



HAL
open science

Rapport sur le suivi morphosédimentaire du sillon de Talbert pour l'année 2015

Pierre Stéphan, Bernard Fichaut, Serge S. Suanez, Ronan Autret, Jérôme
Ammann, Philippe Grandjean, Christophe Delacourt

► **To cite this version:**

Pierre Stéphan, Bernard Fichaut, Serge S. Suanez, Ronan Autret, Jérôme Ammann, et al.. Rapport sur le suivi morphosédimentaire du sillon de Talbert pour l'année 2015. [Rapport de recherche] LETG-Brest UMR 6554 CNRS; Université de Bretagne Occidentale (UBO). 2016, 22 p. hal-01357489

HAL Id: hal-01357489

<https://hal.science/hal-01357489>

Submitted on 29 Aug 2016

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.



ueb
UBO

université
de bretagne
occidentale

Pierre STÉPHAN
Bernard FICHAUT
Serge SUANEZ
Ronan AUTRET
Jérôme AMMANN
Philippe GRANDJEAN
Christophe DELACOURT

Rapport sur le suivi morphosédi- mentaire du sillon de Talbert pour l'année 2015

Août 2016



INSTITUT
UNIVERSITAIRE
EUROPÉEN
DE LA MER



Suivi morphosédimentaire du Sillon de Talbert pour l'année 2015
(Commune de Pleubian – Période de septembre 2014 à septembre 2015)

Pierre STÉPHAN
Bernard FICHAUT
Serge SUANEZ
Ronan AUTRET
Jérôme AMMANN
Philippe GRANDJEAN
Christophe DELACOURT

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



***Suivi morphosédimentaire du Sillon de Talbert pour l'année 2015
(Commune de Pleubian – Période de septembre 2014 à septembre 2015)***



Maître d'œuvre

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

Réalisation : Pierre STÉPHAN, Bernard FICHAUT, Serge SUANEZ, Ronan AUTRET, Jérôme AMMANN, Philippe GRANDJEAN, Christophe DELACOURT
pierre.stephan@univ-brest.fr; bernard.fichaut@univ-brest.fr ; serge.suanez@univ-brest.fr

Direction scientifique : Pierre Stéphan, Serge Suanez et Bernard Fichaut
pierre.stephan@univ-brest.fr ; serge.suanez@univ-brest.fr ; bernard.fichaut@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. L'objectif est d'analyser les modalités d'évolution de la flèche depuis l'enlèvement de l'enrochement en 2004 (Stéphan *et al.*, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2015 ; Fichaut *et al.*, 2010, 2013). Dans le cadre de ce rapport, nous présentons les principaux changements morphologiques survenus entre les levés topographiques effectués aux mois de septembre 2014 et septembre 2015 à l'échelle du Sillon.

La méthode que nous avons employée pour reconstituer la topographie de l'estran respecte en partie le protocole de mesure détaillé dans nos précédents rapports. Elle s'appuie sur l'acquisition de mesures topographiques au DGPS (type TopCon HiperV) à partir d'une station fixe installée sur la 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*). Toutefois, il faut noter que quelques changements ont été introduits cette année et nécessitent de faire un nouveau point méthodologique.

Il faut noter que le levé de 2015 fait suite aux grosses tempêtes de l'hiver 2013-2014. Ce dernier a été l'un des plus tempétueux qu'a connus la Bretagne au cours des deux dernières décennies. Entre les mois d'octobre 2013 et de mars 2014, une douzaine de tempêtes majeures se sont succédées sur les côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche, associant des vents violents, de fortes pluviométries et de fortes houles océaniques (Blaise *et al.*, 2015). Ce contexte, particulièrement propice au mouvement des sédiments sur le littoral, a entraîné un démaigrissement de nombreuses plages de Bretagne. La forte fréquence de ces événements durant l'hiver a abouti, à plusieurs reprises, à la conjonction d'une mer très agitée et d'une marée de vive-eau. Durant les pleines mers, l'action des vagues a été portée dans les parties hautes de l'estran, rarement atteintes par la mer. Conjuguée à des coefficients de marée importants et des surcotes significatives, la forte agitation marine a généré des niveaux d'eau instantanés très élevés. Les vagues ont donc franchi de nombreux cordons de galets. Compte tenu de son exposition aux houles, le Sillon de Talbert a été frappé de plein fouet par ces phénomènes. Toutefois, la comparaison des levés réalisés entre mars 2014 et septembre 2014 a montré que le cordon était en cours de régénération post-tempête, liée aux conditions météo-océaniques plus calmes qui ont agi durant cette période (Stéphan *et al.*, 2015). Il s'agissait donc de voir si le levé de l'année 2015 confirmait ou pas cette tendance à la régénération du sillon de Talbert.

2-Méthodologie des relevés

1.1- Quelques changements : nouvelle altitude, nouveau système de coordonnées pour le Sillon

Comme cela a été dit en introduction, plusieurs mises à jour ont été réalisées en 2015 dans les systèmes de référence (altitude et projection géographique) utilisés pour le relevé topo-morphologique du Sillon. Tout d'abord, l'altitude du Sillon a été revue. Jusqu'à présent, nous utilisons les coordonnées fournies par l'IGN sur la borne de Creach Maout pour recalculer en X-Y-Z l'ensemble de nos relevés. L'IGN donne une valeur en altitude de 41.92 m IGN69 pour cette borne, mais précise également que cette valeur n'est exacte que dans un intervalle de ± 50 cm. Il s'agit donc d'une valeur indicative que nous avons souhaité affiner. Pour ce faire, une procédure de post-traitement DGPS sur cette base a été réalisée. Cette procédure nous permet de proposer une altitude de 41.81 m IGN69 avec une erreur inférieure au centimètre. La différence entre la valeur utilisée jusqu'à présent et la nouvelle altitude est de 11 cm. Cet écart est faible mais reste significatif. Il nous a donc semblé indispensable de corriger l'ensemble des relevés réalisés depuis 2002 sur le Sillon. Les données issues des 16 campagnes de mesures topographiques menées entre octobre 2002 et septembre 2015 ont été modifiées en ce sens. Nous avons également profité de ce travail pour adopter le système de coordonnées Lambert 93, qui est désormais utilisé comme système de référence à l'échelle de la France métropolitaine. Cette mise aux normes devrait notamment faciliter l'inter-comparaison des données et les rendent interoperables avec d'autres sources d'information géographique.

2.2- Source des données utilisées pour le relevé de septembre 2015

Trois semis de points topographiques ont été utilisés pour produire le Modèle Numérique de Terrain de septembre 2015 :

- 1- un semis de points « invariables » relevés au DGPS lors des précédentes campagnes de mesures et que nous avons réutilisés dans les secteurs qui n'ont pas enregistré de changements morphologiques perceptibles ;
- 2- un semis de points relevés au mois de septembre 2015 à l'aide d'un DGPS sur les secteurs mobiles du sillon que nous détaillons dans le point 1.3. Ce semis ne couvre pas toutes les zones habituellement relevées. Il a donc été complété par :
- 3- un semis de points obtenus à partir de plusieurs survols aériens effectués au drone que nous détaillons dans le point 1.4.

1.3. Les relevés au DGPS

Les relevés au DGPS (modèle TopCon Hyper-V) ont été réalisés du 28 septembre au 01 octobre 2015 à partir d'une station fixe et de 3 mobiles fonctionnant simultanément. Un total de 9420 points de mesure ont été relevés sur le terrain de cette façon (fig. 1). 134 lignes de rupture de pente ont également été relevées sur le terrain afin d'être intégrées aux modélisations numériques. Un ensemble de 2307 points « invariables » relevés au cours des précédentes années au DGPS ont été ajoutés, ainsi que 67 lignes de ruptures de pente « fixes ».

1.4-Les relevés issus des survols au drone

Une nouvelle technique de relevé basée sur l'utilisation de photographies stéréoscopiques a également été mise en œuvre cette année afin d'améliorer la qualité de la mesure topo-morphologique. Cette méthode a reposé sur l'utilisation d'un drone exocoptère autopiloté qui a été déployé du 30 septembre au 1er octobre. Quatre survols ont été nécessaires pour couvrir l'ensemble du sillon (tableau 1 et fig. 2). Ce drone est équipé d'un appareil photo reflex Nikon D800 avec une longueur focale de 35 mm. Les images ont été prises à une altitude moyenne de 115 m. A partir de ces prises de vue, la topographie du Sillon a été reconstituée selon le principe de la stéréo-photogrammétrie sous le logiciel Agisoft PhotoScan. 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.

Vol	Date	Heure	Durée	Secteur du Sillon couvert par le vol	Camera	Longueur focale	Resolution	Nbre de prises de vue	Nbre de cibles au sol
A	30/09/2015	09:27 à 09:52	25'	partie proximale	Nikkon D800	35 mm	7360 x 4912	214	14
B	30/09/2015	12:17 à 12:26	9'	partie médiane	Nikkon D800	35 mm	7360 x 4912	194	17
C	01/10/2015	20:29 à 10:36	7'	partie médiane	Nikkon D800	35 mm	7360 x 4912	152	17
D	01/10/2015	12:39 à 12:48	9'	partie distale	Nikkon D800	35 mm	7360 x 4912	207	16

Tableau 1 : Caractéristiques des survols au drone réalisés en 2015 sur le Sillon de Talbert.

Au total, 744 clichés aériens ont été utilisés. Avant chaque survol, un ensemble de 74 cibles a été positionné au sol (fig. 3) et leur position a été relevée au DGPS. Les coordonnées de ces cibles ont été utilisées pour géoréférencer les prises de vue et le nuage de points topographiques produit (fig. 4). Cette méthode a permis de produire deux principales données : (i) une orthophotographie de la zone survolée (fig. 5) et (ii) un nuage de points de très forte densité comptant 56 812 000 de points, soit 146 points en moyenne par m². Afin de limiter le poids des données produites et de faciliter leur interprétation, un Modèle Numérique de Terrain a été généré (fig. 6). Dans cette étude, l'orthophotographie et le MNT-drone sont fournis avec une résolution de 10x10 cm, soit une résolution 10 fois supérieure au MNT produit à partir des mesures au DGPS (MNT-DGPS), comme on peut le constater sur les zoom réalisés au niveau de la « taille de guêpe », dans la partie proximale du Sillon (fig. 7 et 8).

En dépit de leur très haute résolution, les données issues des survols au drone présentent des erreurs significatives par endroits (fig. 9). Celles-ci sont généralement liées (i) à un mauvais recoupement entre les prises de vues aériennes ou (ii) à la présence de surface en eau lors du survol. Le logiciel manque alors d'informations pour restituer la topographie et génère des données aberrantes, en particulier en terme d'altitude. Un test a donc été réalisé pour estimer ces erreurs en utilisant les semis de points relevés au DGPS dont on sait qu'ils sont précis au centimètre près. Au niveau de chacun de ces points, nous avons comparé l'altitude DGPS avec l'altitude du MNT-drone. Cette comparaison montre que les erreurs sont faibles dans l'ensemble (inférieures à 10 cm). Toutefois, deux secteurs présentent des erreurs importantes (fig. 9). Le premier est situé dans la partie proximale. Les décalages sont liés ici à un mauvais recouvrement entre les images aériennes ; le second se situe dans la partie distale, à la base du revers, où la présence d'eau explique les données aberrantes. Ce test permet donc de retenir deux leçons pour les survols à venir. La première est de garantir un bon recouvrement entre les prises de vues. La seconde est de réaliser les survols lors des plus basses mers afin de réduire les surfaces en eau.

1.2-Le MNT de septembre 2015

Une fois validé, le MNT-drone a été utilisé dans les secteurs non-couverts par les mesures au DGPS : (i) en bas de plage dans la partie proximale, (ii) sur la quasi-totalité du revers du Sillon (à l'exception des secteurs présentant des données aberrantes). Au total, 17 545 points issus du MNT-drone ont été intégrés aux relevés DGPS pour produire le MNT de septembre 2015 (fig. 10). La topographie a été modélisée sous le logiciel Surfer 10 en utilisant le krigeage comme modèle d'interpolation avec intégration des lignes de rupture de pente. La topographie du mois de septembre 2015 a ensuite été comparée à celle de septembre 2014 afin d'effectuer le bilan morpho-sédimentaire de l'année (fig. 11).

3- Evolution morphologique entre septembre 2014 et septembre 2015 : poursuite de la régénération naturelle post-tempête

2-1- Caractéristiques de l'évolution morpho-sédimentaire (fig. 12)

Suite à l'érosion importante causée par les tempêtes de l'hiver 2013-2014, la période comprise entre mars et septembre 2014 avait été marquée par des processus de régénération morphosédimentaire liés à des conditions météo-marines relativement clémentes et propices à la reconstruction naturelle du cordon. Ces processus de régénération ont principalement consisté en un redressement de la crête sommitale du cordon par exhaussement à partir du matériel sédimentaire remonté de la face avant par les petites houles. Ainsi, le sillon se "redresse" de manière à se protéger contre les prochaines houles de tempête. Les conditions météo-marines

clémentes, propices à la mise en place de ces processus, se sont maintenues jusqu'en septembre 2015, sans événement particulièrement morphogène. Ainsi, les résultats de septembre 2015 indiquent une poursuite de la consolidation du cordon. Ce constat positif doit toutefois être nuancé car les points de fragilité apparus le long du sillon au début de l'année 2014 ne se sont pas résorbés. Les principales modifications morphologiques sont synthétisées dans la figure 12 et sont décrites comme suit :

(1, fig. 12) : La plage du Chouk a enregistré une évolution peu significative au cours de cette période, traduisant essentiellement à une redistribution des sédiments de part et d'autre de la plage. Le bilan sédimentaire de ce secteur est faiblement déficitaire. Sur le haut de plage, on peut suspecter un départ de quelques centaines de m³ de sable en direction de la dune. Un levé plus fin de ce secteur sera à réaliser l'an prochain pour confirmer cette consolidation dunaire par des apports éoliens. Cette phase de calme morphogénique s'est également soldée par une avancée du front de végétation dunaire qui tend à recoloniser la partie haute de l'estran. Cette avancée atteint 9 m par endroits entre les mois de septembre 2014 et de septembre 2015 (fig. 16).

(2, fig. 12) : Dans la partie proximale, essentiellement sableuse, le bilan sédimentaire est nettement déficitaire. La plage a perdu près de 6700 m³ de sédiment dont la majeure partie a migré vers la pointe du Sillon où elle est venue s'incorporer aux galets. Immédiatement en arrière de l'enrochement du Chouk (fig. 7 et 8), l'amincissement de la « taille de guêpe » s'est accentué. Malgré les conditions météorologiques clémentes, les vagues ont poursuivi leur action de sapement de la microfalaise sableuse située en arrière de l'enrochement. Par endroits, entre les points de mesure P015 et P020, l'altitude de la crête s'est abaissée de 1m entre septembre 2014 et septembre 2015 (fig. 13 et 14), confirmant les craintes que nous avons émises dans notre précédent rapport (Stéphan *et al.*, 2015). Cet abaissement est le résultat de deux processus d'érosion combinés : (i) le franchissement occasionnel de la crête par les vagues lors des grands coefficients de marée et (ii) la déflation éolienne qui agit efficacement sur une crête désormais dépourvue de végétation. Ainsi, en dépit des conditions particulièrement clémentes durant cette période, l'érosion s'est poursuivie donnant naissance à une amorce de brèche. Cette portion du Sillon ne reçoit plus aucun apport sédimentaire. Sur la plage, ni les vagues ni le vent ne peuvent faire remonter les sédiments vers le sommet du cordon car l'enrochement empêche ces transferts et piège d'éventuels transits. Dans ce secteur, la rupture du cordon est donc à craindre dans les années à venir. En revanche, entre les points de mesure P020 et P025, le cordon semble en meilleure santé. Le couvert végétal a pu piéger 1100 m³ de sable en provenance de la plage, permettant localement un exhaussement de la crête de quelques décimètres (fig. 13 et 14).

(3, fig. 12) : Le long des parties médiane et distale du Sillon, la plage a poursuivi son démaigrissement, avoisinant les 12 000 m³. L'essentiel de ce matériel a migré au sommet du cordon où les gains sédimentaires sont estimés à 11 000 m³. La berme sommitale formée après les tempêtes de l'hiver 2014 s'est fortement consolidée en s'élargissant et en s'exhaussant de façon significative. Entre les points de mesure P040 et P090, la crête a gagné 60 cm d'altitude en moyenne (fig. 13 et 14). Le transect P075

illustre parfaitement ce processus (fig. 15). Parallèlement, on peut estimer à 4000 m³ environ, le volume de sédiment ayant transité longitudinalement en direction de la pointe et que les houles incidentes ont probablement rabattue sur le revers de la spatule.

(4, fig. 12) : La pointe du Sillon, ainsi que le lobe de jusant, montrent des changements morphologiques complexes qu'il est difficile de quantifier et d'expliquer. Le lobe de jusant a vraisemblablement progradé vers le nord-ouest selon un mode de transport dominé par les courants de marée. Le suivi topo-morphologique réalisé depuis 2006 révèle que cette tendance est caractéristique des périodes de calme morphogénique où la dynamique tidale domine dans ce secteur. En revanche, lors des périodes de fortes tempêtes, l'extrémité du lobe est rabattue vers l'est sous l'effet des houles. A la pointe du Sillon, les transferts sédimentaires ont été dirigés vers l'ouest. Entre 3000 et 4000 m³ de sédiments ont été déplacés entre septembre 2014 et septembre 2015. Quelques coups de vent de nord-est ayant précédé le relevé de 2015 ont pu être à l'origine de ces transferts en donnant naissance à des vagues relativement morphogènes.

(5, fig. 12) : Sur le revers de la spatule, les changements morphologiques soulignent également d'importants transferts sédimentaires le long de la plage en direction du sud-ouest. Dans la moitié nord de ce secteur, la ride d'accrétion sommitale en cours de formation dès septembre 2014 (Stéphan *et al.*, 2015) a connu un engraissement important bénéficiant d'apports sédimentaires estimés à +3940 m³.

(6, fig. 12) : Sur le revers des parties proximale et médiane, la pente du cordon a poursuivi son rééquilibrage. De ce fait, la base du revers a enregistré un recul moyen de -1,56 m entre septembre 2014 et septembre 2015 (fig. 16) malgré l'absence de franchissement de la crête par les vagues de tempête. Dans notre précédent rapport (Stéphan *et al.*, 2015) nous avons indiqué que le glissement des galets vers la base de la pente induisait généralement un déficit sédimentaire de quelques centaines de m³ et un tassement du cordon de quelques décimètres. Toutefois, les bilans volumiques du revers dressés sur notre période d'étude semblent indiquer l'arrêt de cette tendance. En effet, le bilan global du revers est désormais positif. La zone d'érosion, au sommet du revers, a enregistré une perte de -5600 m³, tandis que la zone d'accrétion à la base a bénéficié d'un apport de +7700 m³ de galets. Le bilan global est donc de +2100 m³. Ce matériel supplémentaire ne peut avoir qu'une seule provenance : le revers de la spatule. Cela souligne donc encore une fois l'importance du transit longitudinal en direction du sud-ouest sur le revers du Sillon de Talbert.

(7, fig. 12) : Le revers de la partie proximale montre également des transits sédimentaires longitudinaux dirigés vers le sud-ouest. Dans ce secteur, le matériel est essentiellement sableux et colmate progressivement la zone comprise entre le sillon et les ados artificiels. Le transect P036 (fig. 15) montre que l'ados n°2 est désormais totalement recouvert par le Sillon. Cette évolution nous a amené à reconsidérer la position du revers dans ce secteur. Cela explique pourquoi les valeurs de recul sont aussi importantes dans la figure 16.

4- Conclusion

Les résultats obtenus sur la période de septembre 2014 à septembre 2015 mettent en évidence la poursuite des tendances enregistrées immédiatement après les tempêtes de l'hiver 2014, soit une tendance à la régénération morphologique et à la consolidation naturelle du Sillon de Talbert dans un contexte météo-marin relativement clément. Ainsi, les vagues continuent de ramener les sédiments vers le haut du cordon et la crête s'exhausse par *overtopping* à des rythmes importants, réduisant la sensibilité du cordon au franchissement et au recul. Sur le revers, les houles secondaires du nord-est semblent être responsables d'un transit longitudinal significatif en direction du sud-ouest. Dans le même temps, on assiste à un rééquilibrage de la pente sous l'effet du glissement des galets vers la base. Enfin, en direction des ados artificiels, on constate un ensablement important. Ces ados se retrouvent en grande partie agglomérés au sein du cordon et forment désormais la base du revers dans ce secteur.

L'évolution morphologique la plus inquiétante concerne la partie proximale et se situe au niveau de la « taille de guêpe » qu'il faut désormais considérer comme une véritable amorce de brèche que les tempêtes à venir de manqueront pas de fragiliser davantage.

E lec'h ma oa an erv er bloaz-man, e vezo an ant er bloaz a zeu
« Où était le haut du sillon cette année, sera le bas l'an prochain »
Sauvé LKV (1878) – Proverbes et dictons de la Basse-Bretagne, Ed. Champion, Paris.

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. - 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.
- Stephan P., Fichaut, B., Suanez, S. (2007) – Rapport d'activité sur le suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert (Commune de Pleubian), 19 p.
- Stephan 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.
- Stephan P., Fichaut, B., Suanez, S. (2009) – Suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert (Commune de Pleubian - Période 2008-2009), 10 p.
- Stephan P., Fichaut, B., Suanez, S., Blaise E. (2011) – Suivi topo-morphologique du Sillon de Talbert (Commune de Pleubian - Période 2010-2011), 10 p.
- Stephan 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.

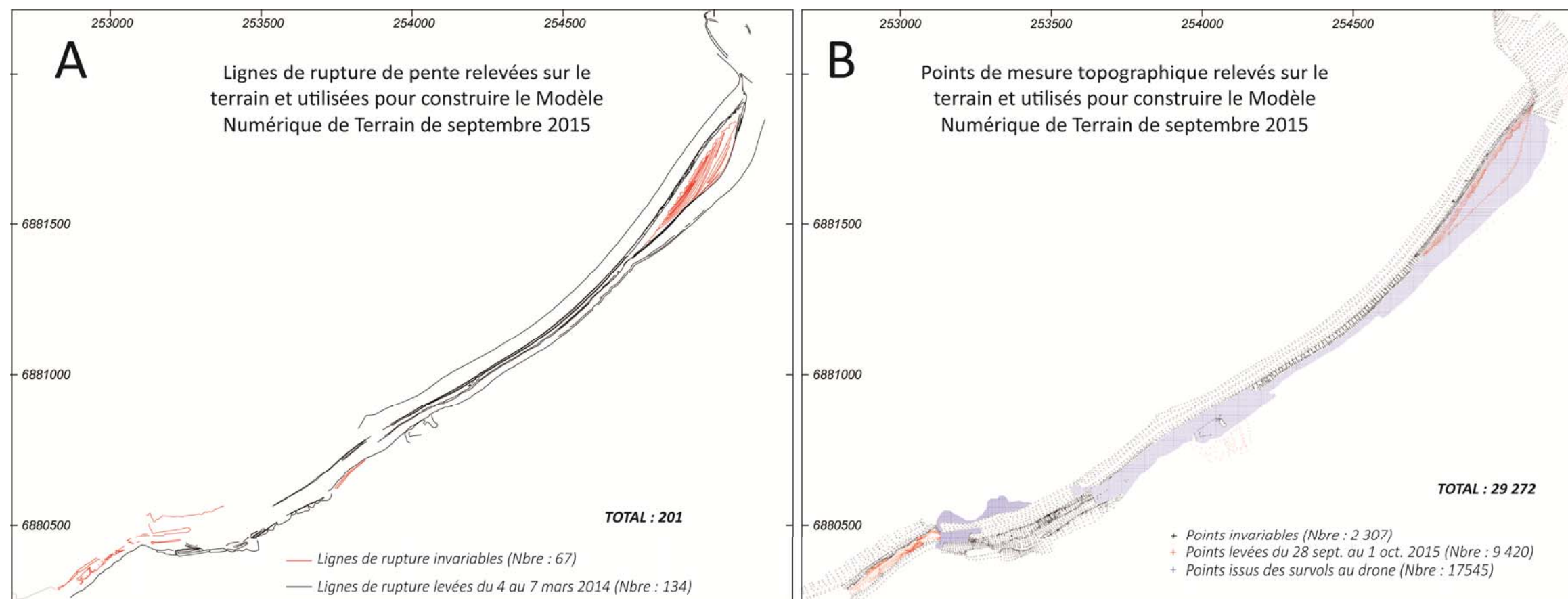


Figure 1 : Données topographiques utilisées pour construire les modèles de terrain de septembre 2015 sur le Sillon de Talbert.
A. Localisation des lignes de rupture de pente relevées. B. Localisation des points topographiques utilisées.

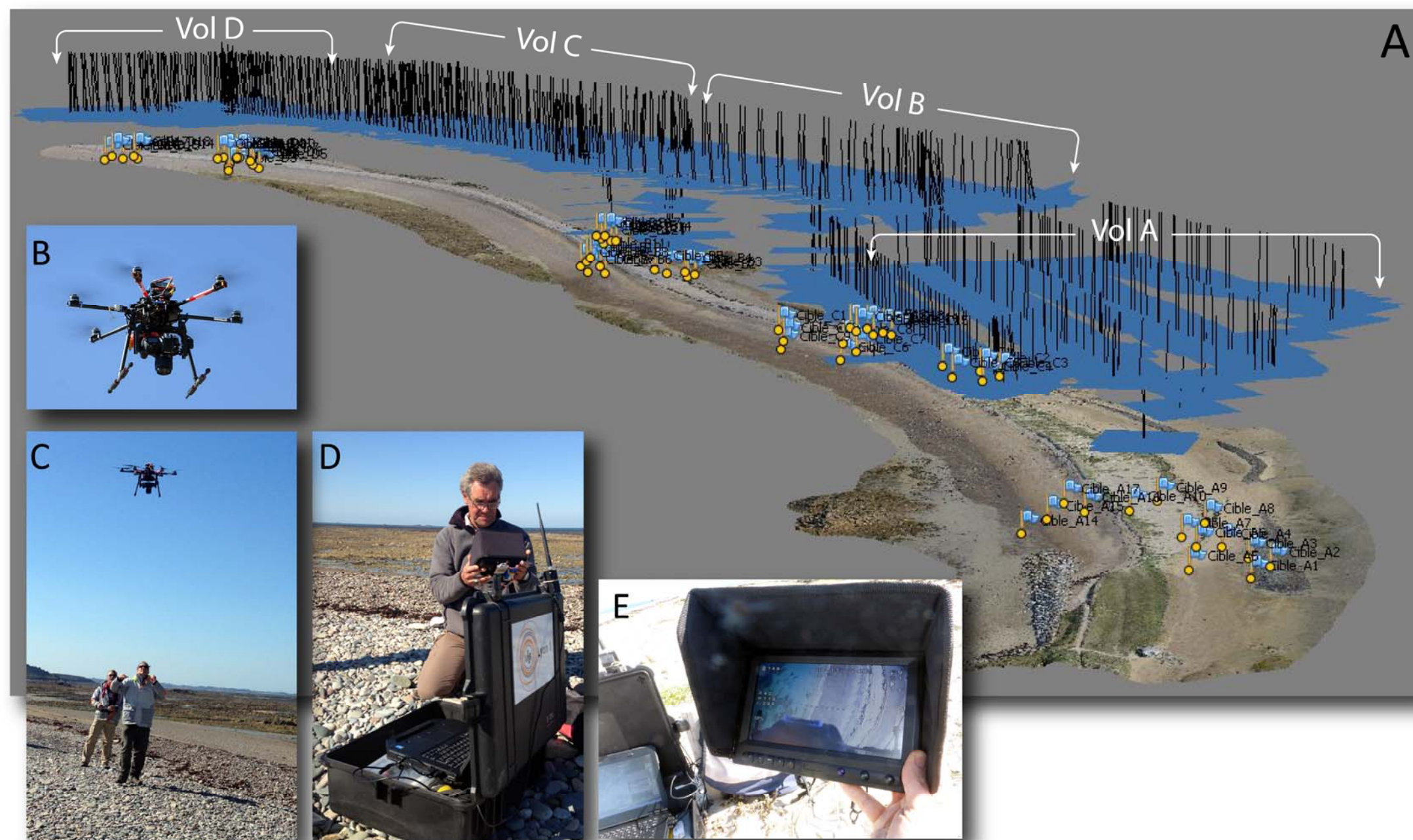


Figure 2 : Méthodologie d'acquisition des prises de vue aérienne au drone et du traitement des données sous le logiciel Agisoft PhotoScan. A. Représentation en perspective du nuage de points topographique colorisé sur lequel apparaissent les images aériennes prises au drone (carrés bleus) utilisées pour générer le nuage de points et les cibles (points jaunes portant un drapeau) utilisées pour géoréférencer le nuage. B et C. Drone Drelia 9 en vol. D. Poste de commande du drone. E. Retour vidéo permettant de vérifier la prise de vue lors du survol.

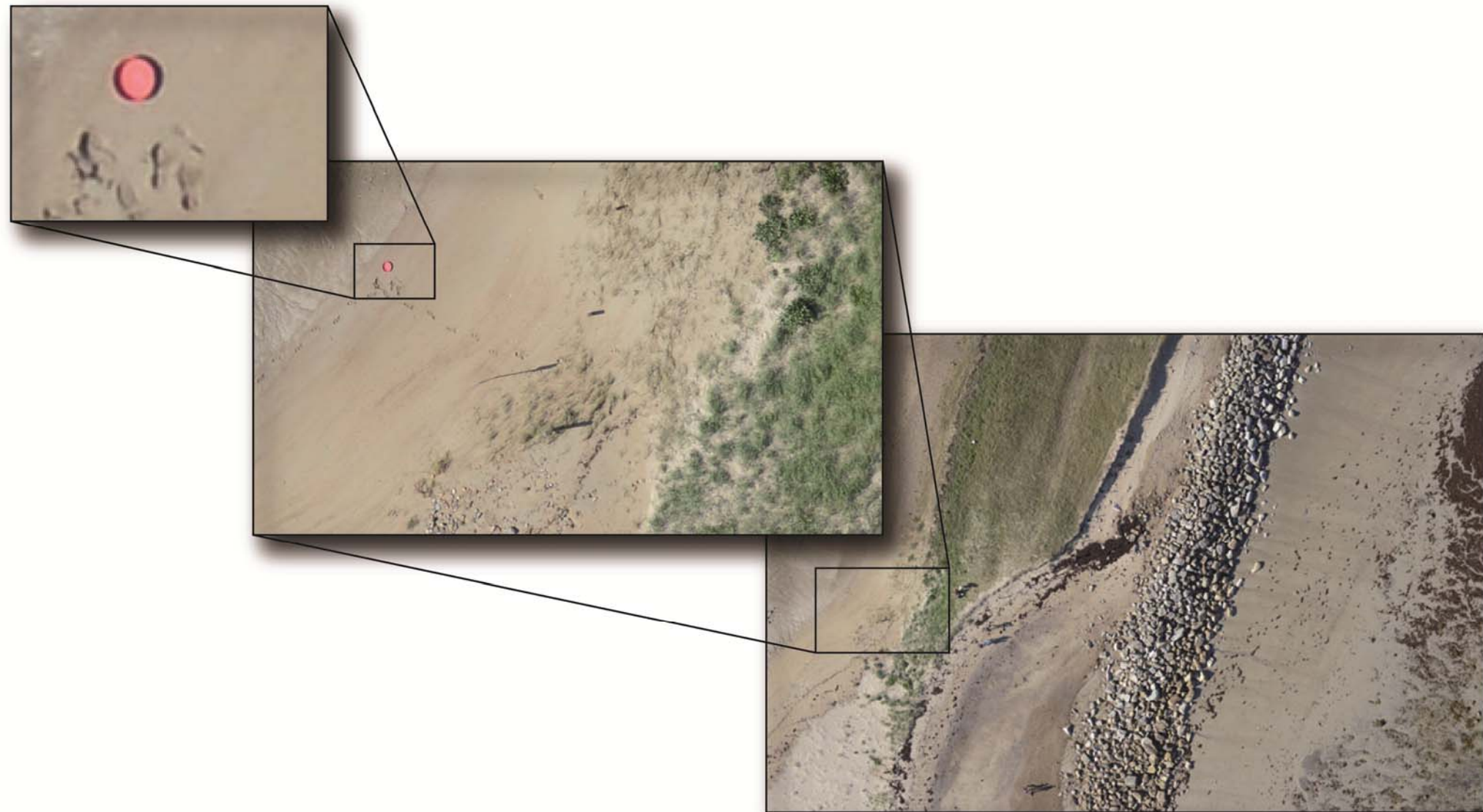


Figure 3 : Exemple d'une prise de vue aérienne au drone dans la partie proximale du Sillon.
Sur l'image, les cibles positionnées au sol sont parfaitement identifiables et permettent de géoréférencer les informations lors du traitement.

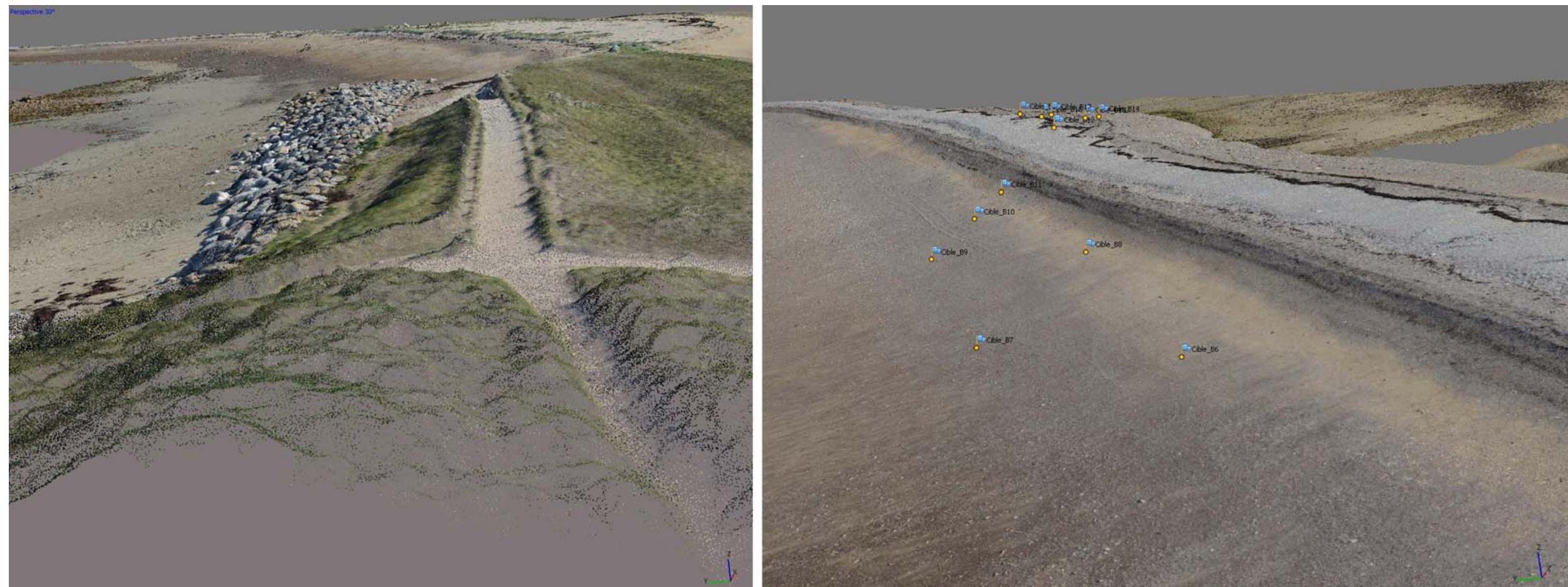


Figure 4 : Nuage dense de points topographiques obtenu à partir du traitement des prises de vues aériennes.

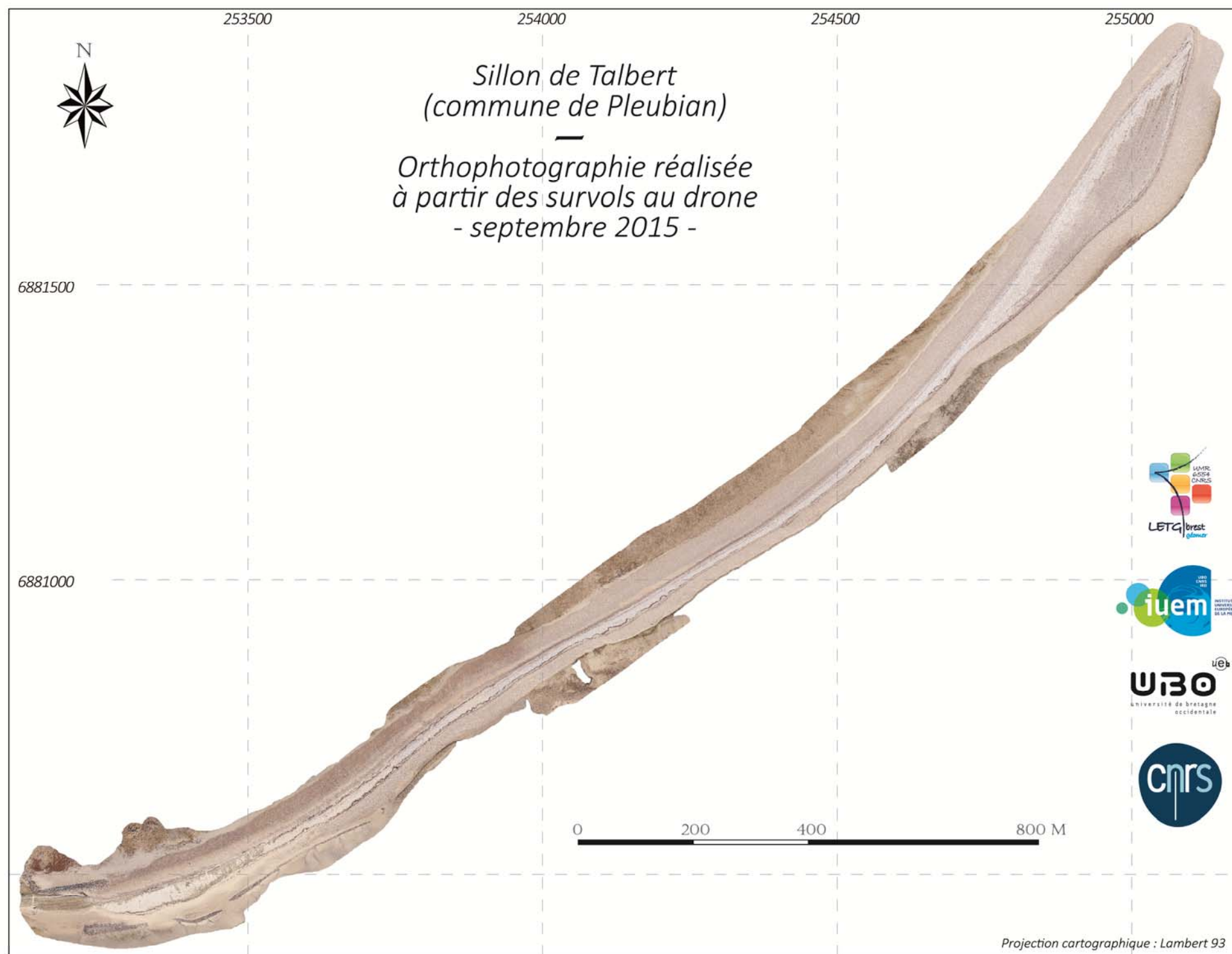


Figure 5 : Orthophotographie-2015 du Sillon de Talbert obtenue à partir des prises de vue au drone.

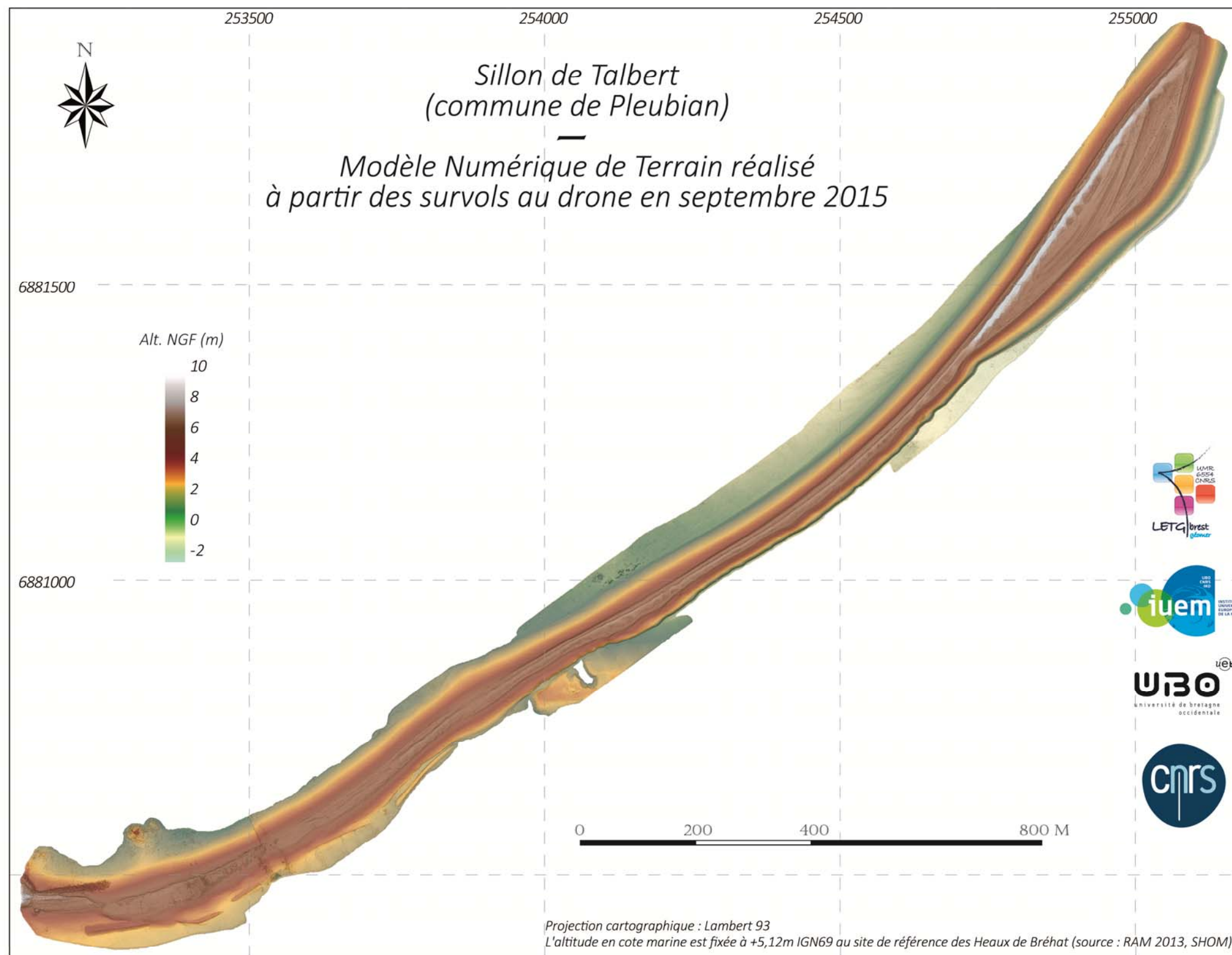


Figure 6 : Modèle Numérique de Terrain réalisé à partir des survols au drone (MNT-drone2015).
Notons que ce MNT-drone fait office de test méthodologique et a été utilisé uniquement pour combler les zones non-couvertes par les mesures DGPS.

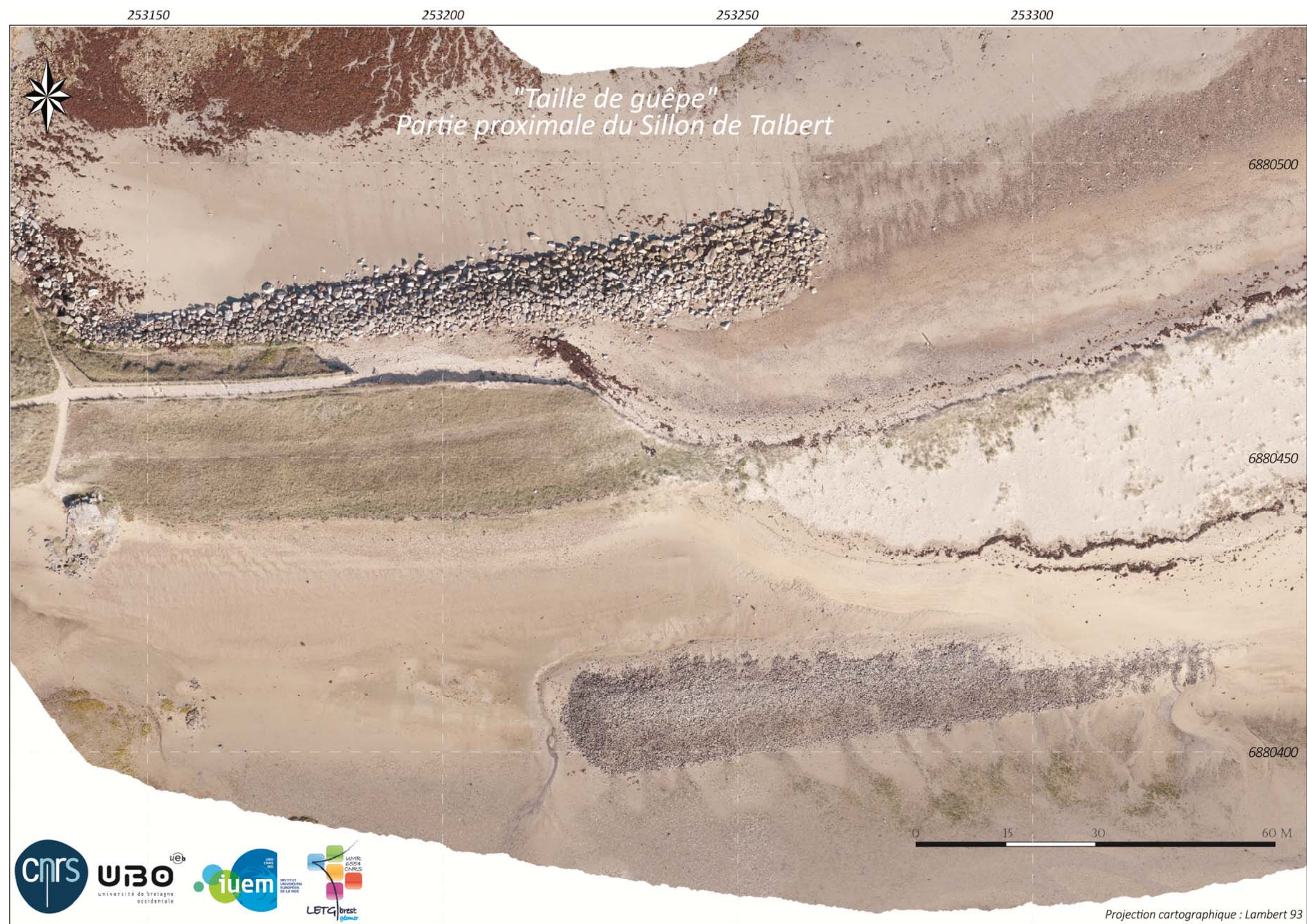


Figure 7 : Extrait de l'orthophotographie-2015 centré sur la « taille de guêpe » dans la partie proximale du Sillon de Talbert.

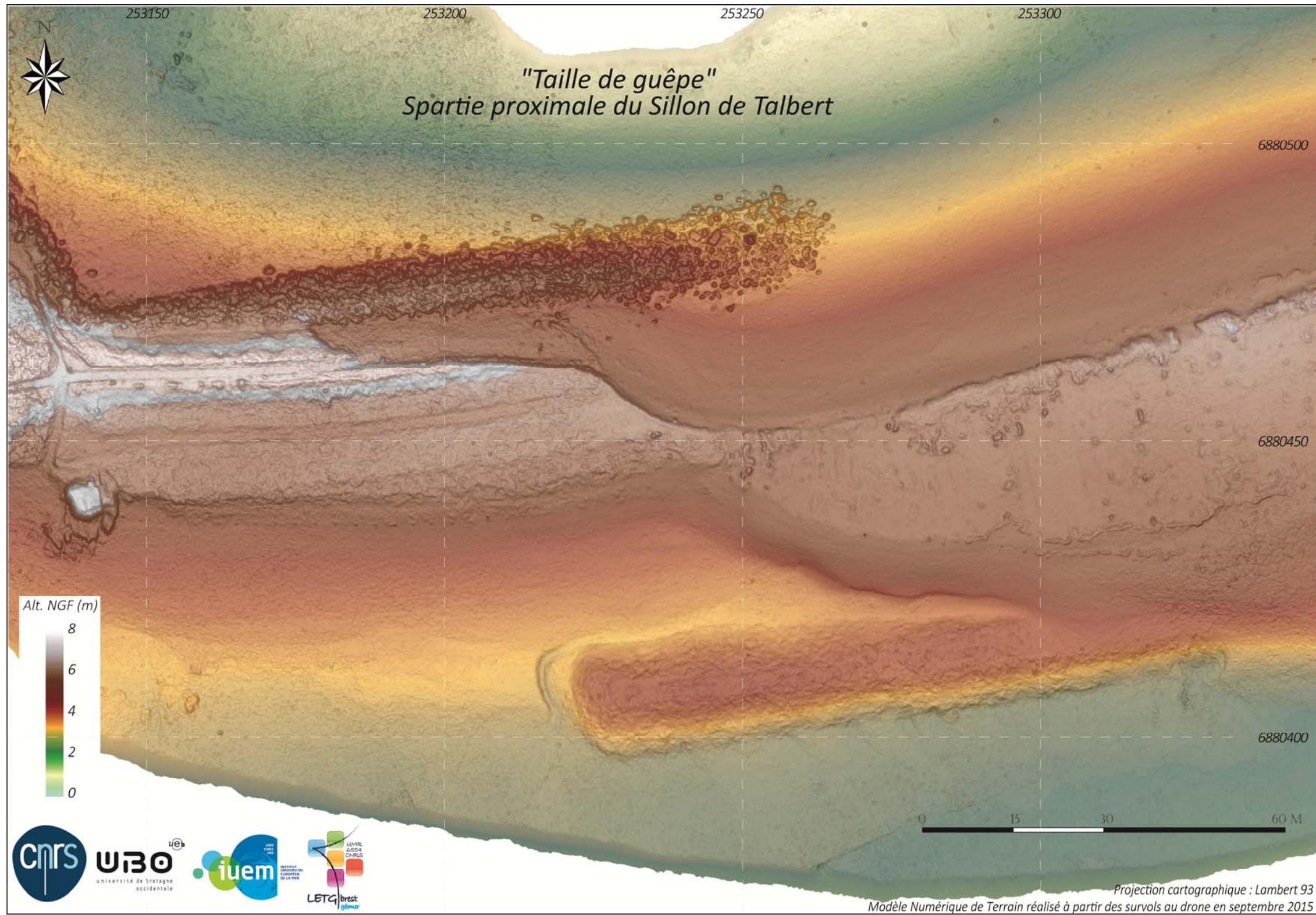


Figure 8 : Extrait du MNT-drone2015 centré sur la « taille de guêpe » dans la partie proximale du Sillon de Talbert.

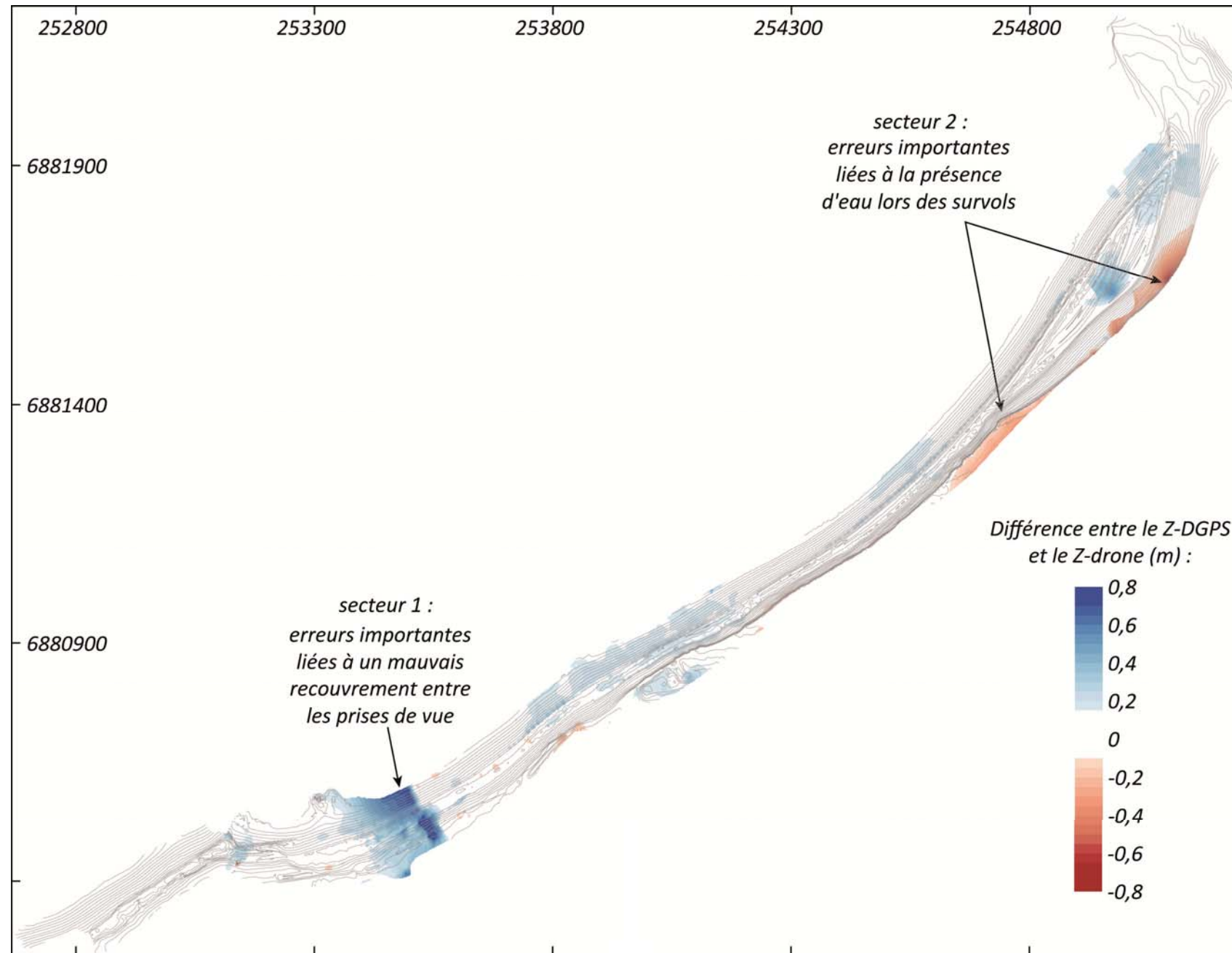


Figure 9 : Comparaison entre les altitudes mesurées au DGPS et les altitudes interprétées à partir des survols au drone.

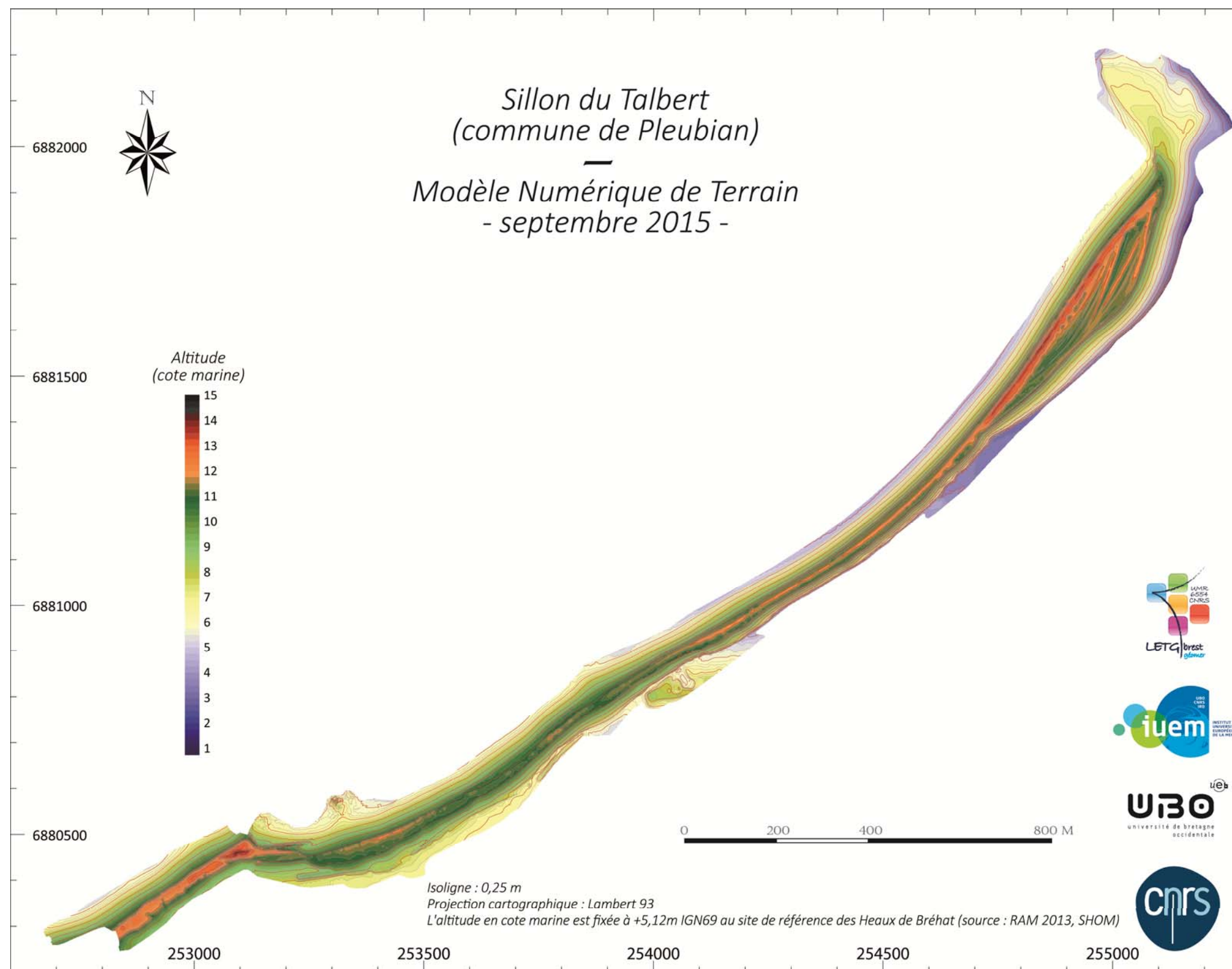


Figure 10 : Modèle Numérique de Terrain du Sillon de Talbert en septembre 2015.

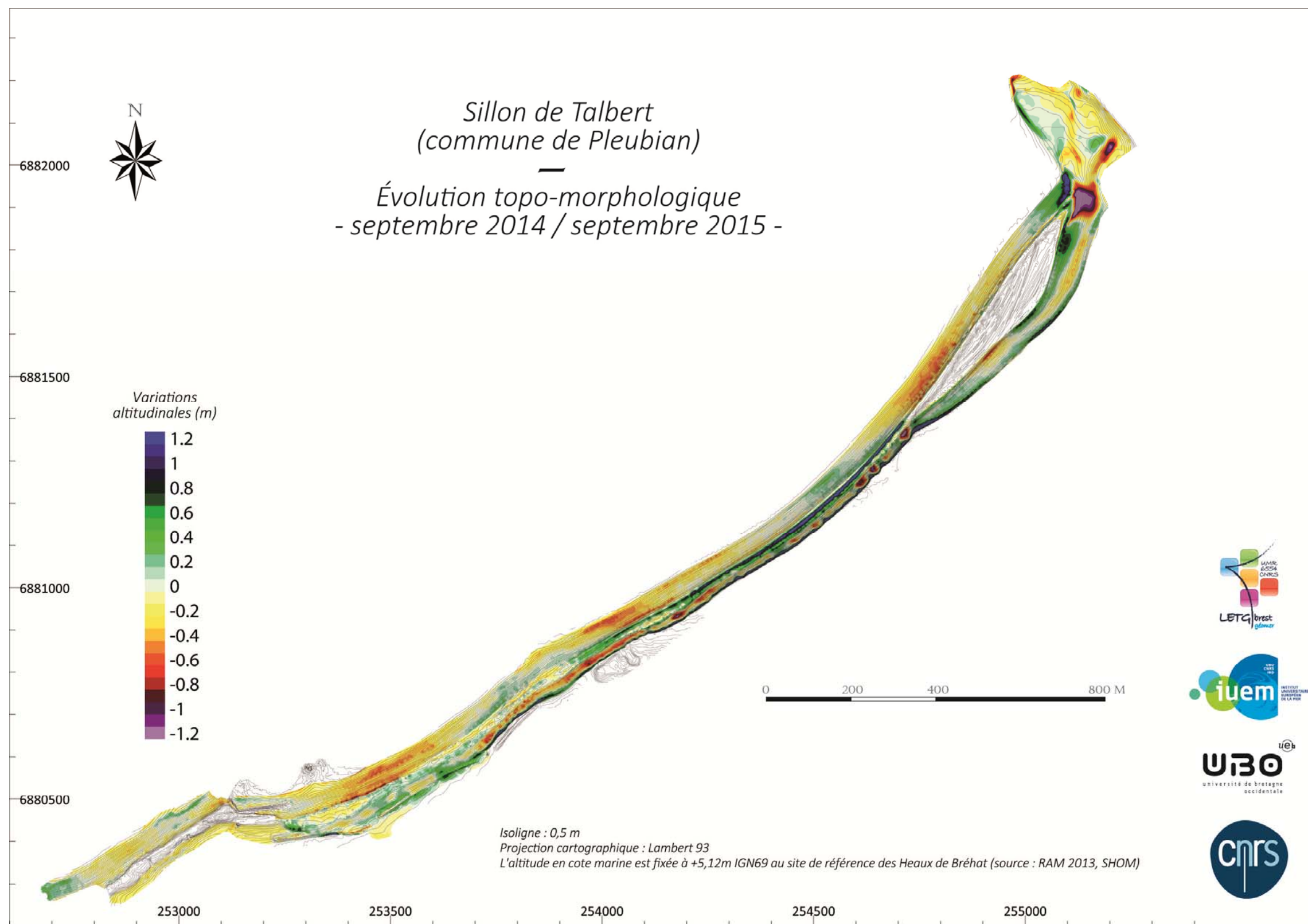


Figure 11 : Evolution topo-morphologique du Sillon de Talbert entre septembre 2014 et septembre 2015.

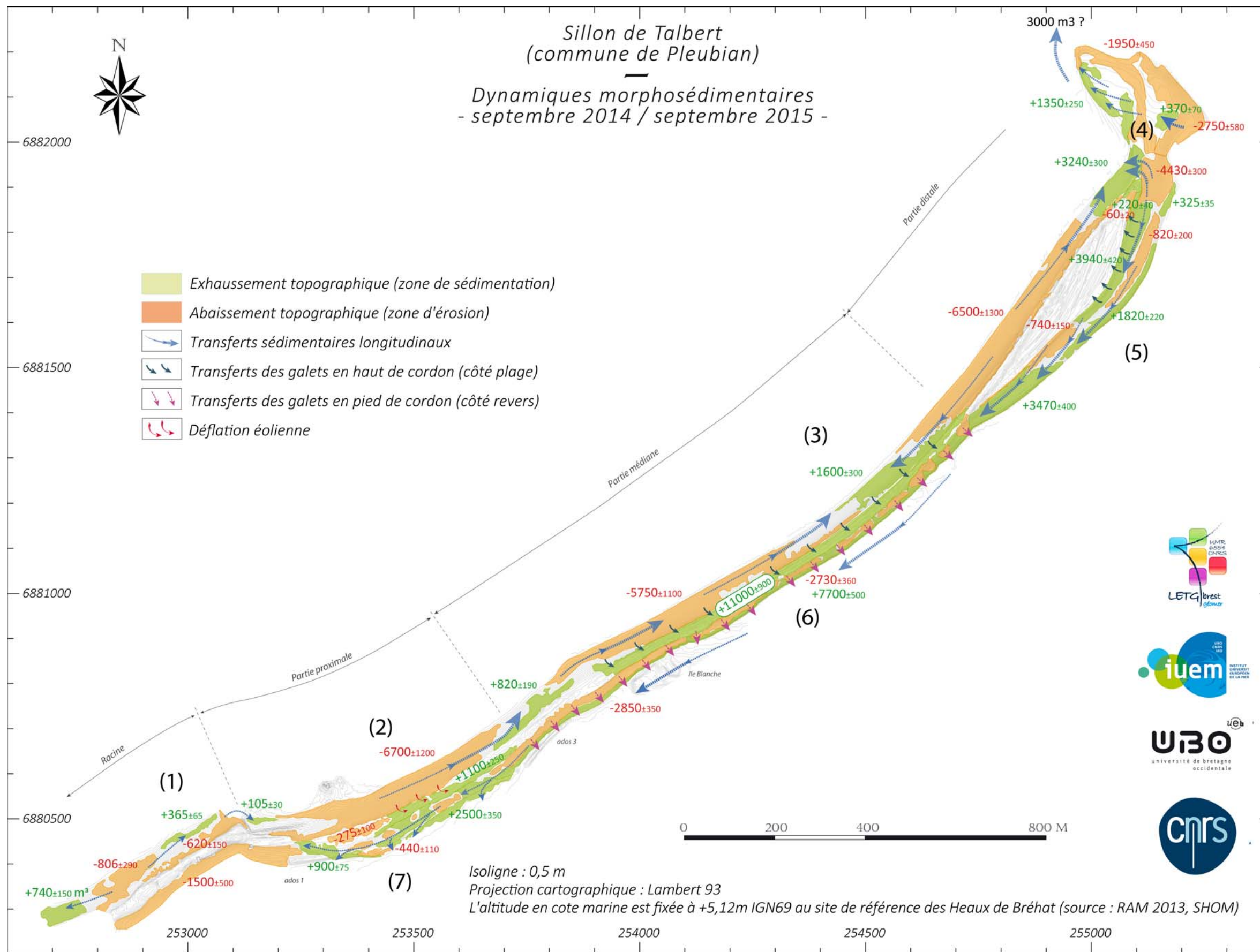


Figure 12 : Dynamiques morphosédimentaires sur le Sillon de Talbert entre septembre 2014 et septembre 2015.

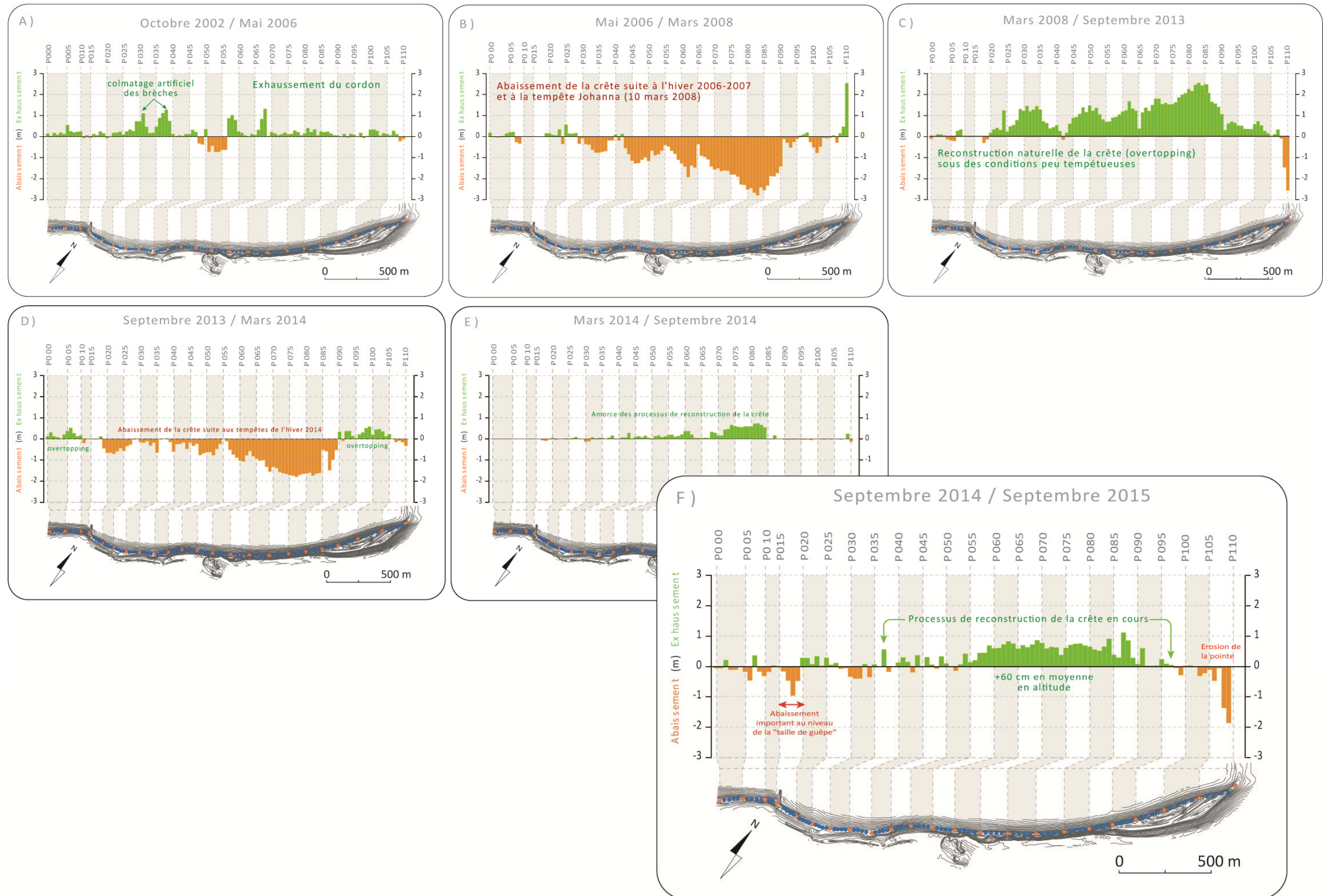


Figure 13 : Variations de l'altitude de la crête du Sillon de Talbert.

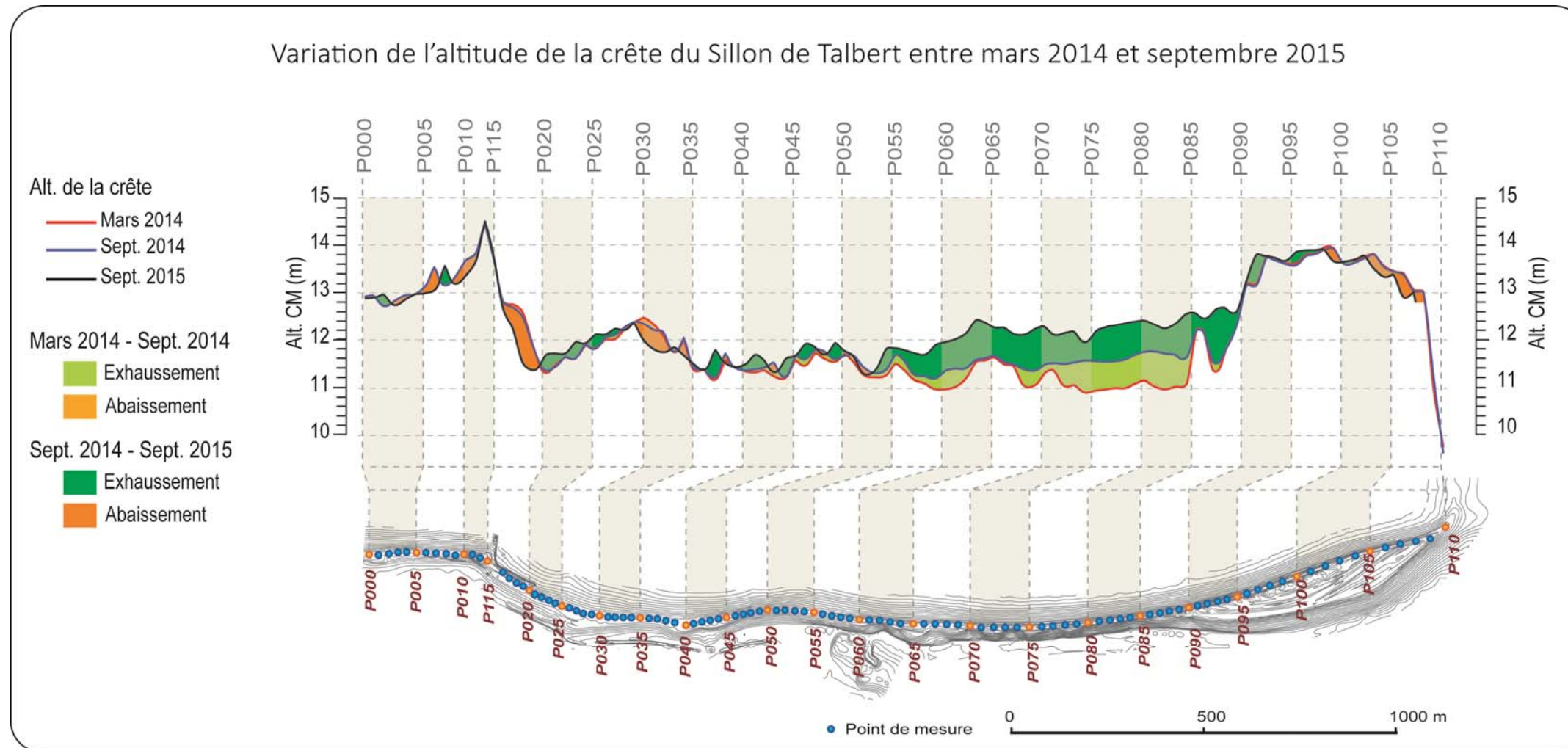


Figure 14 : Variations de l'altitude de la crête du Sillon de Talbert entre mars 2014 et septembre 2015.

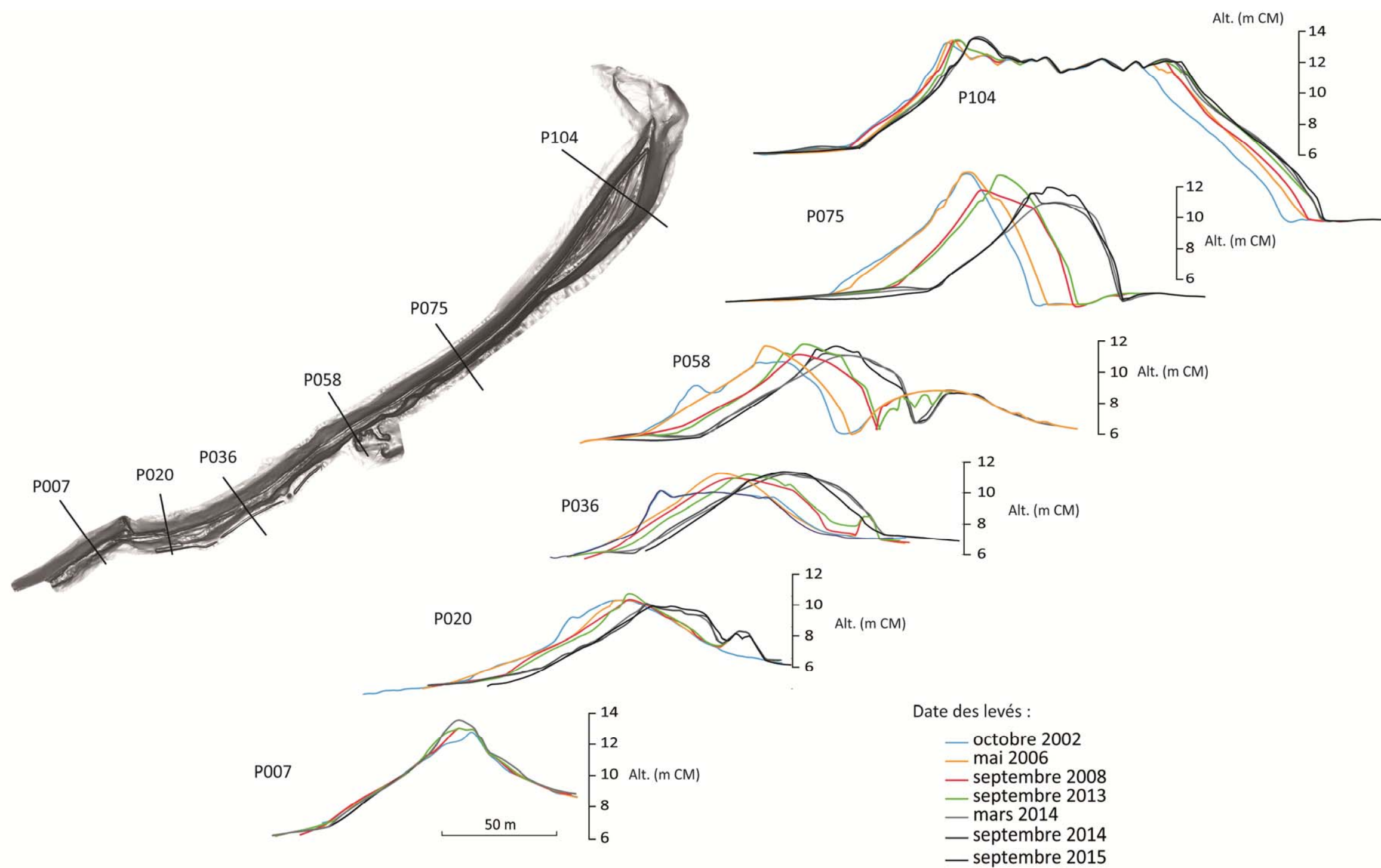


Figure 15 : Evolution morphologique du Sillon de Talbert le long de quelques profils caractéristiques.

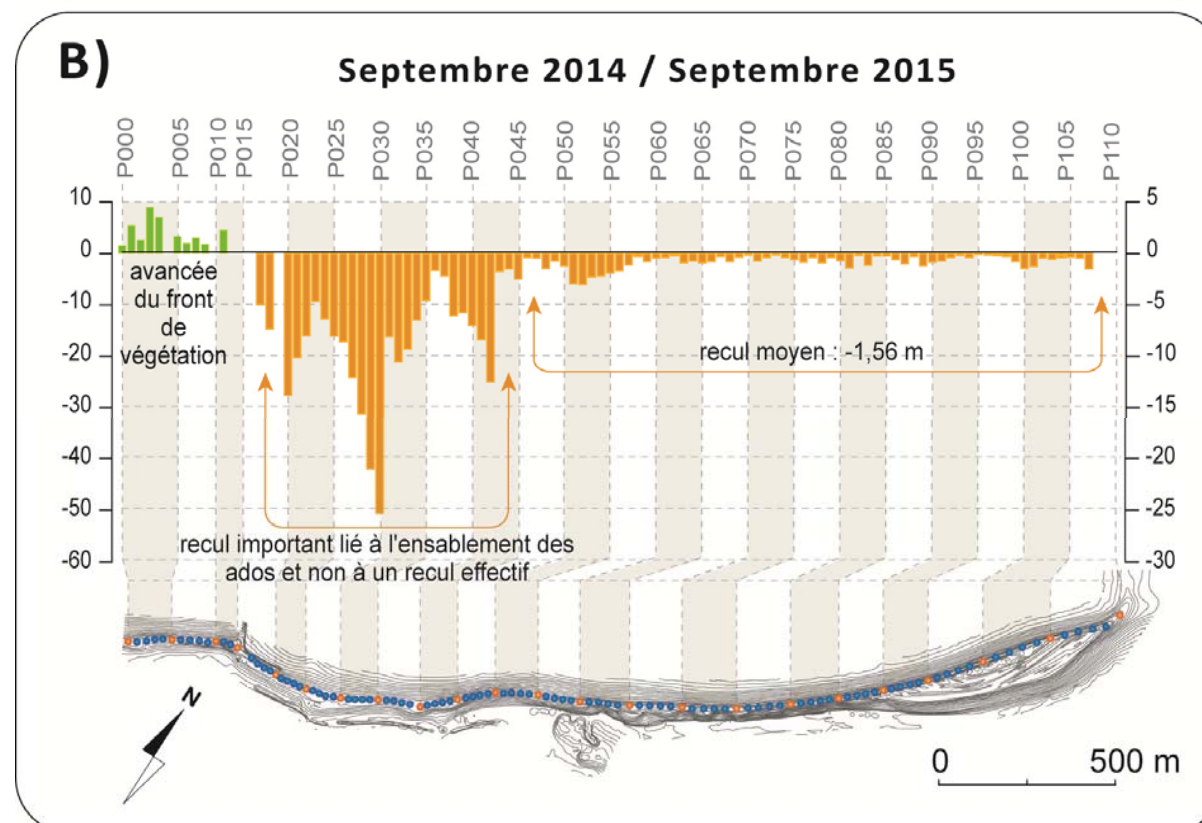
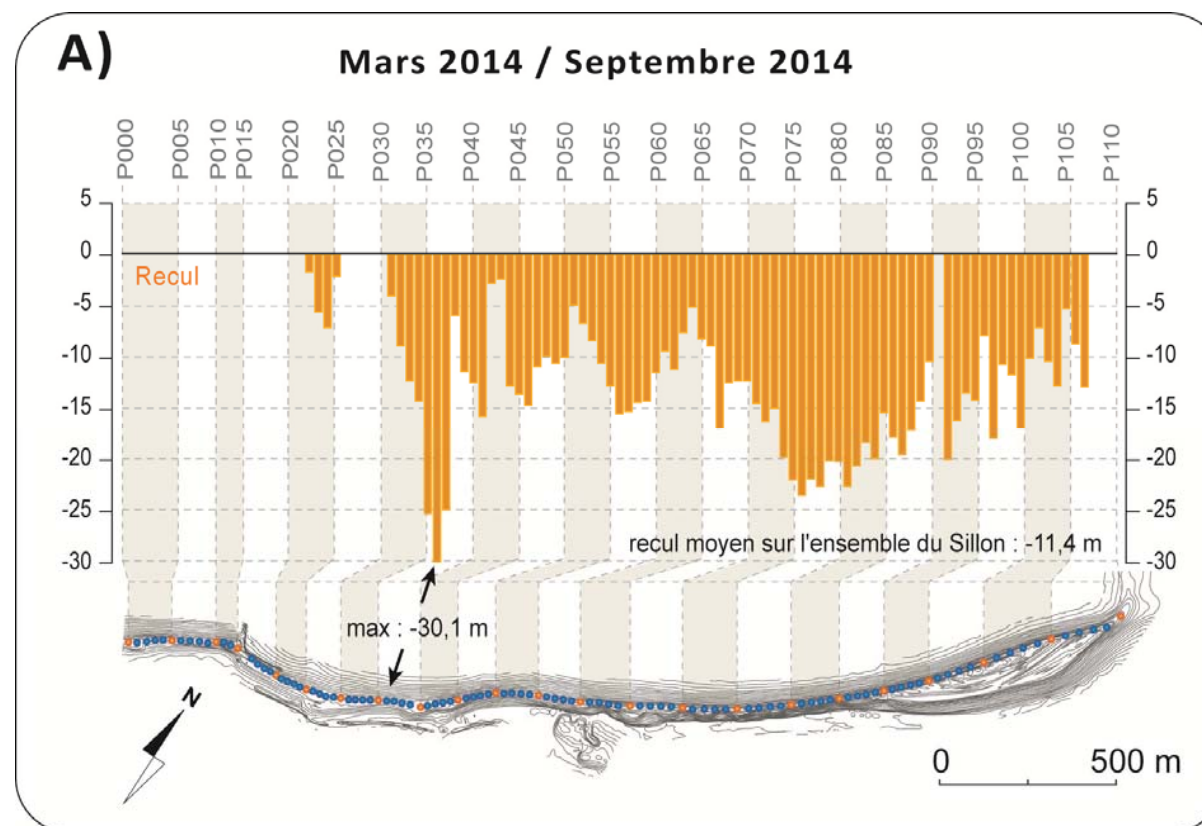


Figure 16 : Recul de la base du revers du Sillon de Talbert entre mars 2014 et septembre 2015.