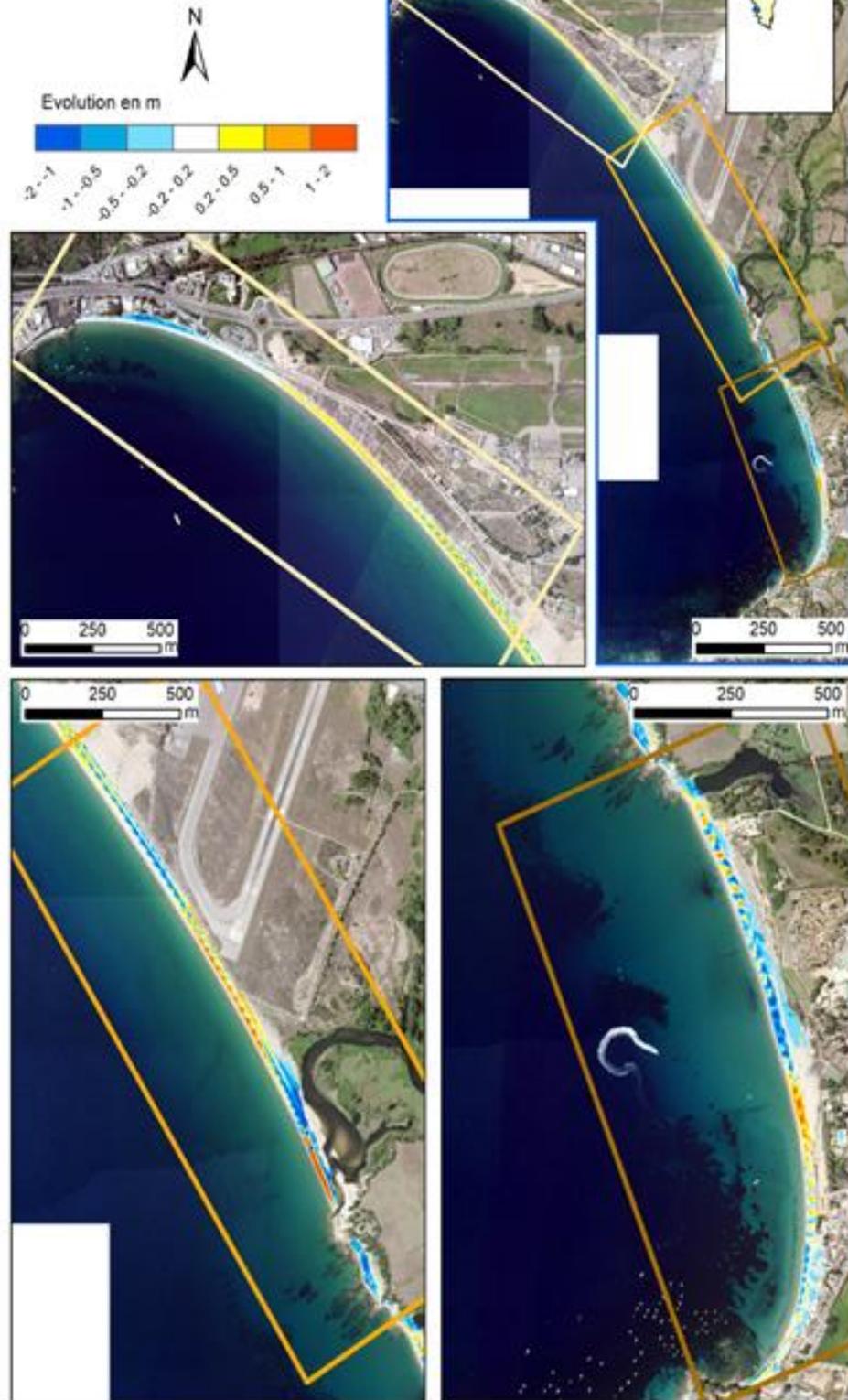


Figure 22 : Différentiel topographique calculé entre les données LIDAR de 2013 (IGN) et le MNT produit par photogrammétrique. Fond : Orthophotographie © IGN 2016.

#### 2.3.4. Evolution géomorphologique à l'échelle saisonnière (printemps – automne 2019)

L'analyse de l'évolution géomorphologique de la plage du Ricanto est réalisée séparément entre le haut de plage (topographie) et l'avant-côte (bathymétrie) car les données n'ont pas pu être acquises de manière synchrone entre le BRGM et Tecnicadrone en raison des mauvaises conditions météo-marines.

Le MNT topographique résultant d'acquisition du 08/10/2019 et le MNT bathymétrique résultant d'acquisition du 01/10/2019 sont présentés sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Le différentiel entre ces MNT d'octobre 2019 et les MNTs de juin est présenté sur la Figure 23.

Le différentiel met en évidence une **zone relativement stable à l'extrême nord du site** qui est relativement peu exposée aux conditions les plus dynamiques de la période estivale. Aucune évolution significative n'est constatée que ce soit sur le haut de plage ou l'avant-côte.

En revanche, des évolutions significatives sont observées du centre au sud de la plage du Ricanto **Un abaissement modéré et généralisé (-0,2 à -0,7 m d'épaisseur) de l'avant-côte** à proximité du trait de côte est constaté.

**L'évolution du haut de plage est beaucoup plus hétérogène** avec une alternance de tronçons en érosion et de tronçons en accrétion de plusieurs centaines de mètres (jusqu'à 500 m). Le différentiel reflétant également la morphologie du haut de plage avec les croissants de plage ainsi que la comparaison des portions de plage entre juin et octobre 2019 (Figure 23, Figure 24 et Figure 25), mettent en évidence **un lissage de la partie inférieure du haut de plage** et de la base des croissants (jusqu'à une altitude de 3 m/NGF) ainsi qu'une **légère migration vers le sud** des croissants (une quinzaine de mètres latéralement, Figure 25). La mauvaise qualité des données dans la zone de l'embouchure au sud de la plage du Ricanto liées à la présence d'eau (sable mouillé), ne permet pas de vérifier le transfert de sable vers le sud et d'analyser plus précisément la dérive littorale nord-sud.

Malgré la mobilité importante des morphologies en croissant, le bilan de l'évolution du haut de la plage du Ricanto témoigne d'une stabilité voire d'une légère accrétion avec un gain de 500 m<sup>3</sup> mais qui est assez peu significative au regard de la taille de cette plage. En revanche, le bilan pour l'avant-côte est à l'érosion avec une perte de - 110 000 m<sup>3</sup>.

Ce constat (érosion, lissage et migration) est cohérent avec les épisodes de relativement fortes conditions de vagues pour une période estivale : entre juin et octobre 2019, au moins quatre épisodes de vagues supérieures à 2 m et deux épisodes de vagues supérieures à 3 m (bouée CANDHIS de La Revellata). Le haut de plage n'a pas été affecté par les fortes conditions d'agitation de l'été 2019 mais l'érosion de l'avant côte laisse craindre, pour le haut de plage, une protection restreinte vis-à-vis des vagues et une plus grande exposition à l'érosion lors des tempêtes de la période hivernale à venir.

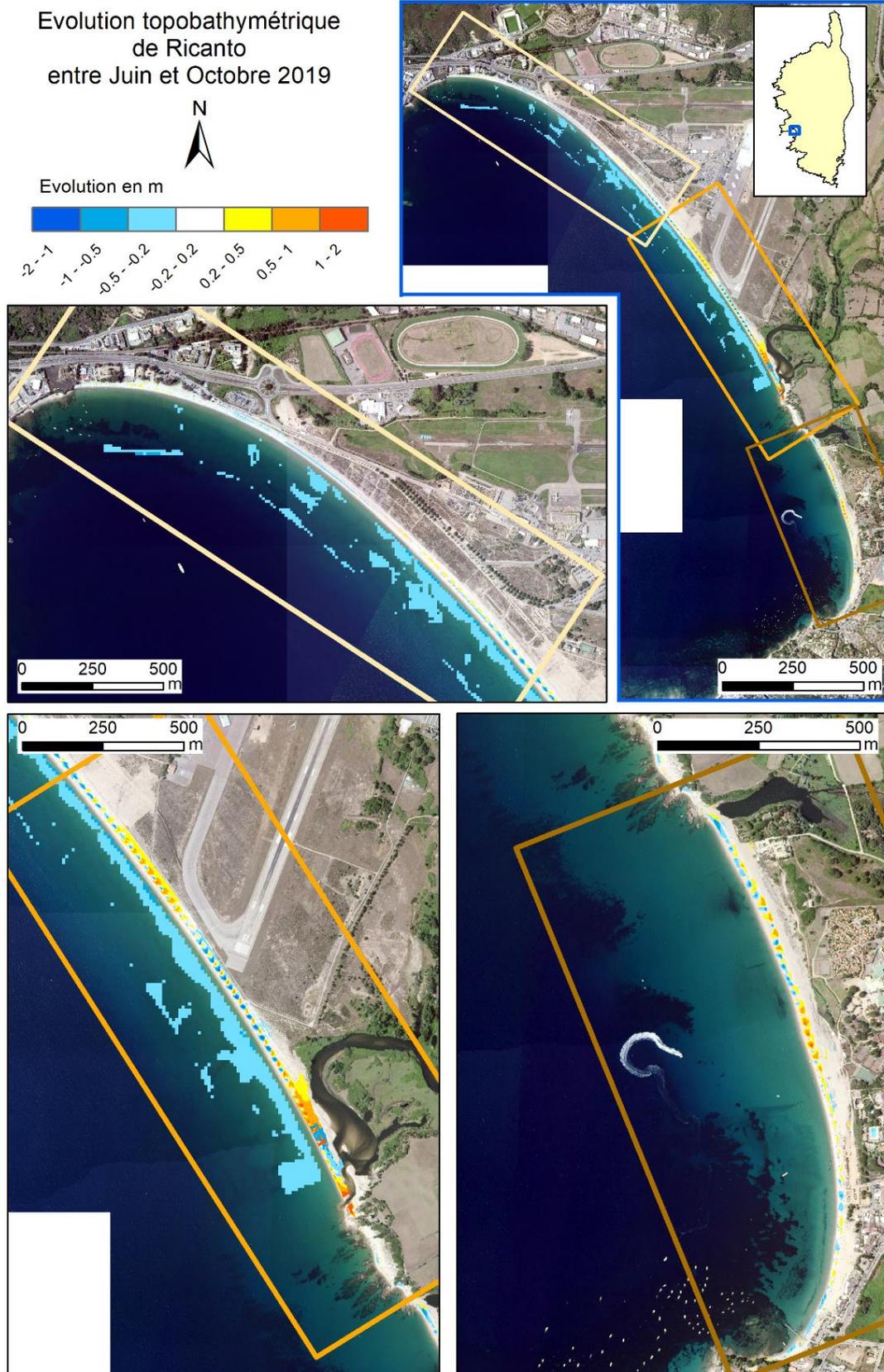


Figure 23 : Différentiel entre Juin et Octobre 2019, topobathymétrique pour la plage du Ricanto (en haut et en bas à gauche) et topographique pour la plage de Porticio (en bas à droite). Fond : Orthophotographie © IGN 2016.

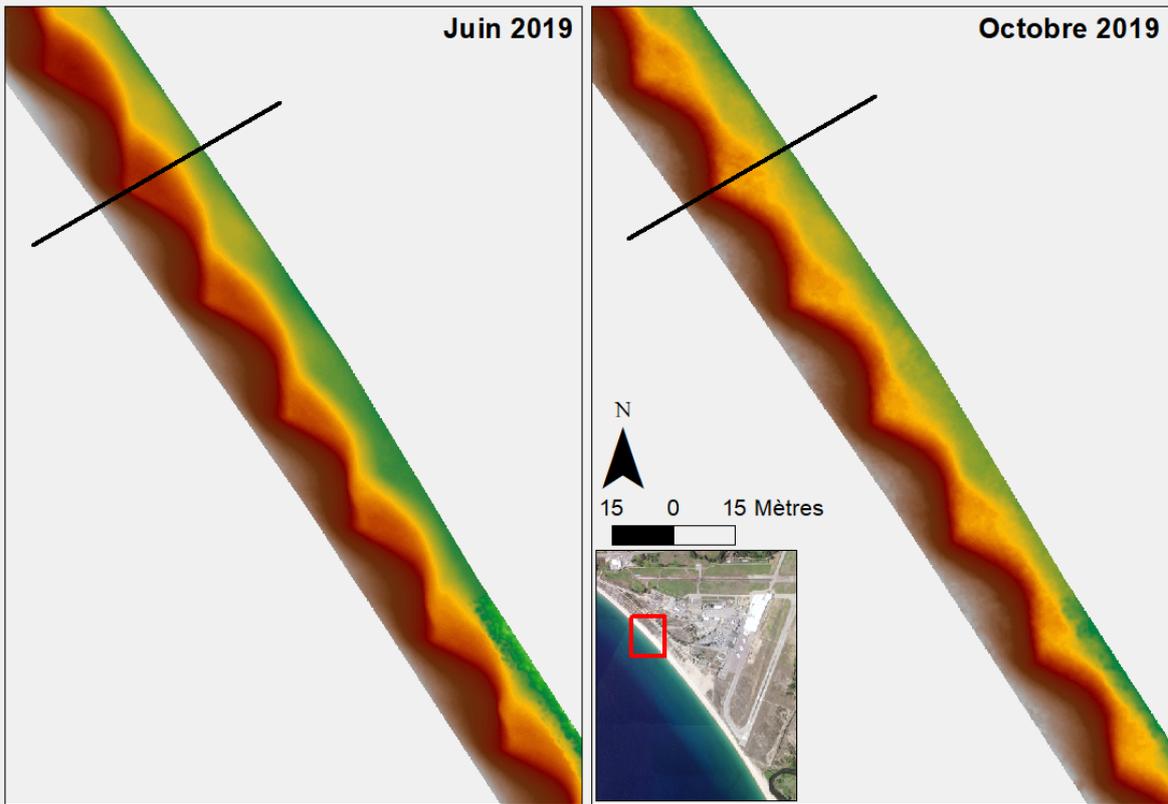


Figure 24 : Lissage de la 2<sup>ème</sup> rangée des croissants du haut de plage et raidissement de la berme entre juin et octobre 2019.

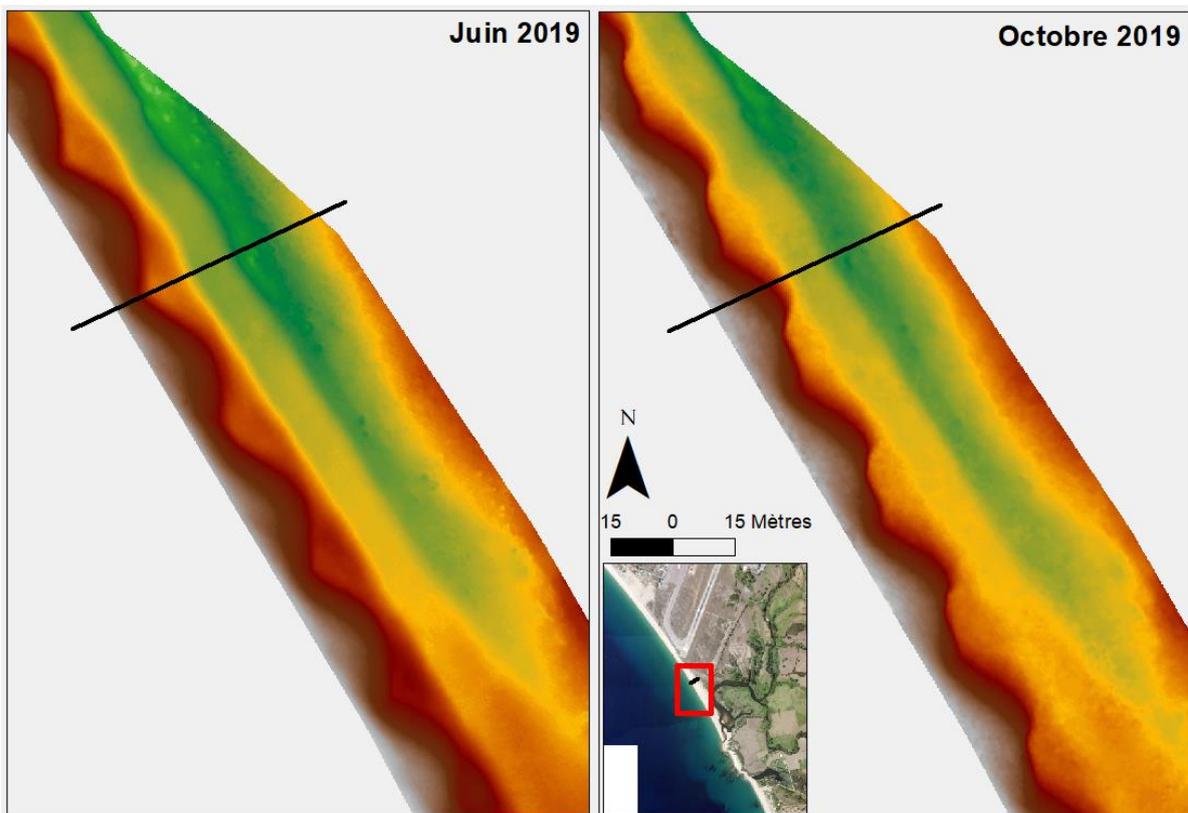


Figure 25 : Migration et érosion des croissants du haut de plage entre juin et octobre 2019.

### 3. Discussion et conclusions

Les suivis opérés sur les plages de Lava et du Ricanto depuis 2012 basés sur le levé de la position du trait de côte ainsi que sur quelques profils de plage ont mis en évidence **une variabilité spatiale et temporelle**. Ce comportement est classique pour les plages de poches en général. Bien que ces 2 plages semblent présenter des modes de fonctionnement spécifiques, elles réagissent toutes 2 à une échelle temporelle très court terme (saisonnaire voire événementielle). Alors que la tendance d'évolution du trait de côte est au recul sur la plage du Ricanto (- 33 m en moyenne depuis 1951, soit un taux moyen de - 0,5 m/an), elle est plutôt à la stabilité sur la plage de Lava (entre 2002 et 2018) hormis en son centre où la problématique d'érosion est liée à la combinaison de mécanismes fluviaux et marins dans la zone de l'embouchure. **Potentiellement très sensibles aux épisodes de tempêtes**, il s'est avéré nécessaire d'estimer les capacités de résilience de ces plages en raison de la présence d'enjeux exposés aux aléas côtiers. C'est pourquoi, cette présente étude avait pour objectif de **tester l'exploitation de données topographiques hautes résolutions spatiale (MNT) et temporelle (interannuelle)** pour l'estimation des transits sédimentaires longitudinaux et transversaux et l'amélioration de la connaissance du fonctionnement morphosédimentaire de ces 2 plages.

#### Méthodes d'acquisition

A l'issue des acquisitions et du traitement des données, le premier constat est que les deux méthodes mises en œuvre (photogrammétrie par drone, DGPS et sondeur monofaisceau) offrent **une bonne résolution** qui permet de restituer la morphologie des 2 plages (croissants) et **une précision tout à fait compatible avec les évolutions géomorphologiques** des 2 plages, et cela y compris à l'échelle saisonnière estivale. Cependant, **une optimisation des protocoles d'acquisition puis de traitement des données est proposée pour les prochaines campagnes**. Il s'agira notamment de :

- mesurer au DGPS des points fixes supplémentaires pour une meilleure estimation des incertitudes du MNS ;
- pour la plage du Ricanto :
  - o réaliser un levé DGPS de la zone de transition autour du trait de côte qui ne peut pas être mesurée par le sondeur monofaisceau (zone de déferlement des vagues) ni par photogrammétrie (zone alternativement en haut et hors d'eau et faiblesse des contrastes en zone lisse et mouillée). Ce levé sera réalisé par un opérateur à pied dont le cheminement permettra de représenter la morphologie de cette zone (berme, rides par ex.) ;
  - o améliorer le traitement des données de photogrammétrie au niveau de l'embouchure du Prunelli. Le paramétrage et la calibration des acquisitions est à revoir dans cette zone afin de limiter le nettoyage (c'est-à-dire la suppression) des données et d'obtenir un maximum d'information dans cette zone extrêmement mobile ;
  - o conserver un intervalle de 100 m pour les levés bathymétriques. Le raffinement à 50 m à proximité de l'embouchure n'a pas montré de forme ni d'intérêt particuliers ;

- pour la plage de Lava :
  - densifier le levé DGPS (réduire l'espacement des profils) au niveau de l'embouchure et au sud ;
  - lever des séries de points bathymétriques complémentaires dans la zone de mouillage au nord, même si le suivi d'une trajectoire rectiligne n'est pas possible.

Outre ces évolutions et amélioration des protocoles d'acquisition de données topobathymétriques qui pourront être mise en pratique lors de la prochaine campagne au printemps 2020, il est indispensable de **compléter ces données par un suivi post-tempête** avec des prises de vues obliques permettant d'expertiser la géomorphologie de la plage et les impacts de vagues à la côte.

### **Evolutions géomorphologiques des plages**

L'analyse des évolutions pluriannuelles et interannuelles a été effectuée par la comparaison des MNT disponibles entre 2013 et 2019 ainsi qu'entre juin et octobre 2019. La précision du LIDAR 2013 de l'IGN n'étant pas connue sur ces sites, l'interprétation des évolutions calculées est à prendre avec précaution. Malheureusement, les délais de mise à disposition n'ayant pas été compatibles avec les délais de la présente étude, le LIDAR LITTO3D de 2018 du SHOM n'a pas pu être exploité mais une analyse complémentaire pourra être réalisée ultérieurement dans le cadre de la poursuite du partenariat entre le BRGM et la CAPA.

D'autre part, les conditions météo-marines de l'automne 2019 ont fortement contraint les acquisitions : pour la plage de Lava, la bathymétrie n'a pas pu être produite en octobre et pour la plage du Ricanto, la topographie (photogrammétrie) et bathymétrie n'ont pas pu être produites de manière synchrone (1 semaine de décalage).

Néanmoins, ces analyses ont permis de faire les constats suivants :

#### **- Plage de Lava :**

- **Echelle interannuelle (saisonnière) : une stabilité globale du haut de plage** voire une légère accrétion (gain de 6 000 m<sup>3</sup>) avec cependant **une modification de la géomorphologie du haut de plage** (comblement de l'embouchure, lissage des croissants de plage au sud). L'absence de données bathymétriques ne permet pas de vérifier les transits sédimentaires (crossshore/longshore) ;
- **Echelle pluriannuelle (6 ans) : une érosion globale du haut de plage** (perte de - 11 000 m<sup>3</sup>) mais les volumes calculés sont à considérer avec précaution en raison de la méconnaissance de la précision du LIDAR 2013 de l'IGN sur ce secteur. La valeur obtenue est potentiellement dans l'intervalle de précision de cette donnée et non significative.

#### **- Plage du Ricanto**

- **Echelle interannuelle** : alors que **l'avant côte subit une érosion globale** (perte de - 110 000 m<sup>3</sup>), le **haut de plage est globalement à l'équilibre** malgré une hétérogénéité des évolutions à l'échelle spatiale et une mobilité des croissants de plage. La dérive littorale nord-sud et l'hypothèse de transit crossshore sous l'effet des conditions d'agitation les plus importantes pendant la période estivale ne peuvent être confirmées en raison de la mauvaise qualité des données au niveau de l'embouchure

en octobre 2019. Outre l'amélioration du protocole d'acquisition topographique, il paraît indispensable de réaliser de nouvelles acquisitions au printemps prochain afin de vérifier l'état de l'avant-côte après les tempêtes de l'hiver et d'estimer la possibilité d'un transit de sable vers le haut de plage ;

- **Echelle pluriannuelle : une érosion globale du haut de plage** (perte de - 8 000 m<sup>3</sup>) mais comme pour Lava, ce constat est à considérer avec précaution car cette valeur assez faible est très probablement comprise dans l'intervalle de précision du LIDAR 2013 de l'IGN. En revanche, une grande hétérogénéité d'évolution du haut de plage est constatée en lien avec la mobilité des croissants de plage.

Au final, malgré les difficultés d'acquisition (contraintes météo-marines, présence d'eau, de sable mouillé, d'obstacles et de végétation sur le haut de plage), **les méthodes d'acquisitions de données topo-bathymétriques testées et comparées sur ces sites présentent de bonnes perspectives pour l'amélioration de la connaissance du fonctionnement court-terme des plages de Lava et Ricanto**, représentatives de comportements classiques des plages de poches fréquemment exposées à de fortes conditions d'agitation (dynamique de rotation, morphologie en croissants par exemple). Outre les améliorations des protocoles d'acquisition proposées, il sera intéressant de compléter le cycle saisonnier de MNT par à minima une autre campagne de terrain au prochain printemps afin d'analyser l'impact des tempêtes hivernales. Enfin, cette étude a permis de mettre en évidence l'intérêt de ces acquisitions haute résolution spatiale et temporelle qui pourraient être mises en œuvre pour le suivi des autres plages de la région et présentant un comportement similaire (plages de poche de la côte rocheuse occidentale telles que Sagone, Albitreccia par exemple).



## 4. Bibliographie

**Aarnink J.L. (2017)** – *Bathymetry mapping using drone imagery*, mémoire de Master, Delft University of Technology, 89 p.

**Bélon R., Stépanian A., et Bodéré G. (2014)** – *Suivi complémentaire au Réseau d’Observation du Littoral de la Corse 2013 : plages de Lava et Ricanto*. Rapport final. BRGM/RP-63863-FR, 65 p., 36 ill.

**Bélon R., Stépanian A., Bodéré G., Levin M. et Mérour. A. (2013)** – *Suivi complémentaire au Réseau d’Observation du Littoral de la Corse 2012 : plages de Lava, Saliccia, Terre sacrée, Saint-François et Ricanto*. Rapport final. BRGM/RP-62247-FR, 79 p., 53 ill., 2 annexes.

**Laigre T. et Mugica J. avec la collaboration de Bodéré G. (2018)** – *Réseau d’Observation du Littoral de la Corse – Compte rendu de la campagne 2017*. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-68373-FR, 205 p., 137 ill., 1 ann.

**Mallet C., Michot A., De La Torre Y., Lafon V., Robin M., Prevoteaux B. (2012)** – *Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte*. Rapport final BRGM/RP-60616-FR, 162p., 100 fig., 7 ann.

**Oliveros C. et Delpont G. (1998)** – *Littoral occidental Corse – Evolution du trait de côte de 1951 à 1996 – Etude de 25 plages des Agriates au Golfe de Ventilègne*. Rapport BRGM RP-39480-FR. Orléans : BRGM, 107 p.

**Stépanian A, Mugica J., Laigre T., Bodéré G., Manicacci T. et Belon R. (2018)** – *Suivi complémentaire au Réseau d’Observation du Littoral de la Corse 2018 : plages de Lava et Ricanto*. Rapport final. BRGM/RP-68524-FR, 55 p., 32 ill.



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**

3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction régionale Corse**

Immeuble Agostini  
Zone industrielle Furiani

20600 – Bastia – France

Tél. : 04 95 58 04 33