



**HAL**  
open science

## Suivi morphologique du Sillon de Talbert pour l'année 2022

Pierre Stéphan, Serge S. Suanez, Jérôme Ammann, Laurence David, Isabelle  
Mescoff, Julien Houron

► **To cite this version:**

Pierre Stéphan, Serge S. Suanez, Jérôme Ammann, Laurence David, Isabelle Mescoff, et al.. Suivi morphologique du Sillon de Talbert pour l'année 2022 : (Commune de Pleubian – Période de septembre 2021 à septembre 2022). CNRS - Centre National de la Recherche Scientifique; Université de Bretagne Occidentale. 2023, pp.1-47. hal-03936897

**HAL Id: hal-03936897**

**<https://hal.science/hal-03936897>**

Submitted on 12 Jan 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License





Pierre STÉPHAN  
Serge SUANEZ  
Jérôme AMMANN  
Laurence DAVID  
Isabelle MESCOFF  
Julien HOURON

# Rapport sur le suivi morpho- sédimentaire du sillon de Talbert pour l'année 2022

Janvier 2023



***Suivi morphologique du Sillon de Talbert pour l'année 2022  
(Commune de Pleubian – Période de septembre 2021 à septembre 2022)***

***Pierre STÉPHAN  
Serge SUANEZ  
Jérôme AMMANN  
Laurence DAVID  
Isabelle MESCOFF  
Julien HOURON***





**Janvier 2023**

**COMMUNE DE PLEUBIAN (CÔTES D'ARMOR) ET  
CONSERVATOIRE DE L'ESPACE LITTORAL ET DES RIVAGES LACUSTRES**

***Suivi morphologique du Sillon de Talbert pour l'année 2021  
(Commune de Pleubian – Période de septembre 2021 à septembre 2022)***



**Maître d'œuvre**

LETG - UMR 6554 CNRS - Institut Universitaire Européen de la Mer - Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané

*Réalisation : Pierre STÉPHAN, Serge SUANEZ, Jérôme AMMANN, Laurence DAVID, Isabelle MESCOFF, Julien HOURON*

[pierre.stephan@univ-brest.fr](mailto:pierre.stephan@univ-brest.fr) ; [serge.suanez@univ-brest.fr](mailto:serge.suanez@univ-brest.fr)

*Direction scientifique : Pierre Stéphan et Serge Suanez*  
[pierre.stephan@univ-brest.fr](mailto:pierre.stephan@univ-brest.fr) ; [serge.suanez@univ-brest.fr](mailto:serge.suanez@univ-brest.fr)



## 1-Introduction

La présente étude s'inscrit dans la continuité du suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert initié en 2003 à la demande de la commune de Pleubian et du Conservatoire du Littoral (voir section 6 – références bibliographiques). L'objectif est d'analyser les modalités d'évolution de la flèche de galets, classée en Réserve Naturelle Régionale depuis 2006. Dans le cadre de ce rapport, nous présentons les principaux changements morphologiques survenus entre les levés topographiques effectués aux mois de septembre 2021 et de septembre 2022 à l'échelle du Sillon.

La méthode que nous avons employée pour reconstituer la topographie de l'estran s'appuie sur un traitement photogrammétrique d'images aériennes acquises au drone. Ces vues aériennes ont été réalisées le 15 septembre 2022 à partir d'un drone Phantom 4 Pro survolant le Sillon à une altitude moyenne de 100 m. Un total de 2176 images a été obtenu durant les survols, couvrant une superficie de 2,04 km<sup>2</sup>. A partir de ces prises de vue, la topographie a été reconstituée selon le principe de la stéréo-photogrammétrie sous le logiciel Agisoft Metashape. Le procédé employé suppose que les prises de vue se recoupent entre elles. La différence d'inclinaison des différents clichés est alors utilisée par le logiciel pour générer un nuage de points topographiques de très forte densité.

Avant chaque survol, 53 cibles ont été positionnées au sol et leur position a été relevée au DGPS. Les mesures au DGPS ont été réalisées à partir d'une station fixe installée sur un repère d'arpentage implanté au sommet du rocher de Roc'h Gwen. Ce repère a été géoréférencé à partir d'une borne IGN située sur le sémaphore de Créac'h Maout, dont les coordonnées géodésiques sont accessibles sur le site de l'IGN ([www.ign.fr/rubrique Géodésie](http://www.ign.fr/rubrique/Géodésie)). L'altitude de cette borne a été revue à partir d'un procédé de post-traitement des données GPS et se situe à 42,81 m NGF. Ainsi, l'ensemble des cibles a été positionnée dans le système de référence Lambert 93 (EPSG:2154) et raccordé au niveau altitudinal NGF.

Les coordonnées de ces cibles ont été utilisées pour géoréférencer les prises de vue et les nuages de points topographiques produits. Cette méthode a permis de produire trois principaux jeux de données : (i) une orthophotographie de la zone survolée ; (ii) un nuage de points de très forte densité comptant plus de 602 millions de points (soit 307 points/m<sup>2</sup>) ; (iii) un Modèle Numérique de Terrain d'une résolution de 10x10 cm (fig. 1). Les calculs ont été réalisés sur le supercalculateur de la TGIR HUMANUM du CNRS.

Il faut noter qu'en dépit de leur très haute résolution, les MNT reconstruits à partir des survols au drone peuvent parfois présenter des erreurs significatives en raison d'un mauvais recoupement des photographies aériennes et/ou d'une mauvaise qualité des images. Pour limiter ces erreurs, une procédure de vérification de la qualité des images a été réalisée sous le logiciel Agisoft Metashape et un filtrage des points servant à reconstruire la topographie a permis d'éliminer le maximum de bruit. En définitive, les erreurs de positionnement sont estimées à 2,6 cm en X et Y, et à 1,4 cm en Z. Cette incertitude est très faible puisqu'elle correspond à la taille du pixel en X-Y et à l'erreur de la mesure au DGPS en Z. Notons enfin que le couvert végétal peut aussi poser problème localement. En effet, cette méthode considère la végétation comme une surface topographique (on parle alors de « sursol »), tandis que la topographie du sol n'est pas reconstruite. Dans notre cas, cela concerne les zones végétalisées



de la racine et de la partie proximale du Sillon dont l'élévation a pu être surestimée, en particulier là où se développent de belles touffes d'oyat.

Une partie de ce rapport porte également sur le suivi topo-morphologique de la brèche ouverte en mars 2018 dans la partie proximale du Sillon, à l'emplacement de l'ancienne zone appelée « taille de guêpe ». Depuis le mois de mars 2018, ce secteur fait l'objet de relevés à une fréquence plus importante (environ un levé topographique tous les 2-3 mois) afin de suivre au plus près les changements. Là encore, la méthode utilisée pour réaliser ces relevés s'appuie sur des survols au drone et l'acquisition d'images aériennes dont le traitement photogrammétrique est réalisé à l'aide du logiciel Agisoft Metashape. Le détail des différentes missions réalisées entre décembre 2021 et septembre 2022 est donné dans le tableau 1. L'annexe 1 présente les rapports issus des traitements photogrammétriques réalisés.

Date	Technologie	matériel utilisé	Précision horizontale	Précision verticale	Superficie couverte (km <sup>2</sup> )	Nombre de points topographiques acquis sur le terrain	Nombre de points topographiques utilisés pour générer le MNT	Résolution du MNT (m)
22/09/2021	drone	Phantom 4 pro	+/- 0.0976	+/- 0.013	2.11	> 10 <sup>8</sup>	> 10 <sup>8</sup>	0.115
15/12/2021	drone	Phantom 4 pro	+/- 0.0207	+/- 0.0097	0.279	> 10 <sup>8</sup>	> 10 <sup>8</sup>	0.056
04/05/2022	drone	Phantom 4 pro	+/- 0.0246	+/- 0.0278	0.279	> 10 <sup>8</sup>	> 10 <sup>8</sup>	0.056
15/09/2022	drone	Phantom 4 pro	+/- 0.0267	+/- 0.0141	2.04	> 10 <sup>8</sup>	> 10 <sup>8</sup>	0.057

*Tableau 1 : Inventaire des campagnes de mesures topo-morphologiques réalisées dans le secteur de la brèche entre septembre 2021 et septembre 2022.*

Enfin, le travail mené depuis 2012 sur les dynamiques hydro-morphologiques a été poursuivi sur la période. Les conditions météo-marines ont été analysées à partir de mesures de pressions réalisées à l'aide du capteur OSSI installé sur l'estran. En parallèle, les suivis topographiques ont été réalisés par Julien Houron durant l'année le long des différents profils. Ces données prolongent le suivi des conditions de vagues au plus près du Sillon.

## 2 - Evolutions morphologiques du Sillon dans son ensemble, entre septembre 2021 et septembre 2022

### 2.1. Vue d'ensemble

Les changements morphologiques mesurés sur le Sillon de Talbert entre septembre 2021 et septembre 2022 sont de faible ampleur et reflètent des conditions météo-marines très peu morphogènes sur l'ensemble de la période. Aucune tempête significative ou épisode de fortes vagues n'a été enregistré durant cette période. Le Sillon n'a pas connu de franchissements, même localisés. Cela s'est donc traduit par une stabilité d'ensemble. Les valeurs de recul sont très faibles (fig. 8) et reflètent uniquement le remodelage du revers par les vagues de nord-est. La période a donc été dominée par les transits longitudinaux dirigés vers le NE sur la face exposée du Sillon et vers le SW sur le revers. La période a également été dominée par une remontée des sédiments vers la crête et l'engraissement de bermes en haut de plage. Pour autant, l'altitude de la crête est restée très stable (figs. 4 et 6) car aucune marée de vive-eau n'a

coïncidé avec de fortes vagues. L'action des vagues s'est donc limitée à la partie haute de la plage sans atteindre la crête du Sillon. Le secteur qui a enregistré le plus d'érosion est la plage de la partie proximale (fig. 3). Néanmoins, l'érosion de cette portion de plage n'a pas participé à l'engraissement des dunes embryonnaires situées au sommet du cordon. A l'inverse, le secteur qui a bénéficié le plus d'apports sédimentaires est la partie haute du cordon en zone médiane.

## **2.2. Vue de détails**

Les principales modifications morphologiques sont synthétisées dans la figure 3 et sont décrites comme suit :

### **(1, fig. 3) : un bilan stable de la plage du Chouck**

La plage du Chouck a enregistré de faibles évolutions morphologiques sur la période et elle présente un bilan sédimentaire stable entre septembre 2021 et septembre 2022. Les volumes érodés représentent  $-678 \text{ m}^3$ , tandis que les volumes déposés sont de  $+670 \text{ m}^3$ . On notera un déplacement préférentiel des sédiments (sables et galets) vers le nord-est et un engraissement localisé des banquettes pré-dunaires à Agropyrum ( $+170 \text{ m}^3$ ) qui se sont développés en pied de dune.

### **(2, fig. 3) : une érosion limitée de la brèche**

Dans son ensemble, le secteur environnant la brèche a montré une tendance à l'érosion sur la période ( $-700 \text{ m}^3$ ), même si aucun élargissement significatif de la brèche n'a été mesuré (figures 9 à 12). La rive ouest a perdu  $-385 \text{ m}^3$  de sédiment, contre  $-45 \text{ m}^3$  pour la rive orientale. Le fond de la brèche s'est incisé d'une vingtaine de centimètres par endroits, représentant un départ de  $-200 \text{ m}^3$  de sédiment. Dans le marais de Mer Melen, le delta de flot n'a pas bénéficié d'alimentation supplémentaire et s'est étalé davantage vers le sud. Le delta de jusant, en revanche, s'est engraisé ( $+130 \text{ m}^3$ ). Enfin, plaquée contre l'enrochement, la petite plage du Chouck a perdu  $-330 \text{ m}^3$  de sédiments.

### **(3, fig. 3) : l'érosion de la plage**

La plage de la face exposée du Sillon montre un bilan sédimentaire déficitaire avec  $-9700 \text{ m}^3$  au total, compensé localement par des engraisements localisés représentant  $+3850 \text{ m}^3$  au total, soit un bilan négatif de  $-5850 \text{ m}^3$ .

### **(4, fig. 3) le redressement du profil par overtopping**

Généralement, des conditions météo-marines clémentes favorisent l'exhaussement de la crête du Sillon, à condition toutefois que l'action des vagues puisse être portée à un niveau suffisamment haut, lors des grands coefficients de marée par exemple. Cela n'ayant pas eu lieu durant la période, le redressement de la crête est resté limité (fig. 4). Une certaine quantité de galets a tout de même été remontée vers le sommet du cordon sous la forme de bermes, en particulier dans la partie médiane du Sillon. Ces volumes représentent  $+4490 \text{ m}^3$  de sédiments. Par endroits, toutefois, la partie haute du cordon a été érodée, en particulier dans la partie distale du Sillon ( $-1840 \text{ m}^3$ ). Le bilan de l'overtopping sur la période est donc estimé à  $+2650 \text{ m}^3$ .

**(5, fig. 3) transit par la dérive sédimentaire**

Des bilans présentés plus haut, on peut déduire qu'environ -3200 m<sup>3</sup> de sédiments ont été déplacés le long de la plage vers la pointe. Ce transit équivaut au volume moyen mis en mouvement le long du Sillon depuis 2002.

**(6, fig. 3) : la pointe et le lobe de jusant**

A la pointe du Sillon, les changements morphologiques sont caractéristiques d'une période de calme morphogénique. Les déplacements sédimentaires ont été principalement contrôlés par les courants de marée. Le lobe de jusant a été fortement remodelé par les courants de jusant qui ont exporté des sédiments vers le nord, en dehors de la zone couverte par nos levés topographiques. On estime à -7500 m<sup>3</sup> le volume de galets exportés en direction des replats topographiques et des écueils rocheux.

**(7, fig. 3) : le revers de la spatule**

Sur les 3200 m<sup>3</sup> de sédiments mis en mouvements sur la face exposée du Sillon et déplacés jusqu'à la pointe, près de 2650 m<sup>3</sup> se sont accumulés sur le revers de la spatule.

**(8, fig. 3) : transits sédimentaires sur le revers**

Enfin, on estime à environ 3500 m<sup>3</sup> le volume total de sédiments mis en mouvement le long du revers et déplacés vers le sud-ouest. Ce transit sédimentaire, dont le sens est inverse par rapport à celui observé sur la face exposée sur Sillon, s'opère par le biais de rides. Il se traduit par l'accentuation des sinuosités sur le revers, et une alternance de secteurs en érosion et en accrétion. A nouveau, ce type d'évolution morphologiques est caractéristique de période faible activité morphogène sur le Sillon de Talbert.

### 3- Bilan du suivi de la brèche : évolutions topo-morphologiques entre septembre 2017 et septembre 2022

Les figures 9 à 12 présentent les résultats du suivi mis en place à l'issue de l'ouverture de la brèche dans la partie proximale du Sillon de Talbert. Les résultats sont les suivants :

Périodes	Commentaires
Septembre 2017 – 7 mars 2018	Entre les mois de septembre 2017 et mars 2018, les relevés montrent tout d'abord l'impact de la tempête Eleanor des 2-3 janvier 2018 qui entraîne une érosion importante de la face exposée du cordon et un dépôt de sédiment sur le revers (dynamique de <i>rollover</i> ). Le second événement qui marque cette période est l'ouverture de la brèche (deux jours avant le relevé du mois de mars 2018) qui s'élargit très rapidement. L'érosion provoquée par les courants de marée empruntant la brèche conduit à la formation d'un delta de jusant en bas de plage.
7 mars 2018 – 22 mars 2018	Durant cette courte période de temps (15 jours), les évolutions morphologiques sont peu marquées. Le delta de jusant est



	repris par les vagues et déplacé vers l'est. Ce stock tend à remonter vers le sommet du cordon.
22 mars 2018 – 17 avril 2018	Cette période (28 jours) est marquée par une marée de vive-eau (coefficients supérieurs à 100 du 31 mars au 02 avril 2018) qui génère de forts courants de flot et de jusant dans la brèche. Les courants de jusant semblent prédominer. La présence de l'enrochement résiduel oblige les courants de jusant à s'orienter vers l'ouest au débouché de la brèche sur la plage. Leur vitesse est donc renforcée sur la rive concave (rive ouest) de la brèche et entraîne une érosion de la dune basse dans ce secteur. Le front de dune est taillé en micro-falaise et recule de 6 m par endroits. L'ancien lobe de jusant qui s'était constitué en mars 2018 poursuit sa remontée vers le haut de la plage et vers la dune sommitale.
17 avril 2018 – 17 juillet 2018	Cette période (91 jours) est à nouveau marquée par plusieurs marées de vive-eau en (fin avril, mi-mai, mi-juin 2018). La rive ouest de la brèche subit une érosion importante. Le front de dune recule de 3,5 m. Un nouveau lobe de jusant s'édifie à l'extrémité de l'enrochement résiduel, sur le bas de la plage.
17 juillet 2018 – 13 septembre 2018	Cette période (58 jours) reste dominée par les dynamiques érosives liées aux courants de jusant qui érodent la rive occidentale de la brèche (recul du front de dune de 8,5 m) et entraîne l'accumulation de sable à l'exutoire de la brèche, sur le bas de plage. Deux marées de vive-eau (mi-août et début septembre) sont responsables de ces changements. A l'est de la brèche, le haut de plage poursuit son engraissement.
13 septembre 2018 – 21 novembre 2018	Durant cette période, l'érosion de la rive ouest de la brèche se poursuit (recul de 3 m du front de dune). Le delta de jusant est également érodé. Le matériel est redistribué sur le bas de plage, vers l'est. Les données sont quelque peu biaisées par la présence de grandes quantités d'algues de rive échouées sur la plage. Sur le revers, des changements morphologiques sont également observés sous l'effet d'une reprise du transit longitudinal causé par le renforcement des houles à l'approche de la période hivernale.
21 novembre 2018 – 05 février 2019	La comparaison du relevé du 05 février 2019 avec les levés précédents est à nouveau partiellement biaisée par les accumulations d'algues d'échouage sur la face exposée du cordon. On note néanmoins une érosion modérée de la plage, le déplacement du delta de jusant vers le nord-est par la dérive littorale, une érosion de la rive occidentale de la brèche (avec un recul du front de dune de 3,8 m). Enfin, on observe pour la première fois l'accumulation de sédiments dans la partie interne de la brèche et l'amorce de formation d'un delta de flot.
05 février 2019 – 08 mars 2019	Durant cette période hivernale (31 jours), le chenal de marée qui emprunte désormais la brèche est remanié par les

	courants de flot et de jusant qui déplace les bancs de sables sur le fond. La rive ouest de la brèche recule de 2,8 m. Sur le sillon, on assiste à un engraissement de la face exposée du cordon. A l'emplacement précédent du delta de jusant, le bas de plage enregistre une érosion liée à un déplacement du stock sédimentaire vers le nord-est.
08 mars 2019 – 21 mai 2019	Les deux rives de la brèche sont érodées. Le matériel s'accumule en partie sur le delta de flot, et en partie sur le delta de jusant. Sur le Sillon, la partie basse de la plage subit également une érosion.
21 mai 2019 – 18 septembre 2019	Durant cette période (120 jours), les principaux changements morphologiques sont observés au niveau de la brèche. Les bancs tidaux sont déplacés vers les parties internes (delta de flot) et externe (delta de jusant) de la brèche.
18 septembre 2019 – 17 décembre 2019	Cette période (90 jours) est caractérisée par plusieurs épisodes tempétueux marqués par de fortes houles. Les changements morphologiques sont importants : une très forte érosion de la rive occidentale de la brèche (recul du front de dune de 4,5 m), une accumulation de matériel sur la rive orientale
17 décembre 2019 – 23 janvier 2020	Durant cette courte période (37 jours), les conditions météorologiques sont restées relativement clémentes et les changements morphologiques ont été de faible ampleur. On note une érosion modérée de la rive occidentale de la brèche. Taillée en micro-falaise, la dune enregistre un recul vers l'ouest de 1 m en moyenne. A l'inverse, la rive orientale connaît un apport de sédiments, provoquant une légère migration latérale du chenal de marée dans le fond de la brèche.
23 janvier 2020 – 26 mai 2020	Cette période est marquée par les tempêtes <i>Ciara</i> et <i>Inès</i> , entre le 09 et le 13 février 2020. Ces deux épisodes correspondent aux événements les plus morphogènes enregistrés depuis le début de ce suivi. Sur la rive orientale, les vagues de tempête font reculer d'environ 5 m la micro-falaise d'érosion. Sur la rive occidentale, l'ensemble du sillon recule vers le sud sur une distance de 10 à 15 m (fig. 12). Dans les bilans sédimentaires, ce recul par <i>rollover</i> se traduit par un transfert des sédiments depuis le haut de la plage exposée vers le revers. Le fond de la brèche s'élargit également, principalement au dépend de la rive occidentale. Le matériel est en grande partie exporté en direction du marais de Mer Melen où se forme un vaste lobe de flot.
26 mai 2020– 07 septembre 2020	Cette période est peu morphogène. Les évolutions morphologiques traduisent une tendance à la reconstruction du sillon. Le haut de plage s'engraisse, ainsi que la rive orientale.
07 septembre 2020 –	Là encore, sous des conditions morphogène (même limitées), liées à l'épisode de la Toussaint 2020, la rive orientale a

17 novembre 2020	bénéficié d'apports sédimentaires, tandis que le franchissement du cordon par les vagues de tempête a entraîné une érosion de la plage et un transfert du matériel sur le revers. Sur la rive occidentale de la brèche, la dune a reculé de 2 m environ.
17 novembre 2020 – 26 mai 2021	Durant cette période, la rive occidentale de la brèche a été érodée par les courants de marée, mais le front de dune n'a pas reculé. Sur la rive orientale de la brèche, on note que la plage s'est légèrement engraisée et que la pente du revers s'est rééquilibrée (érosion en haut de pente, accrétion en bas de pente).
26 mai 2021 – 22 septembre 2021	Cette période estivale est marquée par des changements morphologiques de très faible ampleur, en l'absence d'épisodes morphogènes et de marée de vive-eau.
22 septembre 2021 – 15 décembre 2021	Seule la queue du Sillon a enregistré des changements morphologiques significatifs qui se sont traduits par une érosion de la plage et un dépôt de matériel sédimentaire sur la rive orientale de la brèche.
15 décembre 2021 – 04 mai 2022	Durant cette période hivernale, la rive orientale de la brèche a été érodée dans sa partie basse et le matériel a été transféré à son débouché sur l'estran pour former un lobe de jusant.
04 mai 2022 – 15 septembre 2022	Au cours du printemps et de l'été 2022, les changements morphologiques ont été de faible ampleur. Le flanc est de la brèche s'est érodé de façon générale. A l'ouest de la brèche, le sillon a été érodé dans sa partie haute, probablement sous l'effet des courants de jusant, lors des forts coefficients de marée d'équinoxe.

Entre septembre 2021 et septembre 2022, le secteur de la brèche a connu une grande stabilité morphologique. La brèche ne s'est pas élargie et ne s'est pas approfondie.



## 4- Bilan du suivi topo-morphologique à haute fréquence du sillon de Talbert le long de deux profils de mesure pour l'année 2022

Depuis le mois de septembre 2012, un suivi morphologique à haute fréquence a été mis en place en parallèle du suivi topo-morphologique annuel de l'ensemble du sillon (effectué quant à lui depuis 2006). Ce suivi repose sur (i) des levés topographiques mensuels réalisés le long de trois radiales localisées dans les parties les plus mobiles du Sillon (le secteur de la brèche, et les sections proximale et médiane de la flèche), (ii) des mesures des conditions hydrodynamiques (houle et niveau d'eau) à partir d'un capteur de pression installé dans la zone intertidale au droit du profil B (fig. 4A).



Figure 4A – Localisation des trois profils de mesures topo-morphologiques et du capteur OSSI de pression de houle et de niveaux d'eau. Ce dernier est installé dans la zone intertidale à  $-0,461$  m NGF. Le fond de carte correspond à l'ortho-photographie IGN de 2012, la brèche ouverte au mois de mars 2018 n'est pas présente).

L'objectif de ce suivi à haute fréquence est de mesurer et de quantifier l'impact de tous les épisodes tempétueux agissant à une échelle épisodique et/ou d'évaluer les processus de régénération (en période de temps calme) agissant là encore à des échelles courtes (mensuelle à épisodique). Ainsi, durant l'année 2022, une dizaine de campagnes de mesures de profils de plage a été réalisée (fig. 4B).

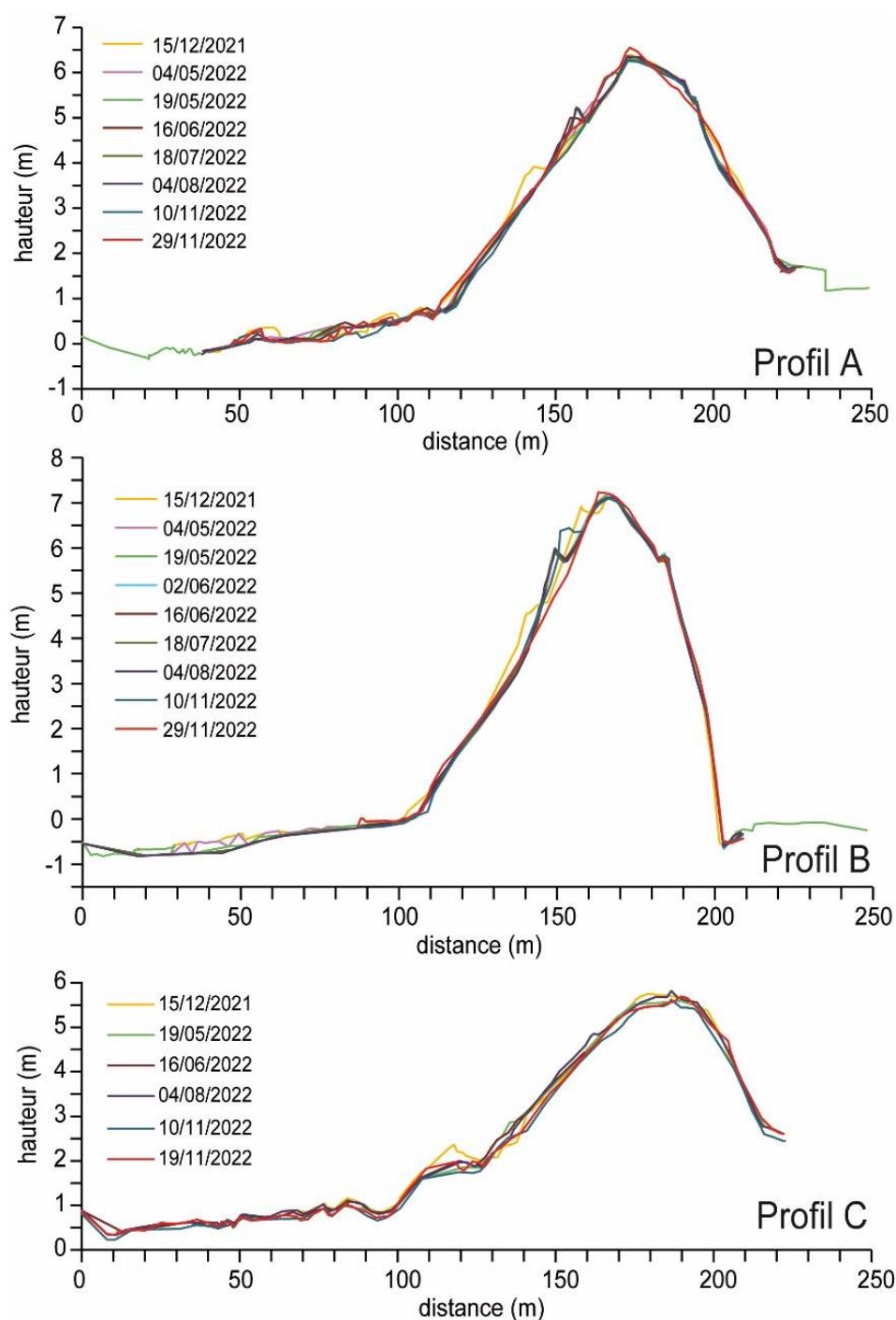


Figure 4B - Enveloppe de profils topo-morphologiques des profils A et B (i) entre les mois de septembre 2012 et 2020 montrant l'importance du recul de la flèche sur l'ensemble de la période ; (ii) entre les mois de septembre 2019 et 2020 illustrant les changements sur la dernière année d'observation.

L'analyse de ces données morphologiques sur l'ensemble de l'année 2022, et pour les 3 profils, montre une grande stabilité. Aucun changement majeur n'est observé quelle que soit la section de la flèche. Quelques migrations de gradins sont observées sur la plage avant des profils A et B. Ces changements morphologiques restent toutefois classiques du fonctionnement morphosédimentaire des cordons de galets. De même, un petit transit de sédiment semble s'observer au niveau du profil A entre le 10 et le 29 novembre 2022, certainement lié à un faible débordement de la crête lors de la tempête du 24 novembre 2022 survenue en période de vive-

eau (coefficient 94). Comme le montre les simulations WW3 réalisées par Ifremer, la hauteur significative des vagues au large du sillon de Talbert à 4h du matin (la PM était à 6h45) atteignait entre 7 et 8 m (fig. 4C).

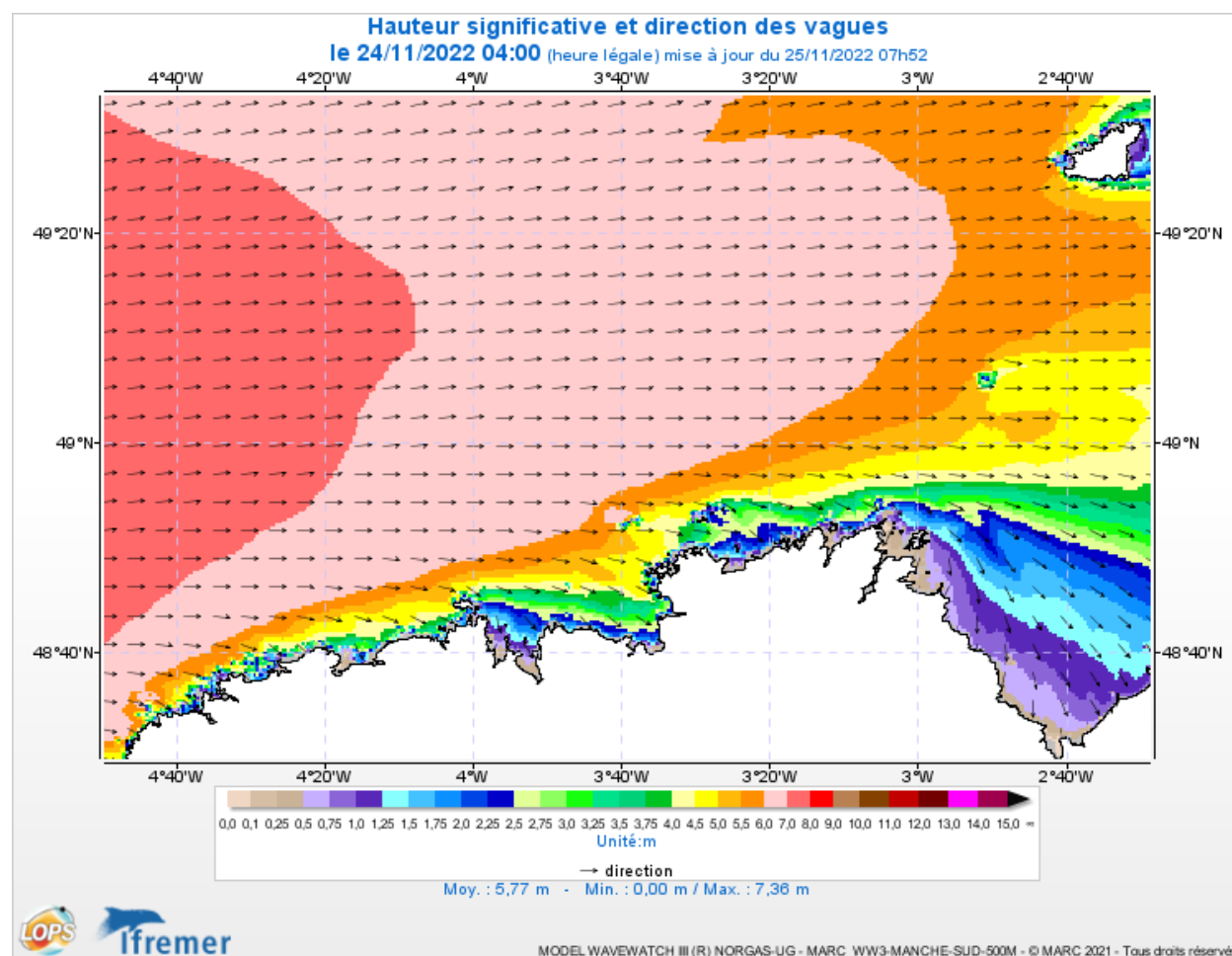


Figure 4C – Simulations numériques des conditions de houle pour la matinée du 24 novembre 2022 (4h) à partir du modèle WW3 développé par le LOPS-Ifremer (base de données MARC : Modélisation et Analyse pour la Recherche Côtière).

L'analyse des conditions hydrodynamiques à la côte à partir des enregistrements du capteur de pression OSSI montre que l'année 2022 a connu très peu d'épisodes tempétueux (fig. 4D). Sur l'ensemble des données recueillies, l'observation des hauteurs significatives montre que seul l'épisode du 7 janvier 2022 a été particulièrement énergétique :  $H_{sig} = 1,65$  m. Toutefois, cet épisode est intervenu en période de faible coefficient de marée (81 à 76), il n'a donc généré aucune modification morphologique. Le reste de l'année 2022 a été quant à lui marqué par de très faibles  $H_{sig}$  ( $< 0,8$  m). N'ayant aucun enregistrement durant la fin de l'année, l'épisode tempétueux du 24 novembre mentionné plus haut n'est pas visible sur ce jeu de données.



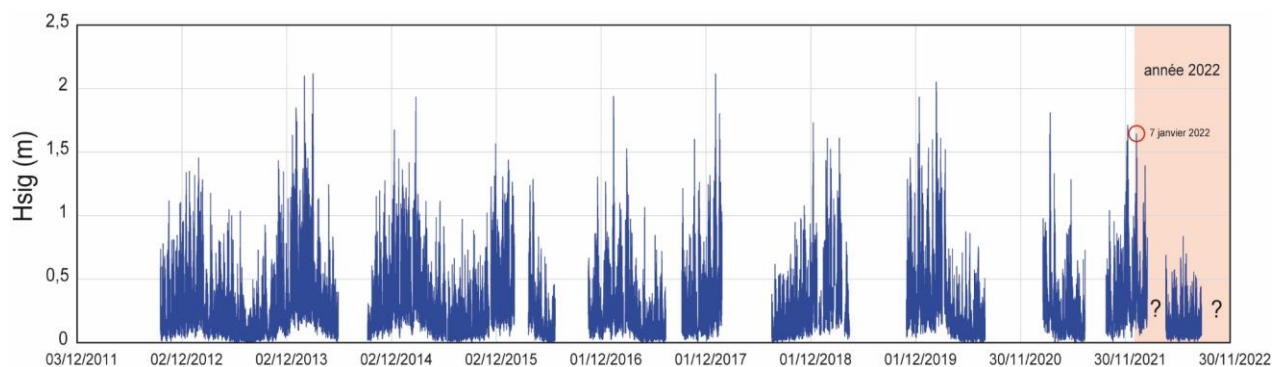


Figure 4D – Hauteurs significatives enregistrées entre les mois de septembre 2012 et 2022 à partir du capteur de pression OSS1 installé dans la zone intertidale au droit du profil B (voir figure 4A).

En conclusion, le suivi topo-morphologique à haute fréquence le long des trois profils de plage pour l'année 2022 n'a montré aucun changement morphologique majeur. Cela est essentiellement dû aux conditions hydrodynamiques plutôt clémentes que l'on a connu tout au long de l'année, et notamment durant la période hivernale 2021-22 et 2022-23.

## 5- Références bibliographiques

Blaise E., Suanez S., Stéphan P., Fichaut B., David L., Cuq V., Autret R., Houron J., Rouan M., Floc'h F., Arduind F., Cancouët R., Davidson R., Costa S., Delacourt C. (2015) - Bilan des tempêtes de l'hiver 2013-2014 sur la dynamique de recul du trait de côte en Bretagne. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*. 21 (3), pp. 267-292.

Fichaut B., Suanez S., Stéphan P. (2010) – Rapport sur le suivi morphosédimentaire du Sillon de Talbert pour l'année 2010, décembre 2010, 16 p.

Fichaut, B., Stéphan P., Suanez, S., Blaise E. (2013) – Suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert (Commune de Pleubian - Période 2012-2013), 27 p.

Fichaut B., Stéphan P., Suanez S., Amman J., Grandjean P. (2017) – Rapport sur le suivi morphosédimentaire sur le Sillon de Talbert pour l'année 2016. Laboratoire LETG-Brest Géomer (UMR 6554 CNRS), Université de Bretagne Occidentale, Institut Universitaire Européen de la Mer, avril 2017, 25 p.

Guérin T., Waeles B., Rivier A., Leballeur L., Stéphan P. (2020). Sillon de Talbert : Etude des conditions hydrodynamiques. Rapport d'étude, ACTIMAR & Laboratoire LETG (UMR 6554 CNRS), Université de Bretagne Occidentale, Institut Universitaire Européen de la Mer, Juin 2020, 79 p.

Stéphan P., Fichaut, B., Suanez, S. (2007) – Rapport d'activité sur le suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert (Commune de Pleubian), 19 p.

Stéphan P., Fichaut, B., Suanez, S. (2008) – Deuxième rapport d'activité sur le suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert (Commune de Pleubian - Période 2007-2008), 12 p.

Stéphan P., Fichaut, B., Suanez, S. (2009) – Suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert (Commune de Pleubian - Période 2008-2009), 10 p.

Stéphan P., Fichaut, B., Suanez, S., Blaise E. (2011) – Suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert (Commune de Pleubian - Période 2010-2011), 10 p.

Stéphan P., Fichaut, B., Suanez, S., Blaise E. (2012a) – Suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert (Commune de Pleubian - Période 2011-2012), 14 p.

Stéphan P., Suanez S., Fichaut B. (2012b) – Long-term morphodynamic evolution of the Sillon de Talbert gravel barrier spit, Brittany, France, *Shore & Beach*, 80, 1, pp. 19-36.

Stéphan P., Fichaut B., Suanez S., Blaise E., Autret R. (2015) – Rapport sur le suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert pour l'année 2014, mars 2015, 32 p.

Stéphan P., Fichaut B., Suanez S., Autret R., Houron J. (2018b) – Rapport sur le suivi morpho-sédimentaire sur le Sillon de Talbert pour l'année 2017. Laboratoire LETG-Brest Géomer (UMR 6554 CNRS), Université de Bretagne Occidentale, Institut Universitaire Européen de la Mer, mars 2018, 47 p.

Stéphan P., Suanez S., Fichaut B., Autret R., Blaise E., Houron J., Ammann J., Grandjean P. (2018a). Monitoring the medium-term retreat of a gravel spit barrier and management strategies, Sillon de Talbert (North Brittany, France). *Ocean & Coastal Management*, 158, 64-82.

Suanez S., Stéphan P., Floc'h F., Autret R., Fichaut B., Blaise E., Houron J., Ammann J., Grandjean P., Accensi M., André G., Arduin F. (2018) – Fifteen years of hydrodynamic forcing and morphological change leading to breaching of a gravel spit, Sillon de Talbert (Brittany, France). *Géomorphologie : Relief. Processus. Environnement*, 24, 4, 403-428.

Stéphan P., Fichaut B., Suanez S., Ammann J., Tardieu I., James D., Mury A., Houron J. (2019) - Suivi morphosédimentaire du sillon de Talbert pour l'année 2018. Rapport scientifique, LETG-Brest UMR 6554 CNRS / UBO, 99 p. (avec annexes).

Stéphan P., Fichaut B., Suanez S., Ammann J., Tardieu I., Houron J. (2020). Rapport sur le suivi morpho-sédimentaire sur le Sillon de Talbert pour l'année 2019. Laboratoire LETG-Brest Géomer (UMR 6554 CNRS), Université de Bretagne Occidentale, Institut Universitaire Européen de la Mer, janvier 2020, 65 p. (avec annexes).

Suanez S., Stéphan P., Autret R., Houron J., Floc'h F., David L., Ammann J., Accensi M., André G., Cancouët R., Le Guyader D. (2022). Catastrophic overwash and rapid retreat of a gravel barrier spit during storm events (Sillon de Talbert, North Brittany, France). *Earth, Process, Surface and Landforms*. 47, 8, 2024-2043. <http://doi.org/10.1002/esp.5361> <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03605145>

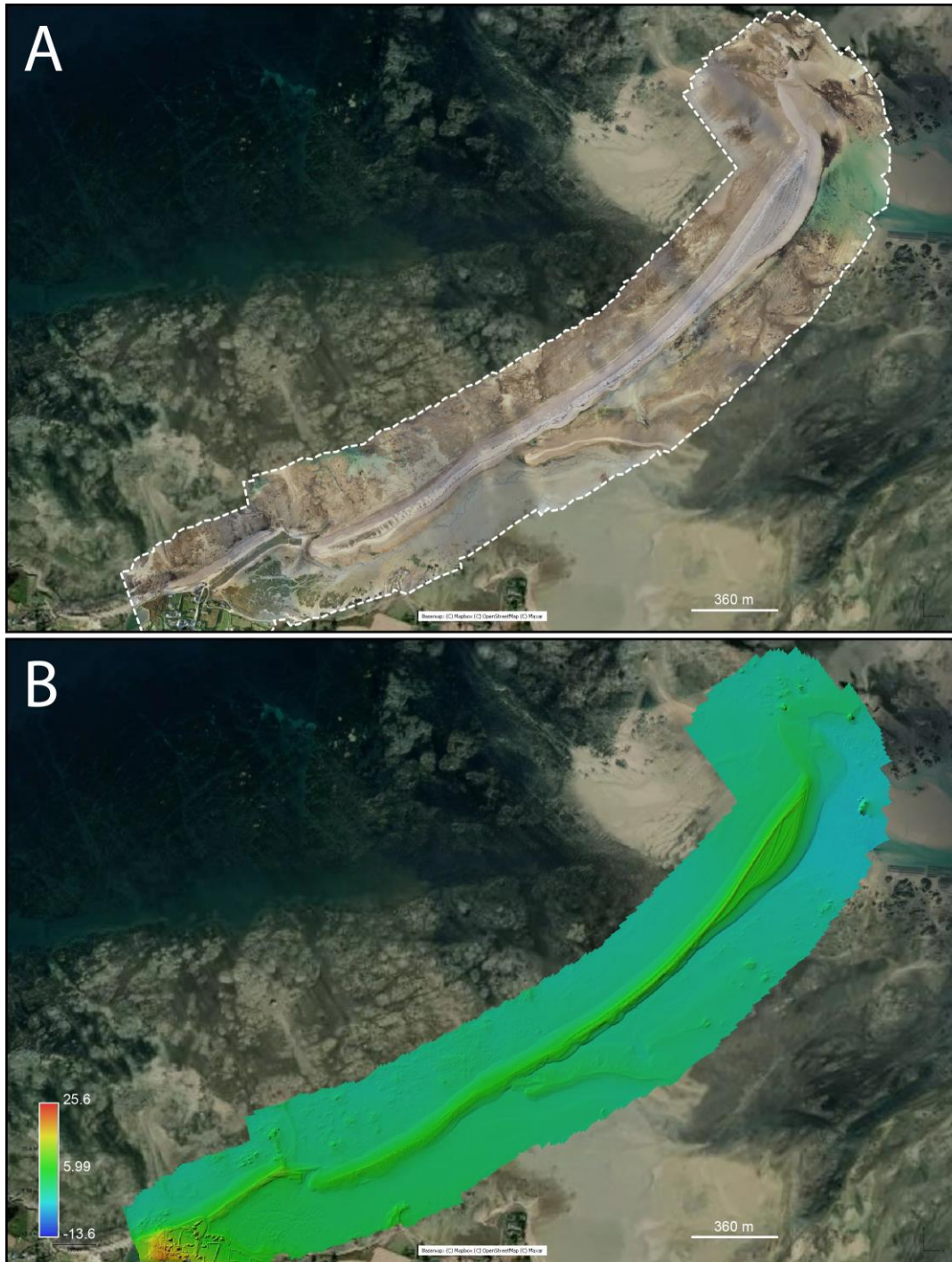


Figure 1 : Résultats du traitement photogrammétrique des prises de vues aériennes par drone réalisées le 15 septembre 2022 sur le Sillon de Talbert.  
A. Orthophotographie du secteur. B. Modèle numérique d'élévation obtenu après traitement des données.



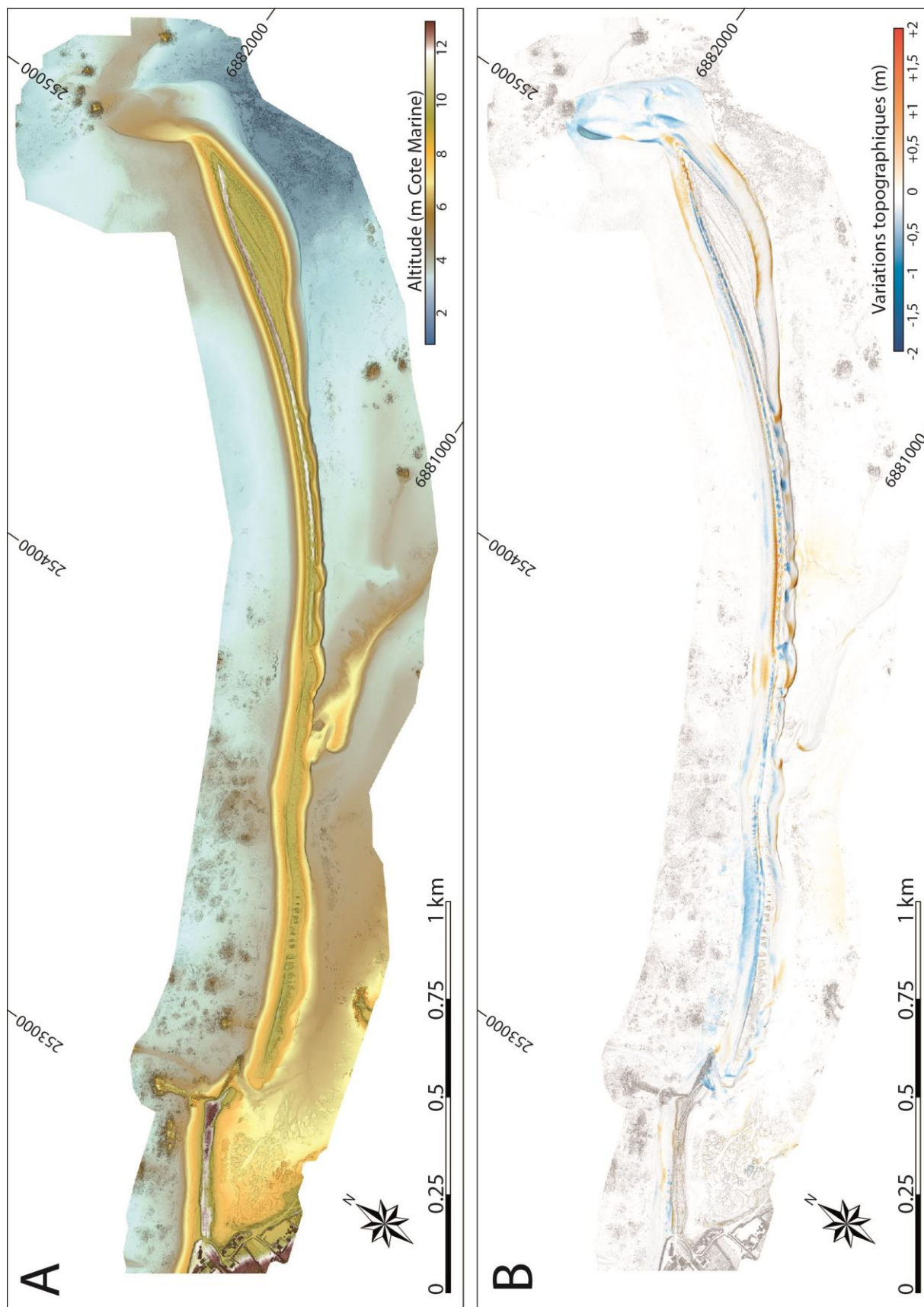


Figure 2 : Modèle Numérique de Terrain du Sillon de Talbert en septembre 2021 (A). Evolution topomorphologique du Sillon de Talbert entre septembre 2021 et septembre 2022.







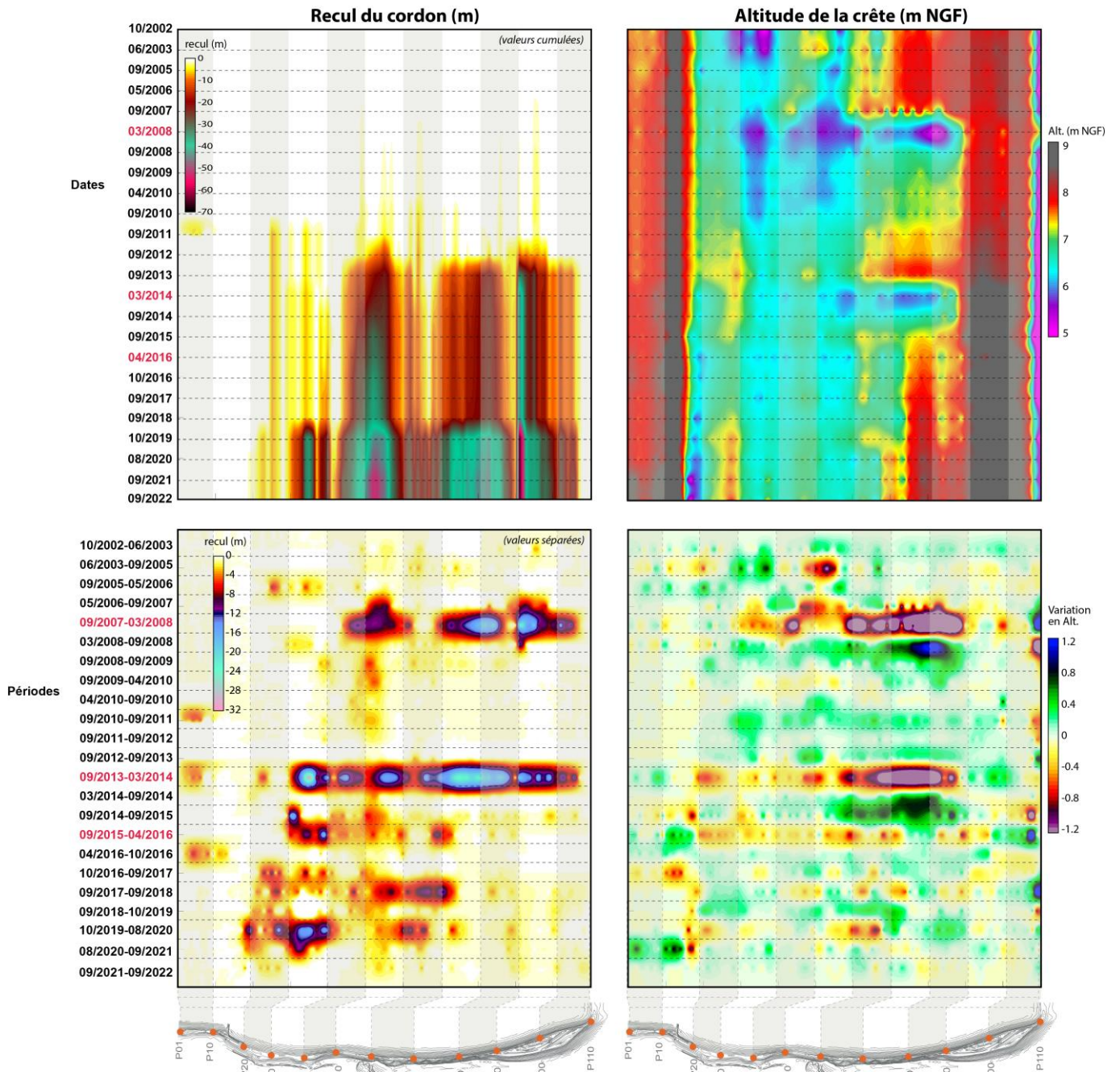


Figure 5 : valeurs du recul et de la hauteur du sillon de Talbert depuis le début des suivis en 2002.



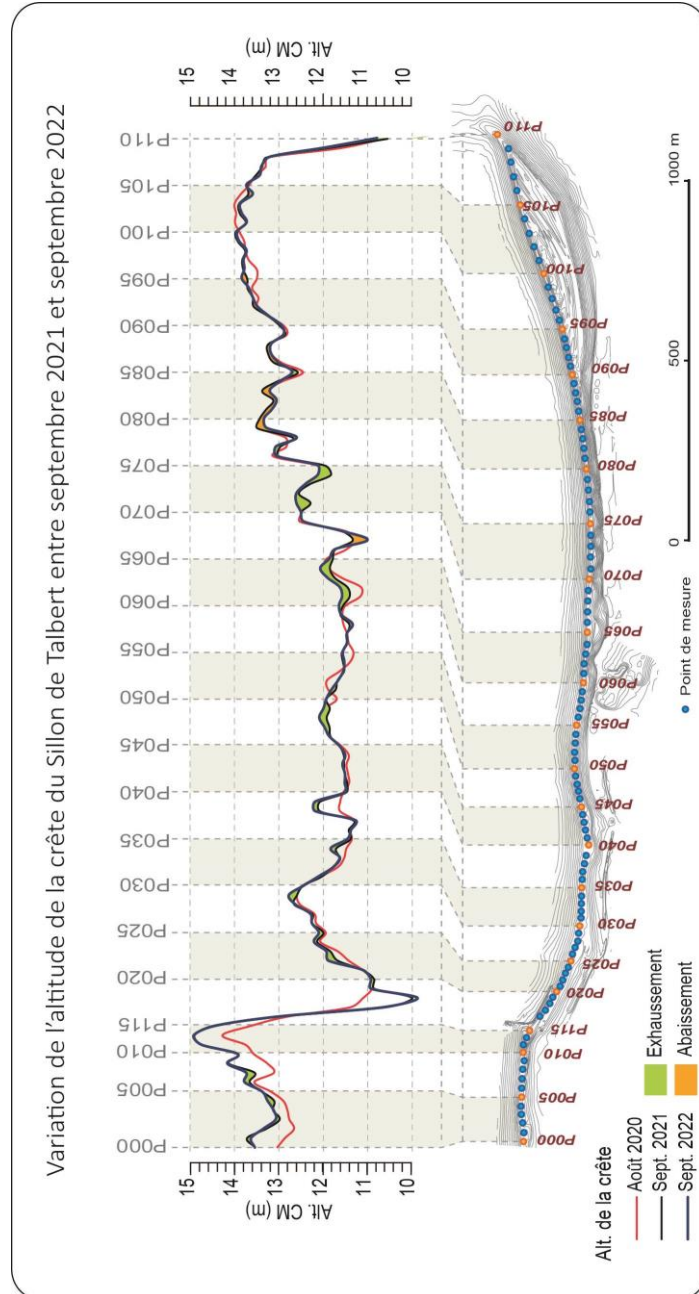


Figure 6 : Variations de l'altitude de la crête du Sillon de Talbert entre septembre 2021 et septembre 2022.

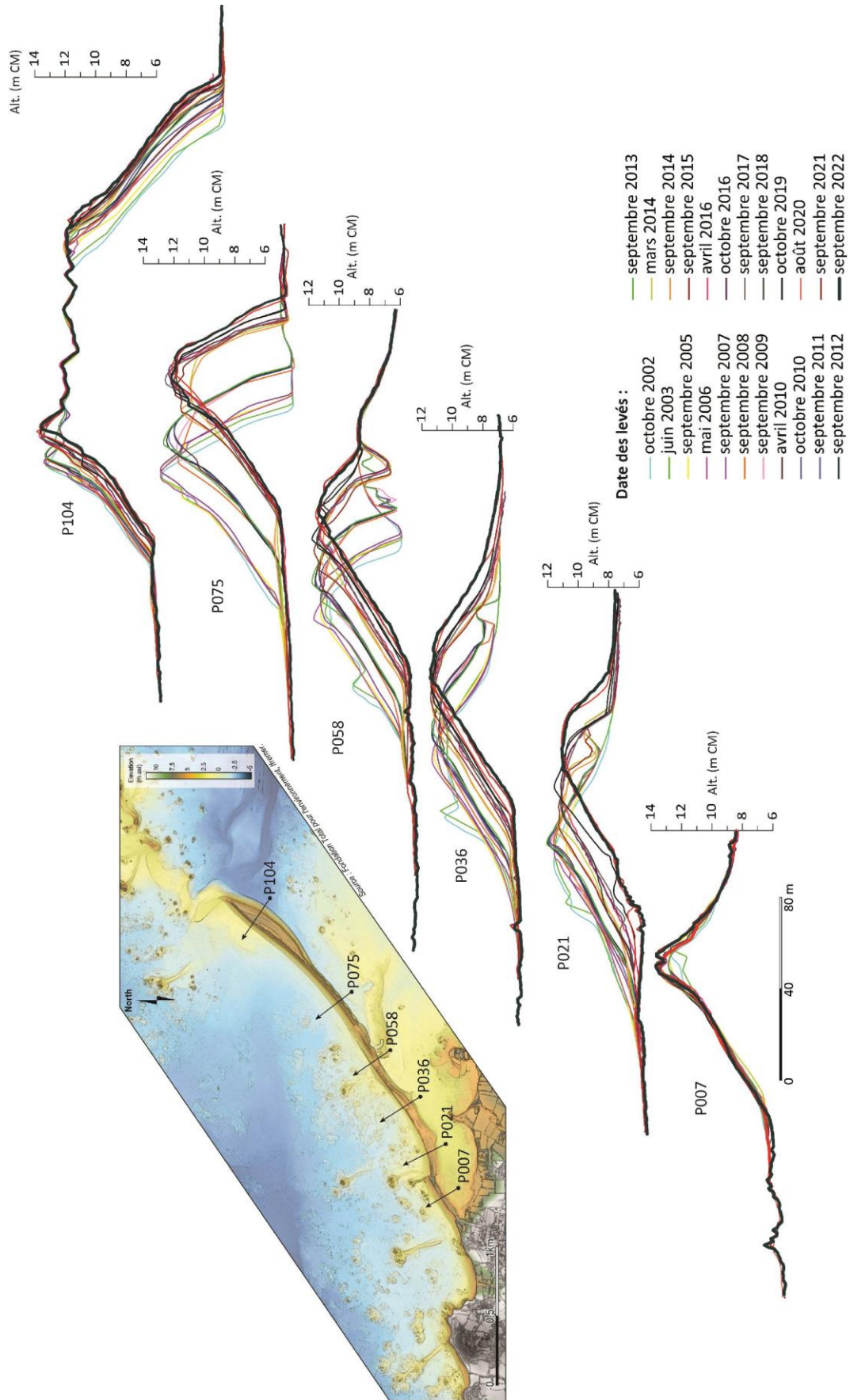


Figure 7 : Evolution des profils transversaux du sillon de Talbert.

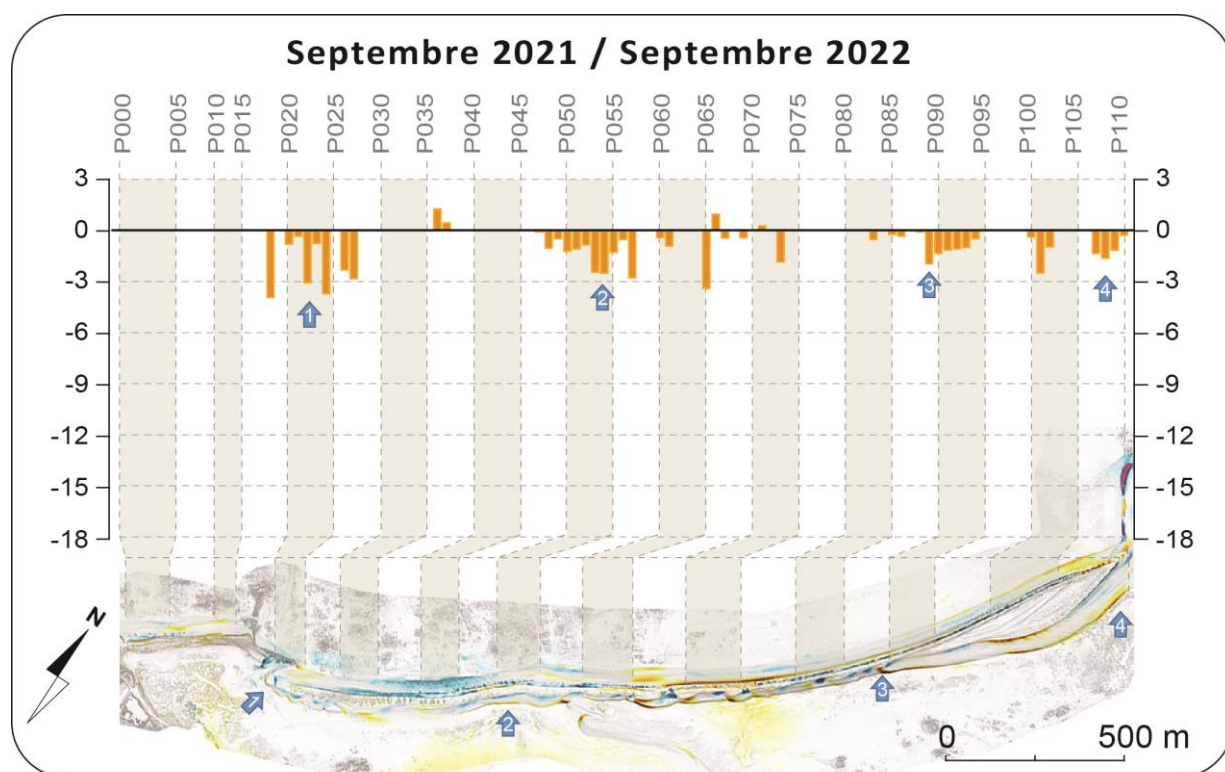


Figure 8 : Recul de la base du revers du Sillon de Talbert entre septembre 2021 et septembre 2022.



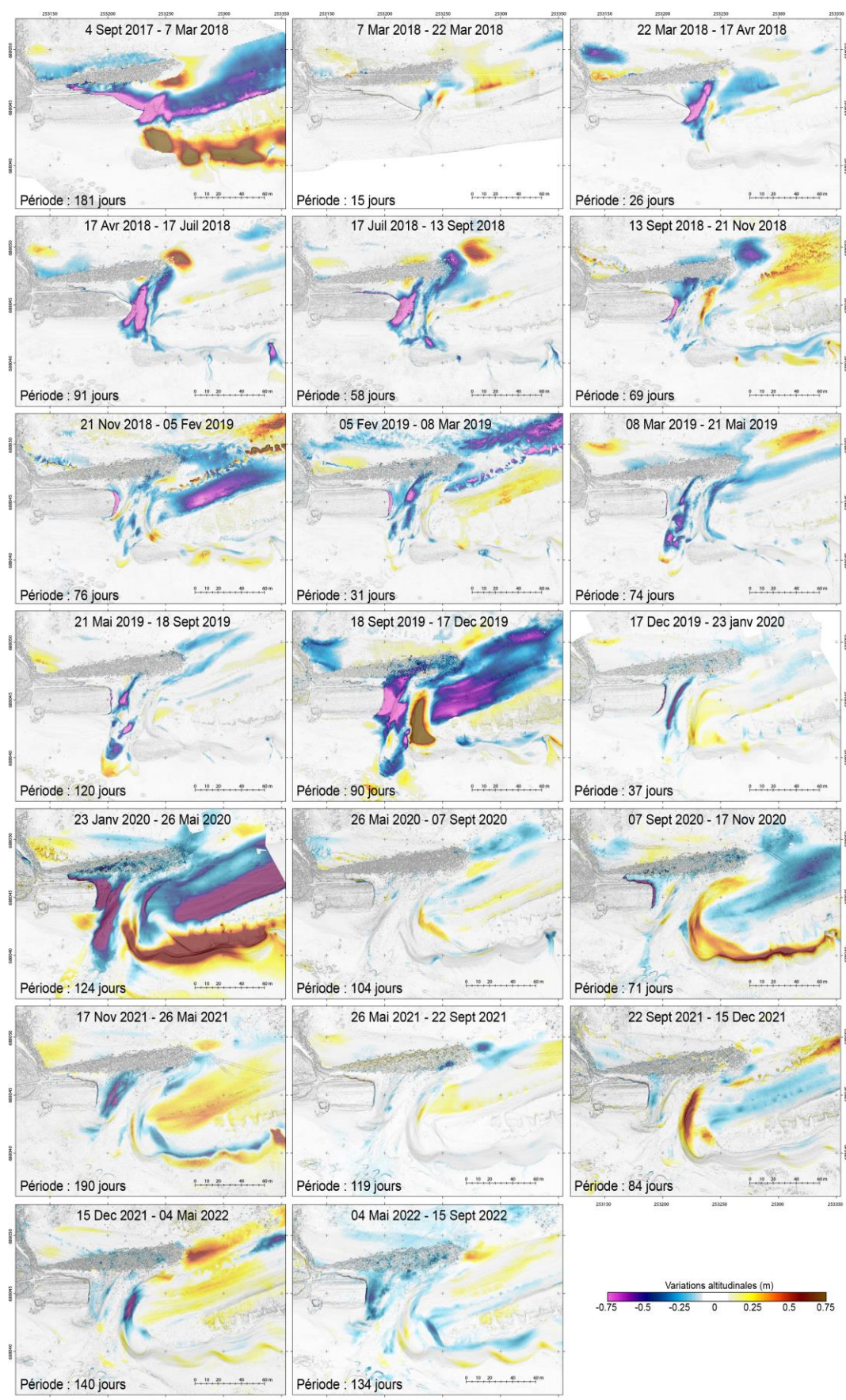


Figure 9 : Evolution topo-morphologique dans le secteur de la brèche (partie proximale du Sillon de Talbert) entre septembre 2017 et septembre 2022. Les couleurs chaudes correspondent à l'accrétion, tandis que les couleurs froides représentent l'érosion.



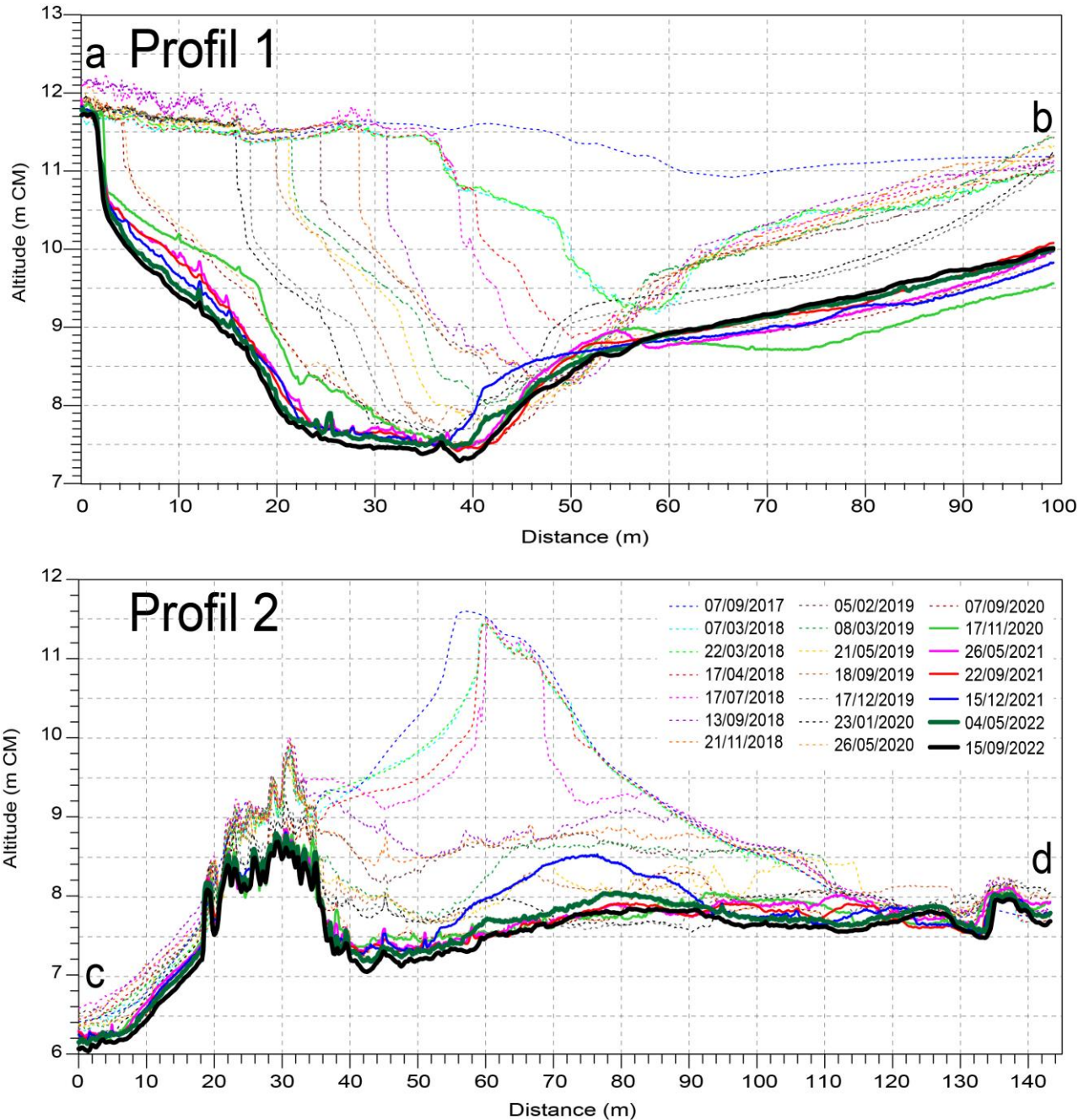


Figure 10 : Profils topographiques dressés entre les points a et b (profils 1) et les points c et d (profil 2) localisés sur la figure 9. Les évolutions du profil 1 illustrent l'élargissement de la brèche par érosion de la rive ouest où le front de dune est taillé en micro-falaise. Les évolutions du profil 2 témoignent de la disparition de la dune et de l'incision du chenal de marée qui emprunte la brèche.

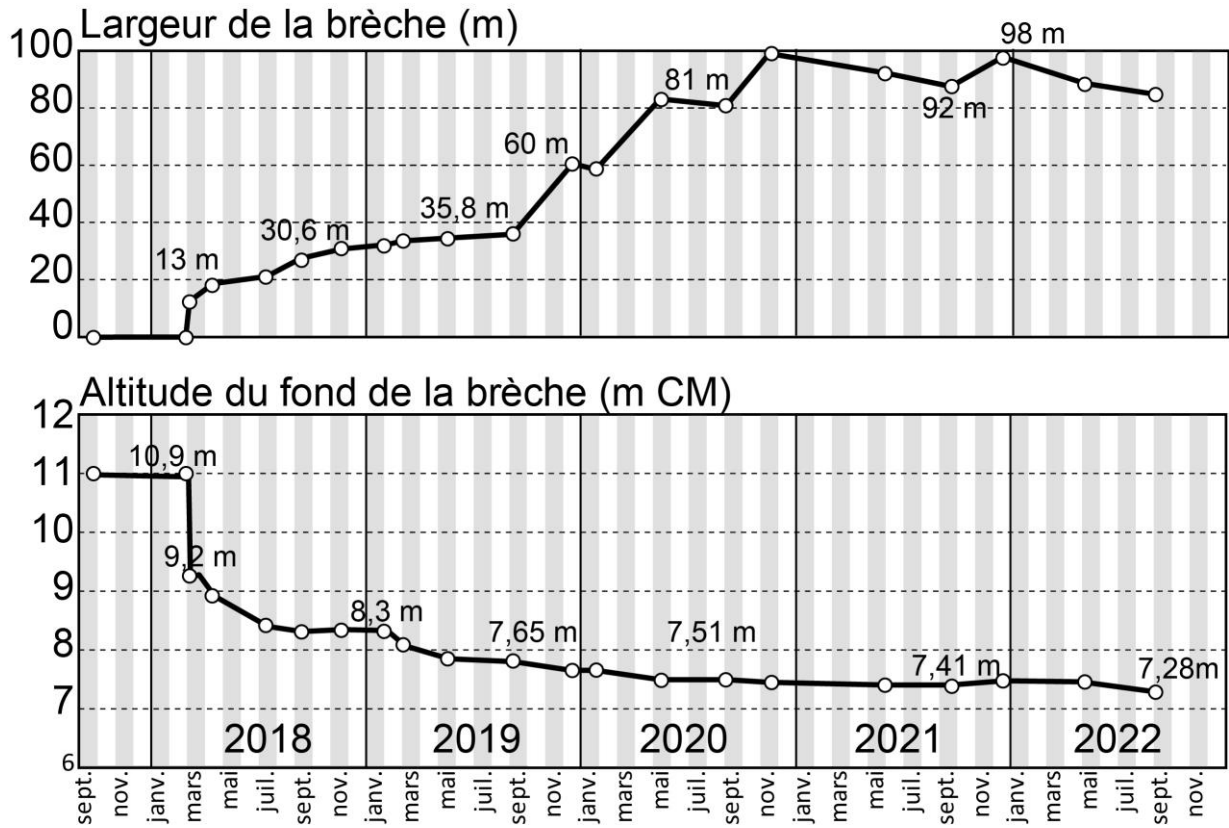


Figure 11 : Elargissement et incision de la brèche (partie proximale du Sillon de Talbert) entre septembre 2017 et septembre 2022. La largeur de la brèche est mesurée entre les points a et b de la figure 12. Cette largeur correspond à la distance qui sépare la ligne des pleines-mers de vive eau de part et d’autre de la brèche. L’incision est mesurée en considérant la plus basse altitude le long du profil de la figure 12.

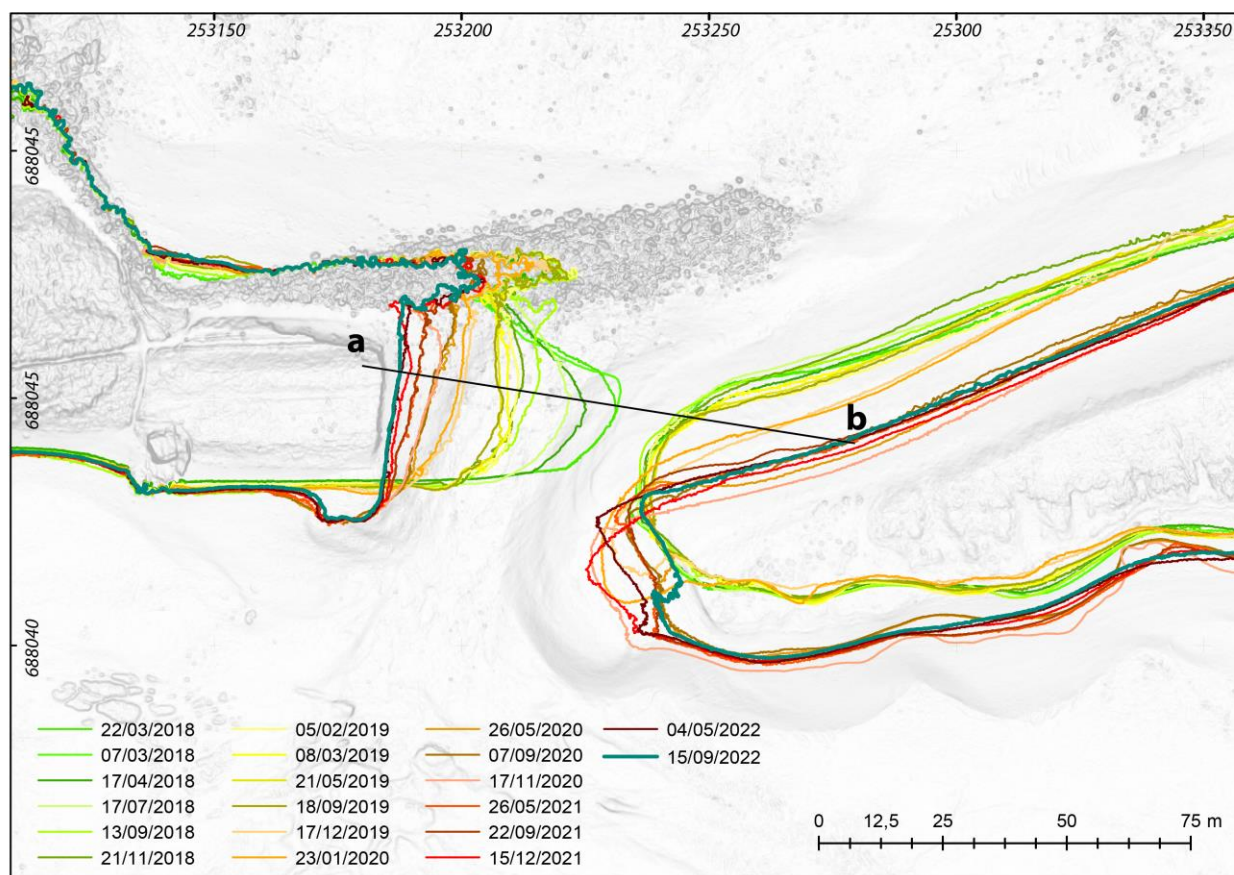


Figure 12 : Evolution du trait de côte au niveau de la brèche entre mars 2018 et septembre 2022.  
Les traits de côte correspondent à la ligne des pleines mers de vive-eau.

*Annexe 1*

Détail des traitements photogrammétriques (rapports des traitements).



# **Sillon de Talbert (relevé photogrammétrique du 04 mai 2022)**

**Rapport de traitement photogrammetrique  
du survol réalisés le 04 mai 2022 sur la brèche du Sillon de Talbert (Pleubian,  
Côtes d'Armor).**

**05 May 2022**



# Données du levé

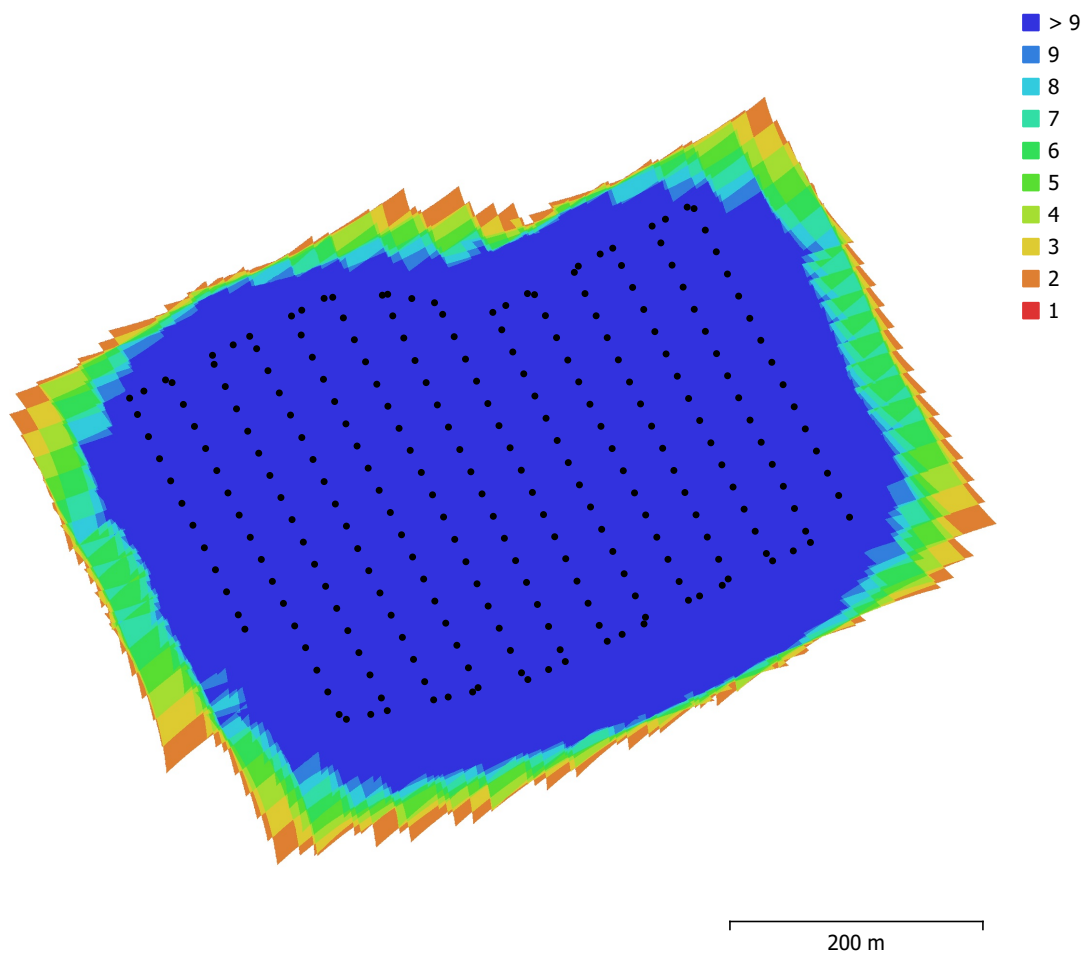


Fig. 1. Emplacements des caméras et chevauchement des images.

Nombre d'images:	251	Stations de caméras:	251
Altitude de vol:	105 m	Points de liaison:	52,999
Résolution au sol:	2.78 cm/px	Projections:	686,012
Zone de couverture:	0.279 km <sup>2</sup>	Erreur de reprojection:	0.511 px

Modèle de caméra	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel	Précalibré
FC6310R (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 µm	Non

Tableau 1. Caméras.

# Calibration de la caméra

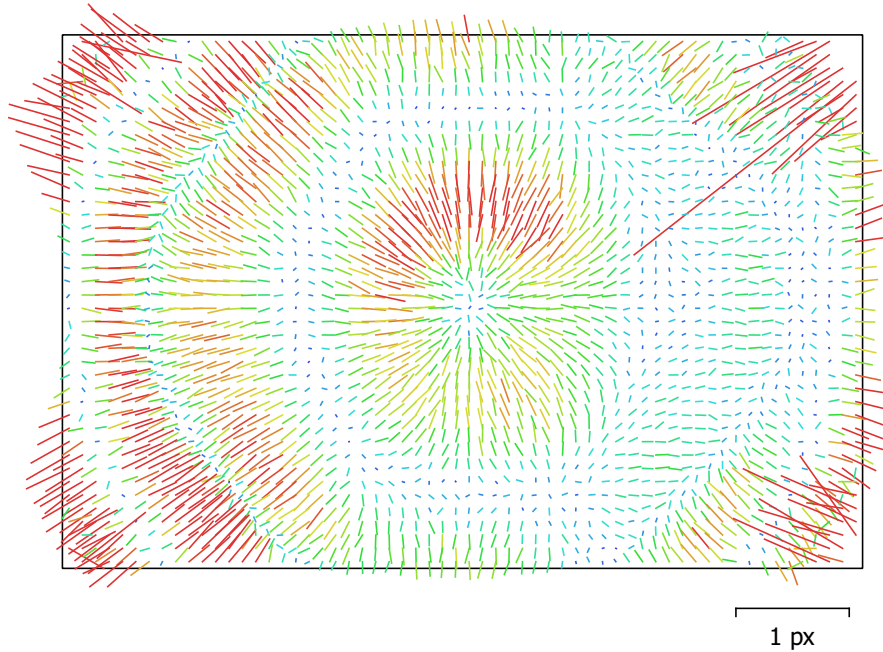


Fig. 2. Résiduelles des points de liaison pour FC6310R (8.8mm).

## FC6310R (8.8mm)

251 images

Type	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel
<b>Cadre</b>	<b>5472 x 3648</b>	<b>8.8 mm</b>	<b>2.41 x 2.41 <math>\mu</math>m</b>

	Valeur	Erreur	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>3648</b>								
<b>Cx</b>	<b>-15.4908</b>	0.034	1.00	-0.05	-0.00	-0.01	0.01	-0.81	0.04
<b>Cy</b>	<b>19.1876</b>	0.038		1.00	-0.02	0.01	-0.00	0.05	-0.88
<b>K1</b>	<b>-0.260832</b>	7.6e-06			1.00	-0.95	0.89	-0.02	-0.00
<b>K2</b>	<b>0.10192</b>	1.6e-05				1.00	-0.98	0.03	-0.01
<b>K3</b>	<b>-0.0268784</b>	9.5e-06					1.00	-0.03	-0.00
<b>P1</b>	<b>-0.000508069</b>	1.2e-06						1.00	-0.04
<b>P2</b>	<b>0.000111494</b>	1.6e-06							1.00

Tableau 2. Coefficients de calibration et matrice de corrélation.



# Points de contrôle au sol

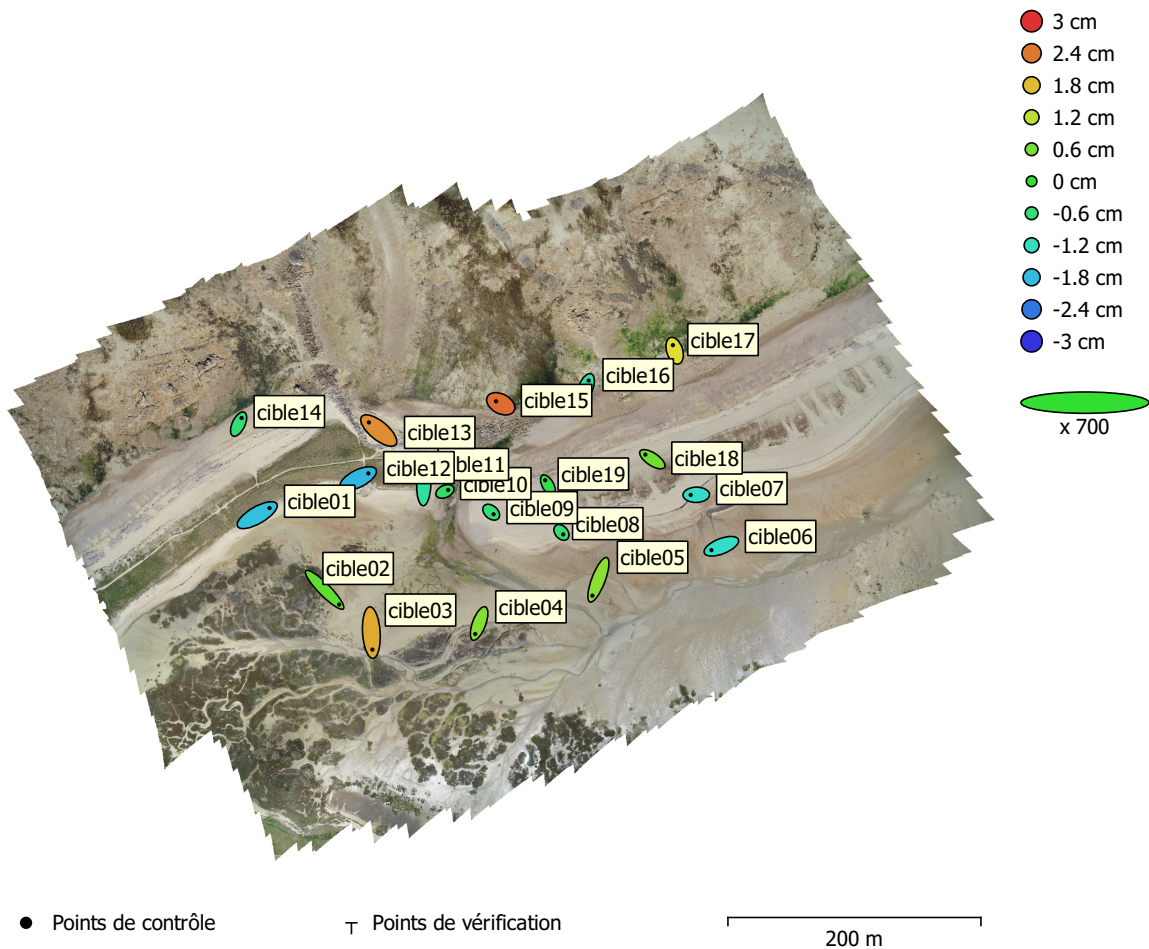


Fig. 3. Emplacements des points de contrôle au sol et estimations d'erreur.

L'erreur Z est représentée par la couleur de l'ellipse. Les erreurs X et Y sont représentées par la forme de l'ellipse. Les emplacements estimés des points de contrôle au sol sont marqués d'un point ou d'une croix.

Nombre	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Erreur XY (cm)	Total (cm)
19	1.52166	1.9341	1.29463	2.46094	2.7807

Tableau 3. Points de contrôle RMSE.

X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

<b>Etiquette</b>	<b>Erreur X (cm)</b>	<b>Erreur Y (cm)</b>	<b>Erreur Z (cm)</b>	<b>Total (cm)</b>	<b>Image (px)</b>
cible01	2.77292	1.59717	-1.75575	3.65003	0.482 (30)
cible02	3.2766	-3.32366	0.394584	4.68386	0.554 (27)
cible03	0.239302	-3.83529	1.93991	4.30465	0.927 (25)
cible04	-0.879587	-2.36722	0.721667	2.62645	0.268 (36)
cible06	-2.24041	-0.88419	-1.30737	2.74052	0.392 (31)
cible05	-1.37146	-3.59056	0.775803	3.92108	1.867 (36)
cible07	-1.26147	-0.027705	-1.30347	1.81414	0.302 (30)
cible08	0.392969	-0.449524	-0.549875	0.811701	0.161 (29)
cible09	0.537989	-0.461316	-0.644	0.957591	0.173 (31)
cible10	0.724283	0.334643	-0.411366	0.89766	0.181 (35)
cible11	0.0994007	3.13182	-0.974101	3.28132	0.362 (31)
cible18	-1.57095	1.04696	0.52806	1.96032	0.280 (31)
cible16	0.622819	1.51853	-1.01361	1.92905	0.262 (33)
cible15	-1.06351	0.563158	2.50056	2.77507	0.890 (33)
cible12	2.30387	1.15903	-1.84907	3.17336	0.543 (28)
cible13	-2.22726	1.82906	2.21067	3.63225	0.898 (32)
cible14	0.674132	1.38738	-0.565097	1.64274	0.192 (32)
cible19	-0.632493	1.12131	-0.198728	1.30264	0.178 (32)
cible17	-0.397156	1.25042	1.50118	1.9937	0.361 (32)
<b>Total</b>	<b>1.52166</b>	<b>1.9341</b>	<b>1.29463</b>	<b>2.7807</b>	<b>0.649</b>

Tableau 4. Points de contrôle.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

# Modèle Numérique d'élévation

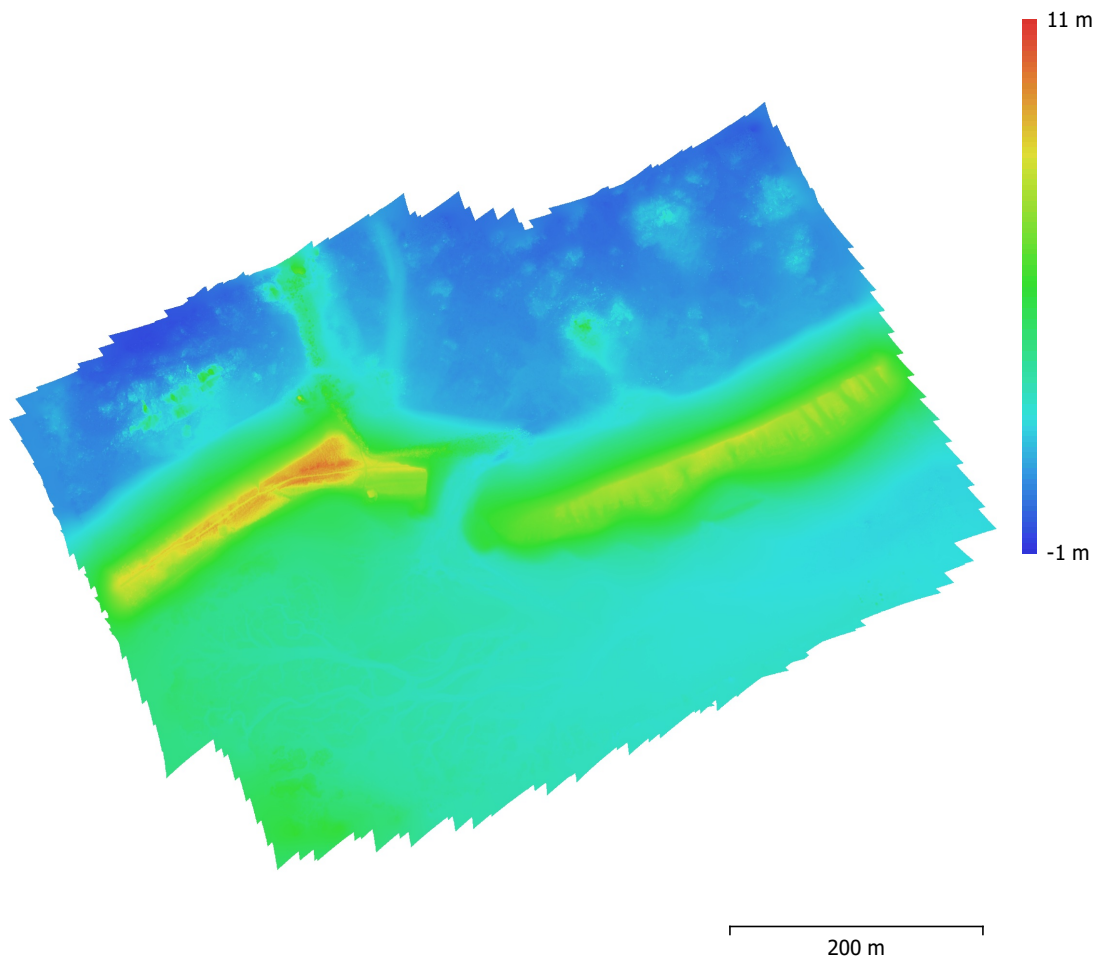


Fig. 4. Modèle numérique d'élévation reconstruit.

Résolution: 5.56 cm/px  
Densité des points: 323 points/m<sup>2</sup>

# Paramètres de traitement

## Général

Caméras	251
Caméras alignées	251
Repères	19
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Angles de rotation	Lacet, Tangage, Roulis

## Nuage de point

Points	52,999 de 110,776
Erreur RMS de reprojection	0.166857 (0.510999 px)
Erreur Max de reprojection	0.499993 (27.6803 px)
Taille moyenne de point	2.79876 px
Couleurs des points	3 bandes, uint8
Points-clé	Non
Multiplicité moyenne des points de liaison	9.9155

## Paramètres d'alignement

Précision	Haute
Présélection générique	Oui
Présélection par références	Non
Limite de points	40,000
Limite de points-clé par Mpx	1,000
Limite de points de liaison	4,000
Exclure les points de liaison fixes	Non
Correspondance d'images guidée	Non
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Oui
Temps de concordance	5 minutes 4 secondes
Utilisation de la mémoire de correspondance	973.20 MB
Temps d'alignement	1 minute 37 secondes
Utilisation de la mémoire d'alignement	883.90 MB

## Paramètres d'optimisation

Paramètres	cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Durée d'optimisation	9 secondes
Date de création	2022:05:04 20:50:43
Version du programme	1.8.3.14331
Taille du fichier	18.32 MB

## Cartes de profondeur

Nombre	251
--------	-----

## Paramètres de génération des cartes de profondeur

Qualité	Haute
Mode de filtrage	Modéré
Max voisins	16
Temps de traitement	13 minutes 58 secondes
Utilisation de la mémoire	12.47 GB
Date de création	2022:05:04 21:58:38
Version du programme	1.8.3.14331
Taille du fichier	1.81 GB

## Nuage de points dense

Points	85,701,940
Couleurs des points	3 bandes, uint8

## Paramètres de génération des cartes de profondeur



Qualité	Haute
Mode de filtrage	Modéré
Max voisins	16
Temps de traitement	13 minutes 58 secondes
Utilisation de la mémoire	12.47 GB

#### **Paramètres de génération du nuage de points dense**

Temps de traitement	26 minutes 26 secondes
Utilisation de la mémoire	13.50 GB
Date de création	2022:05:04 22:25:08
Version du programme	1.8.3.14331
Taille du fichier	1.24 GB

#### **MNE**

Taille	20,170 x 16,434
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)

#### **Paramètres de reconstruction**

Données source	Nuage dense
Interpolation	Activé
Temps de traitement	2 minutes 4 secondes
Utilisation de la mémoire	355.90 MB
Date de création	2022:05:04 22:27:15
Version du programme	1.8.3.14331
Taille du fichier	424.22 MB

#### **Orthomosaique**

Taille	28,044 x 21,832
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Couleurs	3 bandes, uint8

#### **Paramètres de reconstruction**

Mode de fusion	Mosaïque
Surface	MNE
Activer le remplissage des trous	Oui
Activer le filtre fantôme	Non
Temps de traitement	10 minutes 54 secondes
Utilisation de la mémoire	2.50 GB
Date de création	2022:05:04 22:31:22
Version du programme	1.8.3.14331
Taille du fichier	8.15 GB

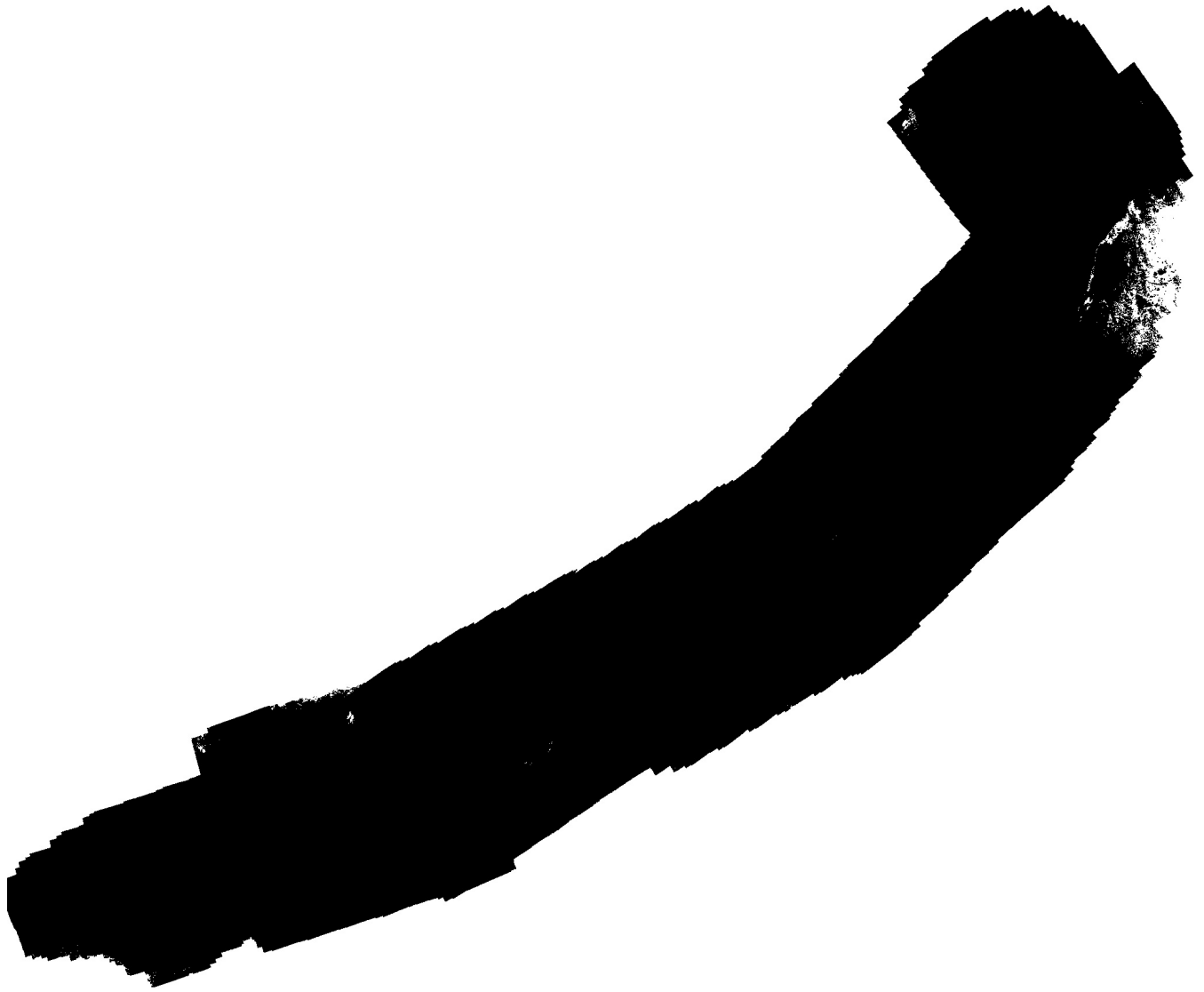
#### **Système**

Nom du programme	Agisoft Metashape Professional
Version du programme	1.8.1 build 13915
Système d'exploitation	Windows 64 bit
RAM	15.82 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-8665U CPU @ 1.90GHz
GPU(s)	Aucun

# **Sillon de Talbert (relevé photogrammétrique du 15 septembre 2022)**

**Rapport de traitement photogrammetrique  
réalisé le 15 septembre 2022 sur le Sillon de Talbert.**

**23 September 2022**



# Données du levé

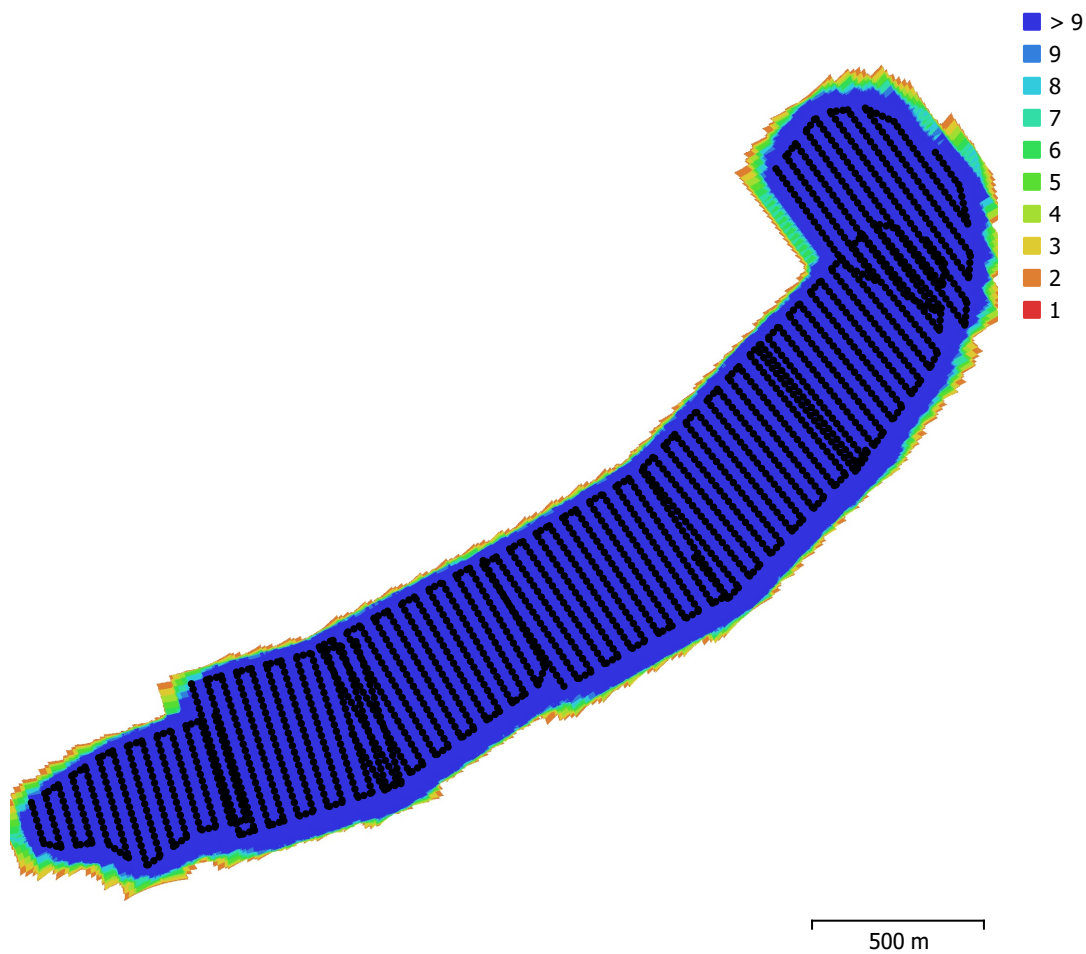


Fig. 1. Emplacements des caméras et chevauchement des images.

Nombre d'images:	2,176	Stations de caméras:	2,176
Altitude de vol:	108 m	Points de liaison:	721,578
Résolution au sol:	2.85 cm/px	Projections:	6,160,383
Zone de couverture:	2.04 km <sup>2</sup>	Erreur de reprojection:	0.398 px

Modèle de caméra	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel	Précalibré
FC6310R (8.8mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 $\mu$ m	Non

Tableau 1. Caméras.



# Calibration de la caméra

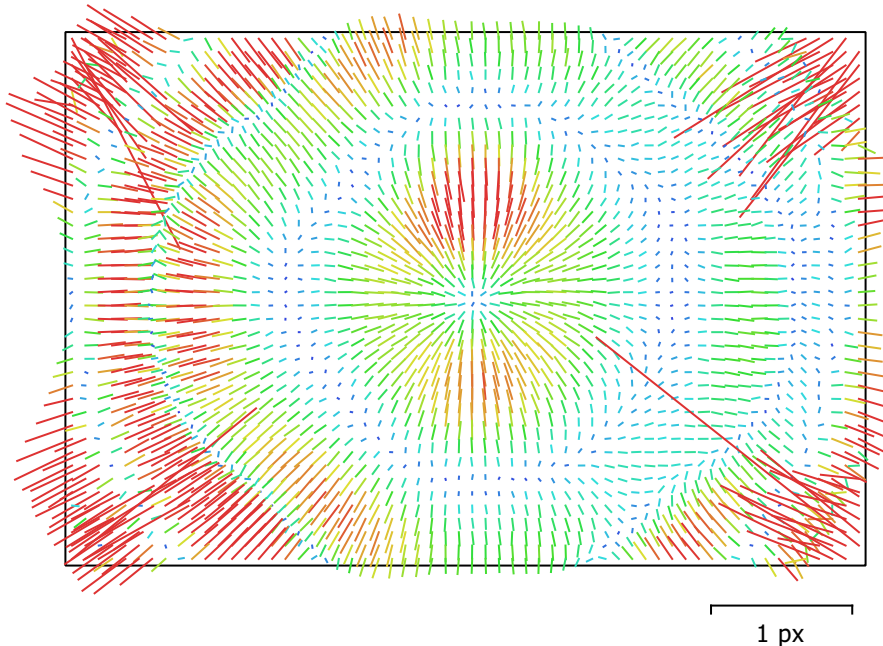


Fig. 2. Résiduelles des points de liaison pour FC6310R (8.8mm).

## FC6310R (8.8mm)

2176 images

Type	Résolution	Longueur focale	Taille de pixel
<b>Cadre</b>	<b>5472 x 3648</b>	<b>8.8 mm</b>	<b>2.41 x 2.41 <math>\mu</math>m</b>

	Valeur	Erreur	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>3639.74</b>	0.14	1.00	0.04	-0.24	-0.99	0.94	-0.88	-0.09	0.26
<b>Cx</b>	<b>-13.6274</b>	0.01		1.00	0.00	-0.04	0.04	-0.04	-0.88	0.00
<b>Cy</b>	<b>18.2518</b>	0.011			1.00	0.24	-0.22	0.21	0.02	-0.96
<b>K1</b>	<b>-0.259956</b>	2e-05				1.00	-0.98	0.93	0.09	-0.25
<b>K2</b>	<b>0.101961</b>	1.6e-05					1.00	-0.99	-0.08	0.24
<b>K3</b>	<b>-0.0271222</b>	6.9e-06						1.00	0.09	-0.23
<b>P1</b>	<b>-0.00055311</b>	4.1e-07							1.00	-0.03
<b>P2</b>	<b>0.000122988</b>	5.4e-07								1.00

Tableau 2. Coefficients de calibration et matrice de corrélation.

# Points de contrôle au sol

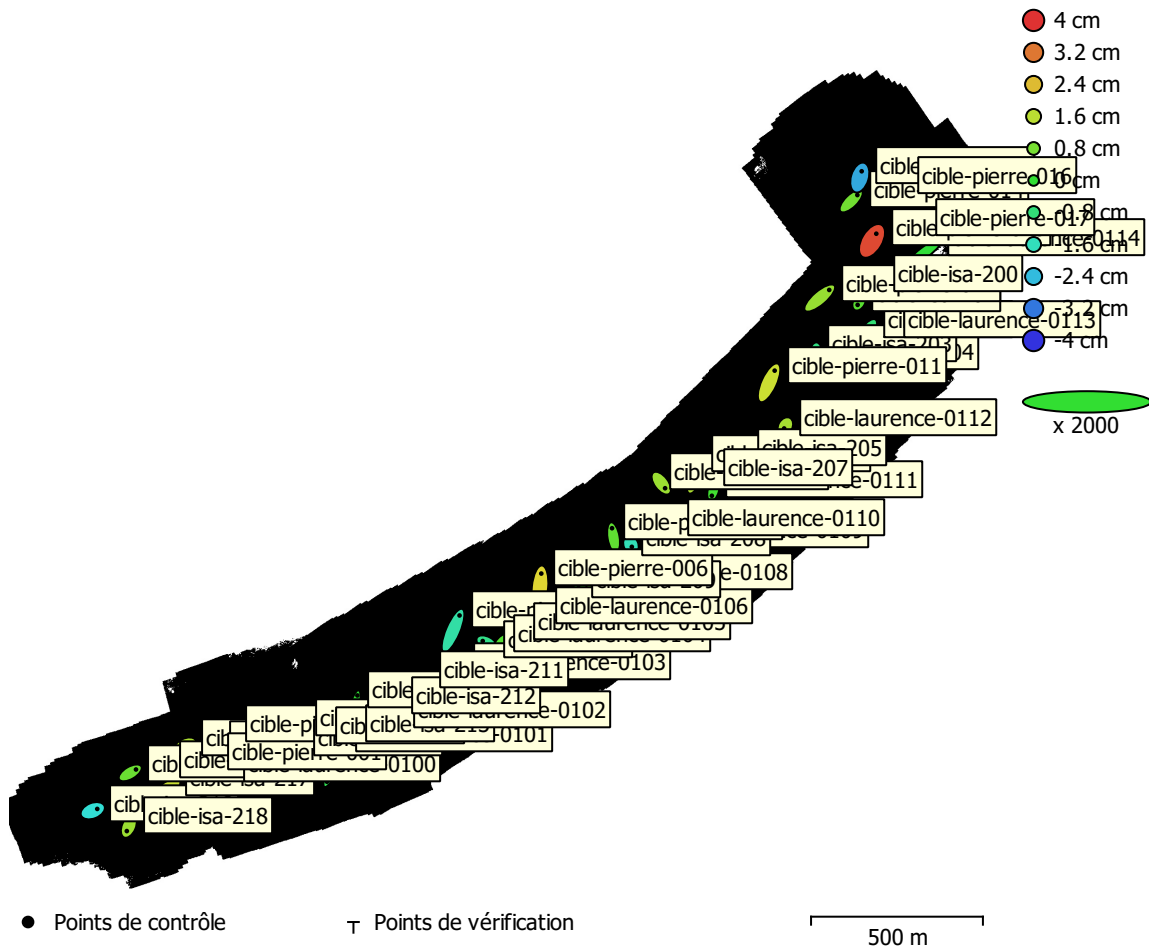


Fig. 3. Emplacements des points de contrôle au sol et estimations d'erreur.

L'erreur Z est représentée par la couleur de l'ellipse. Les erreurs X et Y sont représentées par la forme de l'ellipse. Les emplacements estimés des points de contrôle au sol sont marqués d'un point ou d'une croix.

Nombre	Erreur X (cm)	Erreur Y (cm)	Erreur Z (cm)	Erreur XY (cm)	Total (cm)
53	1.50381	2.21156	1.41687	2.6744	3.02654

Tableau 3. Points de contrôle RMSE.

X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.

<b>Etiquette</b>	<b>Erreur X (cm)</b>	<b>Erreur Y (cm)</b>	<b>Erreur Z (cm)</b>	<b>Total (cm)</b>	<b>Image (px)</b>
cible-isa-219	1.30341	0.520165	-1.88471	2.3498	0.600 (22)
cible-isa-218	-0.57899	-1.32791	1.22199	1.89522	0.384 (23)
cible-isa-217	-2.12774	-1.74629	1.75528	3.26463	0.541 (27)
cible-isa-220	1.67471	0.984569	0.652823	2.04944	0.496 (28)
cible-isa-221	0.418494	0.490124	-0.2165	0.679876	0.379 (25)
cible-isa-222	1.27923	0.665386	1.42261	2.02558	1.334 (39)
cible-isa-223	0.434177	-0.913917	-3.45624	3.6013	0.710 (34)
cible-laure...	-2.89056	-2.59062	3.33229	5.11575	1.185 (35)
cible-pierr...	3.74808	3.38027	0.418757	5.06455	0.563 (34)
cible-pierr...	3.03438	0.80237	-1.39885	3.43628	0.515 (38)
cible-isa-215	-1.44736	-1.5213	-0.867857	2.27209	2.272 (23)
cible-laure...	-2.70899	-5.98878	-0.388251	6.58444	0.937 (24)
cible-pierr...	-1.15645	3.10707	-0.648761	3.37818	0.495 (26)
cible-isa-214	1.20378	-1.23985	-0.308294	1.75538	2.736 (27)
cible-isa-213	-0.674091	1.20212	-1.7981	2.26554	1.140 (35)
cible-laure...	-0.979549	-2.89937	1.24252	3.30298	0.398 (39)
cible-pierr...	1.27061	5.08793	-0.00214804	5.24418	0.741 (41)
cible-isa-212	-0.352312	0.783948	-0.949933	1.28104	0.268 (31)
cible-laure...	-1.55386	-2.68512	1.83903	3.60644	0.722 (25)
cible-isa-211	1.22338	0.889083	-0.663225	1.65136	0.643 (25)
cible-pierr...	1.88728	4.41298	-1.33796	4.9826	0.917 (26)
cible-isa-210	-1.24317	0.701333	-0.995236	1.74007	0.461 (25)
cible-laure...	-0.896139	-1.49949	0.395633	1.79111	1.201 (25)
cible-laure...	-0.281498	-1.86913	-0.541738	1.96631	0.285 (29)
cible-laure...	0.283878	-1.27775	0.329945	1.34985	0.202 (28)
cible-laure...	0.662279	-2.28477	0.534783	2.43819	0.358 (23)
cible-isa-209	-0.347707	0.152214	-0.181707	0.420816	0.181 (24)
cible-pierr...	0.379384	3.99486	2.10564	4.53173	0.863 (26)
cible-laure...	-1.43987	-2.17891	1.081	2.82655	0.476 (25)
cible-isa-208	0.257698	-0.59397	-1.55262	1.68222	0.473 (22)
cible-pierr...	-0.447558	2.72299	0.518203	2.80776	0.504 (25)

<b>Etiquette</b>	<b>Erreur X (cm)</b>	<b>Erreur Y (cm)</b>	<b>Erreur Z (cm)</b>	<b>Total (cm)</b>	<b>Image (px)</b>
cible-isa-206	0.338526	0.442871	-0.203695	0.593487	1.378 (22)
cible-laure...	-0.283578	-0.536537	0.101151	0.61524	0.203 (31)
cible-laure...	-0.437866	-1.53611	0.17929	1.60733	0.283 (25)
cible-pierr...	1.10371	-1.47115	1.22718	2.21098	0.339 (30)
cible-pierr...	1.25049	3.92448	1.44366	4.36457	0.685 (27)
cible-isa-205	0.172937	0.886596	-2.53911	2.69501	0.699 (23)
cible-laure...	-0.347649	-0.629774	1.34195	1.5226	0.309 (33)
cible-isa-207	0.749815	-0.785775	-1.26551	1.66768	0.454 (21)
cible-isa-204	-0.554249	-1.66991	0.120433	1.7636	0.551 (22)
cible-isa-203	-0.166807	-1.69711	-0.920274	1.93776	0.485 (25)
cible-pierr...	1.62162	3.54183	1.78264	4.28393	0.556 (37)
cible-isa-202	-1.41376	-1.99648	-0.769839	2.56462	0.482 (24)
cible-laure...	-1.24043	-2.30719	-1.06374	2.82725	0.453 (26)
cible-isa-201	-0.414265	-0.739718	0.451992	0.960778	1.901 (23)
cible-pierr...	2.76753	2.35883	1.16594	3.81873	0.627 (34)
cible-isa-200	-0.218157	0.182878	-1.74811	1.77114	0.486 (37)
cible-laure...	-3.96584	-2.96734	-0.0819579	4.95376	0.584 (51)
cible-pierr...	1.2447	2.08795	3.73937	4.46001	1.088 (49)
cible-pierr...	1.79941	1.75237	0.726706	2.61473	2.463 (26)
cible-pierr...	0.548718	1.832	-2.63069	3.25236	0.762 (24)
cible-pierr...	-3.02044	1.1675	-1.39012	3.524	0.376 (37)
cible-pierr...	0.530675	-1.12041	0.674404	1.4113	2.023 (26)
<b>Total</b>	<b>1.50381</b>	<b>2.21156</b>	<b>1.41687</b>	<b>3.02654</b>	<b>0.928</b>

Tableau 4. Points de contrôle.  
X - Est, Y - Nord, Z - Altitude.



# Modèle Numérique d'élévation

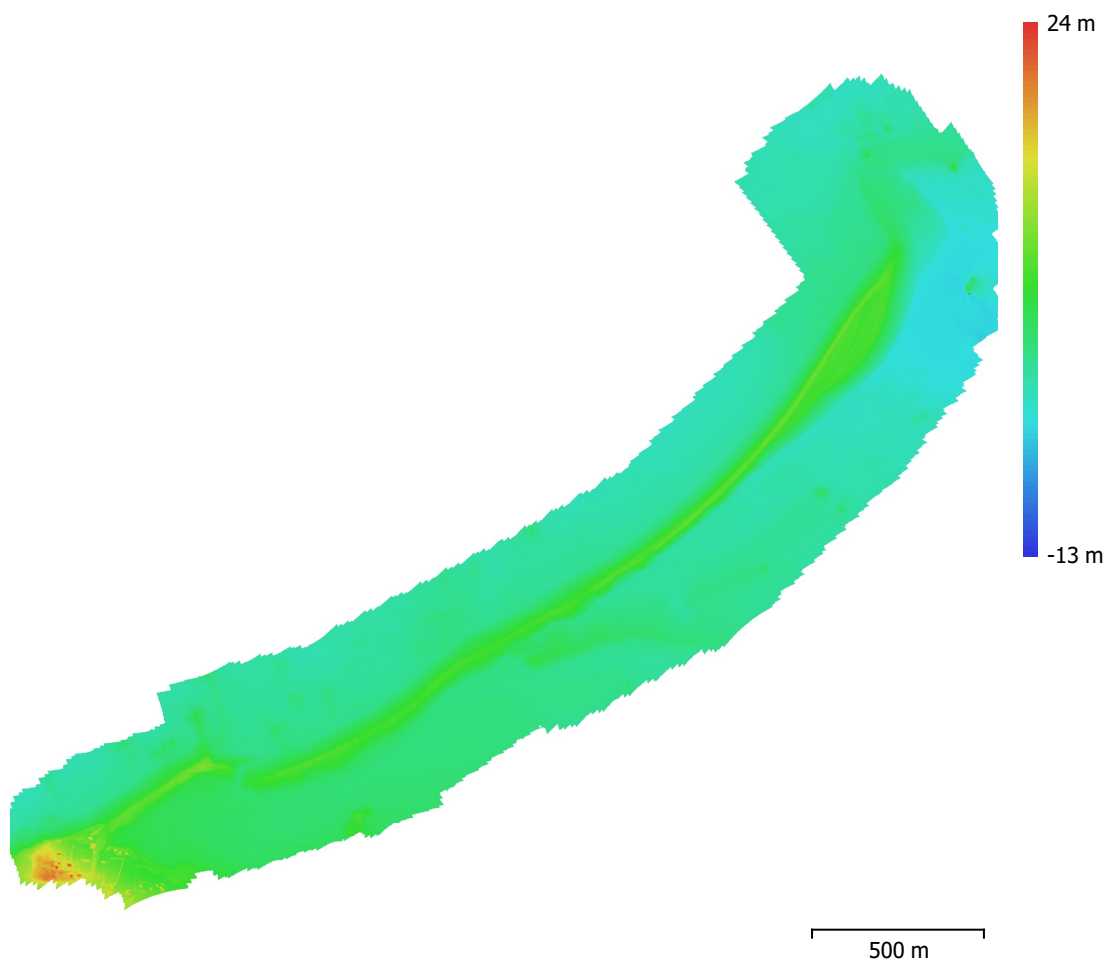


Fig. 4. Modèle numérique d'élévation reconstruit.

Résolution: 5.71 cm/px  
Densité des points: 307 points/m<sup>2</sup>

# Paramètres de traitement

## Général

Caméras	2176
Caméras alignées	2176
Repères	53
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)
Angles de rotation	Lacet, Tangage, Roulis

## Nuage de point

Points	721,578 de 1,220,111
Erreur RMS de reprojection	0.155216 (0.397716 px)
Erreur Max de reprojection	1.04776 (7.33248 px)
Taille moyenne de point	2.49112 px
Couleurs des points	3 bandes, uint8
Points-clé	Non
Multiplicité moyenne des points de liaison	7.53806

## Paramètres d'alignement

Précision	Haute
Présélection générique	Oui
Présélection par références	Non
Limite de points	40,000
Limite de points-clé par Mpx	1,000
Limite de points de liaison	4,000
Exclure les points de liaison fixes	Non
Correspondance d'images guidée	Oui
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Oui
Temps de concordance	41 minutes 9 secondes
Utilisation de la mémoire de correspondance	1.16 GB
Temps d'alignement	17 minutes 32 secondes
Utilisation de la mémoire d'alignement	1.36 GB

## Paramètres d'optimisation

Paramètres	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajustement progressif du modèle de la caméra	Non
Durée d'optimisation	1 minute 13 secondes
Date de création	2022:09:21 15:59:32
Version du programme	1.8.4.14671
Taille du fichier	160.63 MB

## Cartes de profondeur

Nombre	2176
--------	------

## Paramètres de génération des cartes de profondeur

Qualité	Haute
Mode de filtrage	Modéré
Max voisins	16
Temps de traitement	1 heure 29 minutes
Utilisation de la mémoire	12.86 GB
Date de création	2022:09:22 16:06:52
Version du programme	1.8.4.14671
Taille du fichier	14.75 GB

## Nuage de points dense

Points	602,810,196
Couleurs des points	Aucun

## Paramètres de génération des cartes de profondeur

Qualité	Haute
Mode de filtrage	Modéré
Max voisins	16
Temps de traitement	1 heure 29 minutes
Utilisation de la mémoire	12.86 GB

#### **Paramètres de génération du nuage de points dense**

Temps de traitement	1 heure 52 minutes
Utilisation de la mémoire	13.18 GB
Date de création	2022:09:22 22:09:24
Version du programme	1.8.4.14671
Taille du fichier	5.41 GB

#### **MNE**

Taille	86,493 x 77,440
Système de coordonnées	RGF93 / Lambert-93 (EPSG::2154)

#### **Paramètres de reconstruction**

Données source	Nuage dense
Interpolation	Activé
Temps de traitement	11 minutes 18 secondes
Utilisation de la mémoire	339.64 MB
Date de création	2022:09:23 11:07:55
Version du programme	1.8.4.14671
Taille du fichier	2.93 GB

#### **Système**

Nom du programme	Agisoft Metashape Professional
Version du programme	1.8.1 build 13915
Système d'exploitation	Windows 64 bit
RAM	15.82 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-8665U CPU @ 1.90GHz
GPU(s)	Aucun