

Pierre STÉPHAN

Bernard FICHAUT

Serge SUANEZ

Acquisition d'un état topo-morphologique initial sur les sillons et marais maritimes de la rade de Brest

(sites de Pont-Callec, Pédel, Mengleuz, Bindy, Bourg)

Juin 2013

Communauté Urbaine de « Brest Métropole Océane »



Acquisition d'un état topo-morphologique initial sur les sillons et marais maritimes de la rade de Brest (sites de Pont-Callec, Pédel, Mengleuz, Bindy, Bourg).

Maîtres d'œuvre

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



Réalisation : Pierre Stéphane
Stephan.pierre00@gmail.com

Direction scientifique : Serge Suanez et Bernard Fichaut
serge.suanez@univ-brest.fr, bernard.fichaut@univ-brest.fr

Participation à l'étude : Pierre Stéphane, Serge Suanez, Bernard Fichaut,
Emmanuel Blaize, Réjanne Le Bivic, Claira Leithar

Acquisition d'un état topo-morphologique initial sur les sillons et marais maritimes de la rade de Brest (sites de Pont-Callec, Pédel, Mengleuz, Bindy, Bourg).

1-Rappel des objectifs de l'étude

Dans le cadre de l'étude préalable à la mise en place d'un Contrat Nature portant sur les Sillons de la rade de Brest, les sites du Pédel, de Pont-Callec, du Bourg, du Bindy et de Mengleuz (fig. 1) sont apparus comme présentant une valeur patrimoniale forte, mais fortement dégradée par l'érosion côtière des cordons littoraux, les actions anthropiques et l'invasion des schorres par la spartine alterniflore (Stéphan *et al.*, 2012). Sur chacun de ces sites, un ensemble approprié d'actions de réhabilitation a été proposé, notamment la suppression de remblais mis en place aux dépens des marais maritimes et le rechargement sédimentaires de cordons littoraux en cours d'érosion.

La présente étude a été réalisée à la demande de Brest-Métropole Océane. Elle a pour objectif l'acquisition d'un état topo-morphologique des Sillons et des marais maritimes attenants, sur les secteurs de Pont-Callec, du Pédel, de Mengleuz, du Bindy et du Bourg pour l'année 2013. Ce travail permet d'obtenir une donnée précise au centimètre près de la topographie de chacun des sites (cordons, zones humides attenantes et secteurs sur lesquels il conviendrait d'intervenir). Cette donnée topographique aide à déterminer très précisément les volumes concernés par les travaux et les cotes afférentes. Ainsi, sur les secteurs où un déblaiement sera prévu, les volumes à extraire ont été calculés et les marges d'erreurs liées à ce calcul

ont été estimées. Sur les secteurs où un rechargement sédimentaire est prévu, les volumes nécessaires ainsi que le profil que l'on souhaite donner aux cordons littoraux ont été calculés.

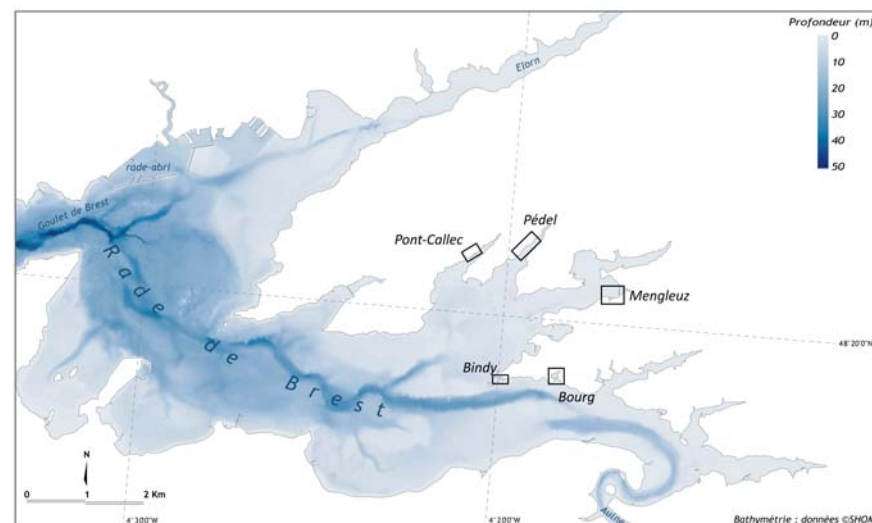


Figure 1 – Localisation des sites côtiers concernés par cette étude

2-Méthodes employées

Les mesures topographiques ont été réalisées entre le mois de janvier et le mois de mars 2013 à l'occasion de 10 missions de terrain totalisant 24 jours/homme (tableau 1).

Sur chacun des sites d'étude, un ensemble de 17 repères topographiques ont été implantés afin de d'assurer de la précision de la mesure. Ainsi, des points de calage ont été matérialisés par des clous topographiques implantés dans affleurements rocheux avoisinants (fig. 2).



Figure 2 – Photographies illustrant les repères topographiques installés et l'instrumentation utilisée dans le cadre des relevés topographiques. A. Relevé effectué au DGPS mobile (Trimble 5700). B. Point de calage PC04 scellé sur une tête de roche sur le site du Bindy. C et D. Relevé d'un point de calage. E. Relevé de la topographie du fond de l'étang du Bindy.

Ces points ont été relevés à chaque mission et permettent de déterminer les erreurs de positionnement de nos mesures dans les trois dimensions (x, y, z). Ces données seront présentées sur chacun des sites.

Au total, 21 135 points de mesure correspondant à des coordonnées géographiques et des cotes altitudinales (X, Y, Z) ont été acquis à l'aide d'un GPS différentiel (station de type Trimble 5800/5700). La superficie couverte par ces relevés est de 27,7 ha. Les mesures ont été obtenues dans les systèmes de projection Lambert 2 étendu pour le site de Mengleuz et Lambert 93 pour les autres secteurs. Les altitudes ont été raccordées au Référentiel Altitudinal Français RAF98 pour le site de Mengleuz et RAF09 pour les autres sites, à partir de stations fixe du réseau RGP (<http://rgp.ign.fr>) de l'IGN situées à Brest, Guipavas et Pont-de-Buis-lès-Quimerch en utilisant un protocole de traitement des données sous le logiciel GraphNet.

Sites	Date des missions	Nbre de jour-homme	Type d'opération	Nbre		Superficie couverte
Pont-Callec	06/03/2013	3	Installation de repères topo.	2	clous	22300 m ²
				3093	pts	
Pédel	11/02/2013	2	Installation de repères topo.	4	clous	48800 m ²
				1476	pts de mesure	
	26/02/2013	2	Mesures DGPS	3243	pts de mesure	
Mengleuz	01/02/2013	2	Mesures DGPS	2471	pts de mesure	109250 m ²
	12/02/2013	2	Mesures DGPS	1857	pts de mesure	
Bindy	30/01/2013	3	Installation de repères topo.	5	clous	35200 m ²
				2685	pts de mesure	
	31/01/2013	2	Mesures DGPS	1048	pts de mesure	
	01/03/2013	2	Mesures DGPS	887	pts de mesure	
Bourg	27/02/2013	3	Installation de repères topo.	6	clous	61100 m ²
				2584	pts de mesure	
	28/02/2013	3	Mesures DGPS	1791	pts de mesure	
TOTAL :	10 missions	24 j/homme		21135 pts de mesure DGPS		276650 m²

Tableau 1 – Détail des missions de relevé topographique effectuées dans le cadre de cette étude.

Les points de mesure topographique ont été traités sous le logiciel Surfer 8.0 afin de construire des Modèles Numériques de Terrain (MNT) dont la résolution varie entre 0,25m et 0,5m suivant les secteurs étudiés (tableau 2). La modélisation topographique s'est appuyée sur une méthode d'interpolation appelée « krigeage » permettant d'ingérer les lignes de rupture de pente relevées sur le terrain et d'affiner ainsi les reconstitutions de la topographie.

Sites	[Xmin ; Xmax]	[Ymin ; Ymax]	[Résolution]	[Nbre de Lignes du Modèle]	Projection	Altitude
Pont-Callec	[156072 ; 156390]	[6830963 ; 6831121]	0,25 x 0,25 m	1273 x 633	Lambert 93	RAF09
Pédel	[157782 ; 158302]	[6831058 ; 6831518]	0,5 x 0,5 m	2078 x 1849	Lambert 93	RAF09
Mengleuz	[109380 ; 109800]	[2392050 ; 2392400]	0,5 x 0,5 m	841 x 701	Lambert 2 étendu	RAF98
Bindy	[156920 ; 157278]	[6826705 ; 6826885]	0,25 x 0,25 m	1433 x 721	Lambert 93	RAF09
Bourg	[158755 ; 159085]	[6826624 ; 6827000]	0,25 x 0,25 m	1321 x 1505	Lambert 93	RAF09

Tableau 2 – Caractéristiques des MNT réalisés.

Ces MNT ont également été convertis en fichiers aux formats .ASCII et .Geotif sous le logiciel Quantum GIS. Ils peuvent donc venir alimenter directement un Système d'Information Géographique.

3. Le site de Pont-Callec (commune de Plougastel-Daoulas)

3.1. Rappel des interventions envisagées dans le cadre du Contrat Nature

Le sillon de Pont-Callec est situé sur la rive nord de l'anse du Moulin Neuf. Il isole un petit marais maritime de forme

curieusement allongée dont la superficie ne dépasse pas 0,22 ha. Ce dernier a vu sa superficie divisée par 5 entre 1952 et 1985, à la suite d'importants remblaiements (Stéphan *et al.*, 2012). Actuellement, le sillon subit une fréquentation par les engins agricoles qui s'en servent comme voie de circulation pour passer d'une rive à l'autre du marais maritime (Stéphan *et al.*, 2012). Dans ce but, une chaussée a été aménagée et modifie les échanges d'eau entre le marais et la mer. L'estran est également fréquenté pour y ramasser les algues d'échouage. Cette fréquentation dégrade les qualités paysagères du site et les habitats. En outre, elle favorise le dérangement de l'avifaune en période d'hivernage. Aussi, une mesure conservatoire devrait porter sur la maîtrise de la fréquentation par les engins agricoles. A ce jour, il existe deux voies d'accès à l'estran qu'il serait facile de condamner par la pose de barrières ou de plots en bois. Dans une optique de restauration du milieu, la chaussée qui assure la liaison entre les côtés ouest et est du marais devrait également être détruite afin de restaurer la dynamique morpho-sédimentaire naturelle du secteur.

Par ailleurs, la partie terminale du sillon de Pont-Callec abrite une station de *Limonium humile* de 820 m² qui compte un millier de pieds environ (Quéré, 2009). Le site compte également quatre habitats d'intérêt communautaire différents, qui représentent 80 % de la surface totale du secteur (Bougeault *et al.*, 2004). Toutefois, la présence de la spartine constitue une menace potentielle d'autant plus forte qu'elle se présente sous la forme d'une mosaïque végétale en association avec l'obione qu'elle est susceptible de supplanter progressivement. La station à *Limonium humile* est également menacée. Il convient donc de

surveiller l'apparition de nouvelles tâches de spartine sur la flèche littorale, de détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de spartine présentes localement sur les substrats gravo-vaseux, d'évacuer les poches de vase qui supportent les spartines.

Enfin, les observations de terrain ont montré récemment un phénomène d'érosion dans la partie médiane de la flèche. A pleine mer, les vagues franchissent la crête du sillon et les graviers sont déversés sur le revers, dans le lit du cours d'eau qui draine le marais. Ils sont ensuite exportés vers le bas de l'estran où ils s'accumulent sous la forme d'un nappage de graviers. Il conviendrait donc de rehausser la crête du sillon dans cette partie afin de limiter le franchissement par les vagues et le recul du cordon.



Figure 3 : Type d'action de conservation ou restauration à réaliser sur le site de Pont-Callec.

3.2. Présentation des données topographiques acquises sur le site

La topographie du site de Pont-Callec a été relevée à partir d'un ensemble de plus de 3000 points de mesures couvrant la majeure partie de l'estran, depuis la racine jusqu'à la pointe de la flèche, ainsi qu'une partie du marais maritime situé en arrière (fig. 4).



Figure 4 – Répartition des points de mesures DGPS et localisation des points de calage.

Les marges d'erreur liée à la mesure sont connues à partir de 2 points de calage (tableau 3). Elles ne dépassent pas 2 cm en X, Y et Z.

Dates des levés	Coordonnées pc 01			Coordonnées pc 02		
	X	Y	Z	X	Y	Z
06/03/2013_A	156155,74	6831052,09	3,09	156121,96	6830999,43	4,04
06/03/2013_B	156155,76	6831052,06	3,09	156122,01	6830999,42	4,07
06/03/2013_C	156155,74	6831052,09	3,08	156121,98	6830999,45	4,03
MOYENNE	156155,74	6831052,08	3,09	156121,98	6830999,43	4,05
Marge d'erreur (écart type)	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02

Tableau 3 – Qualité de la mesure à partir des points de calage situés à Pont-Callec.

3.3. Travaux et volumes

Les travaux envisagés sur le site de Pont-Callec visent à (i) supprimer la chaussée et (ii) rehausser la crête du sillon dans sa partie médiane.

La chaussée couvre une superficie de 450 m². Sa suppression de la chaussée nécessite le déblaiement d'un volume de matériel (compacté) estimé à 550 m³ ± 10 m³ (fig. 7). Ce volume correspond au matériel à extraire afin de niveler le terrain à une cote

équivalente à celle du marais maritime situé de part et d'autre de la chaussée. Cette cote est comprise entre 3,02m NGF à l'ouest de la chaussée et 2,85 m NGF à l'est de la chaussée (fig. 8). A cela s'ajoute également le surcreusement d'un chenal de 2,5 m de largeur et de 0,8 m de profondeur afin d'assurer un bon drainage du marais (fig. 8).

Sur une longueur de 30 m, la crête du cordon devrait être rehaussée à la cote de 4 m NGF (fig. 9), soit 40 cm au-dessus du niveau atteint par les pleines mers de vive-eau défini par le SHOM au port du Tinduff (RAM, 2011). Ce rehaussement limitera la fréquence des franchissements par les vagues dans le futur et devrait limiter le recul du cordon dans ce secteur. Le volume de matériel nécessaire à ce reprofilage est estimé à 30 m³ ± 1m³ (fig. 7)

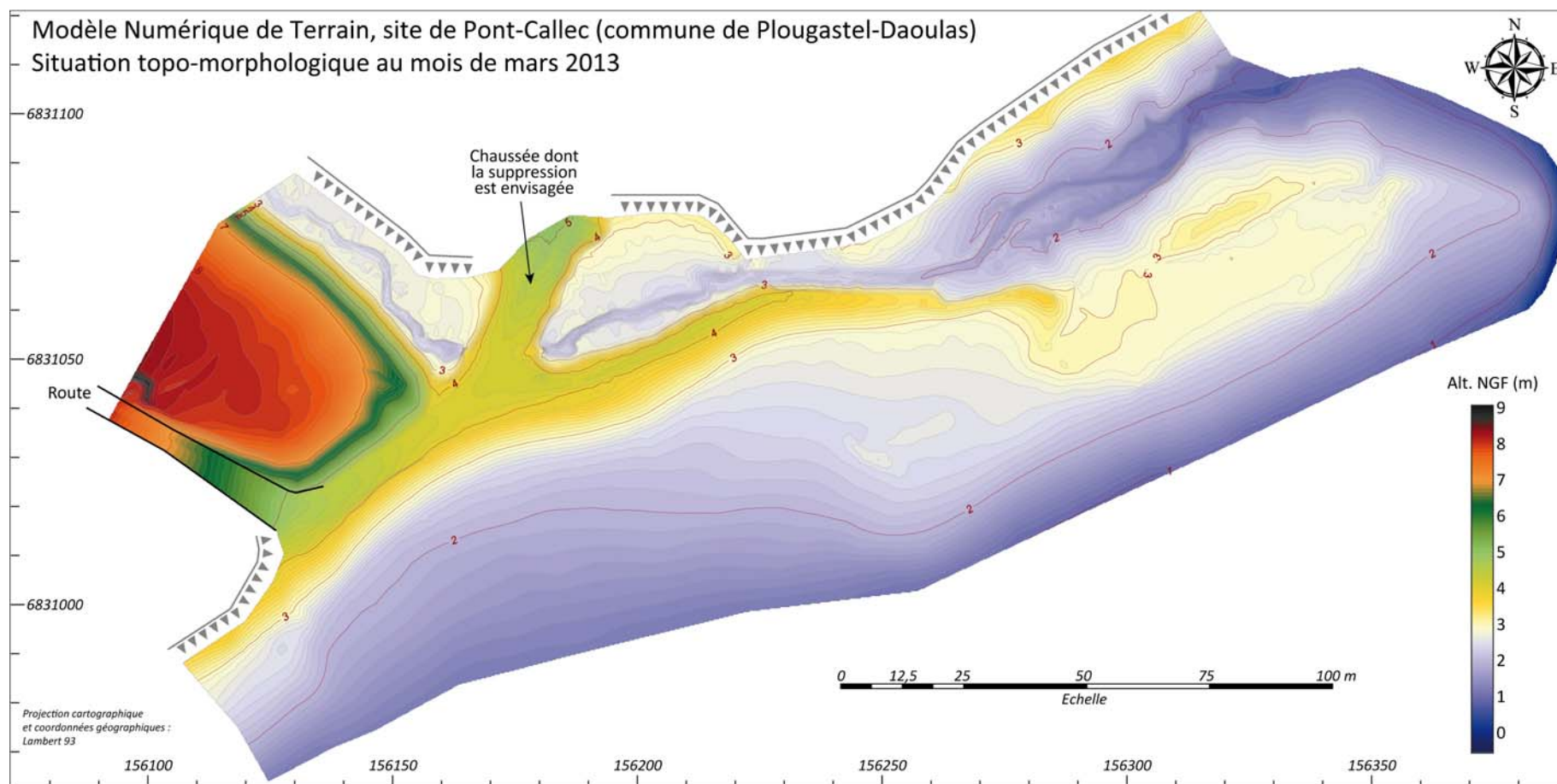


Figure 5 – Modèle Numérique de Terrain de Pont-Callec représentant la situation topo-morphologique du site en mars 2013 et les périmètres d'intervention.

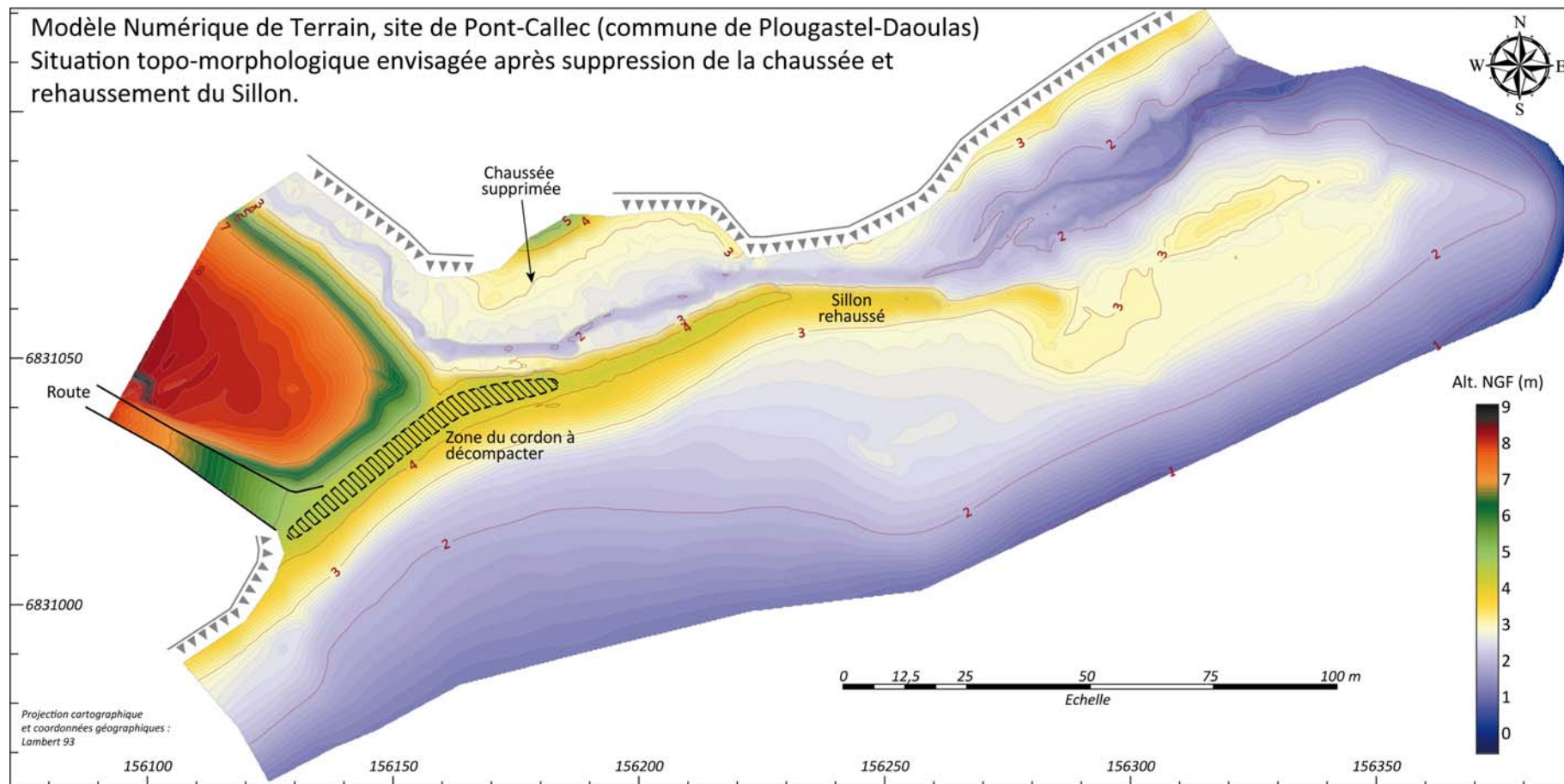


Figure 6 – Modèle Numérique de Terrain de Pont-Callec représentant la situation topo-morphologique du site après les travaux envisagés.

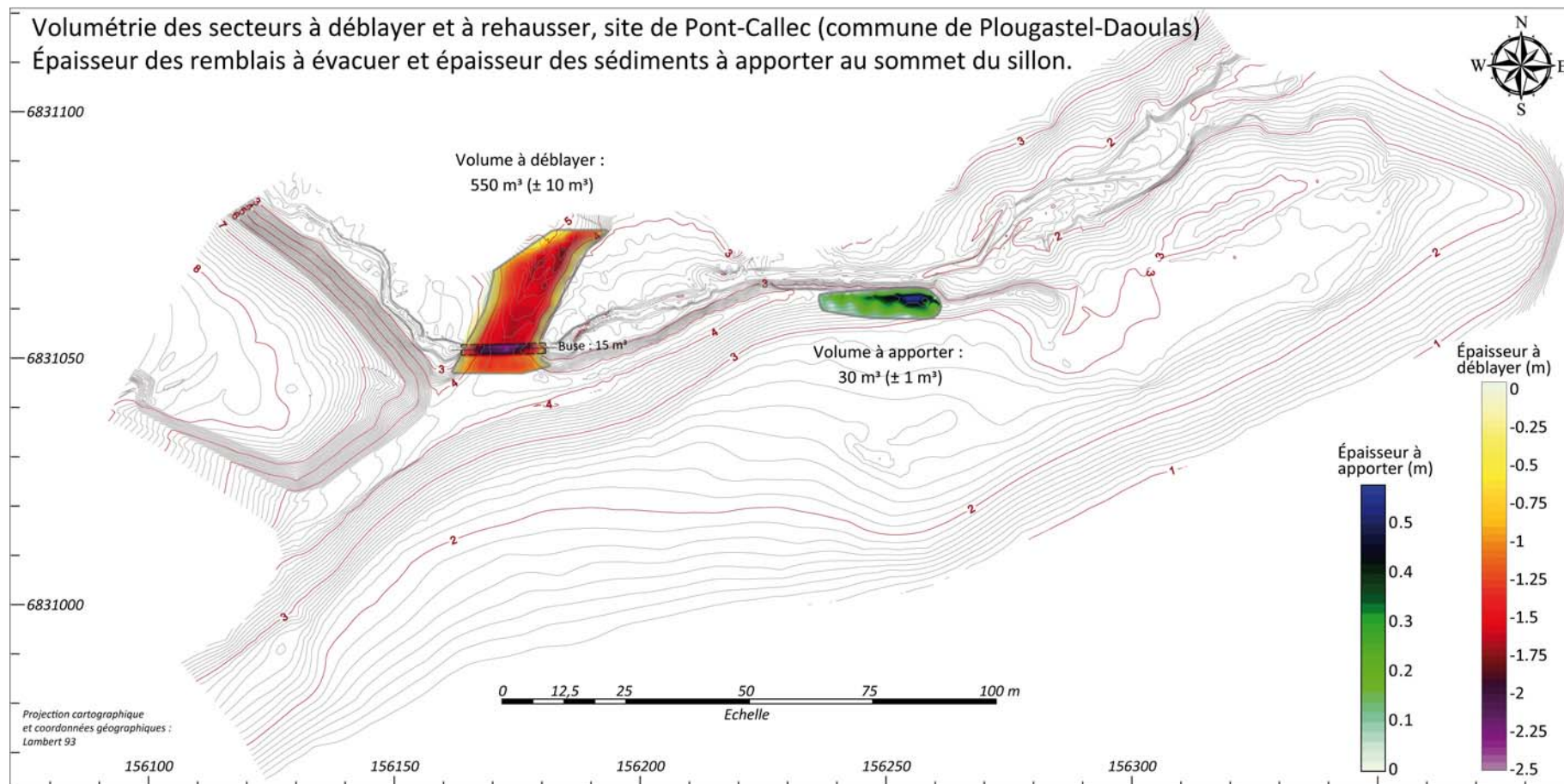
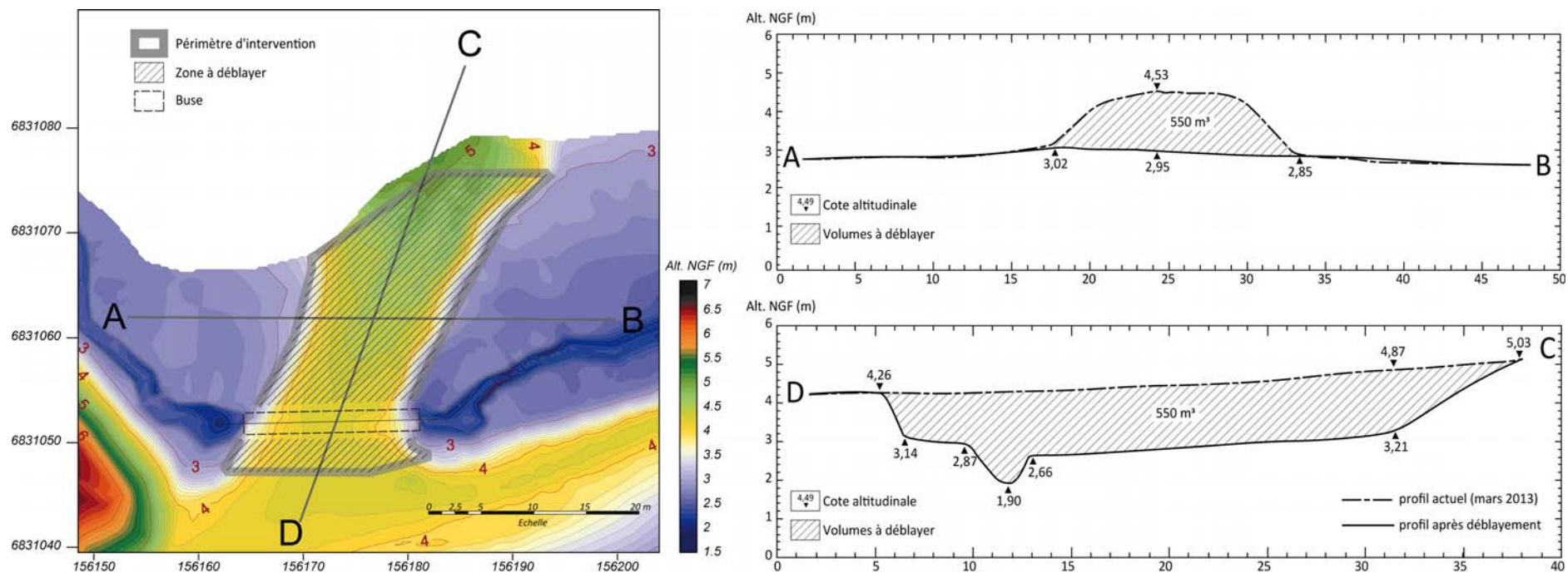


Figure 7 – Modèle Numérique de Terrain de Pont-Callec. Volumes et épaisseur des remblais à évacuer et à apporter au sillon.



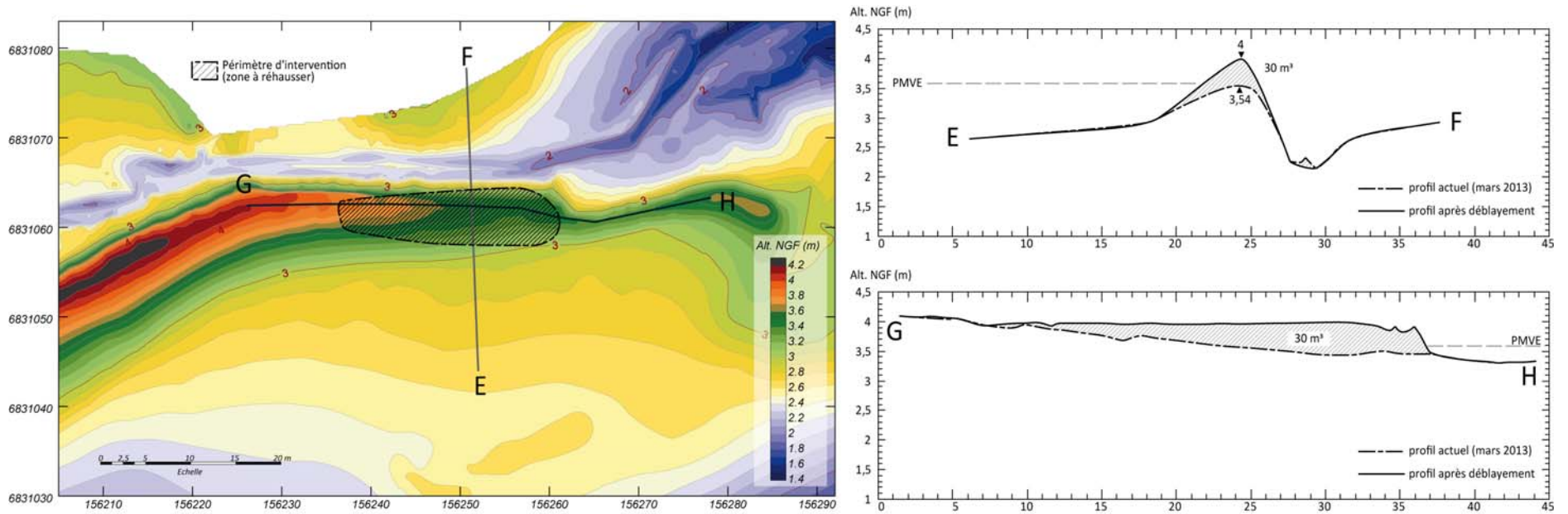


Figure 9 – Profils topographiques et cotes altitudinales du cordon de Pont-Callec, avant et après travaux de rehaussement.

4. Le site de Pédel (commune de Plougastel-Daoulas)

4.1. Rappel des interventions envisagées dans le cadre du Contrat Nature

Le Sillon du Pédel mesure 650 m de long et 40 m de large à son enracinement. Il individualise deux petits marais maritimes d'une superficie totale de 2 ha dont le fonctionnement naturel a été fortement perturbé par la mise en place d'une chaussée destinée à faciliter la circulation des engins agricoles. Cette chaussée a réduit les échanges entre le marais et la mer et a modifié le fonctionnement morphodynamique du cordon littoral. La circulation des tracteurs au sommet du cordon a dégradé la végétation et fragilisé l'édifice.

Or, d'un point de vue floristique, le site du Pédel abrite une petite station à *Limonium humile* (Quéré, 2009). On y rencontre également la ruppie maritime, une espèce rare à l'échelle régionale (Quéré *et al.*, 2008). En terme d'habitat, quatre habitats d'intérêt communautaire différents sont rencontrés et représentent 60 % de la surface totale du secteur (Bougault *et al.*, 2004). Les marais compte également de grandes superficies de roselière à phragmites et à scirpe maritime. Enfin, le cordon littoral est utilisé comme reposoir à marée haute pour les espèces d'anatidés et de limicoles hivernants en rade. Le marais maritime, en revanche, semble déserté par ces populations. Enfin, des passereaux paludicoles fréquentent les roselières. La principale mesure conservatoire consiste à détruire la chaussée et limiter l'accès à l'estran par les engins agricoles. Le cordon littoral pourrait également faire l'objet d'un rechargement sédimentaire

ponctuel dans les parties les plus dégradées par le passage des véhicules (fig. 10).

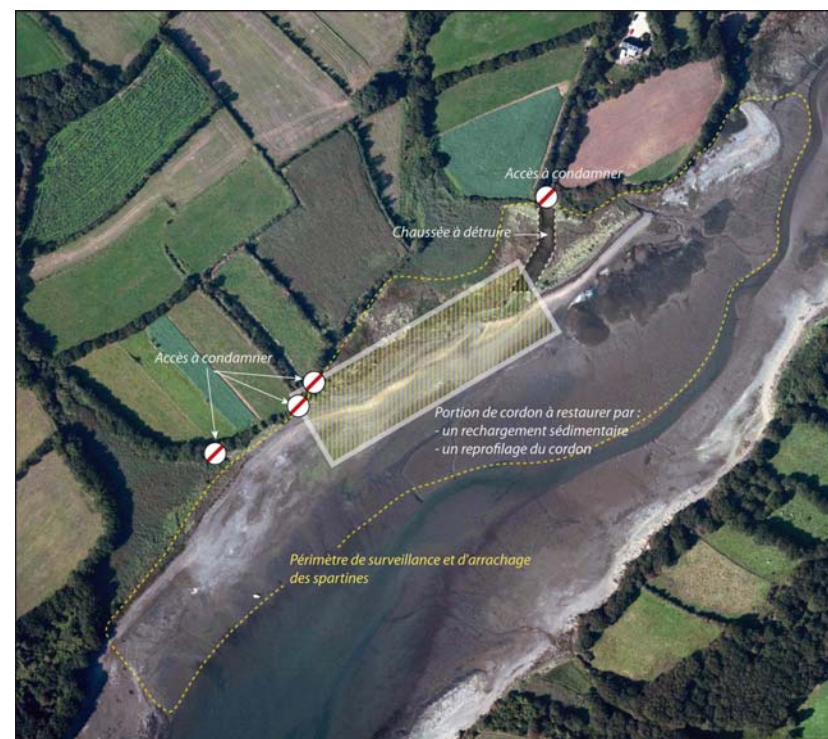


Figure 10 : Actions à mener sur le secteur du Pédel dans une optique de conservation et restauration des caractères géomorphologiques et écologiques.

4.2. Présentation des données topographiques acquises sur le site

Le site du Pédel a été relevé à partir de plus de 4700 points de mesures sur une superficie de 4,9 ha (fig. 11). La flèche littorale a été levée sur toute sa longueur depuis sa racine au sud-ouest jusqu'à sa pointe, du bas de plage jusqu'aux parties les plus

internes des marais d'arrière cordon lorsque cela a été possible (fig. 11).



Figure 11 : Répartition des points de mesures DGPS et localisation des points de calage.

Les coordonnées géographiques de trois points de calage ont été mesurées à plusieurs reprises. Ces mesures permettent d'estimer la précision des données acquises à ± 2 cm. (tableau 4).

Dates	pc vase 01			pc vase 02			pc Roche Est		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
11/02/2013_A	158209,002	6831355,425	1,302	158262,327	6831413,406	1,283	158198,137	6831438,98	4,094
11/02/2013_B	158209,075	6831355,388	1,316	158262,298	6831413,365	1,29	158198,152	6831438,992	4,104
26/02/2013_A	158209,066	6831355,387	1,337	158262,301	6831413,406	1,311	158198,147	6831439,014	4,137
26/02/2013_B	158209,105	6831355,3	1,308	158262,341	6831413,383	1,297	158198,139	6831438,925	4,14
MOYENNE	158209,06	6831355,38	1,32	158262,32	6831413,39	1,30	158198,14	6831438,98	4,12
Marge d'erreur	0,04	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02

Tableau 4 – Qualité de la mesure à partir des points de calage situés sur le site de Pédel.

4.3. Travaux et volumes

La suppression du remblai, dont l'épaisseur maximale est d'un mètre au niveau du ruisseau et des buses, nécessite l'enlèvement d'un volume de matériel estimé à $98 \text{ m}^3 \pm 5 \text{ m}^3$ (fig. 14). L'enlèvement de ce déblai permettrait de redonner à cette partie du marais une topographie conforme à ce qu'il est immédiatement alentour (fig. 15). Si le matériel qui a été utilisé lors du comblement provient de la grève il pourrait y être déposé et servir aussi à boucher la brèche existant en haut de la flèche.

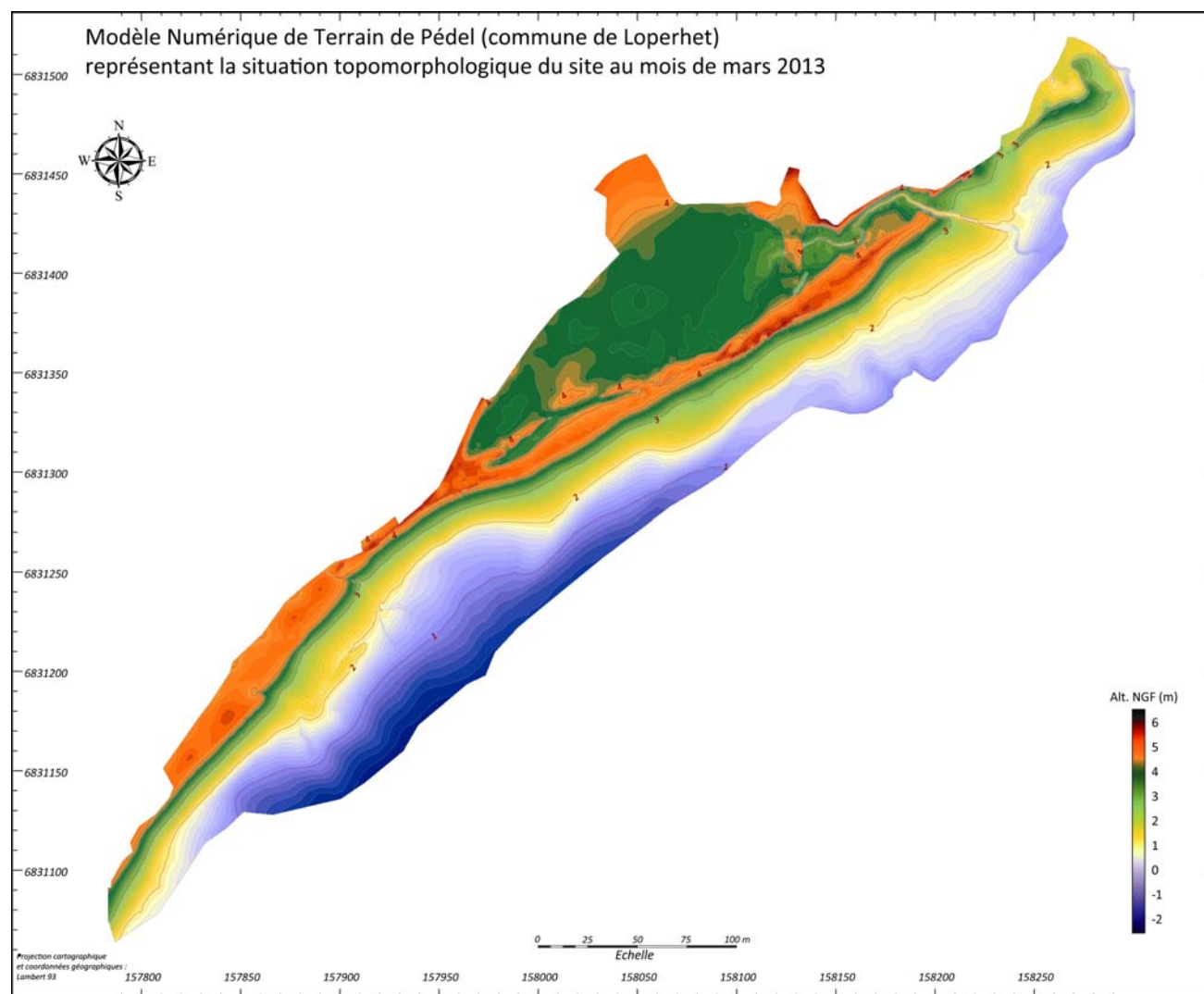


Figure 12 – Modèle Numérique de Terrain du site de Pédal représentant la situation topo-morphologique du site en mars 2013 et les périmètres d'intervention.

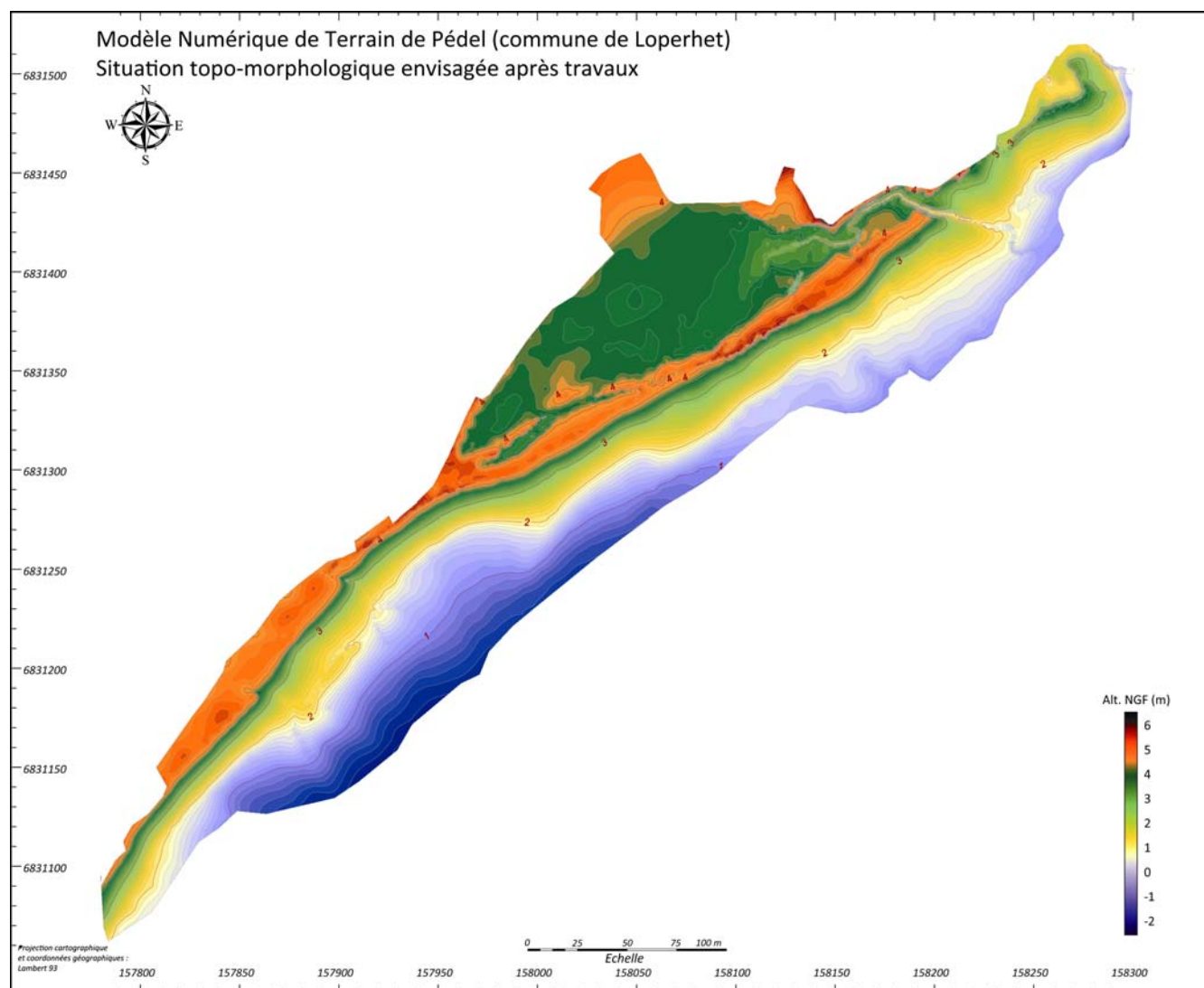


Figure 13 – Modèle Numérique de Terrain du site de Pédel représentant la situation topo-morphologique du site après les travaux envisagés.

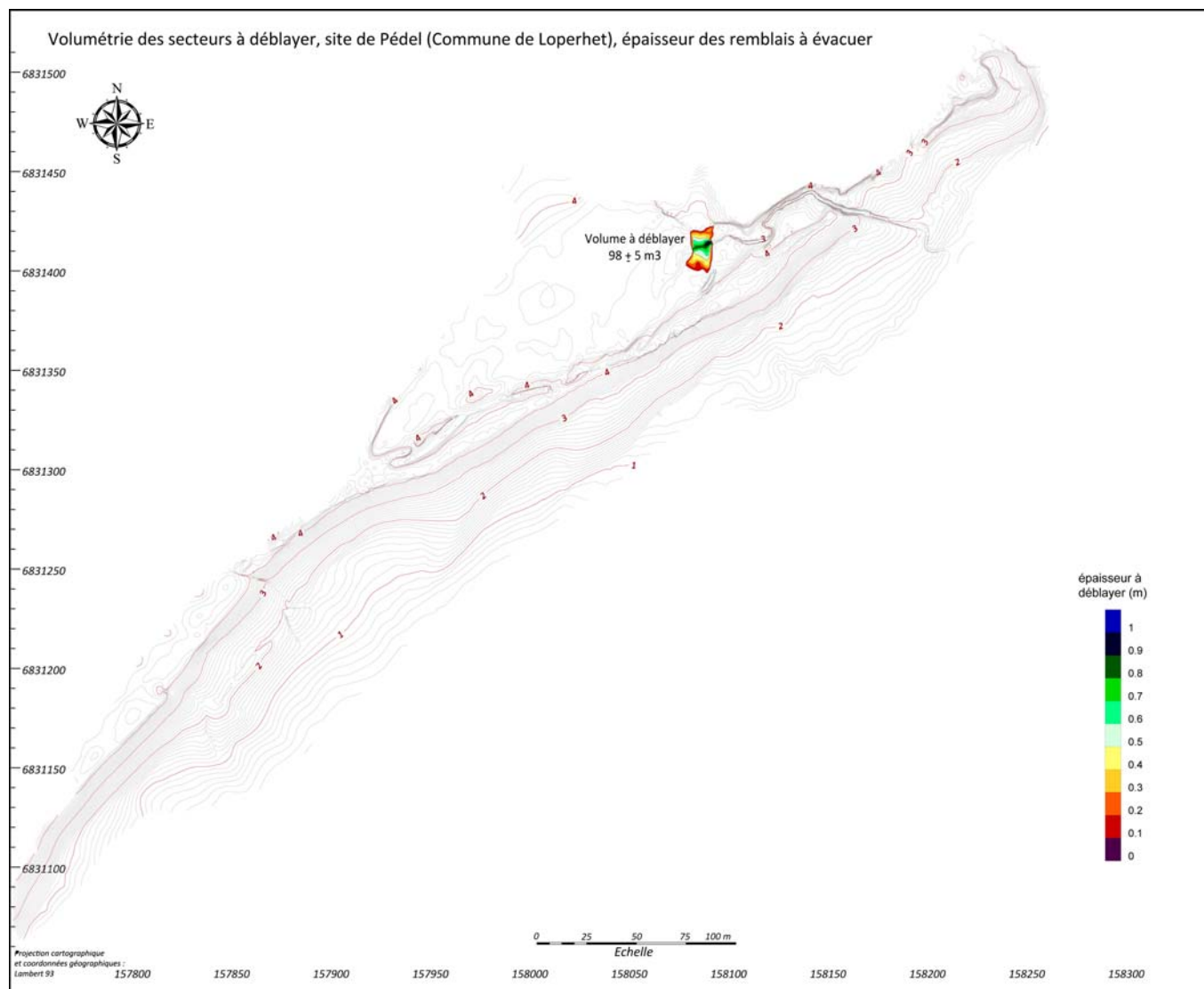


Figure 14 – Modèle Numérique de Terrain du site de Pédel. Volumes et épaisseur des remblais à évacuer.

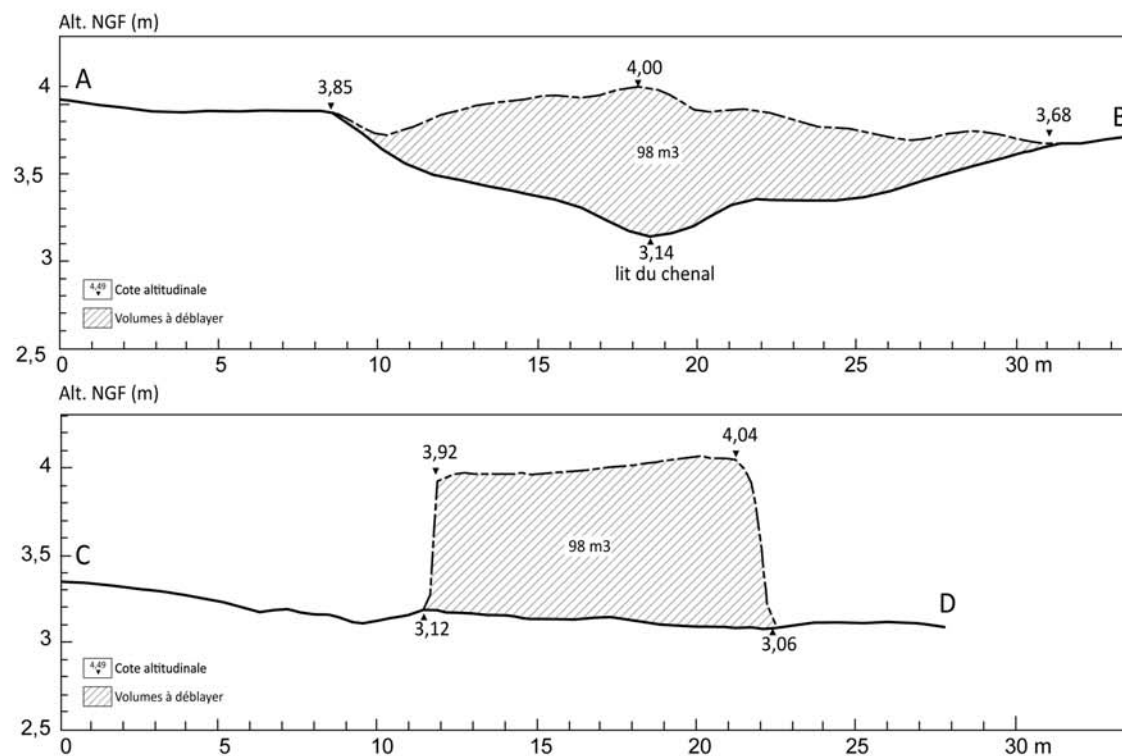
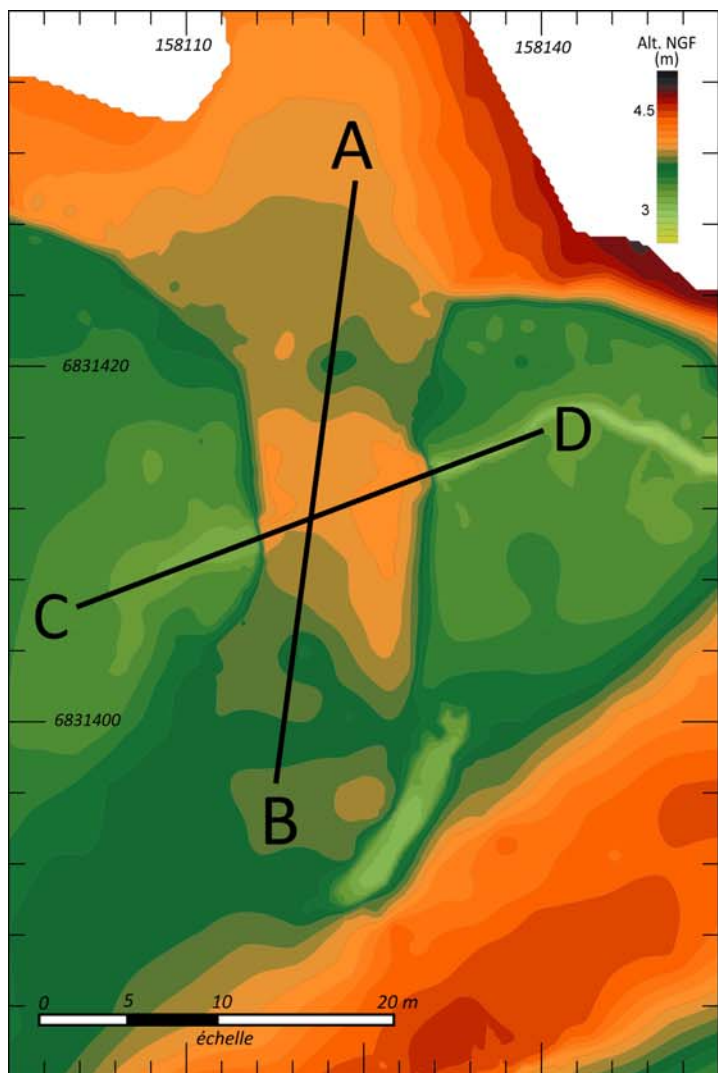


Figure 15 – Le Pédel, profils topographiques et cotes altitudinales de la chaussée, avant et après travaux.

5. Le site de Mengleuz (commune de Logonna-Daoulas)

5.1. Rappel des interventions envisagées dans le cadre du Contrat Nature

Avec la flèche de Rosmélec, la flèche de Mengleuz forme un couple de flèches littorales en chicane d'une grande rareté à l'échelle régionale. Ces deux cordons protègent également un marais maritime d'une grande richesse écologique (Bougault *et al.*, 2004). Dans les années 1960, les activités et les aménagements ostréicoles ont fortement perturbé le fonctionnement morpho-sédimentaire naturel du secteur (Stéphan, 2011). Des prélèvements sédimentaires ont fragilisé le cordon et l'ouverture d'une brèche a coupé la flèche de Mengleuz en deux sections et a privé la section orientale de son alimentation en sédiments. L'étude des anciens clichés aériens a montré un recul rapide (1 m/a environ) de cette section vers l'intérieur du marais maritime à partir des années 1970. Le suivi topo-morphologique réalisé entre 2004 et 2011 dans ce secteur montre que ce recul s'accompagne également d'un abaissement progressif du cordon qui tend à s'étaler dans le marais. En revanche, la section ouest de la flèche de Mengleuz bénéficie toujours d'une bonne alimentation sédimentaire et tendrait même à s'allonger si le chenal situé sur l'estran n'entraînait pas les sables et les galets vers le bas de la plage. Compte tenu de l'état de dégradation particulièrement avancé de la section orientale de la flèche, la restauration complète de ce secteur nécessiterait des moyens matériels et financiers très importants. Toutefois, une alternative a été proposée et vise à permettre la reformation de la flèche de manière progressive par les processus

naturels en favorisant l'allongement de la section ouest. L'intervention principale consiste, dans l'ordre suivant :

- 1 : Déplacer l'extrémité de la flèche actuelle pour
- 2 : permettre l'accès à l'estran et la destruction des parcs et cale ostréicoles abandonnés et en grande partie ruinifiés,
- 3 : creuser un nouveau chenal, dans l'axe de celui qui passe actuellement sous la rampe d'accès aux parcs, et en direction du marais de Rosmélec,
- 4 : Colmater le chenal actuel de sortie de marais qui empêche la progression de la flèche vers l'est,
- 5 : Détruire la cale d'accès dont une partie se trouve sous l'extrémité de la flèche déplacée lors de la phase (1)
- 6 : reprofiler l'extrémité de la flèche avec le matériel préalablement déposé sur l'estran lors de la phase (1).

5.2. Présentation des données topographiques acquises sur le site

Sur Mengleuz, 4300 points de mesure ont été acquis en février 2013 dans les parties mobiles du secteur (cordon littoral et marais maritime). S'y ajoute 2000 points de mesures obtenus à l'occasion de campagnes précédentes sur les éléments fixes du paysage (cales et bassins ostréicoles). L'ensemble de ces données couvre une superficie de 11 ha (fig. 16).

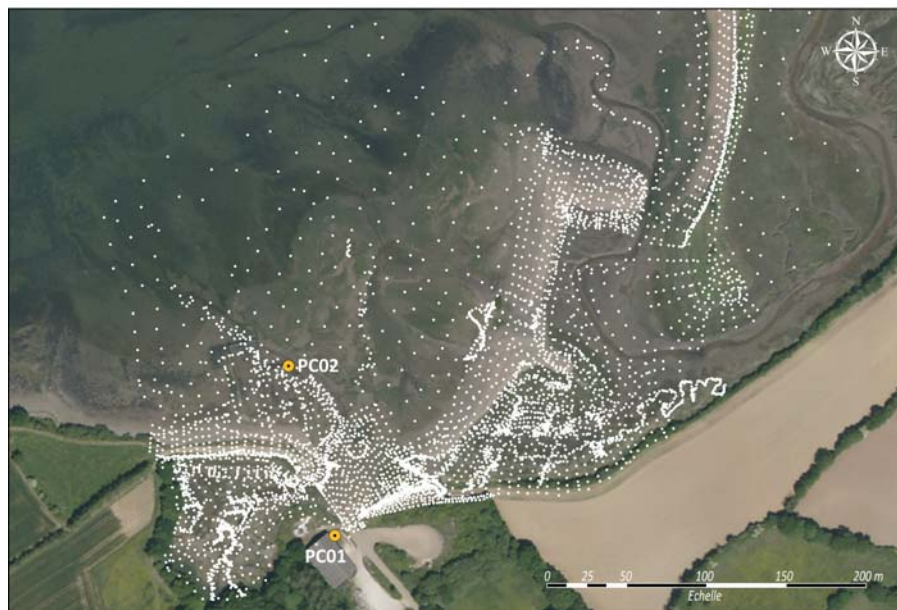


Figure 16 – Répartition des points de mesures DGPS et localisation des points de calage.

Les marges d'erreur inhérente à la mesure sont conformes aux normales : ± 2 cm en X, Y, Z (tableau 5). Cependant, le PC Hangar livre une incertitude de ± 7 cm en Z qu'il ne faut pas généraliser à l'ensemble des données acquises sur Mengleuz. Ce point se situe sous un bâtiment ostréicole qui masque partiellement le signal des satellites et réduit à cet endroit la précision de la donnée.

Dates	PC01 (hangar)			PC02 (parc à huître)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
12/12/2007	109529,26	2392078,86	5,03	109496,23	2392191,50	2,14
12/12/2007	109529,25	2392078,81	5,00	109496,24	2392191,49	2,15
02/03/2011	109529,26	2392078,87	4,86	109496,21	2392191,53	2,12
02/03/2011	109529,25	2392078,83	4,98	109496,23	2392191,49	2,12
01/02/2013A				109496,23	2392191,55	2,13
01/02/2013B				109496,22	2392191,51	2,15
12/01/2013A	109529,16	2392078,85	4,90	109496,23	2392191,51	2,13
12/01/2013B	109529,26	2392078,83	5,01			
moyenne	109529,24	2392078,84	4,96	109496,23	2392191,51	2,13
écart type	0,04	0,00	0,07	0,01	0,00	0,01

Tableau 5 – Qualité de la mesure à partir des points de calage situés à Pont-Callec.

5.3. Travaux et volumes

(1) La première étape consiste à enlever l'extrémité de la flèche actuelle et à déposer le matériel gravelo-caillouteux en haut de l'estran à l'ouest du site des parcs (fig. 19). Le volume à déplacer est de $487\text{m}^3 \pm 10\text{m}^3$ (fig. 20). Ces 487 m^3 seront déposés en tas (pas étalés) sur le haut de l'estran à l'ouest du site des viviers. Cette étape permet l'accès aux viviers par la cale d'accès.

(2) La seconde phase (fig. 19 & fig. 21) verra la destruction des viviers et de la descente de plage qui jouxte celui qui est situé à l'ouest. Le matériel extrait (67 m^3 de béton) sera évacué hors site. L'extrémité de la cale bordant le vivier est constituée en un remblai caillouteux qui a priori pourra être conservé sur place.

(3) La troisième phase consistera à creuser un nouveau chenal dans l'axe de sa position antérieure à la destruction de la flèche de manière à permettre l'écoulement des eaux du marais vers l'est (fig. 19 & fig. 22). Le matériel extrait (385 m^3),

exclusivement naturel (mélange d'argile et de cailloux constituant le substrat de l'estran) servira pour la phase 4 et ne sera donc pas évacué du site. La largeur du chenal ainsi creusé sera de 3 m au fond et de 5 m au sommet.

(4) La quatrième phase consistera à combler le chenal actuel avec le matériel extrait du nouveau chenal (fig. 19 & fig. 23). Le volume minimum de remblai calculé est de 152 m³, mais pourra être augmenté pour permettre le recyclage intégral du matériel extrait en 3. Ce remblai sera compacté. Le reste pourra être déposé sur l'estran au nord du chenal

(5) La cinquième phase consistera à enlever la cale dont une partie se trouve à l'emplacement de l'extrémité de la flèche déplacée lors de la phase 1, ainsi que les buses du ruisseau et le muret bordant la cale à l'est (fig. 24)

(6) La sixième phase consistera à rapporter en bout de flèche le matériel extrait en phase 1 (487 m³) de manière à reprofiler l'extrémité de la flèche à l'emplacement du chenal comblé (fig. 25).

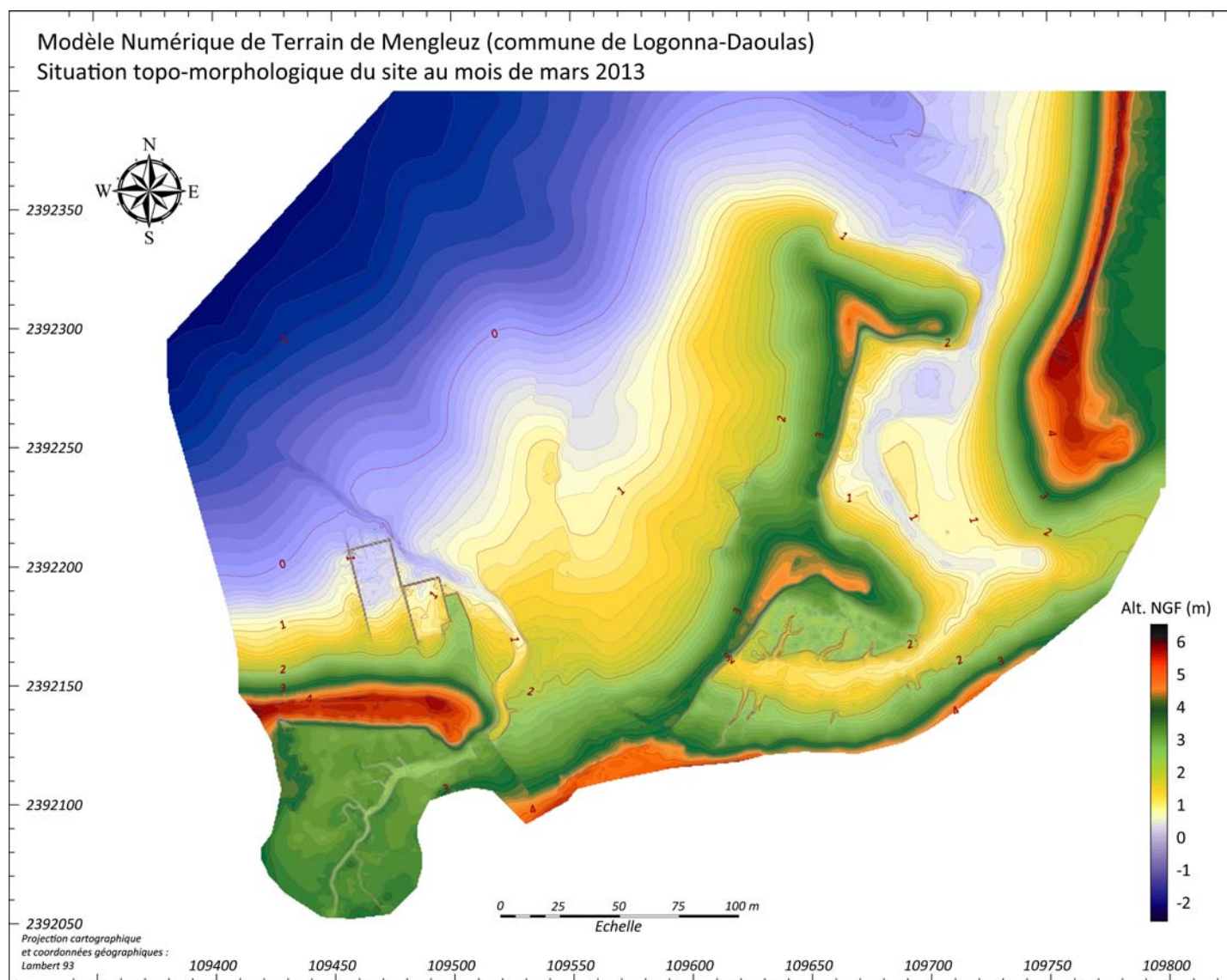


Figure 17 – Modèle Numérique de Terrain du site de Mengleuz représentant la situation topo-morphologique du site en mars 2013.

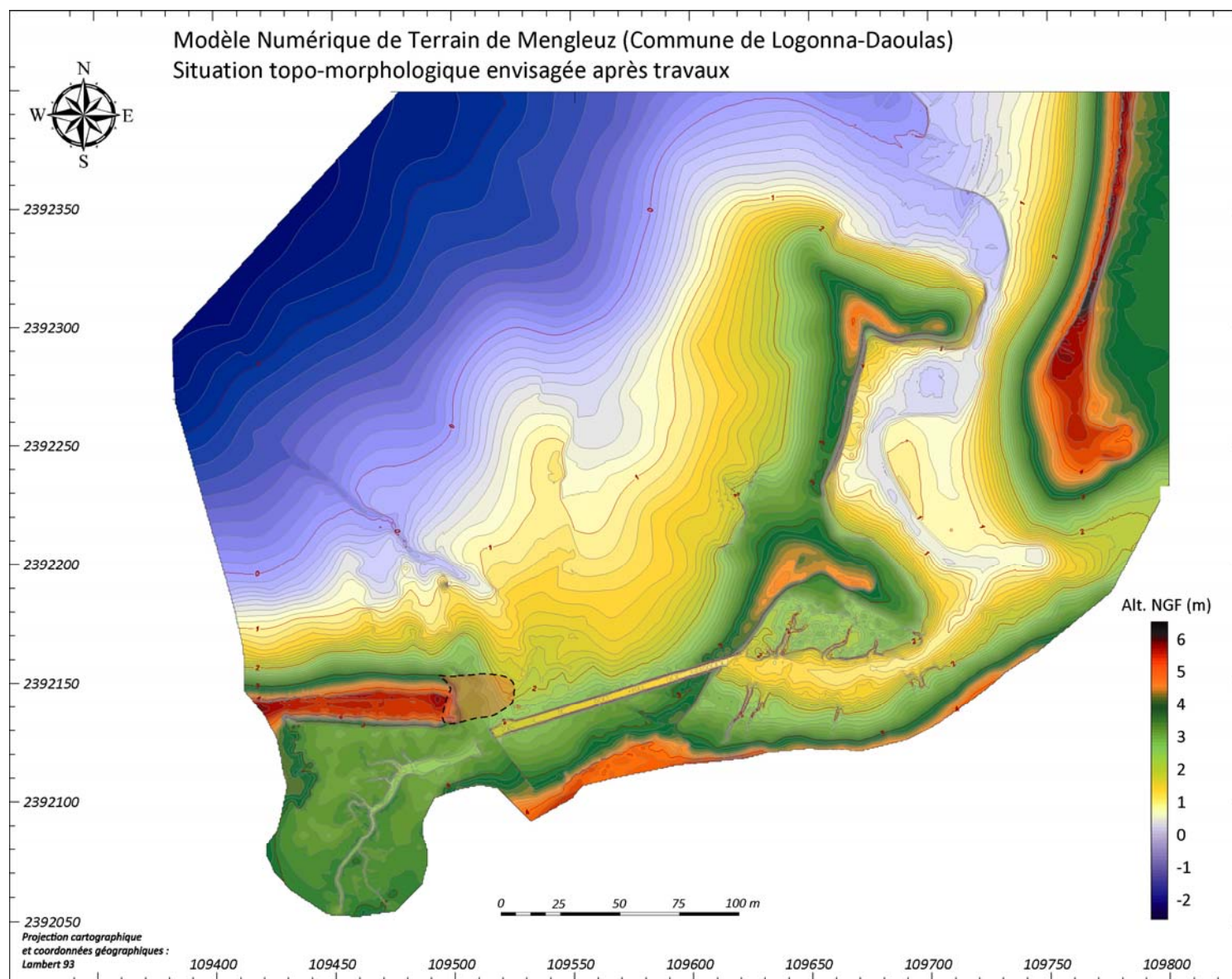


Figure 18 – Modèle Numérique de Terrain du site de Mengleuz représentant la situation topo-morphologique du site après les travaux envisagés.

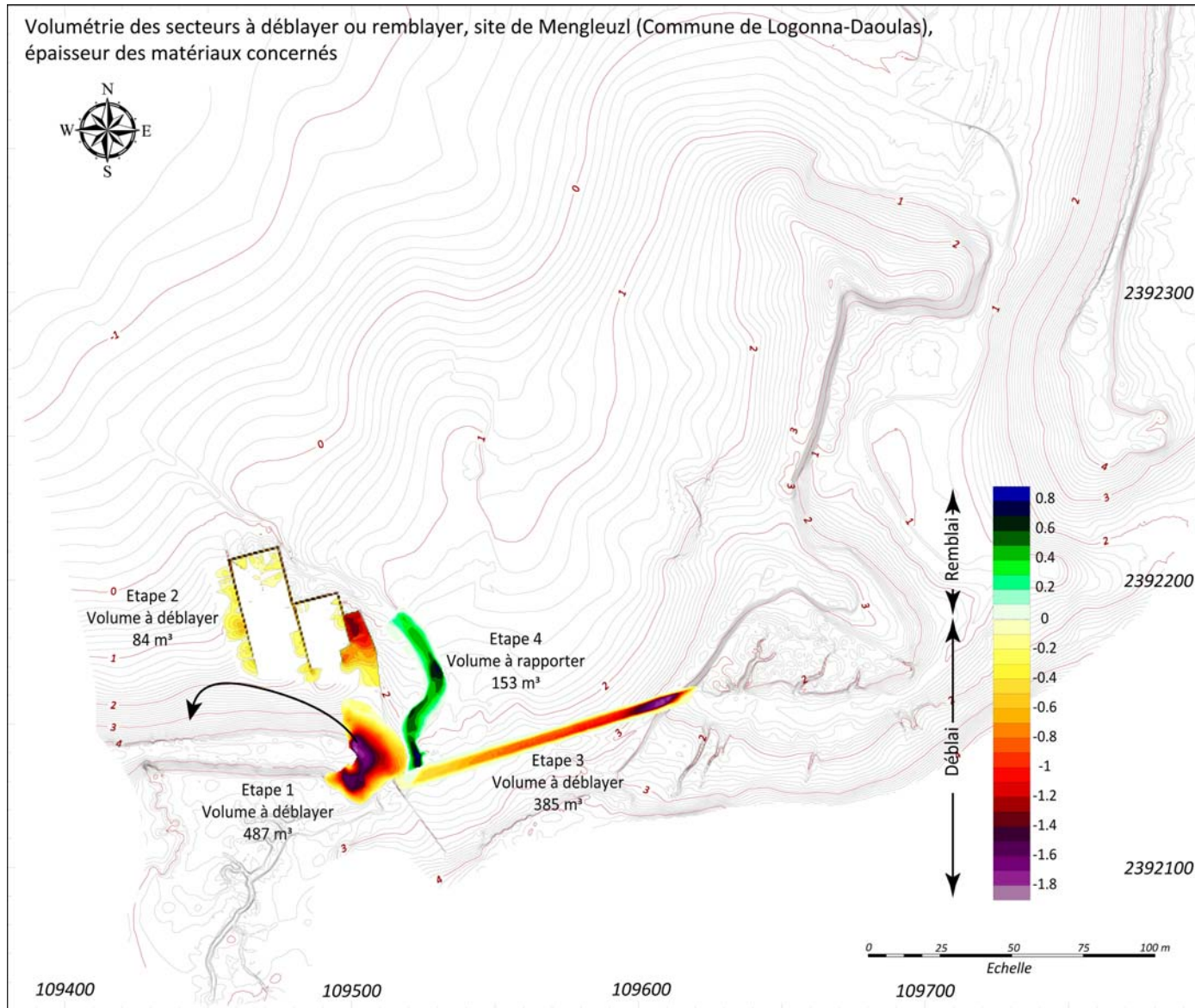


Figure 19 – Modèle Numérique de Terrain du site de Mengleuz. Volumes et épaisseur des remblais à évacuer.

Étape 1 : déplacement de l'extrémité de la flèche

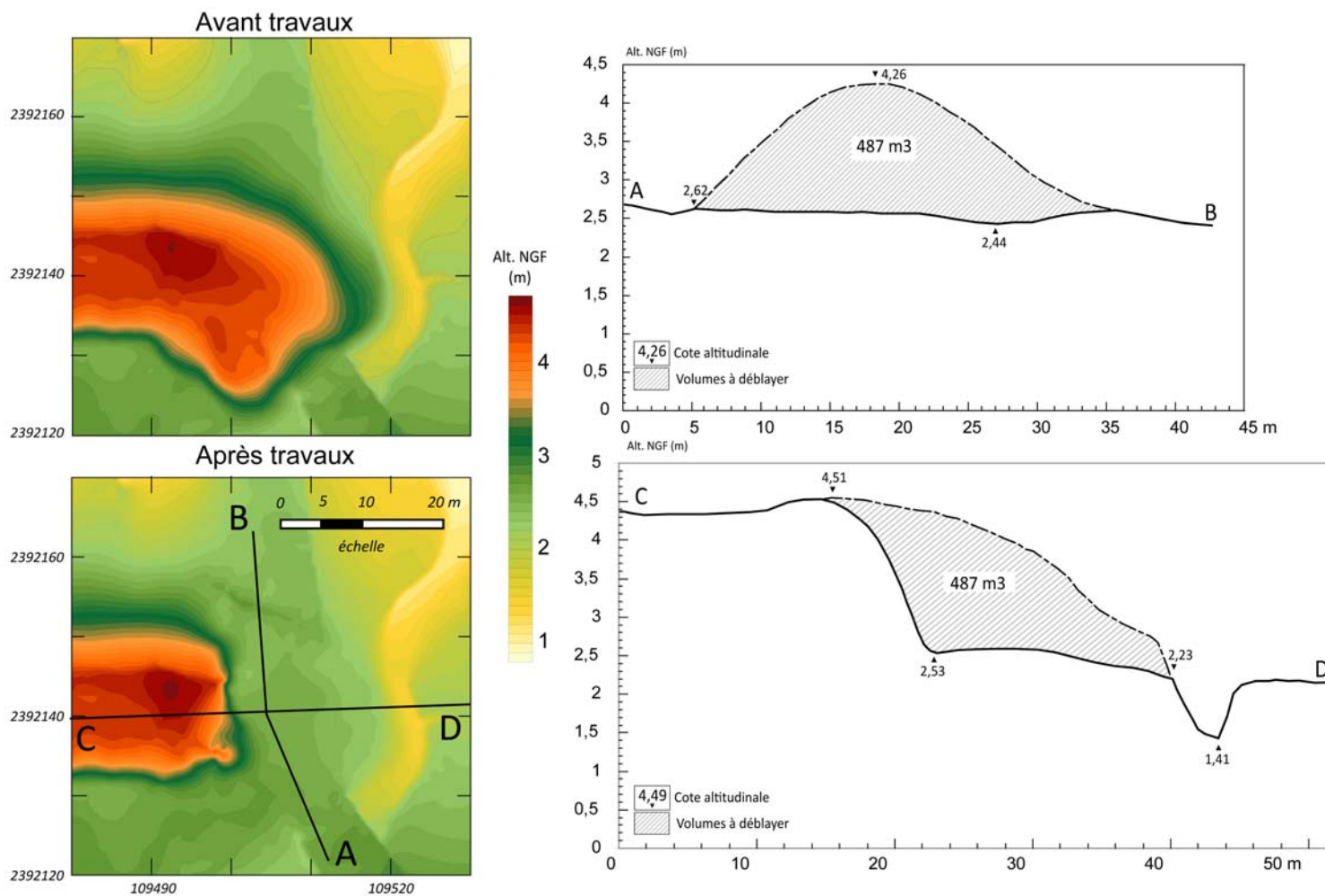


Figure 20 – Profils topographiques et cotes altitudinales avant et après le déplacement de l'extrémité de la flèche ouest.

Étape 2 : destruction des viviers et de la cale

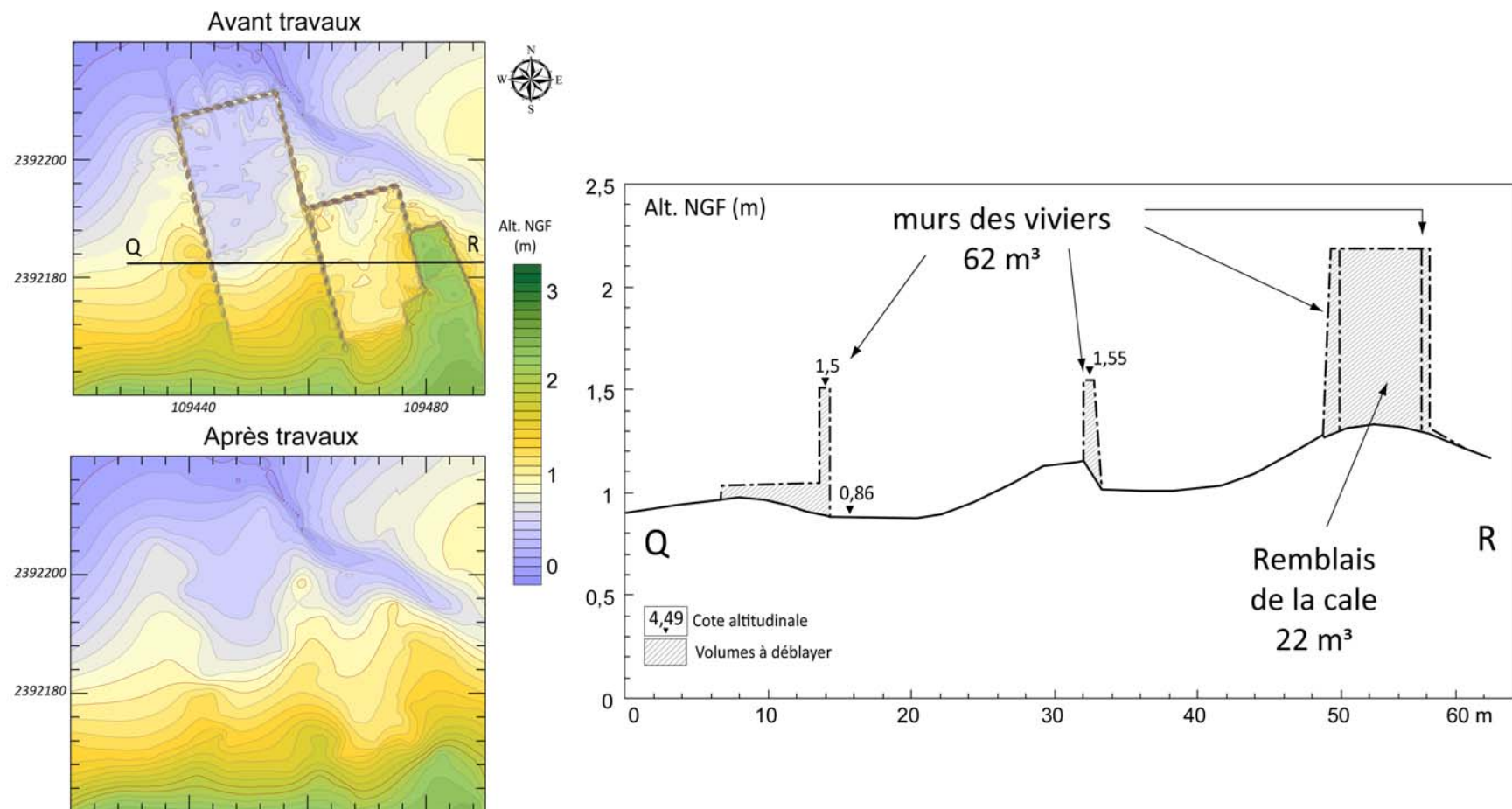


Figure 21 – Profils topographiques et cotes altitudinales avant et après la destruction des viviers et de la cale (étape 2).

Étape 3 : ouverture d'un nouveau chenal

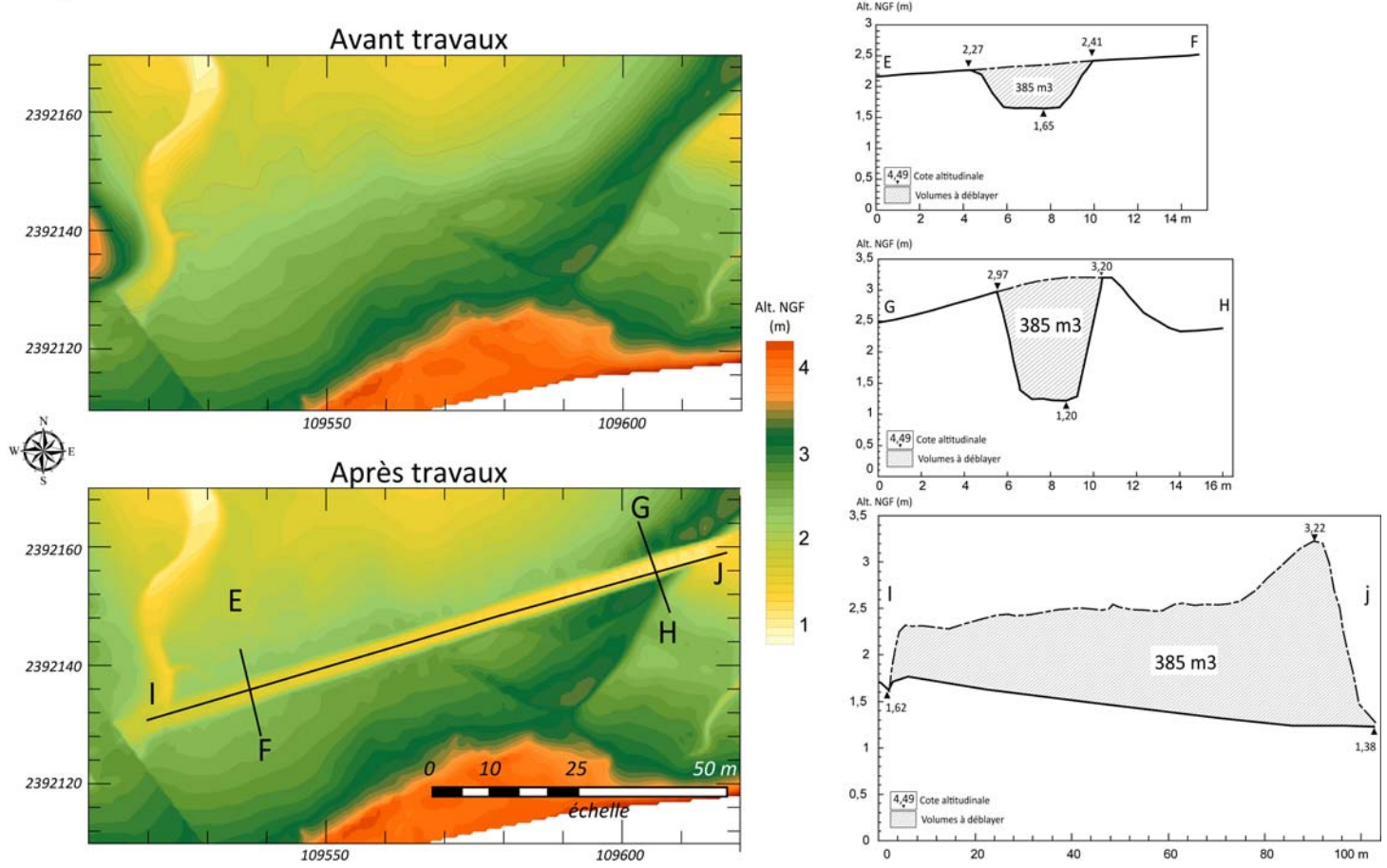


Figure 22 – Profils topographiques et cotes altitudinales avant et après l'ouverture d'un nouveau chenal (étape 3).

Étape 4 : remblaiement du chenal actuel de bout de flèche

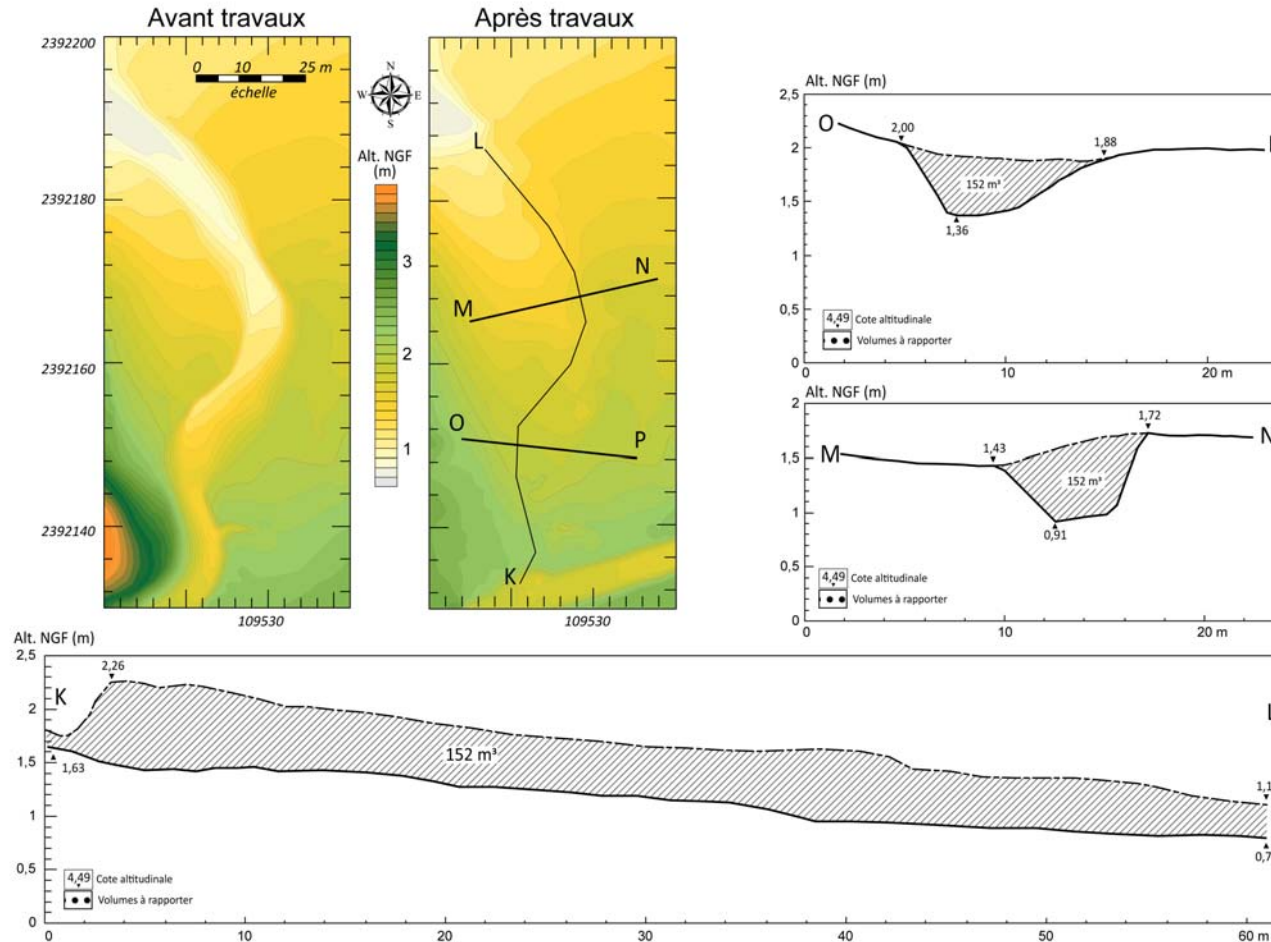


Figure 23 – Profils topographiques et cotes altitudinales avant et après le remblaiement du chenal de bout de flèche (étape 4).

Etape 5 : destruction de la cale d'accès

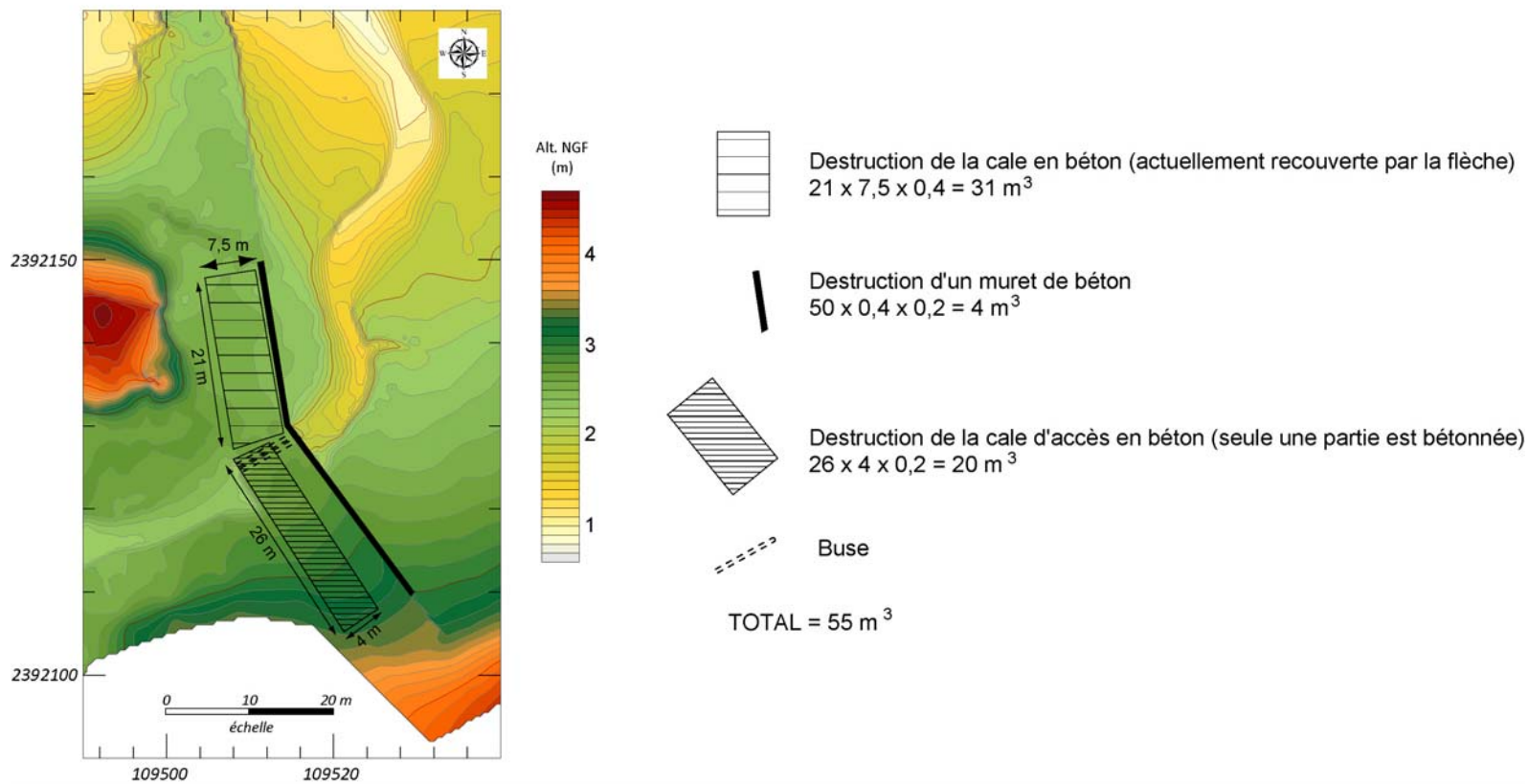


Figure 24 : Destruction de la rampe et de la cale d'accès (étape 5)

Etape 6 : reprofilage de l'extrémité de la flèche

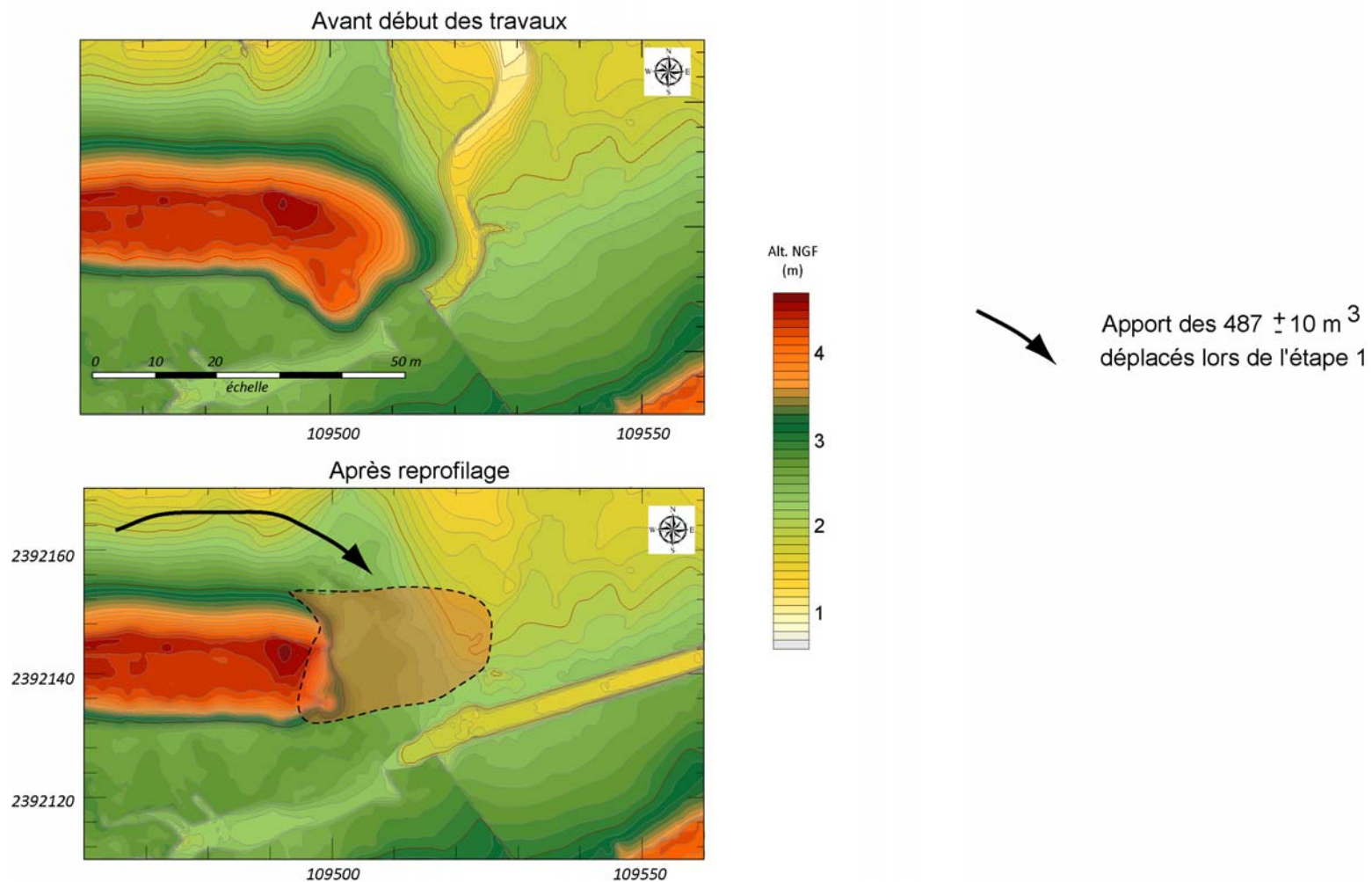


Figure 25 : Reprofilage de l'extrémité de la flèche en achèvement des travaux (étape 6)

6. Le site du Bindy (commune de Logonna-Daoulas)

6.1. Rappel des interventions envisagées dans le cadre du Contrat Nature

D'un point de vue géomorphologique, le double tombolo du Bindy est exceptionnel à l'échelle des côtes bretonnes (Guilcher *et al.*, 1957). Ce couple de cordons littoraux présente également un intérêt pédagogique manifeste, permettant d'apprécier les mécanismes complexes qui concourent à la formation et à l'évolution des cordons de galets. Le marais maritime du Bindy occupe une superficie d'environ 11400 m² et compte une station de plus d'un millier de pieds de *Limonium humile* qui s'étend sur 590 m² (Quéré, 2009). De plus, trois habitats d'intérêt communautaire différents y sont rencontrés (Bougault *et al.*, 2004). La progression de la spartine dans le marais maritime du Bindy représente la principale menace qui pèse sur le patrimoine écologique de ce secteur littoral. En outre, le site du Bindy fait l'objet d'une forte fréquentation humaine. Les vélos et cyclo-moteurs circulent fréquemment sur le cordon occidental. Le cordon oriental, quant à lui, s'appuie sur un remblai, aménagé dans les années 1970 en aire de stationnement, qui ampute le marais maritime d'un tiers de sa superficie d'origine.

La restauration du site dans son état initial nécessite donc le déblaiement d'une partie de l'aire de stationnement sur une surface d'environ 2500 m² (fig. 26). L'agrandissement du marais maritime devrait favoriser la fréquentation du site par les

populations de limicoles et d'anatidés à condition de contrôler la progression de la spartine et d'éviter l'homogénéisation du milieu.



Figure 26 - Actions de conservation et de restauration proposées sur le site du Bindy.

6.2. Présentation des données topographiques acquises sur le site

La topographie du site du Bindy a été relevée à partir d'un ensemble de plus de 4600 points de mesures couvrant la plage, le sommet et le revers du cordon ouest, ainsi que le marais maritime, l'aire de stationnement et l'ensemble du cordon est (fig. 27).



Figure 27 – Répartition des points de mesures DGPS et localisation des points de calage.

A l'est comme à l'ouest du site, cinq clous topographiques ont été scellés dans des têtes de roches et ont servi de points de calage permettant d'estimer la viabilité de nos mesures. Celle-ci est le plus souvent inférieure à 1 cm en Z et 2 cm en X et Y, à l'exception du PC01 et du PC03 où la proximité des arbres réduit la qualité du signal GPS (tableau 6).

Dates	Coordonnées PC01			Coordonnées PC02			Coordonnées PC03		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
30/01/2013_A	157248,55	6826796,81	5,33	157271,86	6826763,63	2,26	157161,95	6826740,03	2,49
30/01/2013_B				157271,82	6826763,65	2,26	157161,95	6826740,03	2,48
30/01/2013_C	157248,52	6826796,84	5,25	157271,86	6826763,63	2,26	157161,95	6826739,98	2,47
31/01/2013_A	157248,57	6826796,83	5,28	157271,85	6826763,65	2,26	157161,95	6826740,01	2,51
31/01/2013_B	157248,55	6826796,86	5,29	157271,87	6826763,68	2,25	157161,95	6826740,03	2,50
28/02/2013_A	157248,59	6826796,86	5,21	157271,89	6826763,66	2,23	157161,96	6826740,01	2,48
28/02/2013_C	157248,65	6826796,81	5,19	157271,84	6826763,70	2,24	157161,94	6826740,04	2,47
MOYENNE	157248,57	6826796,83	5,26	157271,86	6826763,66	2,25	157161,95	6826740,02	2,48
ECARTYPE	0,05	0,11	0,05	0,02	0,00	0,01	0,00	0,10	0,01

Dates	Coordonnées PC04			Coordonnées PC05		
	X	Y	Z	X	Y	Z
30/01/2013_A	156978,75	6826737,67	2,10	156937,93	6826851,22	1,95
30/01/2013_B	156978,73	6826737,67	2,10	156937,92	6826851,22	1,97
30/01/2013_C	156978,78	6826737,66	2,07	156937,93	6826851,19	1,94
31/01/2013_A	156978,75	6826737,66	2,09	156937,93	6826851,23	1,94
31/01/2013_B	156978,78	6826737,66	2,10	156937,94	6826851,26	1,94
28/02/2013_A	156978,77	6826737,64	2,09	156937,93	6826851,22	1,94
28/02/2013_C	156978,75	6826737,68	2,06	156937,93	6826851,17	1,95
MOYENNE	156978,76	6826737,66	2,09	156937,93	6826851,21	1,95
ECARTYPE	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01

Tableau 6 – Qualité de la mesure à partir des points de calage situés sur le site du Bindy.

3.3. Travaux et volumes

La zone de déblaiement a été définie à partir des clichés aériens de l'IGN pris dans en 1952 et indiquant la situation initiale de la zone humide. Afin de rétablir cette situation, l'aire de stationnement du Bindy devra être déblayée sur une surface d'environ 2500m². Cette opération devrait représenter un volume compacté de 3375 m³ ± 50 m³ (fig. 30). La topographie sera abaissée à une cote altitudinale comprise entre 2,7 m NGF et 3,3 m NGF afin de recréer un environnement fréquemment inondé par la mer et propice au développement des plantes halophytes telles que l'obione (fig. 31).

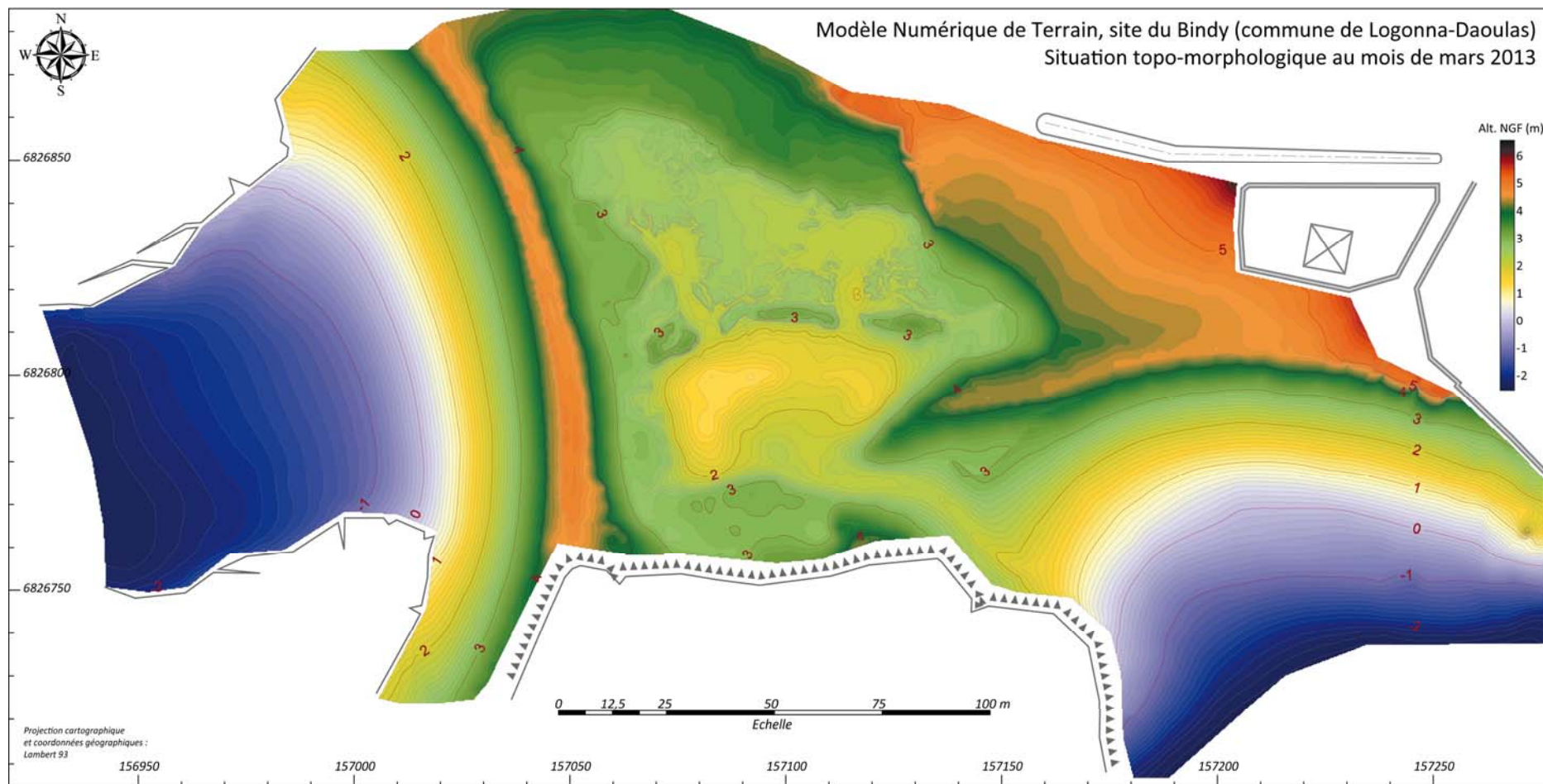


Figure 28 – Modèle Numérique de Terrain du site du Bindy représentant la situation topo-morphologique du site en mars 2013.

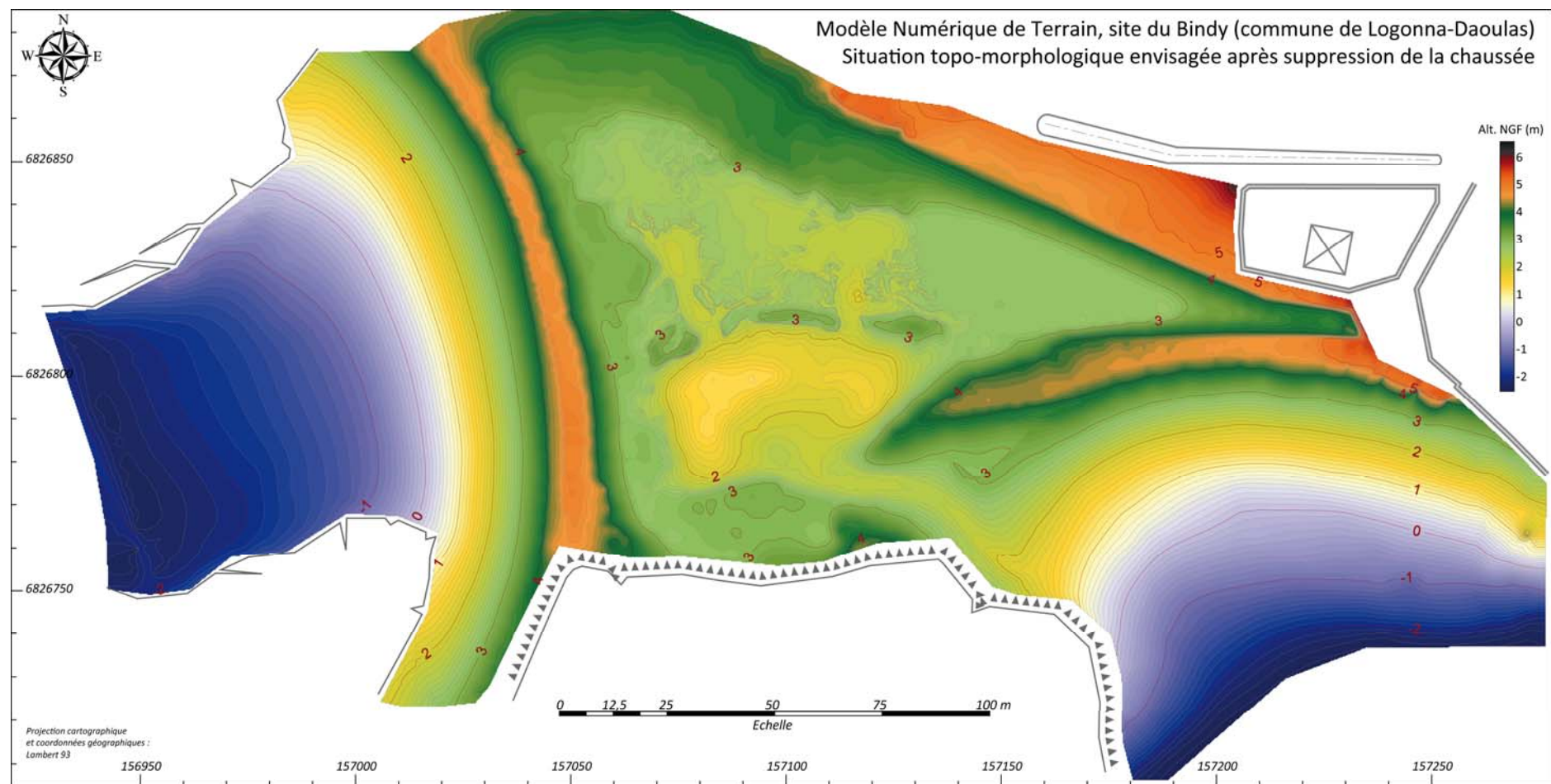


Figure 29 – Modèle Numérique de Terrain du site du Bindy représentant la situation topo-morphologique du site après les travaux envisagés.

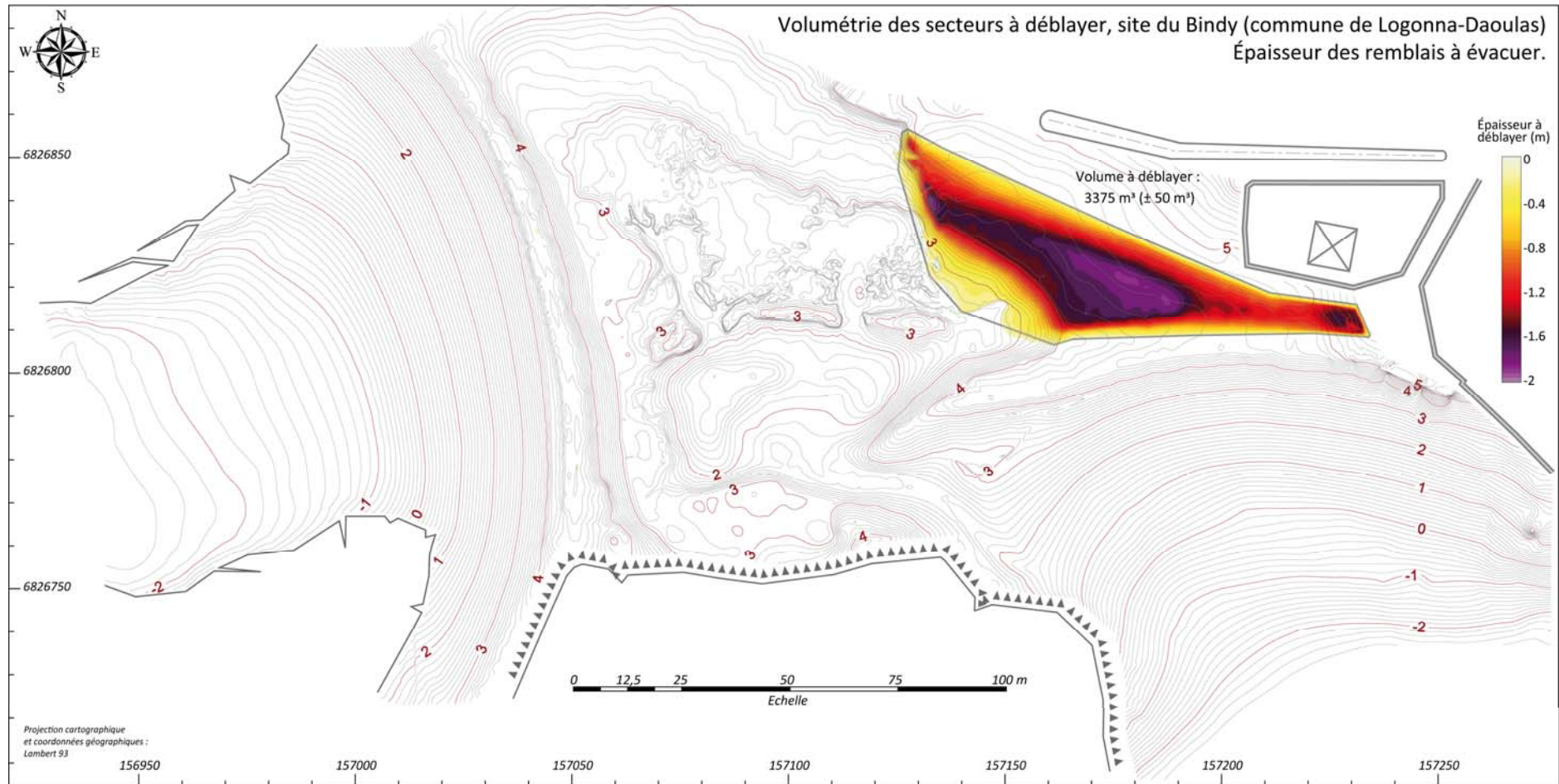


Figure 30 – Modèle Numérique de Terrain du site de Bindy. Volumes et épaisseur des remblais à évacuer.

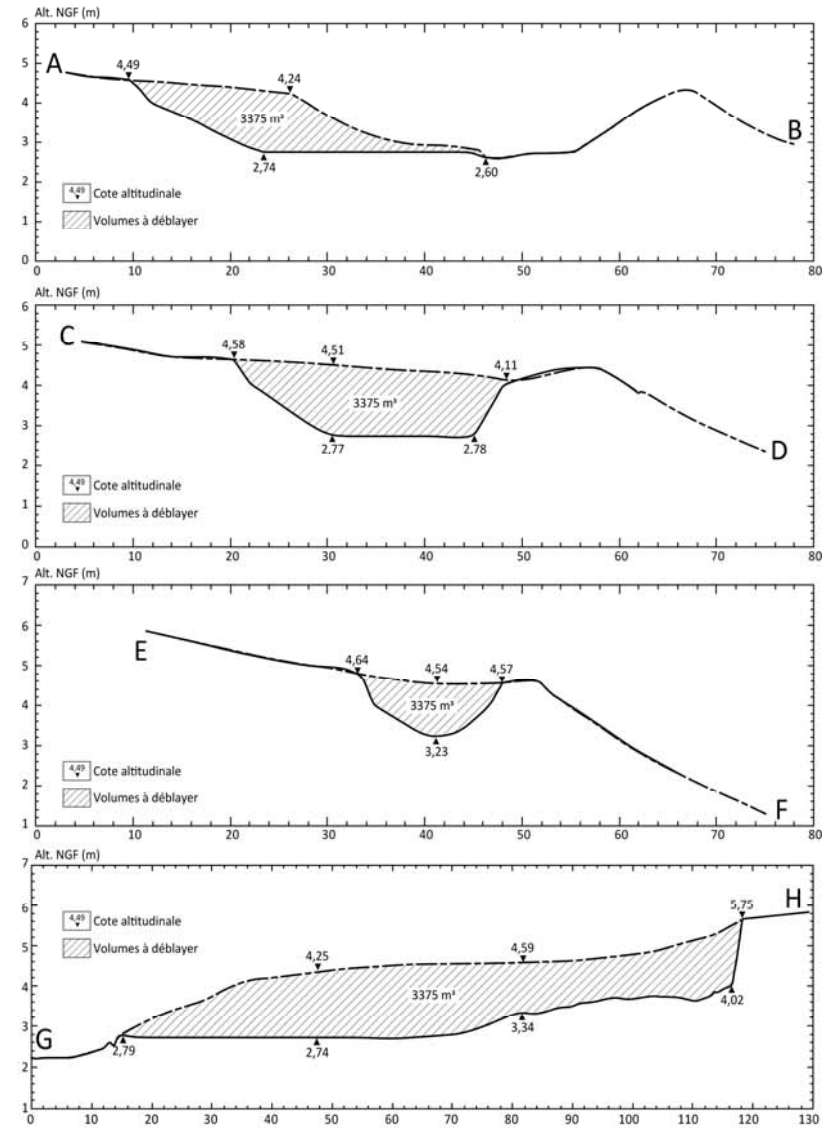
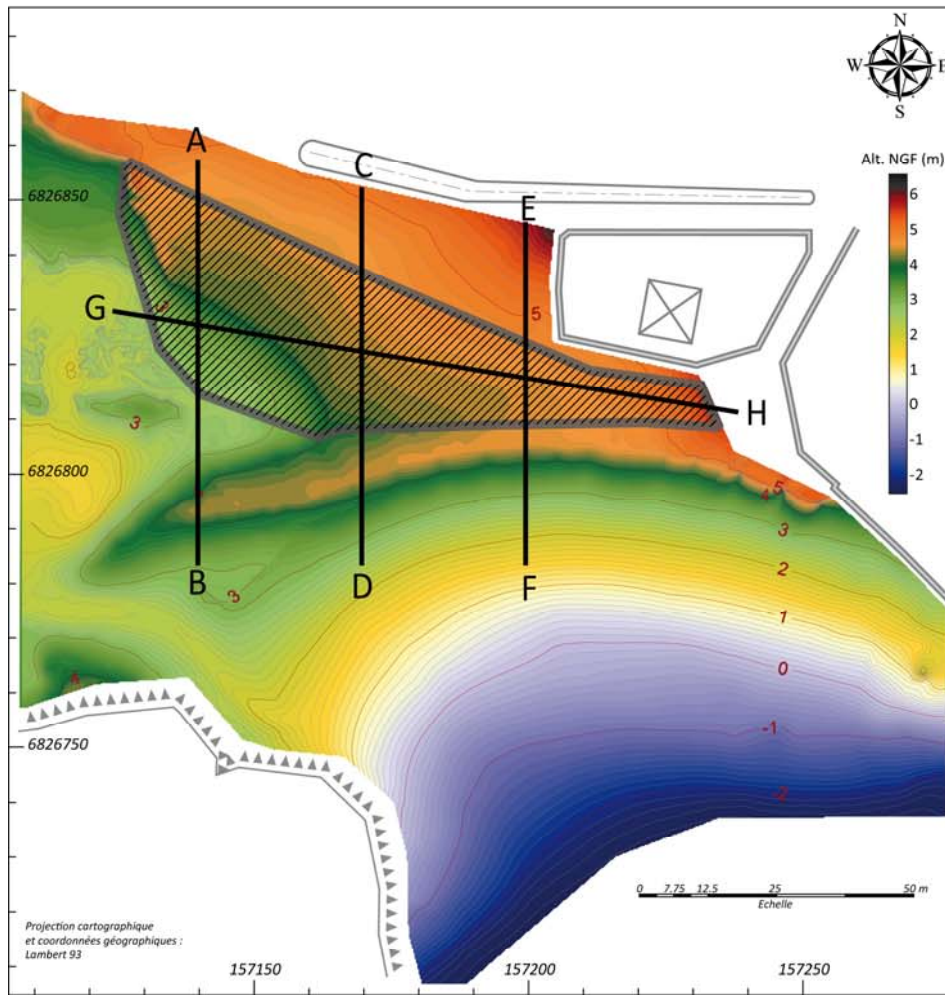


Figure 31 – Profils topographiques et cotes altitudinales de la zone à déblayer, avant et après travaux.

7. Le site du Bourg (commune de Logonna-Daoulas)

7.1. Rappel des interventions envisagées dans le cadre du Contrat Nature

L'anse du bourg est partiellement barrée par deux flèches d'inégale longueur qui se disposent en vis-à-vis (Guilcher *et al.*, 1957) et abritent ainsi un marais maritime d'une superficie de 4,5 ha (fig. 32). Si le site n'est pas fréquenté par des populations importantes de limicoles et d'anatidés d'intérêt européen, il reste un site d'importance floristique. Il abrite deux espèces végétales protégées : le petit statice et le séparias à petites fleurs (Quéré *et al.*, 2008). On y recense également le Polypogon de Montpellier, une espèce rare à l'échelle de la Bretagne, inscrit sur la liste rouge armoricaine. Au total, sept habitats d'intérêt communautaire se retrouvent dans ce secteur, cordons littoraux et marais confondus. En marge des prés salés s'étendent quelques roselières saumâtres, prairies humides et mégaphorbiaies dans les parties internes de l'anse. Le fond de vallée qui constitue le prolongement terrestre de l'anse, abrite également un boisement humide. Ces habitats présentent un intérêt régional au titre de la protection des zones humides.

Sur ce site, l'érosion côtière ne représente pas une menace. En revanche, la spartine est présente dans le marais et pourrait gagner sur les stations à petit statice, appauvrir la diversité des habitats et réduire la biodiversité. En outre, la fréquentation humaine du site est relativement importante quelque soit la saison puisque la zone est utilisée comme aire de mouillage par les plaisanciers. En été, le site se transforme également en lieu de baignade et la fréquentation s'accroît. De

plus, l'artificialisation du cordon, sur lequel a été aménagée une aire de stationnement, altère considérablement les qualités paysagères et la dynamique du cordon.

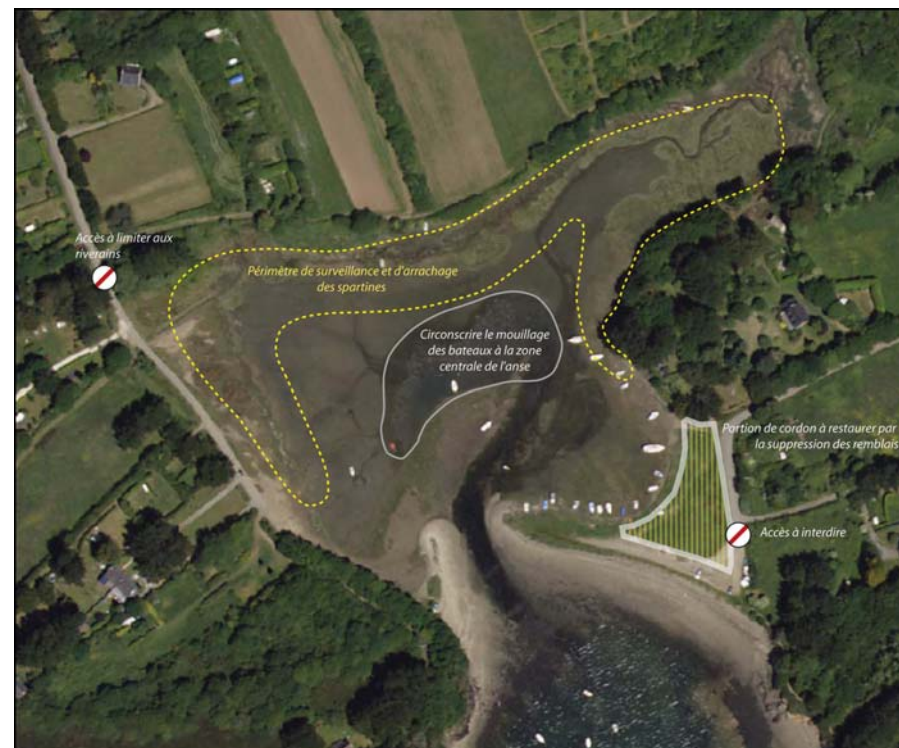


Figure 32 - Actions de conservation et restauration préconisées dans l'anse du Bourg.

Il convient donc (i) de surveiller l'apparition de nouvelles taches de spartine le long des rives de l'anse du Bourg et de détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de spartine présentes localement sur les substrats gravelo-vaseux ; (ii) de maîtriser la fréquentation

automobile en limitant les accès Est et Ouest aux seuls riverains, notamment durant la période hivernale où la rade de Brest accueille une population significative d'oiseaux d'intérêt européen ; (iii) de réduire le dérangement de l'avifaune et la dégradation des habitats liés au mouillage et à l'hivernage des bateaux de plaisance en limitant la zone de mouillage à la partie centrale de l'anse ; (iv) de déblayer l'aire de stationnement automobile aménagée sur le revers du cordon oriental.

7.2. Présentation des données topographiques acquises sur le site

Le relevé topographique de l'anse du Bourg s'appuie sur un ensemble de plus de 4600 points de mesures (fig. 31).



Figure 31 – Répartition des points de mesures DGPS et localisation des points de calage.

La précision des données a été estimée à partir de 6 points de calage et donne une marge d'erreur inférieure à 10 cm en X et Y, et inférieure à 2 cm en Z (tableau 7).

Dates	Coordonnées PC01			Coordonnées PC02			Coordonnées PC03		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
27/02/2013_A	159078,73	6826709,89	2,36	159073,68	6826674,77	1,80	159059,70	6826819,09	5,26
27/02/2013_B	159078,78	6826709,92	2,37	159073,69	6826674,75	1,78	159059,73	6826819,11	5,27
27/02/2013_C	159078,73	6826709,88	2,35	159073,67	6826674,76	1,79	159059,69	6826819,12	5,27
28/02/2013_A	159078,76	6826709,92	2,37	159073,70	6826674,75	1,79	159059,71	6826819,11	5,27
28/02/2013_B	159078,75	6826709,90	2,36	159073,68	6826674,76	1,78	159059,70	6826819,10	5,27
28/02/2013_C	159078,76	6826709,87	2,34	159073,66	6826674,76	1,79	159059,70	6826819,12	5,27
MOYENNE	159078,75	6826709,90	2,36	159073,68	6826674,76	1,79	159059,71	6826819,11	5,27
ECARTYPE	0,02	0,11	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,08	0,00

Dates	Coordonnées PC04			Coordonnées PC05			Coordonnées PC06		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
27/02/2013_A	158918,99	6826703,84	1,90	158917,86	6826742,98	2,95	158810,78	6826817,73	3,94
27/02/2013_B	158918,98	6826703,85	1,90	158917,89	6826743,00	2,93	158810,80	6826817,76	3,94
27/02/2013_C	158919,01	6826703,88	1,91	158917,84	6826742,98	2,94	158810,75	6826817,76	3,94
28/02/2013_A	158919,00	6826703,80	1,95	158917,88	6826742,97	2,97	158810,78	6826817,74	3,97
28/02/2013_B	158919,00	6826703,81	1,95	158917,87	6826742,97	2,96	158810,79	6826817,73	3,97
28/02/2013_C	158919,00	6826703,86	1,91	158917,83	6826742,99	2,96	158810,79	6826817,68	3,95
MOYENNE	158918,99	6826703,84	1,92	158917,86	6826742,98	2,95	158810,78	6826817,73	3,95
ECARTYPE	0,01	0,00	0,02	0,02	0,08	0,01	0,02	0,11	0,02

Tableau 7 – Qualité de la mesure à partir des points de calage situés sur le site du Bourg.

7.3. Travaux et volumes

De la même façon qu'au Bindy, la zone de déblaiement a été définie à partir des clichés aériens de l'IGN pris en 1952 et indiquant la situation initiale de la zone humide. Afin de rétablir cette situation, une surface d'environ 2500 m² devra être déblayée, soit un volume compacté de 3360 m³ ± 50 m³ (fig. 34). La topographie sera abaissée à une cote altitudinale comprise entre 1,7 m NGF (zone intertidale de graviers et de vase) et 3,5 m NGF (limite de la végétation halophite) (fig. 35).

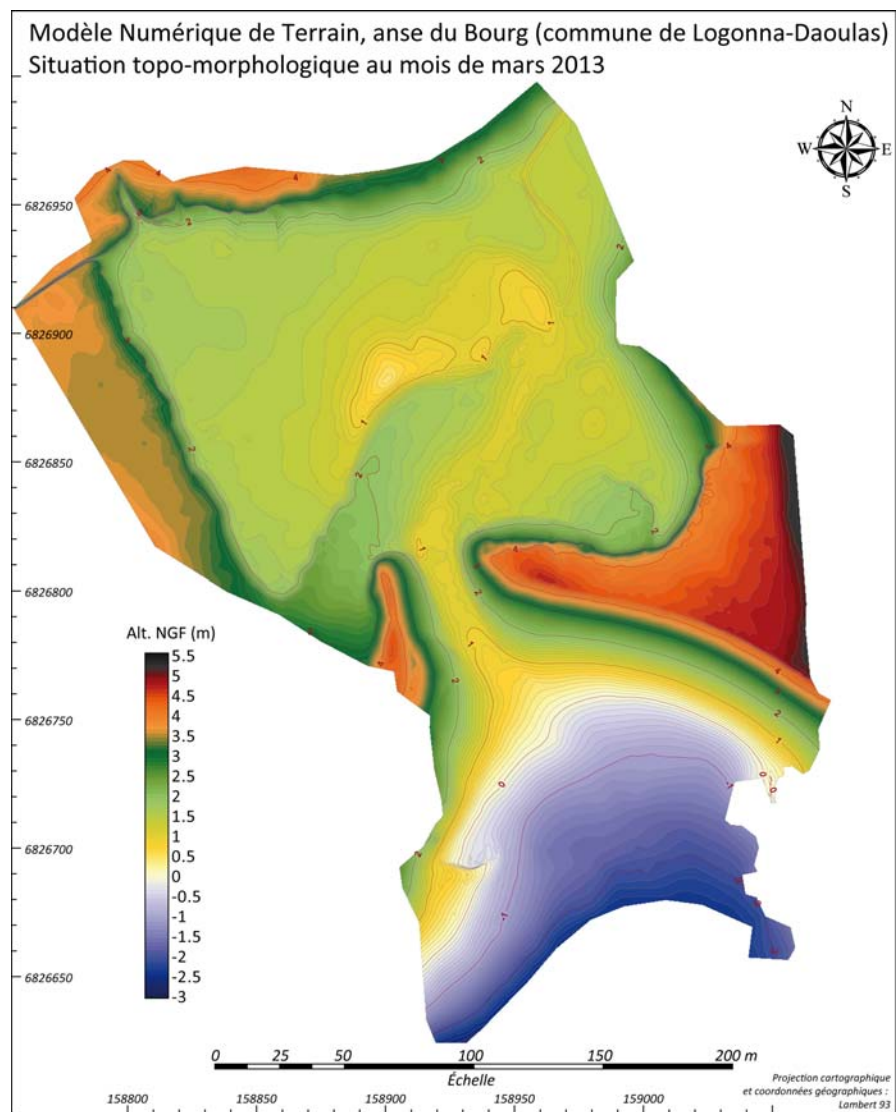


Figure 34 – Modèle Numérique de Terrain de Pont-Callec représentant la situation topo-morphologique du site en mars 2013.

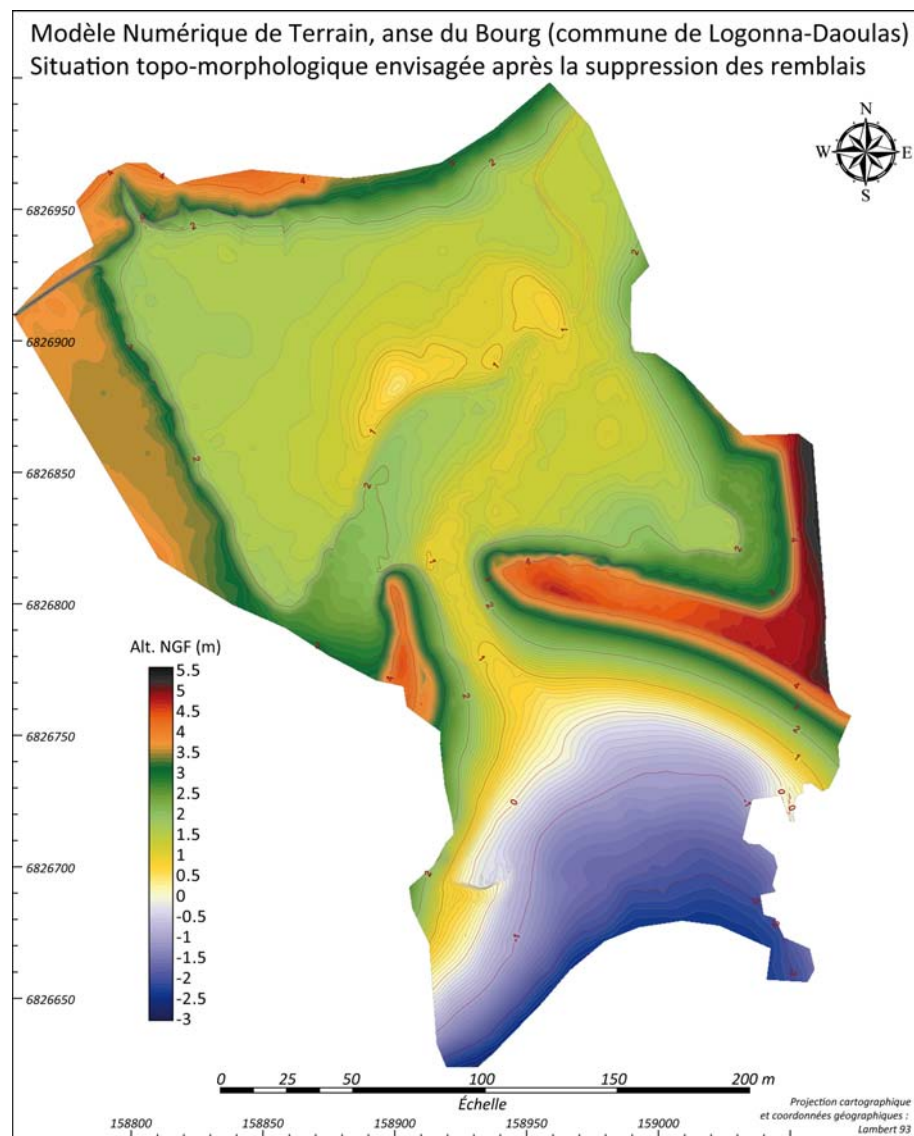


Figure 35 – Modèle Numérique de Terrain de l'anse du Bourg représentant la situation topo-morphologique du site après suppression des remblais.

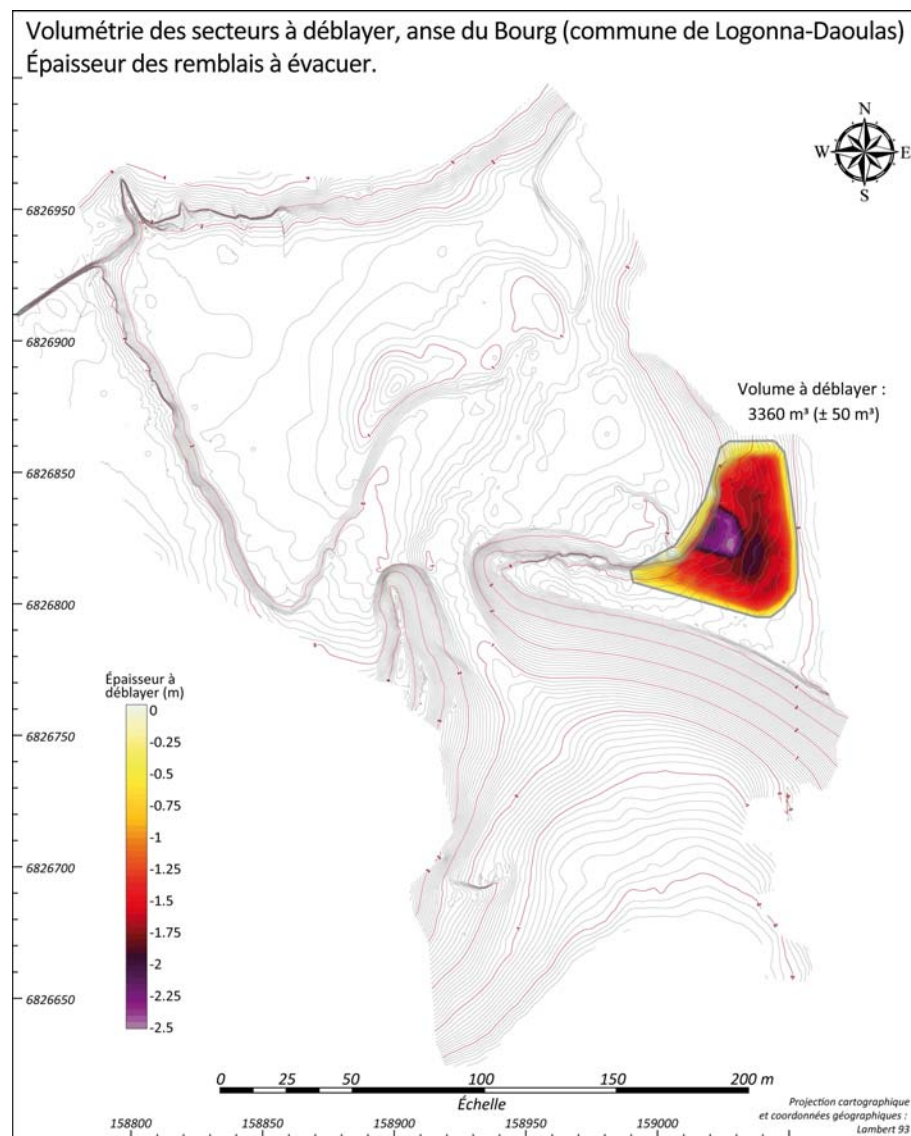


Figure 36 – Modèle Numérique de Terrain de l'anse du Bourg. Volumes et épaisseur des remblais à évacuer.

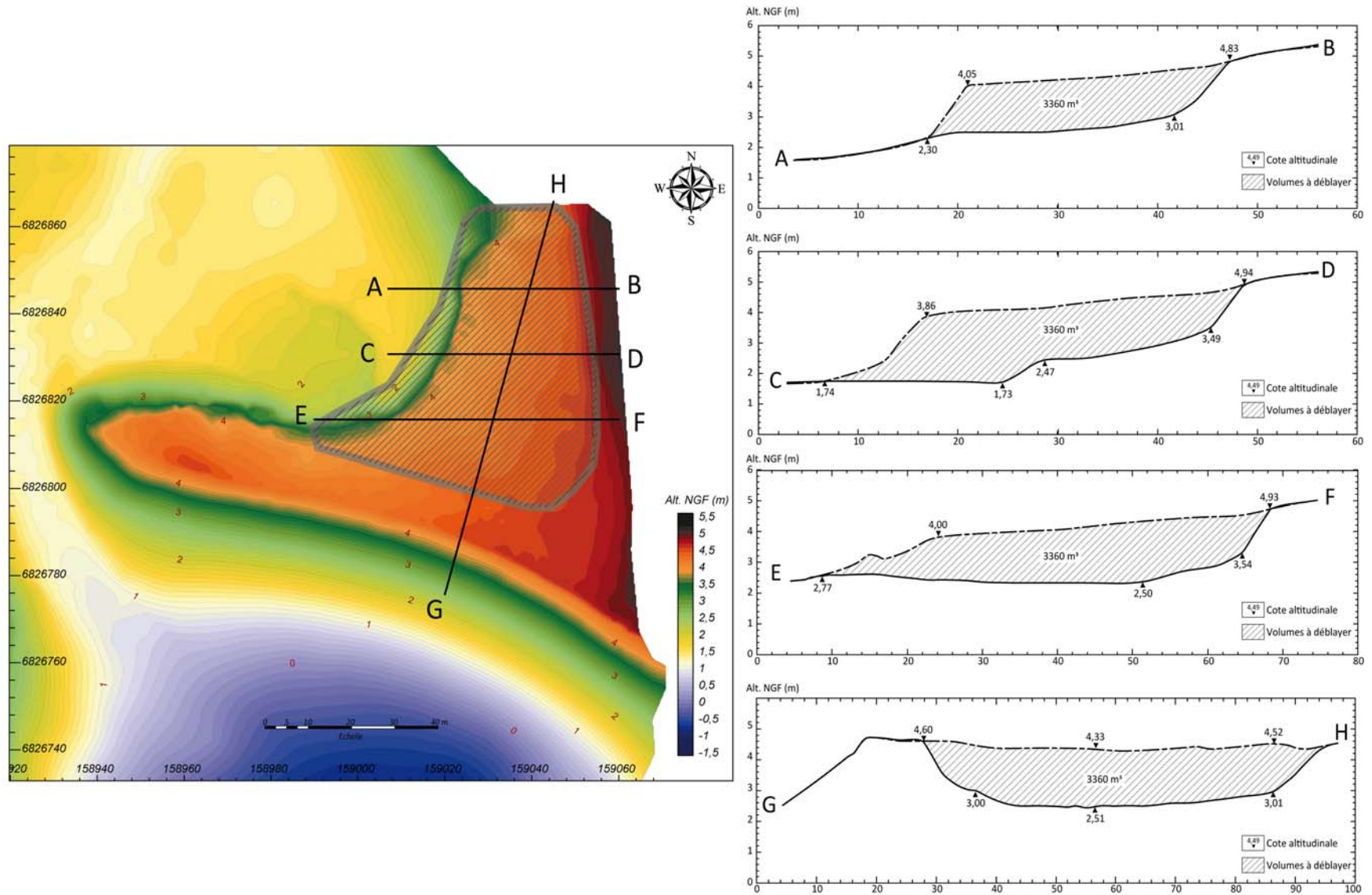


Figure 37 – Profils topographiques et cotes altitudinales de la zone à déblayer, avant et après travaux.

8. Synthèse des chiffres

Le tableau 8 résume les différentes interventions proposées sur l'ensemble des sites d'étude. Les volumes à déplacer au cours de ces opérations sont également rappelés. Notons qu'il s'agit de volumes compactés et que la valeur avancée sous-estime probablement le volume de matériel à mobiliser par les engins lors des opérations.

Sites	Type d'opération	Volumes (compactés)
Pont-Callec	Déblaiement de la chaussée	550 ± 10 m ³
	Rehaussement du sillon (cote de 4 m NGF)	30 ± 1 m ³
Pédal	Déblaiement de la chaussée	93 ± 5 m ³
	Colmatage des brèches au sommet du cordon	10 ± 1 m ³
Mengleuz	Étape 1 : déplacement de l'extrémité de la flèche	487 ± 5 m ³
	Étape 2 : destruction des viviers et de la cale	22 ± 5 m ³
	Étape 3 : ouverture d'un nouveau chenal	385 ± 5 m ³
	Étape 4 : remblaiement du chenal actuel de bout de flèche	152 ± 5 m ³
	Étape 5 : destruction de la rampe et cale d'accès	55 ± 5 m ³
	Étape 6 : remblaiement du chenal actuel de bout de flèche	487 ± 5 m ³
Bindy	Déblaiement d'une partie de l'aire de stationnement	3375 ± 50 m ³
Bourg	Déblaiement d'une partie de l'aire de stationnement	3360 ± 60 m ³

Tableau 8 – Rappel des types d'interventions proposées et des volumes concernés sur chacun des sites d'étude.

9. Références

BOUGAULT C., HARDEGEN M., QUÉRÉ E. (2004). *Site Natura 2000 n°46. Rade de Brest, Estuaire de l'Aulne. Inventaire et cartographie des habitats terrestres et des espèces végétales d'intérêt communautaire*. Conservatoire Botanique National de Brest, Direction Régionale de l'Environnement, 177 p.

GUILCHER A., VALLANTIN P., ANGRAND J.-P., GALLOY P. (1957). Les cordons littoraux de la rade de Brest. *Cahiers Océanographiques*, n° 1, pp. 21-54.

QUÉRÉ E., MAGNAON S., RAGOT R., GAGER L., HARDY F. (2008). *Atlas de la flore du Finistère. Flore vasculaire*. Siloë, Nantes, 693 p.

QUÉRÉ E. (2009). *Vingt ans de suivi et de conservation du Limonium humile Miller en rade de Brest. Bilan 2009*. Conservatoire Botanique National de Brest, Brest Métropole Océane, 96 p.

STÉPHAN P. (2011). Quelques données nouvelles sur la mobilité récente et le bilan sédimentaire des flèches de galets de Bretagne. *Géomorphologie : Relief. Processus. Environnement*, n° 2, pp. 205-232.

STÉPHAN P., SUANEZ S., FICHAUT B. (2012). Plan d'action pour la protection des cordons littoraux et marais maritimes associés en rade de Brest. Actes des XII^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Cherbourg, 12-14 juin 2012, Editions Paralia, pp. 881-888. DOI:10.5150/jngcgc.2012.096-S.