



Convention de prestation de service :

Suivi du trait de côte sur les sites bénéficiant
d'actions de réhabilitation en faveur des pontes de
tortues marines

Convention Veloutier

G. Pennober*, Y. Benoit**, P. Stamenoff**

*UMR Espace-dev

**UMS OSu Réunion

Avril 2022 V1

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	3
1. Contexte géographique.....	5
1.1 La plage de Cap Champagne.....	5
1.2 Cimetière Saint Leu.....	6
2 Les données Drones acquises.....	7
3 Résultats et Analyse des dynamiques.....	7
3.1 Site de Cap Champagne.....	7
3.2 Analyse des MNE de Cimetière Saint Leu.....	12
Conclusion.....	19
3.3 Bibliographie.....	20
Table des Illustrations.....	Erreur ! Signet non défini.

INTRODUCTION

L'objectif de cette prestation est la réalisation et l'analyse des données de suivi de dynamiques littorales souvent dénommées suivis du trait de côte sur les sites de Cap Champagne et Cimetière Saint Leu localisés sur la côte ouest récifale de La Réunion (respectivement sur la commune de Saint Paul et de Saint Leu). Ces deux sites font l'objet d'une restauration écologique dans le contexte du programme Veloutier porté par le CEDTM en faveur des habitats de pontes des tortues marines.

Les suivis des sites Cap Champagne et Cimetière Saint Leu font l'objet d'une prestation de la part de l'OSU-Réunion. Elle s'intègre dans le contexte de l'observatoire du trait de côte du littoral ouest de La Réunion porté par l'OSU-Réunion et l'UMR Espace-Dev depuis 2012. Cet observatoire pérenne s'inscrit dans la continuité des observations réalisées par Roland Troadec au sein du LGSR (entre 1994 et 2007). Cet observatoire a fait l'objet d'une révision de ses protocoles dans le contexte de la labellisation Service National d'Observation sur les Dynamique littorales (SNO Dynalit) de la plage de l'Hermitage. La dynamique morphologique des sites est suivie depuis 2012 par des profils de plages pérennes encadrant les saisons de houles à haute capacité morphogénique (houles australes, houles cycloniques) (Mahabot, 2016, Mahabot *et al.* 2017). Depuis 2018 seul le site de la passe de l'Hermitage bénéficiait d'un relevé de la topographie surfacique par drone. Cette prestation constitue une extension de levés existants. Seules les données acquissent pour cette prestation sont exploitées ici.

Dans le cadre de cette prestation 3 Modèles Numériques d'Élévation (MNE) par drone sur chaque site ont été produits afin d'avoir une représentation surfacique des dynamiques qui s'opèrent durant la période de la restauration écologique. L'exploitation des profils historiques ne permettant pas une qualification des processus sur l'ensemble de la plage en raison de la diversité des contextes qu'elles présentent sur tout le linéaire côtier. Ces MNE sont assimilés à des Modèles Numériques de Terrain (MNT)¹ sur les sols nus sans végétation.

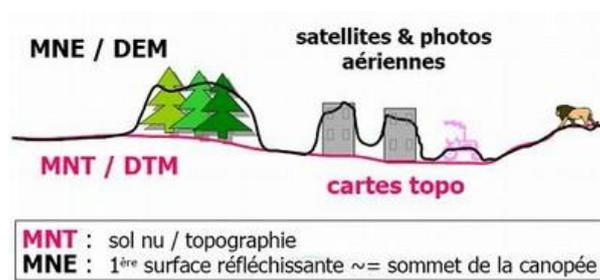


Figure 1: Différence entre MNE et MNT source (M. Bernard, Forum Photogrammétrie, 2009)

- ¹ MNT (DTM) : un Modèle Numérique de Terrain (Digital Terrain Model) se rapporte à l'élévation du terrain. Le MNT ne prend donc pas en compte la hauteur des bâtiments ni celles de la végétation.
- MNE (DEM) : un Modèle Numérique d'Élévation (Digital Elevation Model) prend en compte le relief, mais aussi la hauteur de la végétation ou encore le sur-sol (élévation des bâtiments).

Le présent rapport vise à informer sur les données mobilisées et produites pour l'étude et à analyser les dynamiques observées et faire des propositions de gestion.

1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Sur les quatre plages faisant l'objet d'une restauration écologique par le CEDTM seuls 2 font l'objet de ce rapport : La plage de Cap Champagne et de Cimetière Saint Leu.

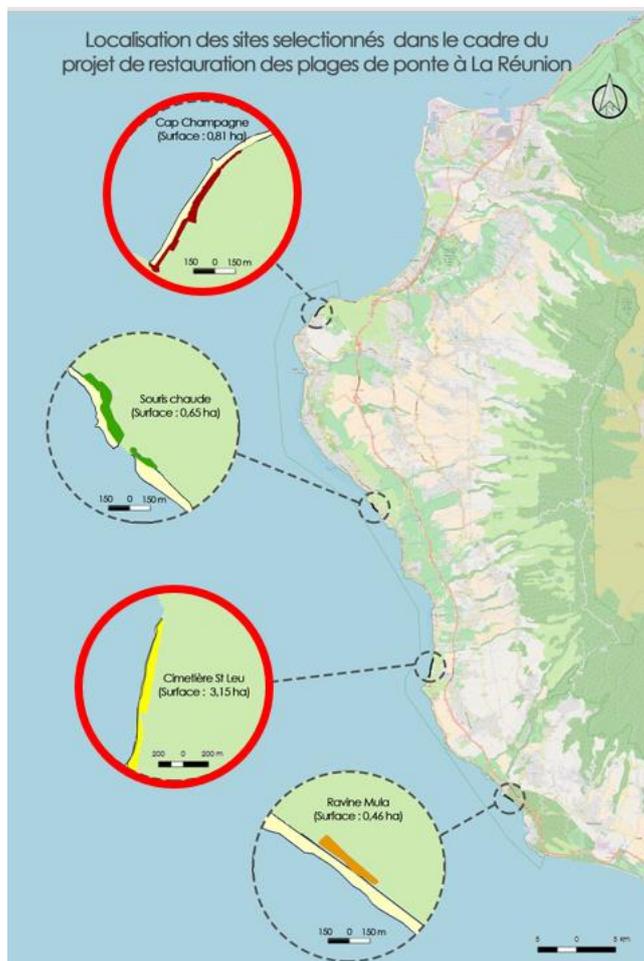


Figure 2: Localisation des sites de Cap Champagne et de cimetière Saint Leu (cercles rouges) source : CEDTM

1.1 La plage de Cap Champagne

Le Cap Champagne est situé sur la commune de Saint-Paul, au nord-ouest de l'île de La Réunion, entre le Cap La Houssaye et le Cap Boucan-Canot. La plage dite de Cap Champagne est une plage biodétritique adossée à une plate-forme récifale. La plage s'étire sur 800 m de long du Cap Champagne au sud au premier pointement rocheux affleurant sur l'estran du Cap La Houssaye au nord et peut atteindre localement 40 m de large. Les photographies aériennes IGN des années 1950, consultée sur l'application remonte le temps de l'IGN, attestent que cette configuration générale de la plage est stable depuis cette période post-construction de la route littorale (N1a) soutenue par un mur de

soutènement en haut de plage sur 300 m de long. Au sud la route littorale s'écarte peu à peu de la plage laissant place à un système dunaire sur plus de 500 m de large. Au nord, sur 200 mètres environ ce système dunaire se résume à un cordon végétalisé ne dépassant pas les 12 mètres de large dans sa partie la plus étendue. Au Sud, il s'étend jusqu'à près de 80 m jusqu'à l'ancienne route de Boucan Canot mais rapidement, il se présente sous forme de placages sableux dans l'interstice de substrat rocheux affleurant. Cette dernière section est anthropisée depuis le début des années 1960 avec une avancée remarquable sur la plage dans le début des années 1980 avec la construction de l'hôtel Maharani aujourd'hui en ruine. La comparaison de photographies anciennes et contemporaines (sur l'application remonte le temps de l'IGN) atteste d'une diminution importante de la largeur de la plage (de l'ordre d'une vingtaine de mètres) dans ce secteur.



Figure 3 : Photographies aériennes IGN de 1950 et 2019

La plateforme récifale en avant de la plage ne dépasse pas 200 m de large. Aucune dépression d'arrière récif ne sépare la plate-forme récifale de la plage. Le service de protection des côtes par la crête récifale est proportionnelle à la distance à la côte.

Cette plage est un cordon littoral délimitée par 2 caps et plaquée contre le socle volcanique. Sa morphologie générale (absence de profond encaissement) ne permet cependant pas de la qualifier de plage de poche.

1.2 Cimetière Saint Leu

La plage dite du Cimetière Saint Leu est une portion de la plage d'environ 1 km de long située au Nord de la Pointe au Sel au droit du cimetière du même nom et d'une station d'épuration situés tous deux de l'autre côté de la route nationale (N1a). Elle est délimitée par deux pointements rocheux. C'est une plage ouverte d'arrière récif de plus près de 2km constituée de sables mixtes fins et grossiers coralliens et volcaniques. D'une vingtaine de mètres dans sa plus grande largeur elle bénéficie presque sur toute sa longueur en arrière plage d'une dune bordière coupée à une vingtaine de mètres de la plage par la route N1a. Les 100 mètres de plage au nord du cimetière sont directement adossés aux structures de soutènement de la N1a. En pied de plage sur pratiquement toute sa longueur (hormis les extrémités) on note la présence d'un grès de plage (beach rock). La plate-forme récifale

s'étend entre 200 et 150 mètres de large. Elle est directement adossée à la plage dans la partie nord mais en est séparée par une dépression d'arrière récif constituée majoritairement de sables biodétritique d'une cinquantaine de mètres de large.

2 LES DONNÉES DRONES ACQUISES

Les données aériennes acquises par drone sur les 2 sites ont été réalisées à différentes périodes de l'année :

- en début d'été austral en 2020
- En fin de saison hivernale en 2021

La comparaison de ces levés permet d'évaluer la dynamique saisonnière à l'échelle d'une saison cyclonique.

- En Fin de saison hivernale en 2022

Ces données permettent de qualifier permettant la dynamique annuelle (entre avril 2021 et Avril 2022), la dynamique sur la période du projet (2020-2022).

Tableau des dates de campagnes aériennes drone

années	Cap Champagne	Cimetière Saint Leu
2020	2020/10/06	2020/11/06
2021	2021/04/20	2021/04/22
2022	2022/04/05	2022/04/05

Les 6 rapports techniques générés automatiquement lors du traitement sont joints à ce rapport. Ils donnent les conditions techniques de la réalisation des orthophotographies et des modèles numériques de terrain.

Entre 2021 en raison de dérives de mesures constatées sur le DGPS, un nouveau DGPS a été acquis. L'écart de précision entre les deux périodes est estimé à 8 cm.

Les données ont été exploitées sous QGIS pour produire les analyses (différence de MNT, profils) et les visuels. Les extensions QGIS 2threejs de visualisation 3D et Profil tool d'extraction de profils ont été utilisés.

3 RÉSULTATS ET ANALYSE DES DYNAMIQUES

3.1 Site de Cap Champagne

Sur le Cap Champagne les données drone ont donné lieu à la production de différentes visualisations permettant la production d'informations sur les dynamiques qui se sont opérées entre octobre 2020 et avril 2022.



Figure 4 : Visuels produits sur le Cap champagne entre octobre 2020 et avril 2022 à partir des données drones acquises

A : Représentation cartographique ; B vue 3D réalisée à partir de l'orthophotographie de 2020 drapée sur le MNT de 2022 ; C : vue 3D réalisée à partir de l'orthophotographie de 2022 drapée sur le MNT de 2022 ; D soustraction du MNT de 2020 au MNT de 2022 et localisation des extractions de profils de plage.

L'analyse des dynamiques de rivage par la position de la limite de végétation peut se faire à partir d'images acquises à la même saison. Les données d'avril 2021 et d'avril 2022 permettent donc les comparaisons. Cependant les données d'avril 2021 ont été réalisées alors que l'île était sous le coup d'un couvre-feu et de restrictions d'activités qui ont limité l'accès aux plages et donc ont permis à la végétation rampante d'investir les parties médianes de l'estran au Sud. En 2022 la végétation retrouve une situation médiane et recouvre densément les hauts de plage avec une limite de végétation assez linéaire attestant de hauts niveaux d'eau pendant la saison cyclonique mais qui n'ont pas mis à mal le potentiel de recouvrement. L'interprétation de la limite de végétation éclaire sans doute plus le potentiel de recouvrement sans usage anthropique qu'une dynamique liée au changement de la position du rivage.

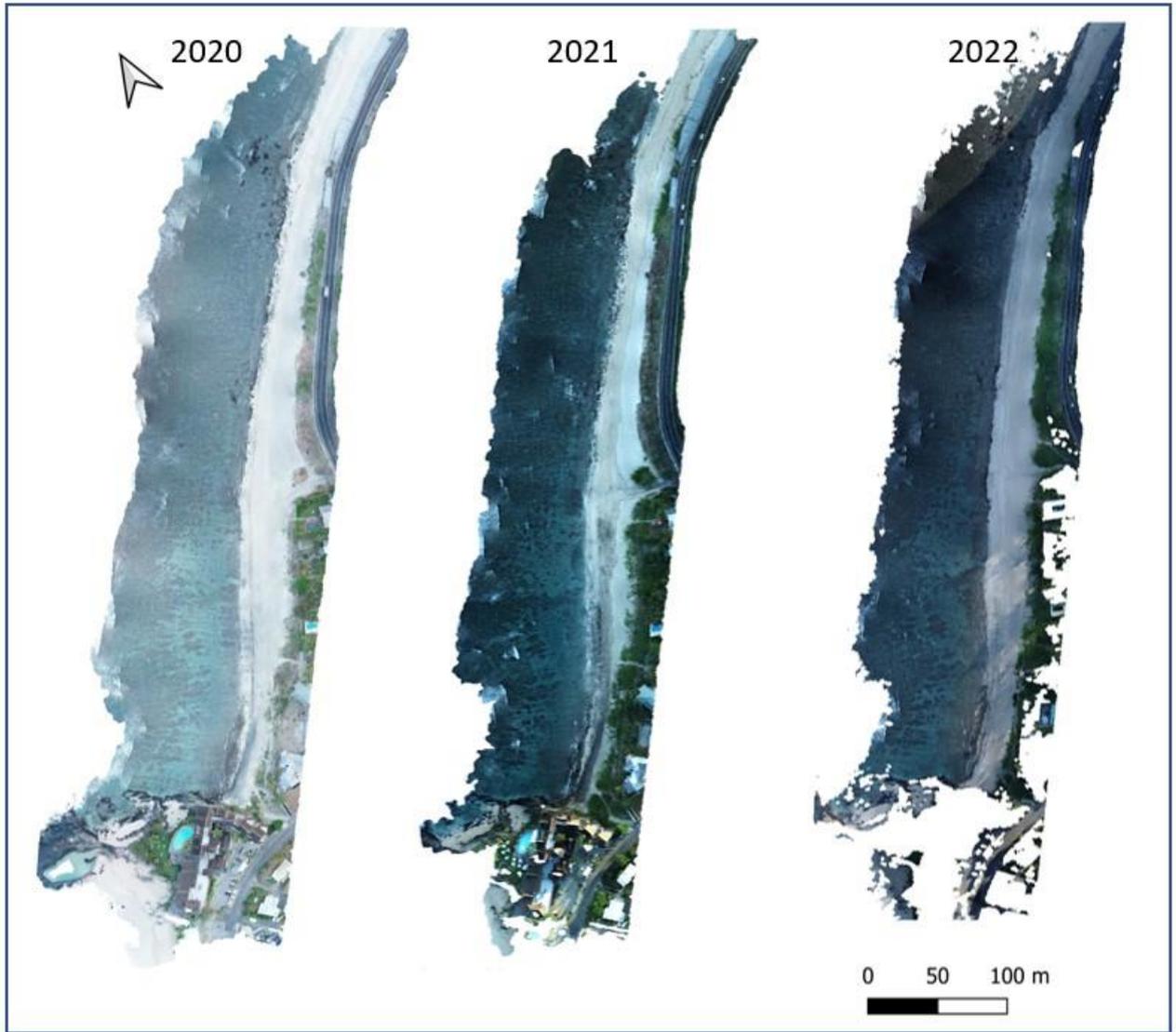


Figure 5: Orthophotographies produites à partir des acquisitions aériennes

L'analyse des dynamiques est réalisée à partir de 3 soustractions de MNT. Même s'il existe une différence de calage en Z des MNT en raison de changement de DGPS entre 2021 et 2022. On observe clairement des dynamiques sur l'estran.

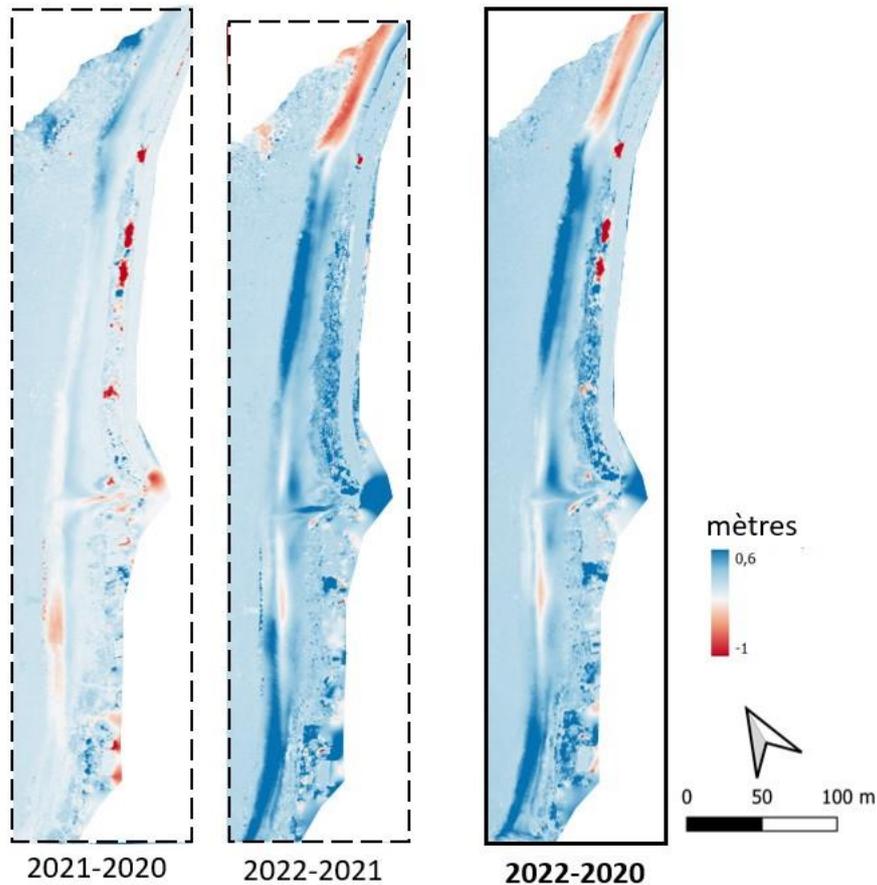
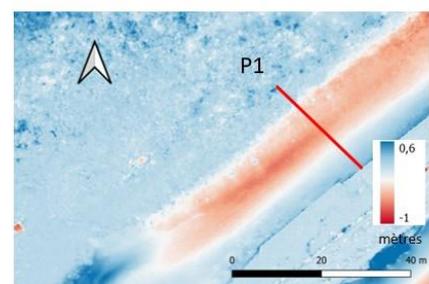
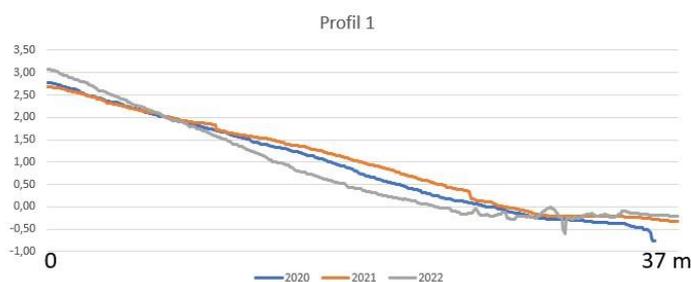


Figure 6 : Site de Cap Champagne : différence de MNE à l'échelle du projet (2020-2022), à l'échelle d'une saison cyclonique (2021-2020) à l'échelle d'une année (2021-2022)

Sur la période du projet 2 zones présentent une régression (ouge-orange), l'une au droit un mur de soutènement de la route N1A et au Sud de l'exutoire. L'estran présente de même des secteurs d'engraissement (bleu foncé) entre 2021 et 2022 et entre 2020 et 2022.

L'extraction de profils sous QGIS permet d'analyser en coupe ces dynamiques et de les préciser.

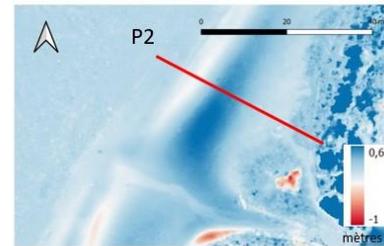
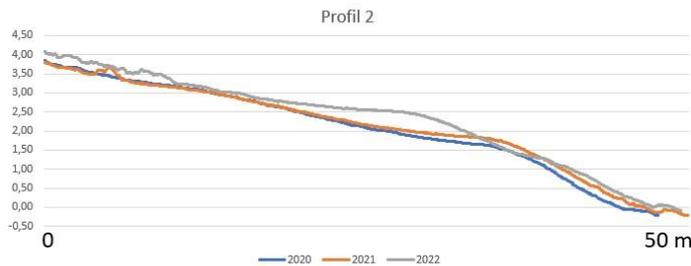
Le profil 1 situé au droit du mur de soutènement montre que si le profil 1 montre un engraissement en 2021 sur la partie médiane il a fortement régressé en 2022 (-1 m/2021 et -0,5 m par rapport à 2020) mais il présente sur cette période un léger engraissement du haut d'estran.



Soustraction de MNT 2022-2020

Figure 7: Profil 1 extrait du MNE de Cap Champagne

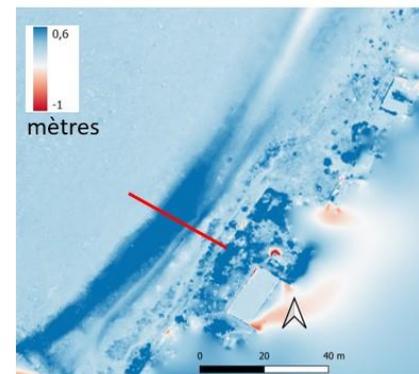
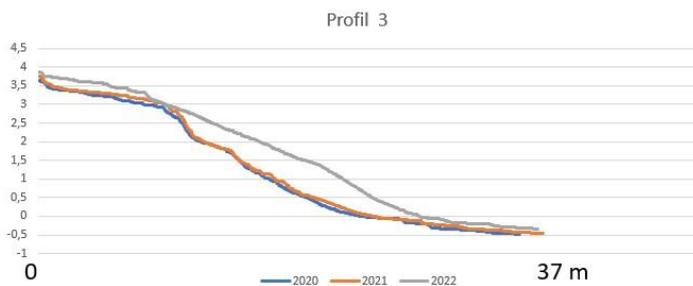
Le profil 2 : Il présente un profil plutôt convexe. Si la tendance est stable entre 2020 et 2021, le profil montre un net engraissement sur presque toute la longueur du profil attestant qu'il ne s'agit pas de transfert le long du profil mais des apports soit latéraux issues de la dérive littorale soit frontaux issus des transferts directs de la source (le récif).



Soustraction de MNT 2022-2020

Figure 8: Profil 2 et extrait du MNE de Cap Champagne

Le profil 3 présente un profil concave en 2020 et 2021 et plutôt convexe en 2022. Le profil 3, comme le profil 2 montre une stabilité sur la période 2020-2021 et un bel engraissement sur la période 2021-2022.



Soustraction de MNT 2022-2020

Figure 9: Profil 3 extrait du MNE de Cap Champagne

Si les dynamiques entre 2020 et 2021 sont des dynamiques saisonnières et montre une saison cyclonique peu érosive, entre 2021 et 2022 nous avons des états contrastés pour deux saisons identiques. Deux zones d'engraissement (bleu foncé) et une zone d'érosion (rouge-orange).

Conclusion sur le site

Ce site a montré par le passé un fort recul sur le sud de la plage en particulier. Ce secteur se caractérise en 2022 par une reconstruction du profil. A l'inverse, un peu au nord de cette section en engraissement de la plage, semble se pérenniser une zone qui tend à perdre des sédiments. De même, au nord, sur toute la période d'étude un déficit continue de sable affecte la plage au droit du mur de soutènement de la route N1a.

Les levés ont montré des processus en cours différenciés le long de la plage mais qui peuvent relever d'un même système plage (transferts liés à la dérive littorale) cependant des questions restent en suspens : La partie nord constitue-t-elle une zone de perte de sédiments pérenne pour la plage, par une augmentation de la capacité érosive du courant de retrait ? existe-t-il un basculement saisonnier de transfert de sable sur cette plage ?

Action :

En raison des enjeux que représente cette plage et des dynamiques différentes observées, une surveillance spatialisée sur le long terme devrait être envisagée sur toute la longueur. Ces suivis devraient permettre de caractériser la dynamique sur le long terme et si les secteurs d'engraissement et d'érosion sur le bas de la plage résultent de transfert saisonnier de sable le long du littoral.

La réduction des points durs d'origine anthropique directement situés sur le haut de plage devrait permettre d'atténuer la capacité érosive des houles sur ce secteur. La difficulté est ici la présence d'une infrastructure routière dont les structures de soutènement constituent le principal point dur générant de l'érosion. Une réflexion sur la morphologie du mur pourrait en diminuer les impacts. Une réflexion sur la relocation de cet axe routier serait aussi à mener. L'impact de ce point dur peut modifier l'équilibre de la plage dans son entier en étant une zone de transfert vers le large du sable (puit).

3.2 Analyse des MNE de Cimetière Saint Leu

Sur le site de Cimetière Saint Leu, les données drone ont donné lieu à la production de différentes visualisations permettant la production d'informations sur les dynamiques qui se sont opérées entre novembre 2020 et avril 2022.

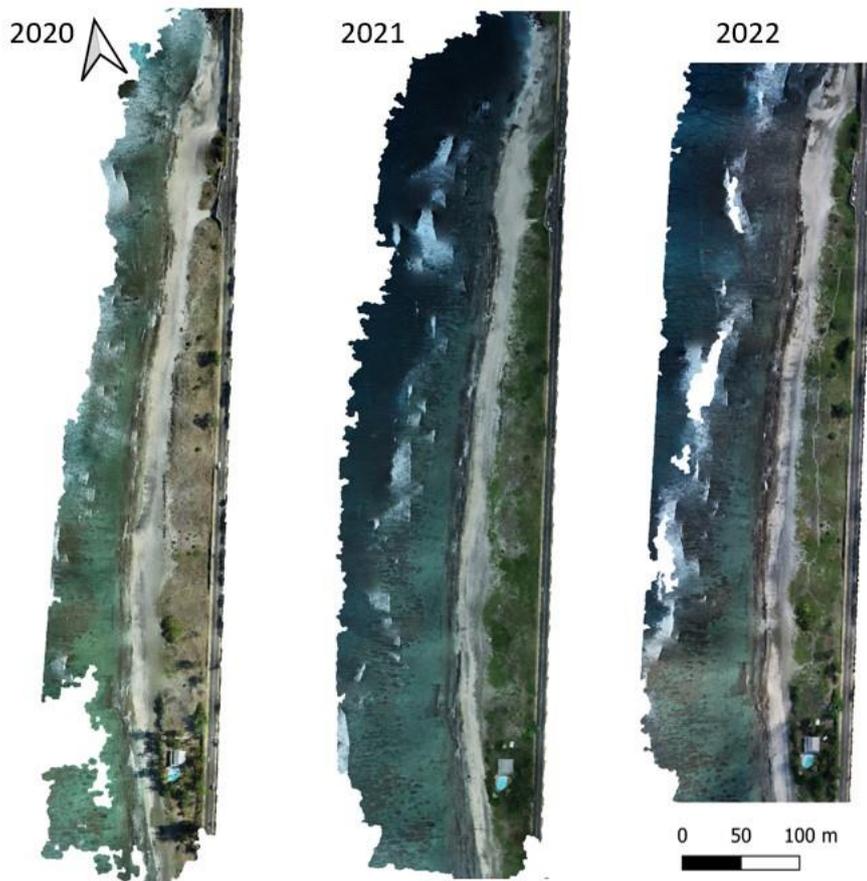


Figure 10 : Orthophotographies constituées à partir des acquisitions aériennes sur le site de cimetière Saint Leu

Les différents visuels produits rappellent le contexte de la plage. Une plage et un petit système dunaire coincé entre la route nationale côté terre, un *beach rock* sur pratiquement toute sa longueur et le récif côté mer. Au nord, l'estran est en contact direct avec le mur de soutènement de la route N1a. Au sud, on note sur la dune bordière, une résidence avec piscine et un parking souligné par les traces de roues dans le sable.



Figure 11 : Visuels produits à partir des données drone sur le Cap champagne entre novembre 2020 et avril 2022

La soustraction des MNE sur la partie plage montre une relative stabilité de la plage (blanc). Cependant deux secteurs présentent des dynamiques érosives (rouge -orange) depuis 2021 et deux autres sont en accrétion (bleu foncé). Les volumes mis en jeux sont cependant modérés car les mouvements de sable sont de l'ordre de ± 50 cm sur le bas d'estran essentiellement.

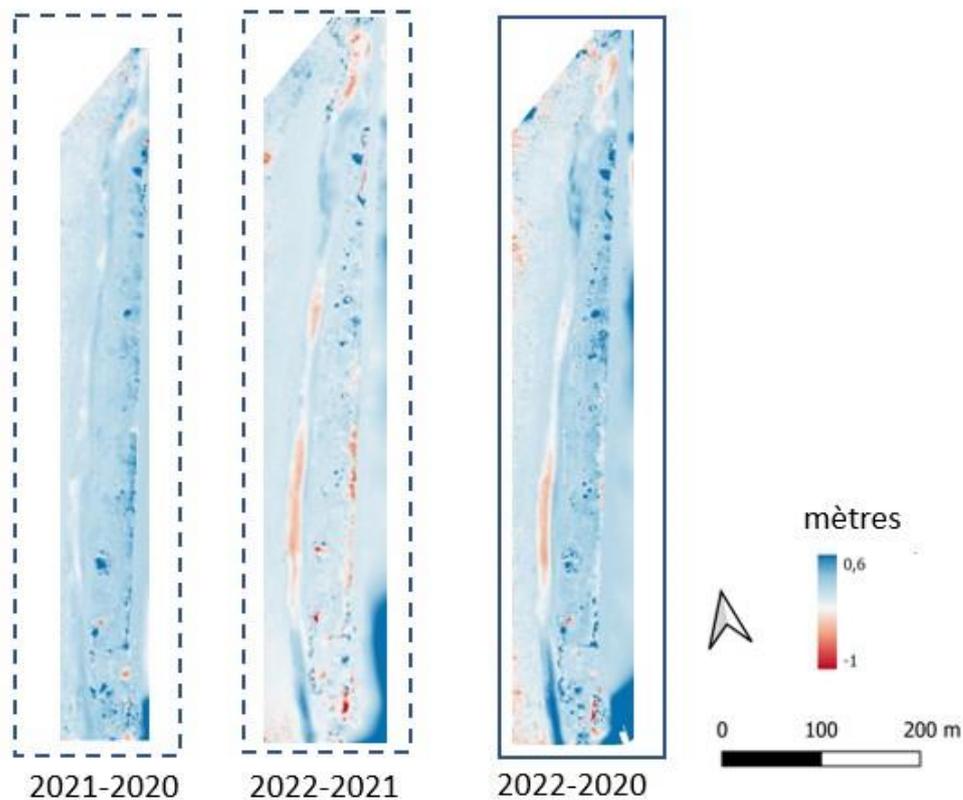


Figure 12 : Site de Cimetière Saint Leu : différence de MNE à l'échelle du projet (2020-2022), à l'échelle d'une saison cyclonique (2021-2020) à l'échelle d'une année (2021-2022)

Les soustractions de MNE montrent une bonne stabilité sur la période cyclonique 2020-2021. Entre Avril 2021 et avril 2022 des formes d'érosion (rouge-orange) et d'accrétion (bleu foncé) apparaissent sur certains secteurs de plage. Ils sont peut-être des traceurs de transferts de sables le long de la plage par le jeu de la dérive littorale. L'exutoire au sud et le parking sont soulignés par des zones rouges sur les soustractions de MNE en 2021 et 2022 attestant de déplacement sédimentaire plus sur la partie dunaire.

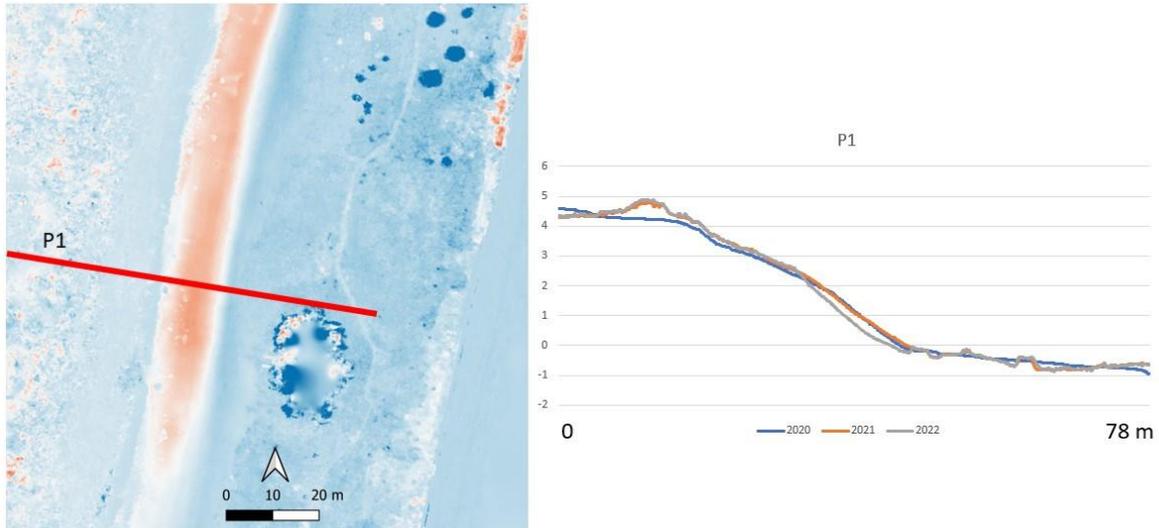


Figure 13 : Profil 1 extrait du MNE de Cimetière Saint Leu

Le profil 1 situé le plus au sud est relativement convexe. Il montre un engraissement du haut de plage depuis 2021 qui peut être un marqueur de la restauration. Sur le reste du profil entre 2020 et 2021 aucune dynamique n'est observée. Une régression apparaît en 2022 par rapport aux profils 2021 et 2020 sur le bas de plage.

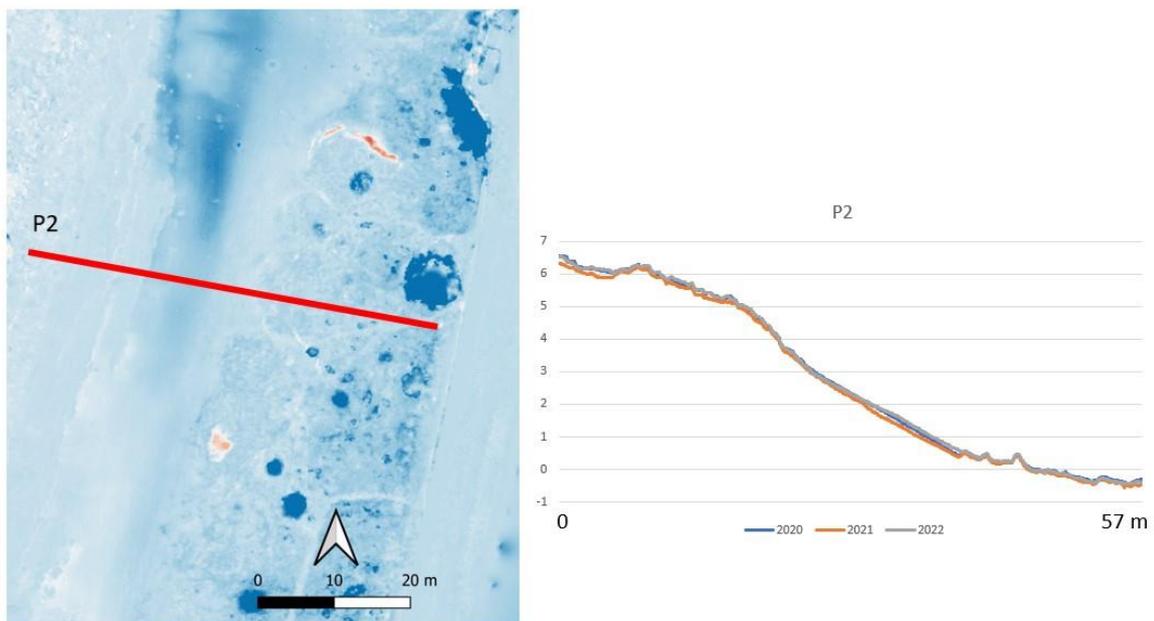


Figure 14 : Profil 2 extrait du MNE de Cimetière Saint Leu

Le profil 2, positionné en position médiane sur la plage montre une parfaite stabilité sur la période. Si le haut du profil montre sur la partie végétalisée une forme relativement convexe, le profil de plage est concave et se termine par des irrégularités liées à la présence du beach rock puis du récif.

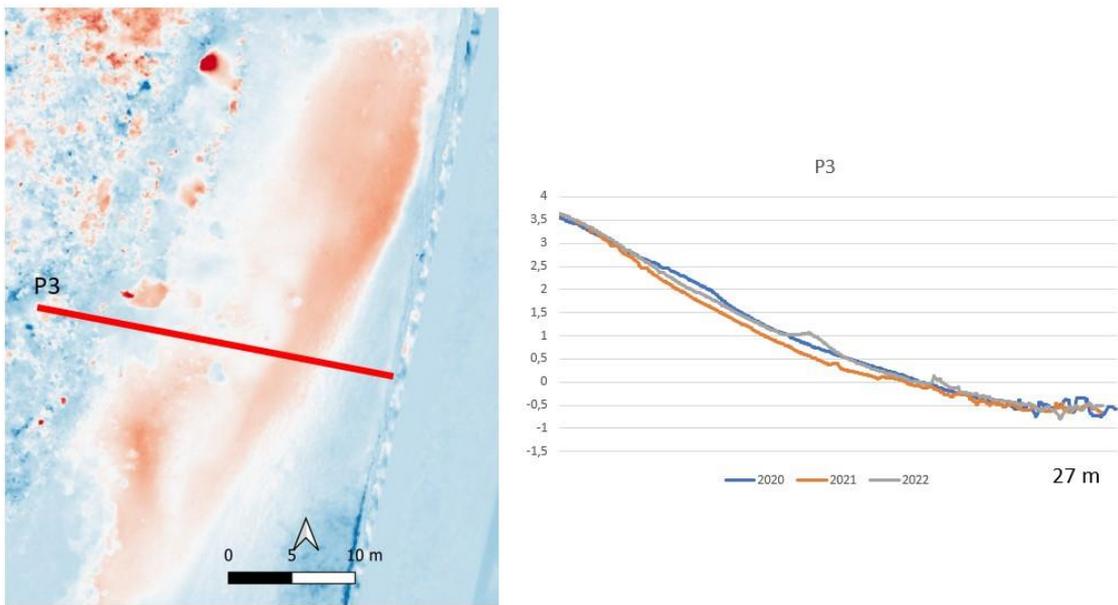


Figure 15 : Profil 3 extrait du MNE de Cimetière Saint Leu

Le profil 3, situé au pied du soutènement de la route est concave sur toute la période. Il a montré une forte régression au cours de la saison cyclonique 2020-2021. Le profil semble partiellement reconstitué mais conserve une morphologie concave marqueur d'une section de plage présentant un déficit de sable.

Conclusion sur le site

Si le site n'a pas été affecté par la saison cyclonique 2020-2021, sur la période du projet 2020-2022 cependant la plage montre un estran dynamique avec des zones d'accrétion et d'érosion du même ordre qui peuvent atteindre très localement ± 50 cm. La plus forte dynamique est observée au Nord. Du sud au nord le profil de plage change passant de convexe à une forte concavité. Le caractère convexe du profil (attestant d'un bon engraissement) au sud ne doit pas masquer la perte de sable qui semble avoir débutée en 2021 sur la partie base du profil. C'est un point de vigilance.

Action :

La partie nord de la plage est celle qui montre le plus fort déficit de sable et la plus forte dynamique érosive. La réduction des points durs d'origine anthropique directement situés sur le haut de plage devrait permettre d'atténuer la capacité érosive des houles sur ce secteur. La difficulté est ici la présence d'une infrastructure routière dont les structures de soutènement constituent le principal point dur générant de l'érosion. Une réflexion sur la morphologie du mur pourrait en diminuer les impacts. La perte de sable au nord peut en effet affecter l'ensemble de la plage si elle a un fonctionnement des transferts de sable saisonniers du nord au sud. Une réflexion sur la relocation de

cet axe routier serait aussi à mener. On pourra s'interroger aussi sur la pertinence de maintien d'un parking sur la dune dans le sud de la plage même si sur la période d'étude la dynamique de la plage n'est pas affectée et sur l'impact de l'exutoire sur cet environnement.

CONCLUSION

Cette prestation dans le cadre du projet Veloutier mobilise la cellule drone de l'OSU-Réunion et les compétences d'analyse de l'UMR Espace-Dev.

Du point de vue de la méthode, les MNE produits permettent une bonne appréhension des processus morphologiques sur la plage présentant un sol nu. S'agissant de sites qui font l'objet d'une restauration écologique sous forme de plantation et ou de dunes bordières végétalisées, sur l'arrière plage il serait intéressant d'étudier la faisabilité d'utiliser un lissage à partir des points non végétalisés pour décrire la topographie de la dune bordière ou de compléter des données MNE drone par des acquisitions de données DGPS pour étayer par des données de terrain le nettoyage du MNE pour produire des MNT.

Les données acquises montrent sur les deux sites des zones de dépôt sédimentaire et des zones d'érosion. Donc les deux sites ont une dynamique à court terme. Des suivis devraient permettre d'éclairer s'il s'agit de transferts de sédiments saisonniers le long du rivage avec des variations autour d'un profil d'équilibre. Cependant, les données acquises en octobre-novembre 2020 et Avril 2021 et 2022 montrent sur les deux sites l'impact de la présence de la route N1A sur la dynamique du littoral. A chaque zone de contact entre l'estran et les murs de soutènement de la route correspond un profil concave attestant d'un déficit de sable et une aggravation de l'érosion sur les deux dernières années. A l'heure des politiques de relocalisation, la question de la relocation de la N1a dans une position moins impactante mérite d'être posée.

Bibliographie

Aurélie Dehouck, « Observations et conditions d'apparition des croissants de plage sur le littoral de la mer d'Iroise », *Norois*, 201 | 2006, 7-16.

Marie-Myriam Mahabot. Suivi morphodynamique des plages récifales de La Réunion en contexte d'observatoire. Géographie. Université de la Réunion, 2016. Français. (NNT : 2016LARE0028). (tel-01525818)

Marie-Myriam Mahabot, Marion Jaud, Gwenaëlle Pennober, Nicolas Le Dantec, Roland Troadec, et al.. The basics for a permanent observatory of shoreline evolution in tropical environments; lessons from back-reef beaches in La Reunion Island. *Comptes Rendus Géoscience*, Elsevier Masson, 2017, 349, pp.330-340. (10.1016/j.crte.2017.09.010). (hal-01616211)

Marie-Myriam Mahabot, Gwenaëlle Pennober, Serge Suanez, Roland Troadec, Christophe Delacourt. Effect of Tropical Cyclones on Short-Term Evolution of Carbonate Sandy Beaches on Reunion Island, Indian Ocean. *Journal of Coastal Research*, Coastal Education and Research Foundation, 2017, 33 (4), pp.839-853. (10.2112/JCOASTRES-D-16-00031.1). (hal-01398914)

Table des figures

Figure 1: Différence entre MNE et MNT source (M. Bernard, Forum Photogrammétrie, 2009).....	3
Figure 2: Localisation des sites de Cap Champagne et de cimetière Saint Leu	5
Figure 3 : Photographies aériennes IGN de 1950 et 2019	6
Figure 4 : Visuels produits sur le Cap champagne entre octobre 2020 et avril 2022 à partir des données drones acquises	8
Figure 5: Orthophotographies produites à partir des acquisitions aériennes.....	9
Figure 6 : Site de Cap Champagne : différence de MNE à l'échelle du projet (2020-2022), à l'échelle d'une saison cyclonique (2021-2020) à l'échelle d'une année (2021-2022)	10
Figure 7: Profil 1 extrait du MNE de Cap Champagne.....	10
Figure 8: Profil 2 et extrait du MNE de Cap Champagne.....	11
Figure 9: Profil 3 extrait du MNE de Cap Champagne.....	11
Figure 10 : Orthophotographies constituées à partir des acquisitions aériennes sur le site de cimetière Saint Leu	13
Figure 11 : Visuels produits à partir des données drone sur le Cap champagne entre novembre 2020 et avril 2022.....	14
Figure 12 : Site de Cimetière Saint Leu : différence de MNE à l'échelle du projet (2020-2022), à l'échelle d'une saison cyclonique (2021-2020) à l'échelle d'une année (2021-2022)	15
Figure 13 : Profil 1 extrait du MNE de Cimetière Saint Leu	16
Figure 14 : Profil 2 extrait du MNE de Cimetière Saint Leu	16
Figure 15 : Profil 3 extrait du MNE de Cimetière Saint Leu	17