



P Ô L E  
MÉTROPOLITAIN  
DE LA CÔTE  
D'OPALE

PÔLE METROPOLITAIN DE LA CÔTE D'OPALE

Pertuis de la marine

BP 85530

59386 DUNKERQUE Cedex 1

# ÉTUDE DE FAISABILITÉ D'UN AMÉNAGEMENT DE STABILISATION À COURT TERME DE LA DUNE D'AVAL À WISSANT



**idra**  
INGÉNIERIE

Région NORD  
C.A. CREAMOR / 2 route de Bergues  
59210 COUDEKERQUE BRANCHE  
T. +33(0)3 28 25 70 69

info@idra-environnement.com

SOLS / DÉPOLLUTION

SÉDIMENTS / DRAGAGE

EAUX / INFRASTRUCTURES

CONSEILS / INGÉNIERIE

[www.idra-environnement.com](http://www.idra-environnement.com)



**Titre du document**      **Etude de faisabilité d'un aménagement de stabilisation à court terme de la dune d'Aval**

Titre abrégé              Protection de la dune d'Aval

Etat                        Version initiale

Numéro de projet        N150201

Demandeur / Client     Pôle Métropolitain de la Côte d'Opale

Interlocuteurs         Ambroise MARCOTTE et Marie-Céline LEGRAIN

Ref / Marché

 **Dressé par**              **Antenne IDRA Nord**

Auteurs                  Antoine TRESCA

Contrôlé par             Gwenaëlle COTONNEC

Date / Parafe contrôle

Approbation             Nicolas PROULHAC

Date / Parafe Approbation

Mots clés                Trait de côte – Erosion – Défense contre la mer

INDICE	DATE	REDACTEUR(S)	ETAT / MODIFICATIONS
1	30.06.2015	Antoine TRESCA	Création du document
2	28.07.2015	Antoine TRESCA	Intégration remarques CTL et CR 59-62

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Description du site d'étude</b> .....	<b>9</b>
1.1. Rappels sur l'état initial de l'environnement du site .....	9
1.1.1. Géomorphologie et fonctionnement hydrosédimentaire .....	9
1.1.2. Milieux naturels et paysages .....	12
1.2. Evolution historique .....	19
1.3. Evolution récente des profils topographiques .....	22
1.3.1. Tempêtes de l'hiver 2013/2014 .....	22
1.3.2. Méthode.....	22
1.3.3. Données disponibles .....	23
1.3.4. Résultats.....	25
<b>2. Inventaire des procédés de gestion du trait de côte</b> .....	<b>31</b>
2.1. Ouvrages de défense rigides .....	31
2.1.1. Ouvrages longitudinaux.....	31
2.1.2. Ouvrages transversaux .....	32
2.1.3. Brise-lames.....	32
2.1.4. Cas des structures en géotextile .....	33
2.2. Ouvrages de défense souples .....	34
2.2.1. Rechargement de plage.....	34
2.2.2. Drainage de plage .....	36
2.2.3. Systèmes de by-passing .....	37
2.2.4. Autres systèmes de gestion.....	37
2.3. Synthèse.....	41
<b>3. Etude de scénarii pour la protection de la dune d'Aval à Wissant</b> .....	<b>42</b>
3.1. Description technique des solutions.....	42
3.1.1. Scénario 1 : Rechargement de plage .....	42
3.1.2. Scénario 2 : Enrochements associés à un rechargement de plage.....	47
3.1.3. Scénario 3 : Boudin géotextile associé à un rechargement de plage .....	48
3.2. Impacts potentiels des solutions présentées .....	49
3.3. Estimations financières .....	50
3.3.1. Sources et méthodes .....	50
3.3.2. Analyse par scénario .....	51

3.4.	Cadre réglementaire .....	53
3.4.1.	Articles L.214-1 et suivants du Code de l'Environnement.....	53
3.4.2.	Article R.122-2 du Code de l'Environnement.....	55
3.4.3.	Gestion domaniale .....	56
3.4.4.	Autres textes réglementaires applicables .....	56
3.4.5.	Estimation des procédures par scénario .....	57
3.5.	Calendriers prévisionnels .....	61
3.6.	Analyse multicritères.....	64
3.7.	Etude d'un scénario complémentaire <i>a minima</i> .....	66
3.7.1.	Dimensionnement volumétrique .....	66
3.7.2.	Estimations financières.....	68
3.7.3.	Contexte réglementaire.....	69
3.7.4.	Calendrier prévisionnel de mise en œuvre .....	70
3.7.5.	Nouvelle analyse multicritères .....	70
<b>4.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>72</b>
	<b>PLANCHES.....</b>	<b>73</b>
	<b>ANNEXES.....</b>	<b>74</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Orientation des transits sédimentaires le long du littoral Nord-Pas-de-Calais (Augris et al, 1990, 1995).....	10
Figure 2 : Schéma permettant de visualiser la zone de jet de rive (Source : Komar, 1998). .....	11
Figure 3 : A) Extrait de la carte marine (SHOM) avec la localisation du Banc à la ligne. B) Représentation schématique de la formation d'un banc en drapeau (Dyer et Huntley, 1999). .....	12
Figure 4: Les différentes étapes aboutissant au classement d'une zone en Natura 2000 (Source : Réseau Natura 2000). .....	15
Figure 5 : Evolution du trait de côte dans le secteur de la Dune d'Aval à Wissant (Source : Aernouts et Héquette, 2006). .....	19
Figure 6 : Bilan de l'évolution du trait de côte de 1996/2000 à 2014 (Source : EGIS, 2014).....	20
Figure 7 : Photographies des travaux de reconstruction du perré de Wissant (Source : Geodunes, 2015). .....	21
Figure 8 : Méthode de comparaison des profils topographiques .....	23
Figure 9 : Localisation des profils de suivi de la dune d'Aval de la DDTM .....	24
Figure 10 : Localisation des profils de suivi d'ouvrage de la DDTM .....	25
Figure 11 : Evolution volumétrique des profils P510 à P530 et P1 à P5 d'octobre 2013 à avril 2014 .....	26
Figure 12 : Evolution volumétrique des profils P510 à P530 et P1 à P5 d'avril 2014 à novembre 2014 .....	27
Figure 13 : Evolution volumétrique des profils P510 à P530 et P1 à P5 d'avril 2015 à avril 2015 .....	27
Figure 14 : Bilan de l'évolution volumétrique des profils P510 à P530 et P1 à P5 .....	28
Figure 15 : Evolution de la dune du profil BPH de 2002 à 2014 .....	30
Figure 16 : Schéma d'illustration des ouvrages longitudinaux selon une vue en coupe .....	31
Figure 17 : Schéma de fonctionnement des ouvrages transversaux selon une vue en plan ....	32
Figure 18 : Schéma de fonctionnement d'un brise-lames selon une vue en plan .....	33
Figure 19 : Schéma de principe d'un boudin géotextile longitudinal installé au sein de la dune .....	34
Figure 20 : Schéma de principe d'un rechargement de plage selon une vue en coupe .....	35
Figure 21 : Exemple de rechargement en sable au moyen d'une conduite (à gauche) ou par camions (à droite) .....	35
Figure 22 : Schéma de principe du drainage de plage .....	36
Figure 23 : Schéma de principe d'un système de by-passing hydraulique, selon une vue en plan .....	37
Figure 24 : Illustration photographique de pieux hydrauliques transversaux.....	38
Figure 25: Principe de reconstitution de la pente dunaire, selon une vue en coupe .....	38

Figure 26 : Expérimentation de brise-vent en pied de dune d'Aval .....	40
Figure 27 : Exemple de re-création d'un cordon dunaire à l'aide de ganivelles .....	40
Figure 28 : Coupe type du scénario 1 .....	42
Figure 29 : Montage photographique 3D du scénario 1 .....	43
Figure 30 : Rappel de la localisation du profil P510 .....	44
Figure 31 : Profils théoriques actuel et de rechargement au niveau du P510 selon la méthode de Dean .....	44
Figure 32 : Coupe type du scénario 2 .....	47
Figure 33 : Montage photographique 3D du scénario 2 .....	47
Figure 34 : Coupe type du scénario 3 .....	48
Figure 35 : Montage photographique 3D du scénario 3 .....	49
Figure 36 : Organisation des considérations réglementaires autour d'un dossier d'Autorisation au titre des articles L.214-1 et suivants du Code de l'Environnement .....	54
Figure 37 : Chronologie et délais d'instruction d'un dossier de Déclaration au titre des articles L.214-1 et suivants du Code de l'Environnement .....	55
Figure 38 : Délais estimatifs pour une procédure d'autorisation associée à une concession ...	62
Figure 39 : Délais estimatifs pour une procédure de déclaration avec étude d'impact associée à une AOT .....	63
Figure 40 : Coupe type du scénario complémentaire <i>a minima</i> n�4 .....	67
Figure 41 : Montage photographique du scénario supplémentaire <i>a minima</i> n�4 .....	67
Figure 42 : Analyse multicritères intégrant le scénario supplémentaire.....	71

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau synthétique des évolutions volumétriques des profils suivis par la DDTM ..	28
Tableau 2 : Synthèse chiffrée de l'évolution du pied et de la crête de dune du profil BPH .....	30
Tableau 3 : Estimations volumétriques pour le réensablement de la dune d'Aval pour une longueur de plage de 300 m au total et une berme à 8.55 m CM .....	46
Tableau 4 : Synthèse des impacts potentiels liés aux scénarii 1, 2 et 3.....	49
Tableau 5 : Synthèse des impacts potentiels liés aux scénarii 2bis et 3bis .....	50
Tableau 6 : Estimations financières globales des 3 scénarii de base .....	52
Tableau 7 : Estimations financières globales des 2 scénarii complémentaires.....	52
Tableau 8 : Synthèse des principales procédures associées au scénario 1 .....	57
Tableau 9 : Synthèse des principales procédures associées au scénario 2 .....	58
Tableau 10 : Synthèse des principales procédures associées au scénario 3 .....	59
Tableau 11 : Synthèse des principales procédures associées au scénario 2 bis .....	59
Tableau 12 : Synthèse des principales procédures associées au scénario 3 bis .....	60
Tableau 13 : Bilan des principales procédures réglementaires préalables aux travaux.....	61
Tableau 14 : Analyse multicritères des 3 principaux scénarii décrits .....	66
Tableau 15 : Estimations volumétriques pour un scénario complémentaire de moindre envergure .....	68
Tableau 16 : Estimations financières du rechargement de plage du scénario complémentaire .....	69

## Introduction

Le secteur de la dune d'Aval, situé au sud de la station balnéaire de Wissant, dans le Pas-de-Calais, est une côte basse sableuse adossée à un cordon dunaire. Ce système plage / dune est en érosion chronique depuis plusieurs dizaines d'années. En raison de ces phénomènes chroniques d'érosion du trait de côte dans ce secteur, et de la présence d'une zone urbanisée arrière littorale, une étude de stabilisation de la dune d'Aval sur le court terme a été lancée par la Cellule Technique Littorale (CTL) du Pôle Métropolitain de la Côte d'Opale (PMCO). Cette étude vise à aider le maître d'ouvrage, à savoir la Mairie de Wissant, à choisir la solution la plus adaptée pour remédier de manière transitoire aux phénomènes. La solution à mettre en œuvre vise à stabiliser la dune d'Aval et ainsi protéger les enjeux arrière littoraux, en attendant la mise en application d'une solution de plus grande envergure, efficace sur le long terme, et à l'échelle de la baie de Wissant (il est notamment évoqué un réensablement massif de l'ensemble de la plage au droit de la station, dans une étude réalisée par EGIS en 2014).

La présente étude, lancée par le PMCO, qui assiste la Mairie de Wissant pour la gestion de son trait de côte, comporte les objectifs suivants :

- Etablir un état des lieux de l'évolution du trait de côte suite aux dernières tempêtes hivernales, afin de disposer des données les plus récentes possibles pour le diagnostic et le choix de la solution de lutte contre l'érosion ;
- Dresser un inventaire des solutions de stabilisation existantes, puis, sur la base de cet inventaire, proposer 3 solutions de gestion pertinentes choisies de manière argumentée, qui feront l'objet d'une analyse multi-critères afin d'aider le maître d'ouvrage et l'ensemble du comité de pilotage à prendre une décision sur la solution à adopter. Les critères principaux sur lesquels sera basée l'analyse seront : (1) l'efficacité pour répondre au problème posé, (2) les coûts et délais estimatifs de mise en œuvre, (3) l'adéquation avec la solution de réensablement massif proposée par EGIS, et (4) les impacts potentiels qui pourraient être générés par ces solutions (sur le fonctionnement hydrosédimentaire, la richesse biologique, l'aspect paysager ...)

# 1. Description du site d'étude

## 1.1. Rappels sur l'état initial de l'environnement du site

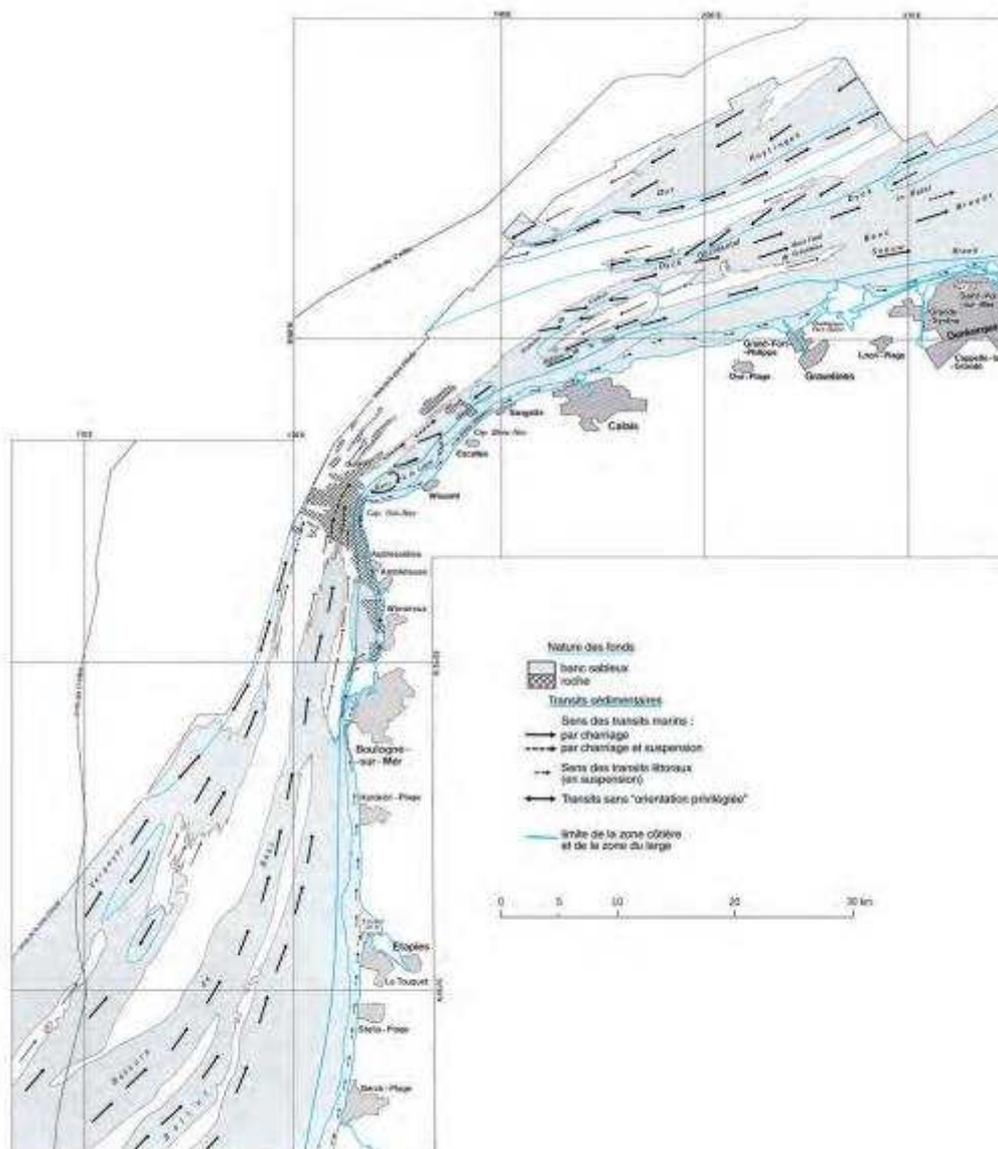
### 1.1.1. Géomorphologie et fonctionnement hydrosédimentaire

#### - **Dérive littorale**

De nombreux courants (courants de marée, courants longitudinaux et transversaux liés à la houle, courants de retour) animent la bande côtière. Ces courants jouent un rôle dans la direction de transport des sédiments.

Le domaine marin du Nord-Pas-de-Calais est une zone privilégiée de transit de sédiments de la Manche vers la mer du Nord, jusqu'à une distance à la côte de plusieurs kilomètres (C. Augris, P. Clabaut, 2001). Ceci est dû à la prédominance du courant de flot, qui porte vers le Nord ou le Nord-Est, sur le courant de jusant, de sens opposé (Dewez et al., 1988). Il résulte de cette intensité du flot par rapport au jusant, associé à la houle dominante de SW, un transfert de sédiments le long du littoral, orienté du sud de la Côte d'Opale vers le Nord, appelé dérive littorale. Concernant la baie de Wissant, le transit sédimentaire est orienté du Sud-Ouest vers le Nord-Ouest, bien que la situation en fond de baie puisse également induire d'autres mouvements sédimentaires, notamment du Nord-Est vers le Sud-Ouest.

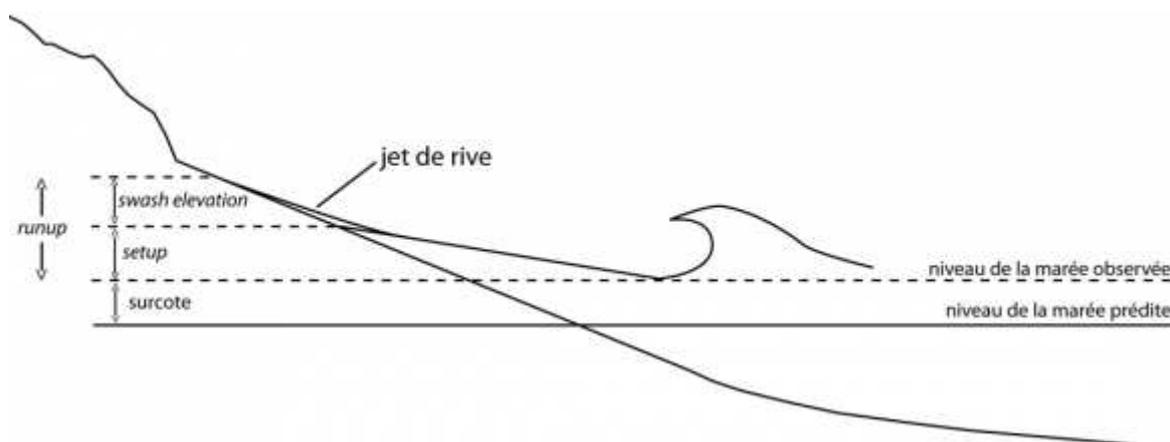
Cette dérive littorale associée à la présence de grands bancs sableux au large génère une dynamique sédimentaire complexe (**Figure 1**).



**Figure 1** : Orientation des transits sédimentaires le long du littoral Nord-Pas-de-Calais (Augris et al, 1990, 1995).

- **Déferlement des vagues**

De manière parallèle à ces grands mouvements de sédiments à l'échelle de la Côte d'Opale, des phénomènes de déplacement de sédiments sont liés au déferlement des vagues en haut de plage. Le déferlement est dissocié en deux étapes que sont le jet de rive, induisant la remontée d'une fine pellicule d'eau sur le haut de plage, et la nappe de retrait, lors de la redescente de cette pellicule d'eau en direction du bas de plage (A. Cartier, 2014) (**Figure 2**).



**Figure 2** : Schéma permettant de visualiser la zone de jet de rive (Source : Komar, 1998).

#### - L'avant côte et les bancs sableux

Même si le transport principal à la côte est dirigé vers le Nord-Est, il est possible de constater des perturbations dues à la présence de bancs sableux au large et dans la zone des petits fonds. Ces bancs sont soumis aux courants de marée qui explique leur forme allongée parallèle à la côte, mais ils sont également soumis à la houle qui, à la faveur des courants oscillatoires, provoque un déplacement du sédiment vers la côte. L'action de la houle sur les bancs n'est cependant pas uniforme et dépend de plusieurs facteurs (A. Cartier, 2014). Les bancs constituent des sources de sable pour le littoral et participent activement à l'évolution de la côte d'Opale (Corbau, 1995). S'ils peuvent avoir un rôle protecteur, ils sont également à l'origine de l'altération de la propagation de la houle, or la houle est un facteur fondamental dans les processus de transport sédimentaire (Aernouts, 2005).

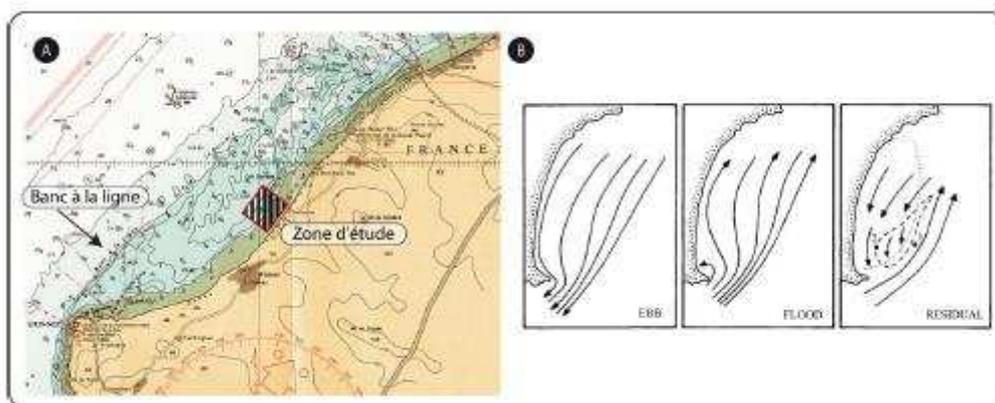
De nombreux bancs sableux caractérisent le fond de la Manche – Mer du Nord, orientés parallèlement à la côte, on distingue plusieurs types de bancs sableux (A. Cartier, 2014) :

- Les bancs soumis à l'influence des courants de marée ;
- Les bancs côtiers soumis à la houle et à la marée ;
- Les bancs en drapeau qui sont accolés à un promontoire rocheux.

#### - Le cas de Wissant

Le large de la baie est caractérisé par un ensemble de bancs tidaux et notamment le banc à la Ligne que l'on peut assimiler à un banc en drapeau (Dyer et Huntley, 1999). Ce corps sédimentaire long de 3.5 km et large de 500 m au minimum (Clabaut, 1988) s'appuie en effet sur l'extrémité SW de la baie caractérisée par le Cap Gris Nez et son orientation correspond à la dominance du courant de flot dirigé vers l'Est (A. Cartier, 2011) (**Figure 3, A**). De plus, sa

présence est responsable de courants giratoires à l'intérieur de la baie de Wissant (**Figure 3, B**).



**Figure 3** : A) Extrait de la carte marine (SHOM) avec la localisation du Banc à la ligne. B) Représentation schématique de la formation d'un banc en drapeau (Dyer et Huntley, 1999).

Les vitesses de courant sur l'estran de la baie de la Baie de Wissant peuvent atteindre 1, 5 m/s lorsque le vent souffle dans la même direction (Sedrati et Anthony, 2007) et même 2 m/s lors d'événements de tempête (Cartier et Héquette, 2013). Au cours d'un cycle de marée, de grandes quantités de sédiments sont transportés et le maximum intervenait à mi-marée au niveau des barres (lieu d'accumulation). A contrario, le transport est plutôt limité dans les bâches excepté lors de la marée descendante où la chenalisation induit un fort transport sédimentaire (Sedrati et Anthony, 2007 ; Cartier et Héquette, 2013 ; Cartier et al., 2013).

Les mouvements dans le profil sont aussi significatifs puisque les courants oscillatoires de la houle (le va-et-vient) sont très rapides à court terme (Cartier, 2014). Ainsi, de grandes quantités de sédiments sont transportées du bas de plage vers le haut de plage. Cela impliquerait donc que le haut de plage pourrait subir des phénomènes de progradation et d'aggradation. Or, comme l'expliquent Cartier et Héquette (2013), la présence des courants latéraux et la chenalisation dans les bâches exportent le sédiment latéralement et vers le bas de plage au cours de la montée et descente du niveau d'eau.

## 1.1.2. Milieux naturels et paysages

### 1.1.2.1. Sites inscrits

Selon les articles L 341-1 à 22 du Code de l'Environnement, un site classé est un site de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, dont la qualité appelle, au nom de l'intérêt général, la conservation en l'état et la préservation de toute atteinte grave. Le classement des sites classés concerne des espaces naturels ou bâtis, quelle que soit leur étendue. Un monument historique est un site inscrit ou classé comme tel afin de le protéger,

du fait de son intérêt historique, artistique et architectural. Le classement est le plus haut niveau de protection. Il concerne l'édifice extérieur, intérieur et ses abords.

Les sites inscrits ont pour objet la sauvegarde de formations naturelles, de paysages, de villages et de bâtiments anciens et la préservation contre toute atteinte grave (destruction, altération, banalisation...). Cette mesure entraîne, pour les maîtres d'ouvrages, l'obligation d'informer l'administration de tous projets de travaux de nature à modifier l'état ou l'aspect du site quatre mois au moins avant le début de ces travaux. L'Architecte des Bâtiments de France émet, soit un avis simple sur les projets de construction, soit un avis conforme sur les projets de démolition. La CDSPP (commission départementale des sites, perspectives et paysages) peut être consultée dans tous les cas, et le ministre chargé des sites peut évoquer les demandes de permis de démolir.

L'inscription des sites est souvent relayée soit par le classement, soit par les zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager (ZPPAUP). Elle permet toutefois encore de contrôler strictement les démolitions et, également, elle introduit la notion d'espace protégé dans les raisonnements des acteurs de l'urbanisme.

Dans le secteur de Wissant, il y a la présence d'un site inscrit sur la totalité du rivage – « **Cap Blanc Nez et Cap Gris Nez** ».

#### *1.1.2.2. Site classé*

Les sites classés sont instaurés pour protéger et conserver un espace naturel ou bâti, quelle que soit son étendue (entretien, restauration, conservation...). Sur un site classé, les projets de travaux autres que ceux d'entretien courant ou d'exploitation du fond rural sont soumis à autorisation spéciale, soit du ministre chargé des sites après avis de la CDSPP, soit du préfet du département qui peut saisir la CDSPP mais doit recueillir l'avis de l'Architecte des Bâtiments de France.

Ainsi, le classement au titre de la loi du 2 mai 1930 reste l'une des protections les plus fortes de la législation française. Il a donc pour objectif la conservation d'un site en état. Tous travaux susceptibles de modifier ou détruire l'état ou l'aspect des lieux sont interdits, sauf autorisation expresse du ministre ou du préfet après avis de la CDSPP et, le cas échéant, de la commission supérieure des sites.

Selon la réglementation régissant les sites inscrits, tout projet de modification de l'état des lieux, à l'exception des travaux d'entretien normaux des constructions ou d'exploitation courante des fonds ruraux, doit être porté à la connaissance de l'administration 4 mois à l'avance. Les opérations de dragage qui constituent des travaux d'entretien ne sont donc pas concernées.

En revanche dans le cadre d'une gestion à terre et de l'aménagement d'une aire de stockage sur un site inscrit, les services de l'état doivent en être préalablement informés.

Pour ce qui est des Sites Classés, toute modification de l'état des lieux est soumise à l'autorisation spéciale du ministre chargé de l'environnement, après avis de la commission départementale des sites et, si le ministre le juge utile, de la commission supérieure des sites. Pour les travaux de moindres importances énumérées par le décret du 15/12/1998, l'autorisation est du ressort du préfet de département. C'est notamment le cas des opérations d'entretien comme les dragages. Les exhaussements (éventuelle aire de stockage) nécessitent quant à eux une autorisation relevant de la compétence du ministre.

En ce qui concerne le secteur de Wissant, il y a la présence d'un site classé sur la totalité du rivage – « **Site des Caps Blanc Nez et Gris Nez, de la Baie de Wissant et des dunes de la Manche** ».

### *1.1.2.3. Zones d'inventaires de la faune et de la flore*

Le ministère en charge de l'environnement a mis en place l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) (**Planche 1**). Sa planification est assurée par le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN). Il s'agit du recensement d'espaces naturels terrestres remarquables en France. On distingue deux catégories de zones :

- Les ZNIEFF de type I, de superficie réduite, sont des espaces homogènes d'un point de vue écologique et qui abritent au moins une espèce et/ou un habitat rares ou menacés, d'intérêt aussi bien local que régional, national ou communautaire,
- Les ZNIEFF de type II sont de grands ensembles naturels riches, ou peu modifiés, qui offrent des potentialités biologiques importantes. Elles peuvent inclure des zones de type I et possèdent un rôle fonctionnel ainsi qu'une cohérence écologique et paysagère.

En ce qui concerne l'inventaire des Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO), il recense les zones les plus importantes pour la conservation des espèces d'oiseaux (**Planche 1**).

Les zones d'inventaires concernées par la dune d'Aval (commune du Wissant) sont les suivantes :

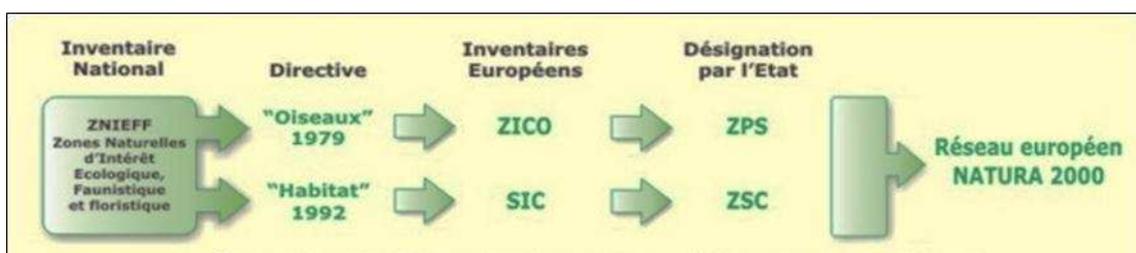
- **Dune d'Amont** (310013270) : ZNIEFF I ;
- **Dunes du Chatelet et marais de Tardingen** (310007285) : ZNIEFF I ;
- **Cap Gris-Nez** (n°62 NC 04) : ZICO.

Il n'y a pas la présence de ZNIEFF II à proximité du site d'étude.

#### 1.1.2.4. Périmètres Natura 2000

Certaines activités doivent parfois être contrôlées ou interdites lorsqu'elles constituent une menace pour des espèces ou des milieux naturels spécifiques qui sont à l'origine de l'intégration du site au réseau Natura 2000. Ces problèmes sont gérés au cas par cas. Préserver des espèces et des milieux en bon état n'est pas nécessairement incompatible avec les activités humaines et, au contraire, dans beaucoup d'endroits, leur gestion et leur survie dépendent étroitement de certaines activités humaines, comme l'agriculture.

Ainsi, le réseau Natura 2000 a pour objectif de contribuer à préserver la diversité biologique sur le territoire de l'Union Européenne en assurant le maintien, ou le rétablissement dans un état de conservation favorable, des habitats naturels et des habitats d'espèces de la flore et de la faune sauvages d'intérêt communautaire. Il est composé de sites désignés spécialement par chacun des États membres en application des directives européennes dites « Oiseaux » et « Habitats » respectivement de 1979 (79/409/CEE) et 1992 (FFH, 92/43/CEE).



**Figure 4:** Les différentes étapes aboutissant au classement d'une zone en Natura 2000 (Source : Réseau Natura 2000).

Concrètement, le réseau Natura 2000 regroupe l'ensemble des ZSC et des ZPS (**Figure 4**) :

- **Zone de Protection Spéciale (ZPS)** : Ce sont des sites classés dans le cadre de la Directive « Oiseaux ». Leur objectif est de protéger et gérer des espaces importants pour la reproduction, l'alimentation, l'hivernage ou la migration, des espèces d'oiseaux rares ou vulnérables. Le classement en ZPS s'opère sur des sites préalablement identifiés dans l'inventaire des ZICO ;
- **Zone Spéciale de Conservation (ZSC)** : Les Zones Spéciales de Conservation sont classées par la Directive « Habitat ». Ces espaces permettent de protéger et de gérer de manière adaptée, des milieux naturels, des plantes, ou des espèces animales, actuellement rares et vulnérables. Le réseau Natura 2000 cherche à concilier les exigences écologiques des habitats naturels et des espèces avec les activités économiques, sociales et culturelles qui s'exercent sur les territoires et avec les particularités régionales et locales. L'objectif n'est donc pas de faire de ces sites des sanctuaires.

La conservation de la diversité biologique est très souvent liée à l'action de l'homme, spécialement dans l'espace rural et forestier (*la déprise agricole constitue une menace pour la biodiversité sur de nombreux territoires*) où il faut donc favoriser de nouvelles pratiques et des politiques innovantes dans ces domaines essentiels pour l'économie. Dans ces secteurs, il s'agit donc de promouvoir une gestion concertée et assumée par tous les acteurs intervenant sur les espaces naturels. ZPS et ZSC formeront le futur réseau Natura 2000.

Les sites Natura 2000 au titre de la Directive Habitat et au titre de la Directive Oiseaux sont présents à proximité de la dune d'Aval (commune de Wissant) (**Planche 1**). Il s'agit de :

- ZPS : FR3110085 - **Cap Gris-Nez** ;
- ZSC : FR3100478 - **Falaises du Cran aux œufs et du Cap Gris-Nez, Dunes du Chatelet, Marais de Tardinghen et Dunes de Wissant.**

#### *1.1.2.5. Parc Naturel Régional*

Après avoir été soumise à enquête publique (*loi du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbain*), la charte d'un Parc Naturel Régional est approuvée par les communes constituant le territoire du Parc, la (ou les) Région(s) et Départements concernés, les partenaires socioprofessionnels et associatifs. Elle fixe les objectifs à atteindre, les orientations de protection, de mise en valeur et de développement du Parc, ainsi que les mesures qui lui permettent de les mettre en œuvre. Elle permet d'assurer, avec une validité de 12 ans, la cohérence et la coordination des actions menées sur le territoire du Parc par les diverses collectivités publiques.

Ainsi, les collectivités, l'État et autres partenaires ayant approuvé la Charte sont amenés à respecter ses orientations et mesures, générales ou territorialisées. En application du Code de l'Environnement, les schémas de cohérence territoriale, les plans locaux d'urbanisme, les cartes communales et tout document d'urbanisme doivent être compatibles, ou rendus compatibles, avec les orientations et les mesures de la Charte. L'organisme chargé de la gestion du Parc Naturel Régional est associé à l'élaboration des schémas de cohérence territoriale et des plans locaux d'urbanisme dans les conditions définies par le Code de l'urbanisme.

Au niveau du site d'étude, il y a la présence de la zone n°FR8000007 - **Caps et marais d'Opale (Planche 1)**.

#### *1.1.2.6. Terrains du conservatoire du littoral*

*Le Conservatoire du Littoral (CDL) est un établissement public à caractère administratif créé par la loi du 10 Juillet 1975, placé sous la tutelle du ministère en charge du développement durable.*

Le CDL qui est en collaboration avec les collectivités territoriales intéressées a pour objectif de mener une politique foncière de sauvegarde de l'espace littoral, de respect des différents sites naturels et aussi de l'équilibre écologique. Depuis sa création qui date de du 1<sup>er</sup> Janvier 2009, le CDL a en sa disposition un patrimoine de 635 sites naturels représentant ainsi 1 000 km de rivage soit 11% du linéaire côtier et plus précisément 123 000 hectares.

*Son champ d'intervention est limité à l'article L.322-1.I du code de l'environnement :*

- *Cantons côtiers délimités au 10 Juillet 1975 ;*
- *Communes riveraines des mers, des océans, des étangs salés ou des plans d'eau intérieurs d'une superficie supérieure à 1 000 hectares ;*
- *Communes riveraines des estuaires et des deltas lorsque tout ou partie de leurs rives sont situées en aval de la limite de salure des eaux.*

Différentes priorités et lignes directrices définies par la « Stratégie à long terme de 2050 » permettent au CDL d'intervenir. Par la suite, elle a été complétée par le contrat d'objectifs 2009 – 2011 signé le 19 Juin 2009 avec le ministère du développement. Il est stipulé dans ce contrat, les nouvelles priorités des pouvoirs publics qui sont issues entre autres du Grenelle de l'Environnement :

- *Développement durable ;*
- *Lutte contre le changement climatique ;*
- *Préservation de la biodiversité notamment en outre-mer ;*
- *Intérêt renforcé pour la liaison terre-mer et la Gestion intégrée des Zones Côtières ;*
- *Développement de l'acquisition des zones humides.*

En ce qui concerne l'action du conservatoire, elle porte prioritairement sur :

- *Les espaces naturels d'intérêt patrimonial, protégés par une réglementation, néanmoins menacés par des pressions constantes ;*
- *Les sites naturels écologiquement et esthétiquement banalisés ou dégradés pour lesquels il est nécessaire d'organiser la fréquentation et les usages ;*
- *Les sites emblématiques inaccessibles au public ;*
- *Les sites accueillant des activités économiques traditionnelles participant à la diversité biologique et paysagère du littoral.*

La loi du 1<sup>er</sup> Juillet 2008 relative à la responsabilité environnementale autorise l'affectation ou l'attribution au Conservatoire des espaces à vocation naturelle pérenne propriétés de l'Etat et situés dans la circonscription des grands ports maritimes (domaine public maritime ou fluvial). La gestion des sites du Conservatoire du littoral doit respecter les principes suivants :

- *La quasi inaliénabilité des biens du Conservatoire ;*
- *L'ouverture au public des sites ;*
- *Une gestion décentralisée ;*
- *Un partage des responsabilités ;*
- *L'affectation au gestionnaire des produits issus des usages des sites ;*
- *La reconnaissance du métier de garde du littoral ;*
- *Le développement raisonné des usages et le maintien des activités économiques traditionnelles.*

En ce qui concerne le secteur de Wissant, il y a la présence d'un espace protégé et géré par le CDL. Il s'agit de la zone n°FR1100140 – « **Baie de Wissant** » (**Planche 1**).

#### *1.1.2.7. Réserve nationale de chasse et de faune sauvage*

*Les réserves de chasse maritime ont été instituées sur le Domaine public maritime en réponse aux engagements de la convention RAMSAR de 1971, sur les zones humides. Elles sont devenues réserves de chasse et de faune sauvage par le décret du 23 septembre 1991.*

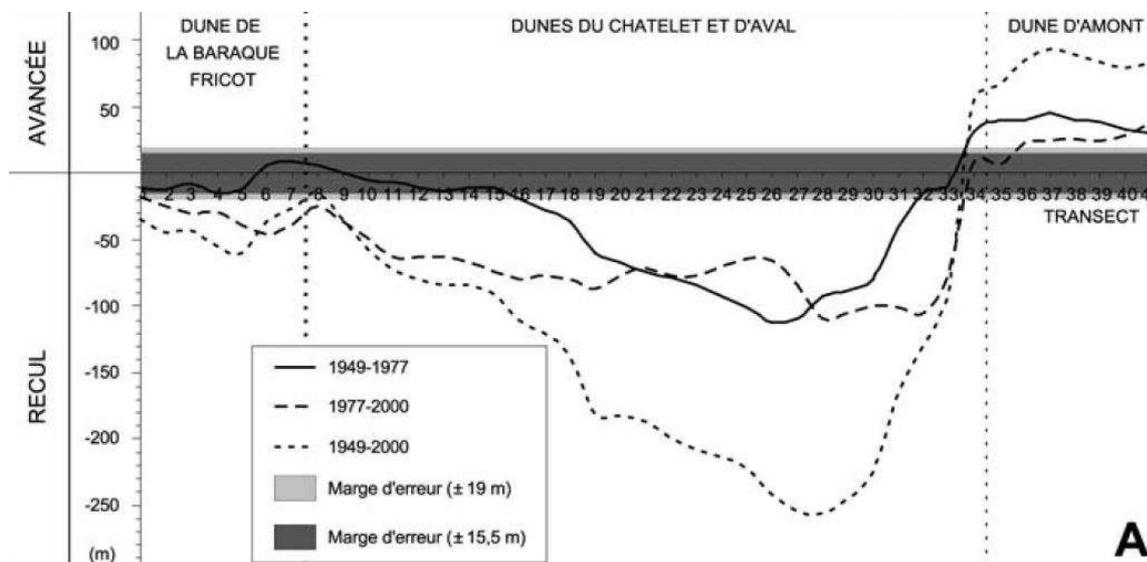
Les articles L.422-27 (modifié par la loi sur le développement des territoires ruraux du 23 Février 2005) et R. 422-82 à R. 422-94 du code de l'environnement sont utilisés pour définir les réserves de chasse et de faune sauvage. Les principaux objectifs sont :

- *Protéger les populations d'oiseaux migrateurs conformément aux engagements internationaux ;*
- *Assurer la protection des milieux naturels indispensables à la sauvegarde d'espèces menacées ;*
- *Favoriser la mise au point d'outils de gestion des espèces de faune sauvage et de leurs habitats ;*
- *Contribuer au développement durable de la chasse au sein des territoires ruraux.*

Pour le secteur de Wissant, il y a la présence d'une Réserve de chasse maritime au niveau de **la partie maritime du secteur et cela, à partir du Sud de Wissant.**

## 1.2. Evolution historique

Le front de mer de la commune de Wissant se situe au sein de la baie du même nom, elle-même localisée entre les falaises du Gris-Nez et du Blanc-nez. Malgré sa situation en fond de baie, *a priori* propice à l'atténuation de l'intensité des courants érosifs dus à la houle, la Dune d'Aval est en érosion chronique depuis plusieurs dizaines d'années. Une étude publiée en 2006 (Aernouts et Héquette, 2006) faisait état d'un recul du trait de côte d'environ 250 m dans ce secteur entre 1949 et 2000 (**Figure 5**).



**Figure 5 : Evolution du trait de côte dans le secteur de la Dune d'Aval à Wissant (Source : Aernouts et Héquette, 2006).**

Des relevés topographiques effectués régulièrement par la DDTM indiquent, à l'endroit de la dune d'aval le plus en érosion, un recul moyen annuel de 3.47 m entre 1999 et 2014 (soit environ 52 m ces 15 dernières années), associé à un abaissement du niveau altitudinal de la plage de 6 cm par an durant la même période (soit 0.9 m en 15 ans). Ces ordres de grandeur sont confirmés par l'étude Egis Ports de 2014 (**Figure 6**).

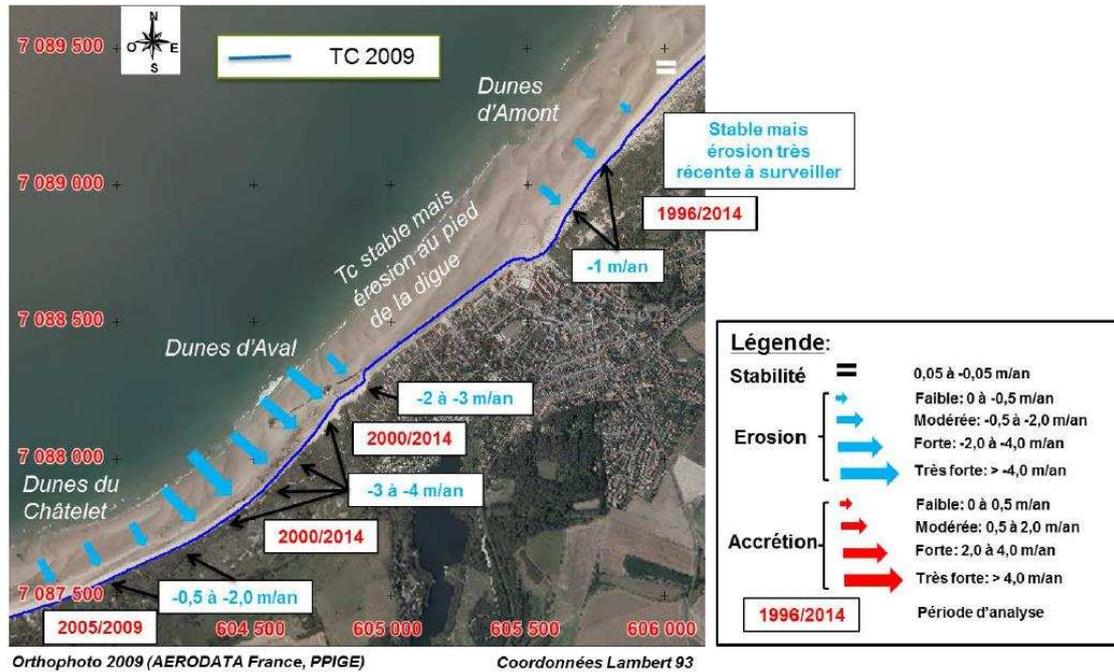


Figure 6 : Bilan de l'évolution du trait de côte de 1996/2000 à 2014 (Source : EGIS, 2014).

Le phénomène d'érosion constaté au niveau de la station balnéaire de Wissant est caractérisé non seulement par un recul du trait de côte dans les secteurs dunaires, mais également par un abaissement du niveau de sable. La baisse du niveau de sable sur l'estran a notamment contribué à la déstabilisation de l'ouvrage de défense contre le Mer au droit de la station, plus au Nord, aujourd'hui en reconstruction.

Concernant plus particulièrement la dune d'Aval, les maisons situées en arrière de la dune se situent à une altitude de 7.20 à 7.50 m IGN69, et ne sont donc pas soumises au risque de submersion marine pour un évènement centennal à l'horizon 2100 (DHI, 2013), pour lequel les plus hautes eaux ont été calculées à 6.12 m IGN69 (intégrant surcote centennale, déferlement et hausse du niveau marin de 0.6 m du au réchauffement climatique). **Par conséquent, la problématique de la présente étude concerne le risque érosion du trait de côte, et non pas le risque de submersion marine.**

Pour remédier à cette situation et protéger les enjeux se situant en arrière du trait de côte, des études ont été engagées, notamment une étude de faisabilité pour le réensablement de la partie centrale de la baie en 2014, menée par EGIS, qui prévoit un réensablement massif de l'ordre de 500,000 à 680,000 m<sup>3</sup> selon les scénarii, sur les 2,500 m linéaires de plage entre les dunes d'Amont (au Nord) et d'Aval (au Sud).

Cependant, étant donné les délais d'études et procédures réglementaires associés à ce projet de réensablement massif, une solution de protection plus légère, dont les travaux pourront être

menés à court terme sous maîtrise d'ouvrage de la mairie de Wissant, doit être envisagée pour stabiliser le trait de côte au niveau de la dune d'Aval. Cette solution devra :

- Etre cohérente avec le projet de réensablement massif de la baie ;
- Stabiliser la dune d'Aval, en permettant le maintien de la plage et du cordon dunaire, plus particulièrement au droit des zones arrière littorales urbanisées dans ce secteur.

Le présent projet a donc pour objectif de trouver une solution de stabilisation du trait de côte dans le secteur de la dune d'Aval, qui pourra être mise en place dans des délais rapides.

Ce projet sur le court terme prend donc place au sein d'un programme de travaux plus large, ayant pour objectif de renforcer (voire reconstituer) le trait de côte de l'ensemble de la baie, et intégrant :

- La destruction d'un blockhaus effondré en pied de la dune d'Aval (au mois de décembre 2014) ;
- La mise en place de pieux hydrauliques en bois visant à atténuer la force des courants en pied de la dune d'aval, et favoriser le dépôt du sable ;
- La reconstruction du perré de Wissant actuellement en cours (**Figure 7**) ;



**Figure 7 : Photographies des travaux de reconstruction du perré de Wissant (Source : Geodunes, 2015).**

- Le réensablement massif de la plage à moyen terme ;
- La stabilisation à court terme de la dune d'Aval, en attendant les travaux de réensablement principaux, objet de la présente étude.

## 1.3. Evolution récente des profils topographiques

### 1.3.1. Tempêtes de l'hiver 2013/2014

L'hiver 2013/2014 a été marqué par une succession inhabituelle de tempête. Leur analyse est basée ici principalement sur le rapport du SHOM (n°001/2014 – Camille DAUBORD).

Sept évènements de tempêtes ont été recensés entre le 26/10/2013 et le 07/02/2014, avec une surcote maximale de 2.35 m à Dunkerque (**Planche 2**).

Parmi ces 7 tempêtes, 2 d'entre elles en particulier ont pu avoir un impact morphogène important sur les plages de la Côte d'Opale :

- Tempête Godehart, du 03/11/2013 au 06/11/2013, avec une hauteur d'eau correspondant à une période de retour entre 10 et 20 ans, et une surcote maximale d'1.29 m à Calais ;
- Tempête Xaver, 05/12/2013 au 08/12/2013, avec une hauteur d'eau d'une période de retour centennale, et une surcote maximale à Calais d'1.87 m.

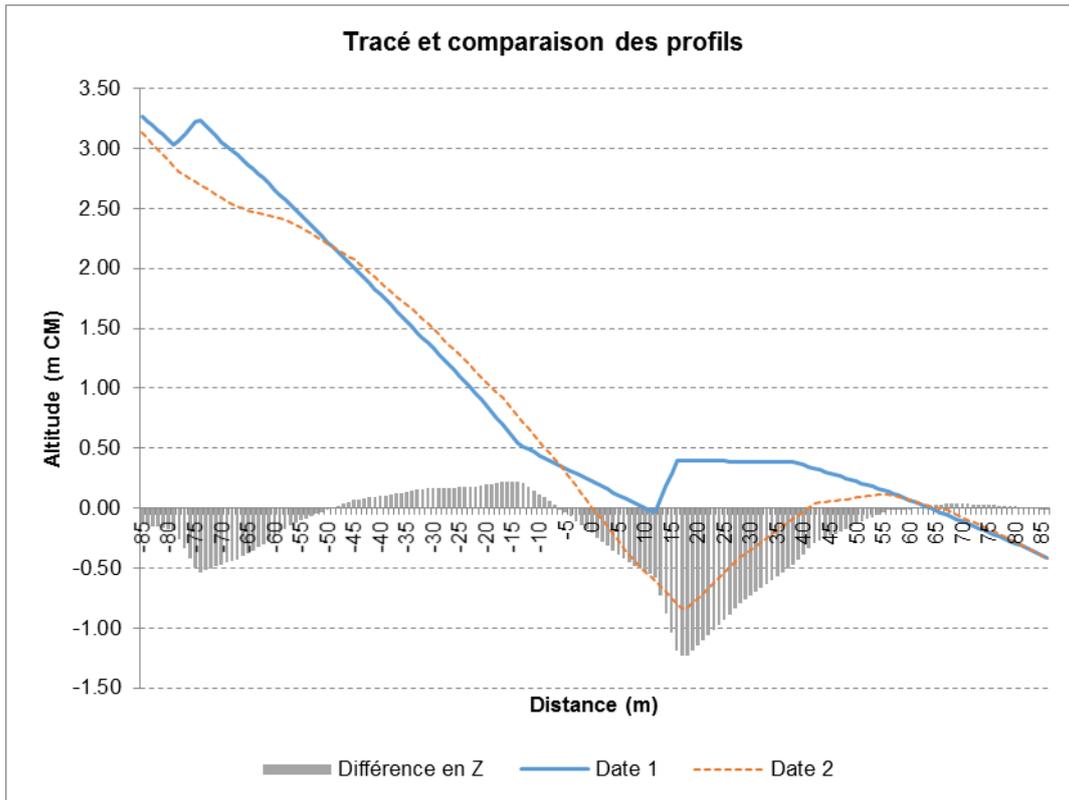
La tempête Xaver en particulier a donné lieu à une surcote à marée haute, engendrant une hauteur d'eau de 8.68 m à Calais le 06/12/2013.

### 1.3.2. Méthode

L'évolution du trait de côte sur la période récente (hiver 2013-2014) est effectuée par l'analyse des profils topographiques de plage transversaux, à l'aide du programme Profiler 3.2 XL ©, développé par O. Cohen, professeur à l'Université de Nouvelle Calédonie.

Le principe est le suivant : la fonction comparaison du logiciel permet de comparer les mesures d'un même profil transversal entre deux dates, et d'en calculer un volume différentiel. Ce volume est calculé :

- Pour 1 mètre linéaire de plage ;
- Sur une distance de plage commune (de la dune vers le bas de plage) entre les deux dates, par rapport à une origine aux coordonnées x et y identique en haut de profil (**Figure 8**).



**Figure 8 : Méthode de comparaison des profils topographiques**

La distance entre chaque point du profil est rééchantillonnée par le logiciel, selon une distance choisie par l'opérateur. Ici, l'ensemble des comparaisons et cubatures ont été effectués avec un ré-échantillonnage de la distance égal à 1 m.

Le graphique pris en exemple en **Figure 8** montre en bleu le profil levé en date 1, en pointillés oranges le profil en date 2, et en gris le long de l'axe des abscisses, la différence altitudinale pour chaque mètre de plage le long du profil.

Pour chaque profil étudié, un bilan volumétrique est réalisé, et des comparaisons sont effectuées. Les volumes obtenus étant valables pour 1 m linéaire de plage, si l'on divise ce volume par la longueur du profil, l'analyse est réalisée en  $m^3/m^2$ , permettant la comparaison de l'évolution d'un profil à l'autre, même si ceux-ci sont d'une longueur différente.

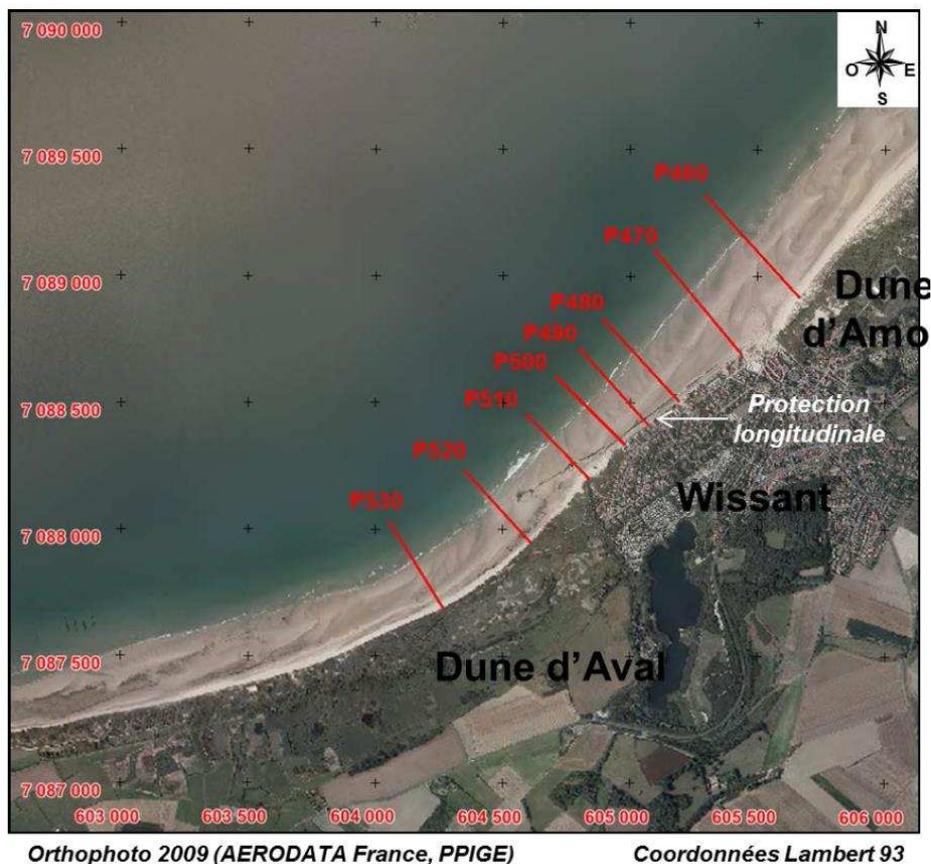
### 1.3.3. Données disponibles

Les données de profils utilisées émanent de deux sources distinctes :

- **Les profils suivis par la DDTM**

Pour ces séries de données (avec un suivi depuis 1996), nous disposons de mesures de la plage uniquement (entre le pied de dune et le bas de l'estran), pour des longueurs variables qui

dépendent du coefficient de marée le jour du levé. Trois profils ont été analysés : le P510, P520 et le P530 (**Figure 9**)



**Figure 9 : Localisation des profils de suivi de la dune d'Aval de la DDTM**

Les dates des différents levés ne sont pas toujours les mêmes, aussi les dates de levés servant à l'analyse ont-elles été choisies dans le but de disposer de périodes d'étude quasi-similaires pour chaque profil.

Les dates sont les suivantes : octobre 2013, avril 2014, novembre 2014, et avril 2015.

**- Profils de suivi d'ouvrages de la DDTM**

Ici, 18 profils supplémentaires ont été implantés le long de la dune d'Aval et du Châtelet, et sont suivis depuis septembre 2013 (profils implantés suite à la mise en place de pieux hydrauliques en bois le long de la plage dans ce secteur). Les profils suivis sont numérotés P1 à P5 (**Figure 10**).

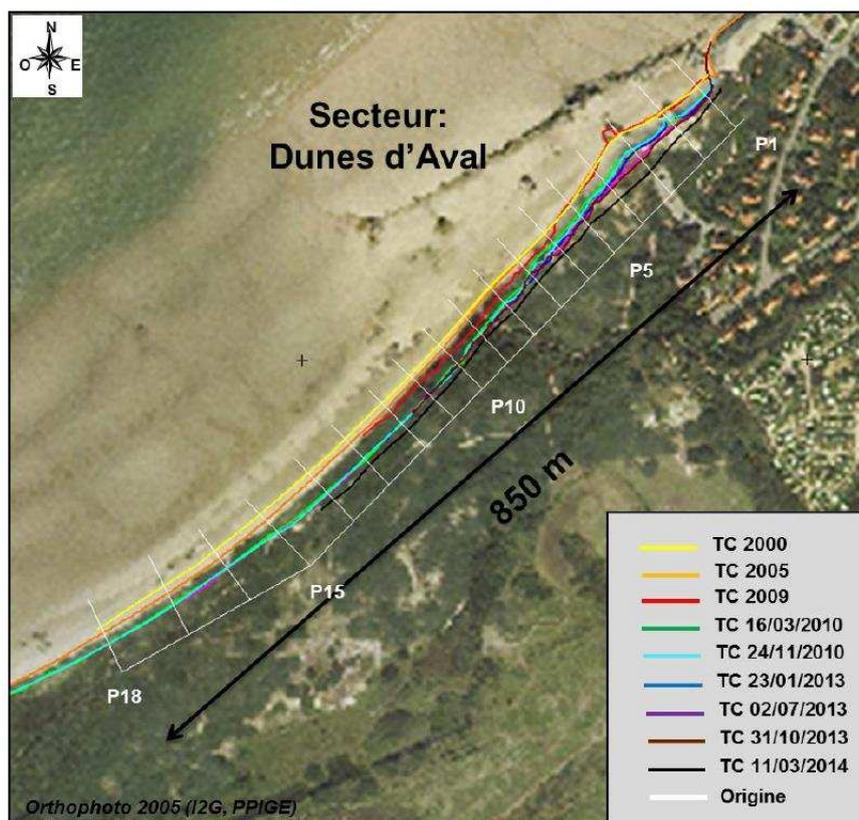


Figure 10 : Localisation des profils de suivi d'ouvrage de la DDTM

Les dates d'analyse sont les mêmes que pour les profils P510 à P530.

#### - Profil de l'association « Les Amis de Wissant »

L'association « Les Amis de Wissant » effectue des relevés topographiques le long d'un profil, situé dans l'alignement du profil P3 de la **Figure 10**. Contrairement aux profils de la DDTM qui mesurent la plage et l'estran, ici on ne dispose de mesures que pour le cordon dunaire. Ces mesures ont été réalisées par un géomètre de la société BPH Géomètre Expert & Ingénierie. C'est cette même société qui nous a fourni les données.

Nous disposons pour ce profil de données annuelles de 2002 à 2014, effectuées à différentes périodes de l'année.

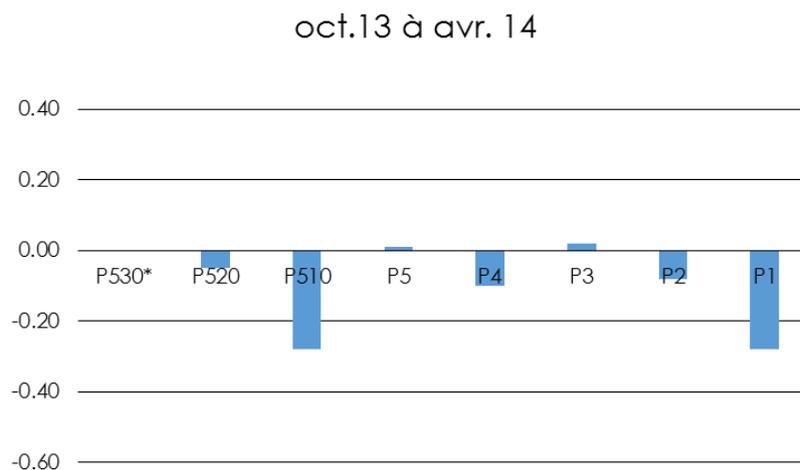
### 1.3.4. Résultats

#### 1.3.4.1. Profils de plage de la DDTM

L'ensemble des graphiques d'évolution sont disponibles en **Annexe 1**. Dans un souci de lisibilité, l'évolution des profils est présentée de manière synthétique, à l'aide de diagrammes en bâtons résumant les variations volumétriques par période.

- **Octobre 2013 à avril 2014**

Pour la période d'octobre 2013 à avril 2014, deux profils (P5 et P3) présentent un volume équilibré, voire légèrement positif (+0.01 à +0.02 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), mais l'ensemble des autres profils sont en érosion plus ou moins marquée (**Figure 11**). Les profils P1 et P510 en particulier, qui perdent tous deux 0.28 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, ce qui équivaut à une baisse altitudinale moyenne de 28 cm sur l'ensemble du profil de plage.



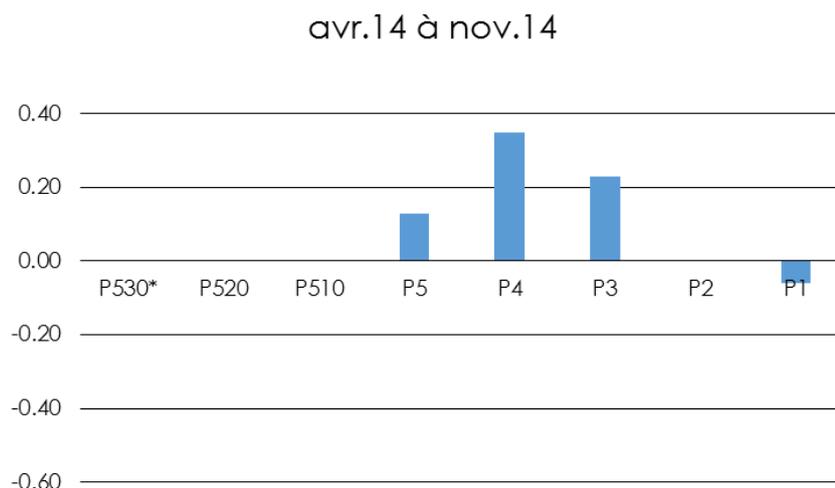
**Figure 11 : Evolution volumétrique des profils P510 à P530 et P1 à P5 d'octobre 2013 à avril 2014**

Ce bilan volumétrique érosif paraît logique pour cette période hivernale, habituellement morphogène, ce qui est accentué par la succession de tempêtes cette année-là (cf. paragraphe précédent).

- **Avril 2014 à novembre 2014**

Entre avril 2014 et novembre 2014, le bilan est positif (**Figure 12**). Il s'agit d'une période estivale, habituellement plus calme que l'hiver, où le stock sédimentaire se reconstitue plus facilement. Nous disposons pour cette période de résultats pour uniquement 4 profils :

- Trois profils sont en accrétion, ils s'agit des profils suivants :
  - o P5 : + 0.13 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
  - o P4 : + 0.35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
  - o P3 : + 0.23 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- Un profil est en érosion, il s'agit du profil P1, le plus proche de l'enrochement au droit de la station : - 0.06 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

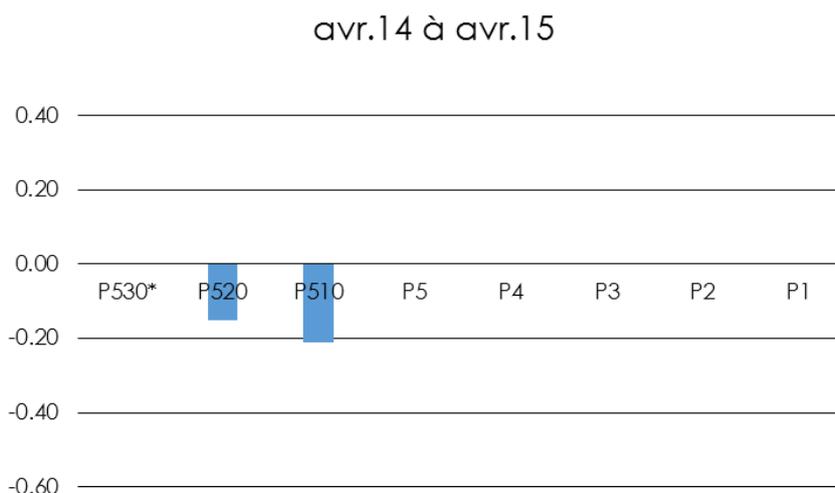


**Figure 12 : Evolution volumétrique des profils P510 à P530 et P1 à P5 d'avril 2014 à novembre 2014**

L'érosion au niveau du profil P1 lors d'une période calme et visiblement propice à l'accumulation de sédiments peut laisser penser que les effets de bord provoqués par la présence de l'enrochement peuvent perturber localement le fonctionnement sédimentaire, et provoquer une érosion au niveau du profil P1.

**- Avril 2014 à avril 2015**

La dernière période d'analyse, entre avril 2014 et avril 2015, comprend le bilan sur un an, été et hiver compris (**Figure 13**).



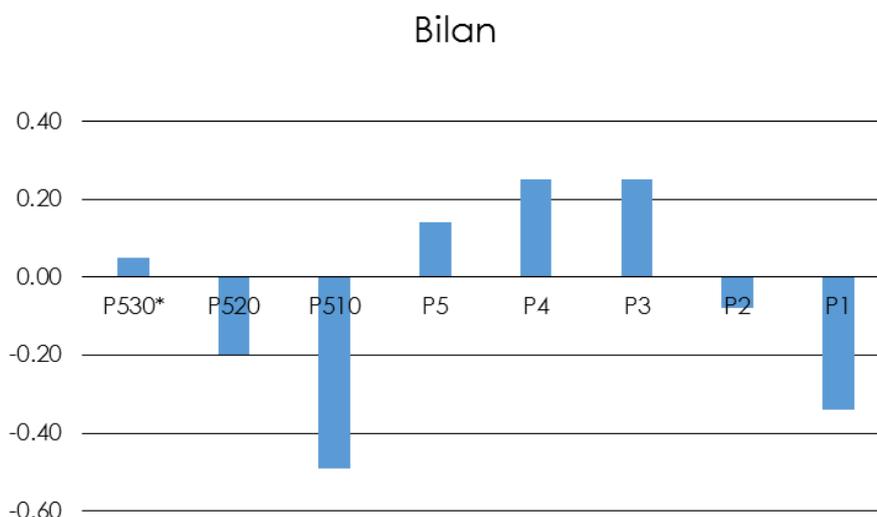
**Figure 13 : Evolution volumétrique des profils P510 à P530 et P1 à P5 d'avril 2015 à avril 2015**

Des mesures sont disponibles pour les profils P510 et P520, qui s'érodent respectivement de -0.21 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> et -0.15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, laissant penser que le bilan est plutôt négatif sur une année entière dans le secteur de la dune d'aval.

**- Bilan : octobre 2013 à avril 2015**

Le bilan des périodes analysées précédemment est présenté en **Figure 14**. Trois profils sont en accrétion (P3 à P5), le profil P530 est en légère accrétion également, cependant son bilan n'est pas effectuée sur la même période que les autres profils (début du suivi en septembre 2012, tandis que les autres profils ont un point de départ en octobre 2013).

Quatre profils sont en érosion, il s'agit du P510, P520 et du P1 et P2.



**Figure 14 : Bilan de l'évolution volumétrique des profils P510 à P530 et P1 à P5**

Les volumes correspondant aux différentes périodes étudiées, et les volumes du bilan de l'ensemble de la période sont disponibles dans le **Tableau 1**.

**Tableau 1 : Tableau synthétique des évolutions volumétriques des profils suivis par la DDTM**

	oct.13 à avr. 14	avr.14 à nov.14	avr.14 à avr.15	Bilan
<b>P530*</b>				<b>0.05</b>
<b>P520</b>	-0.05		-0.15	<b>-0.20</b>
<b>P510</b>	-0.28		-0.21	<b>-0.49</b>
<b>P5</b>	0.01	0.13		<b>0.14</b>
<b>P4</b>	-0.10	0.35		<b>0.25</b>
<b>P3</b>	0.02	0.23		<b>0.25</b>
<b>P2</b>	-0.08	0.00		<b>-0.08</b>
<b>P1</b>	-0.28	-0.06		<b>-0.34</b>

\*Date de début en septembre 2012

Notons que pour l'interprétation du bilan, il est nécessaire de prendre en compte le fait que, de manière générale, les conditions automnales et hivernales sont davantage favorables à

une érosion étant donné les conditions d'agitation plus importantes, tandis que les périodes printanière et estivale sont généralement caractérisées par des conditions météo-marines plus calmes, et donc plus favorable à l'engraissement.

L'analyse du profil P530 porte de septembre 2012 à avril 2015, et le bilan est positif avec  $+0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2$ . L'analyse des profils P520 et P510 commence plus tardivement, en octobre 2013 (environ un an plus tard que pour le P530), mais se termine à la même date. On note ici un bilan fortement négatif, avec  $-0.20 \text{ m}^3/\text{m}^2$  pour le P520, et surtout  $-0.49 \text{ m}^3/\text{m}^2$  pour le P510. Pour expliquer ceci, nous pouvons émettre l'hypothèse que les conditions ont été relativement plus calmes entre septembre 2012 et octobre 2013 par rapport à la période suivante (entre octobre 2013 et avril 2015), ce qui permettrait d'expliquer un bilan plus favorable au niveau du P530, avec un apport de sable en début de période pendant les conditions plus calmes, ayant pu permettre de compenser une érosion plus importante à partir du mois d'octobre 2013.

L'analyse des profils P1 à P5 est réalisée sur une période plus courte, d'octobre 2013 à novembre 2014, comprenant un hiver aux conditions particulièrement agitées fin 2013, et une période estivale (avril à septembre 2014) aux conditions généralement plus propices à l'engraissement. L'analyse se termine au début de la période automnale 2014. On note une différence entre la première période d'analyse, plus érosive (conditions hivernales), et la deuxième période, où l'on note un apport de sable (conditions estivales). Cependant, l'on note que plus on se rapproche du profil P1 (et donc de l'enrochement au droit de la station), plus l'érosion est marquée (que ce soit en conditions estivales ou hivernales), ce qui peut être attribué aux effets de bord engendrés par la présence de l'ouvrage.

#### *1.3.4.2. Profil de l'association « Les amis de Wissant »*

L'analyse de l'évolution du pied et de la crête de dune du profil suivi par le cabinet BPH montre un recul important du trait de côte entre 2002 et 2014 (**Figure 15**) : le pied de dune a reculé de 45.98 m entre le 08/04/2002 et le 17/02/2014 selon ces mesures, avec un abaissement altitudinal de la crête de dune d'environ 7 m sur la même période, passant de 11.34 m IGN69 à 4 m IGN69 au cours de la même période.

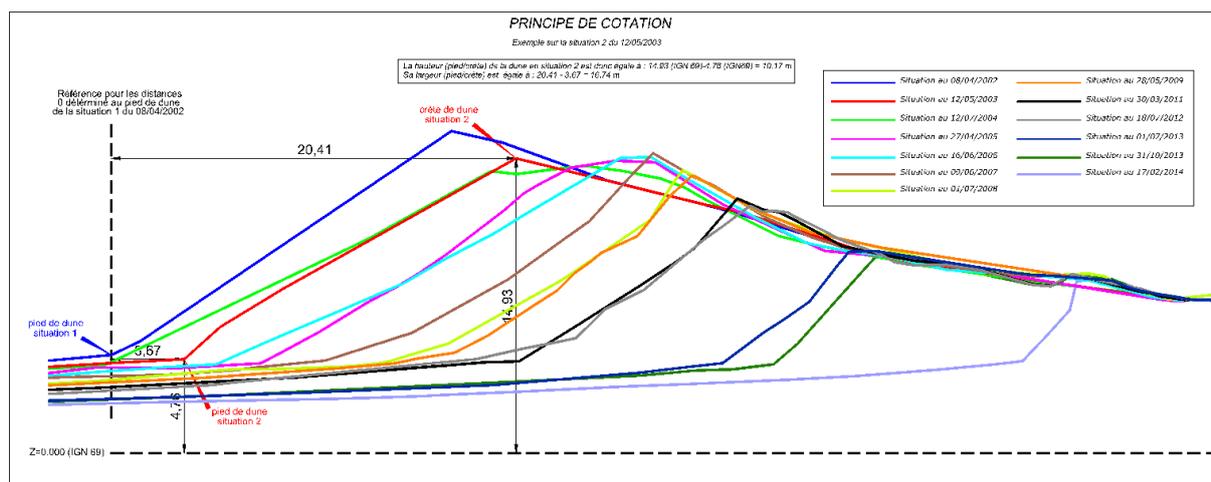


Figure 15 : Evolution de la dune du profil BPH de 2002 à 2014

Sur la période qui nous intéresse plus particulièrement dans cette étude, le pied de dune a reculé de 12.58 m entre le 31/10/2013 et le 17/02/2014, la crête de dune a reculé de 9.96 m, et s'est abaissée d'1.45 m, toujours selon ces mesures. L'ensemble des données chiffrées est présenté dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Synthèse chiffrée de l'évolution du pied et de la crête de dune du profil BPH

Situations	Dates	Pied de dune		Crête de dune		Hauteur Pied/Crête	Largeur Pied/Crête
		Altitudes IGN 69	Distances	Altitudes IGN 69	Distances		
1	08/04/2002	4.97	0.00	16.31	17.15	11.34	17.15
2	12/05/2003	4.76	3.67	14.93	20.41	10.17	16.74
3	12/07/2004	4.45	-0.35	14.28	19.14	9.83	19.49
4	27/04/2005	4.55	7.53	14.80	25.49	10.25	17.96
5	16/06/2006	4.50	5.28	14.94	25.67	10.44	20.39
6	09/06/2007	4.69	10.81	15.19	27.33	10.50	16.52
7	01/07/2008	4.53	13.42	14.33	28.83	9.80	15.41
8	28/05/2009	4.54	14.29	14.03	29.42	9.49	15.13
9	30/03/2011	4.65	20.57	12.89	31.57	8.24	11.00
10	18/07/2012	4.77	18.45	12.53	32.24	7.76	13.79
11	01/07/2013	4.56	30.82	10.20	37.18	5.64	6.36
12	31/10/2013	4.51	33.40	10.13	38.72	5.62	5.32
13	17/02/2014	4.68	45.98	8.68	48.68	4.00	2.70

Ces mesures confirment la tendance à l'érosion dans la baie de Wissant observée depuis de nombreuses années. On note l'impact des tempêtes de l'hiver 2013/2014 présentées au paragraphe 1.3.1, en comparant les situations 12 (31/10/2013) et 13 (17/02/2014) du **Tableau 2**. Entre ces deux dates, on observe un recul du pied de dune de 12.58 m.

S'il est possible de décrire les résultats et de constater l'érosion à partir de ces données, il est difficile de les interpréter sans avoir recours à une analyse fine des conditions météo-marines pendant la même période, à savoir du 08/04/2002 au 17/02/2014. Il n'est pas possible non plus, avec les données dont nous disposons pour cette étude, de comparer l'évolution du cordon dunaire sur ce profil, à celui sur un autre profil. Il s'agit en effet de la seule mesure d'évolution du cordon dunaire dont nous disposons dans le secteur de la dune d'Aval.

## 2. Inventaire des procédés de gestion du trait de côte

### 2.1. Ouvrages de défense rigides

Le principe des ouvrages de défense rigide repose sur le fait qu'ils permettent de remédier efficacement à un problème d'érosion local, mais ils perturbent la dynamique hydrosédimentaire naturelle du site, et reportent généralement les problèmes d'érosion au niveau des secteurs adjacents.

#### 2.1.1. Ouvrages longitudinaux

Ces ouvrages, de type digues, perrés, enrochements, sont aménagés à l'interface directe entre la plage et la dune ou la station balnéaire. Ils peuvent atteindre plusieurs mètres de haut, ce qui permet d'assurer une protection de ces enjeux.



**Figure 16 : Schéma d'illustration des ouvrages longitudinaux selon une vue en coupe (perré à gauche et enrochement à droite)  
(Source : La gestion du trait de côte, éditions Quae)**

Ces ouvrages sont utiles pour fixer le trait de côte et empêcher son recul à l'endroit de l'ouvrage, cependant ils ont tendance à déséquilibrer la dynamique sédimentaire locale en créant des effets de bord : érosion accentuée en amont et en aval de l'ouvrage.

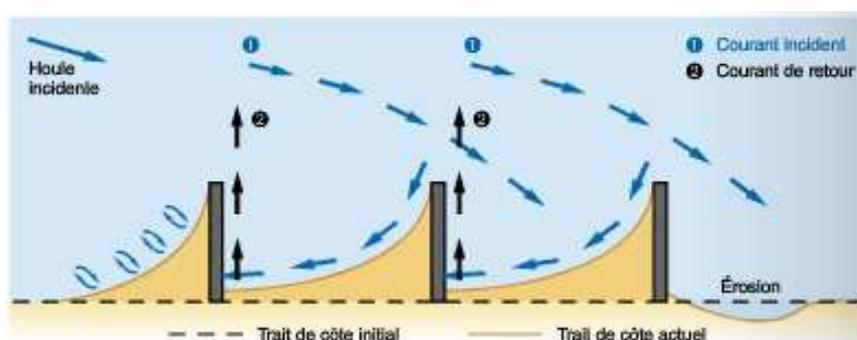
Leur faiblesse principale provient de leur rigidité. La paroi verticale entraîne une augmentation de la réfraction de la houle qui peut engendrer un abaissement du niveau de sable au droit de l'ouvrage (participant à un bilan sédimentaire négatif), et une dégradation rapide de ces éléments et un besoin régulier d'entretien. Ces ouvrages sont déconseillés dans les zones fortement énergétiques :

- Risque de fissuration de l'ouvrage ;
- Basculement et submersion ;
- Projections de galets et sapements ;
- Affouillement de la base et basculement.

Ces ouvrages sont actuellement mis en place et en travaux au droit de la station urbanisée à Wissant. Le perré actuellement en construction permet un maintien du trait de côte au droit de la station urbanisée en bordure de plage.

### 2.1.2. Ouvrages transversaux

Les épis sont des ouvrages de protection transversaux qui permettent de piéger les sédiments transportés latéralement par le courant de dérive littorale. La plage s'engraisse en aval du courant de dérive littorale (**Figure 17**).



**Figure 17 : Schéma de fonctionnement des ouvrages transversaux selon une vue en plan (Source : La gestion du trait de côte, éditions Quae)**

Les épis individuels permettent :

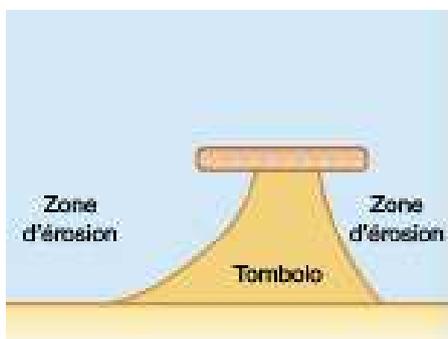
- d'engraisser la plage localement ;
- de protéger l'embouchure des ports et des lagunes de l'ensablement ;
- de fermer une unité hydrosédimentaire.

Néanmoins, tout comme les brise-lames, ces aménagements piègent les sédiments qui ne sont plus disponibles pour les zones situées en aval du courant de dérive littorale. Des tendances érosives sont souvent observées dans ces zones proches en aval.

### 2.1.3. Brise-lames

Ces ouvrages sont constitués principalement de blocs de roches dures (granites, basaltes...). Ils sont orientés parallèlement à la ligne de rivage, ce qui permet d'atténuer l'énergie de la houle qui arrive sur le littoral (Figure 18). Lorsque le dimensionnement de l'ouvrage est bien réalisé et que l'aménagement fonctionne, il se forme une ligne sédimentaire entre le brise-lame et la plage appelé tombolo. Les sédiments s'accumulent en bas de plage, ce qui permet d'engraisser le littoral.

Néanmoins, ce type d'aménagement perturbe la dynamique sédimentaire locale puisqu'il piège les sédiments. Il n'est pas rare d'observer une plage en érosion en aval de la dérive littorale dans les zones où sont aménagés ces types de structure.



**Figure 18 : Schéma de fonctionnement d'un brise-lames selon une vue en plan**  
(Source : La gestion du trait de côte, éditions Quae)

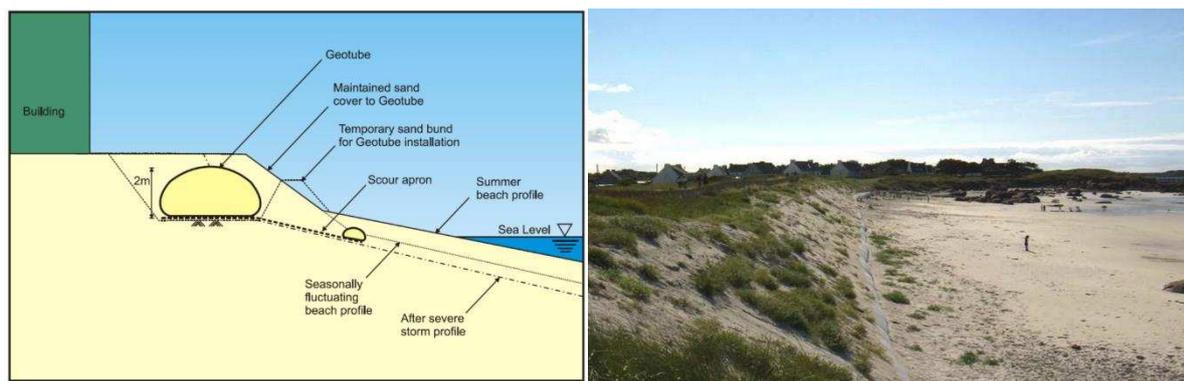
#### 2.1.4. Cas des structures en géotextile

Les ouvrages en boudins géotextiles se situent à l'interface entre les métouces douces et rigides. On peut considérer qu'il s'agit de méthodes douces, car du sable local est généralement utilisé pour les remplir, et ces structures sont facilement manipulables.

En revanche, une fois qu'elles sont en place, elles fixent le trait de côte en cas d'installation de manière longitudinale, au même titre que des enrochements par exemple, et elles ont le même rôle que les épis en dur lorsqu'elles sont disposées de manière transversale, en piégeant les sédiments.

Ces structures peuvent également être placées au large pour casser la houle, et faire office de brise-lames.

Lorsqu'elles sont utilisées en protection longitudinale pour remédier au recul du trait de côte, elles sont généralement enfouies sous le sable, et l'on crée un cordon dunaire artificiel par-dessus (**Figure 19**).



**Figure 19 : Schéma de principe d'un boudin géotextile longitudinal installé au sein de la dune (Source : Stabiplage).**

- De manière transversale, ils agiront dans ce cas comme des épis

Le fait de les enfouir sous la dune leur donne un avantage certain au niveau de l'aspect paysager ; cependant, dans les zones en forte érosion, l'ouvrage sera rapidement découvert, des affouillements peuvent se créer à la base (apparition de poches d'eau) et contribuer à leur destabilisation.

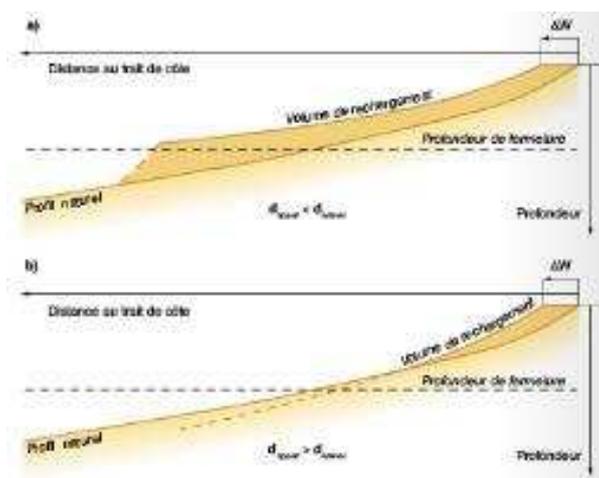
Le risque de déchirement de l'enveloppe du boudin géotextile ne doit pas être négligée non plus (déchirement par les agents marins pouvant charrier des objets, ou déchirement dû à un acte de vandalisme), de ce fait une surveillance et un entretien réguliers sont nécessaires.

## 2.2. Ouvrages de défense souples

Au contraire des ouvrages rigides, les ouvrages de défense souples sont faits pour accompagner les processus naturels, et dans le cas d'un problème d'érosion sur une côte basse sableuse, en favorisant l'accumulation de sable, ou en créant des apports artificiels supplémentaires.

### 2.2.1. Rechargement de plage

L'engraissement artificiel a pour objectif de compenser les phénomènes d'érosions sans pour autant troubler les processus naturels en action sur la côte. Les sédiments déposés proviennent des sables de carrière ou de zones d'accumulation connues proches. Le caractère physique du sédiment déposé (granulométrie) est prépondérant. Il y a alors une compensation entre les pertes naturelles en sédiments lors des tempêtes et le rechargement artificiel (**Figure 20**).



**Figure 20 : Schéma de principe d'un rechargement de plage selon une vue en coupe (Source : La gestion du trait de côte, éditions Quae)**

L'apport artificiel de sable peut être réalisé soit par voie maritime (par drague hydraulique et refoulement par conduite), soit par voie terrestre (accès des camions à la plage et déchargement) (**Figure 21**).



**Figure 21 : Exemple de rechargement en sable au moyen d'une conduite (à gauche) ou par camions (à droite)**

Au niveau granulométrique, celui-ci doit être le plus proche possible des caractéristiques du sédiment qu'il remplace en ce qui concerne (sachant qu'un sédiment légèrement plus grossier que le sédiment naturel de la plage permet d'obtenir un rechargement plus stable dans la durée) :

- Sa taille (un sédiment légèrement plus grossier peut être utilisé),
- Sa porosité,
- Qualités physiques.

Afin d'optimiser l'intervention et de limiter les impacts sur le milieu, il convient en outre de prendre en considération la bathymétrie (l'évolution des barres pré littorales notamment) et le fonctionnement hydrosédimentaires du site en fonction du régime de houle et des courants littoraux ainsi que les peuplements benthiques (espèces vivants dans les fonds sableux.

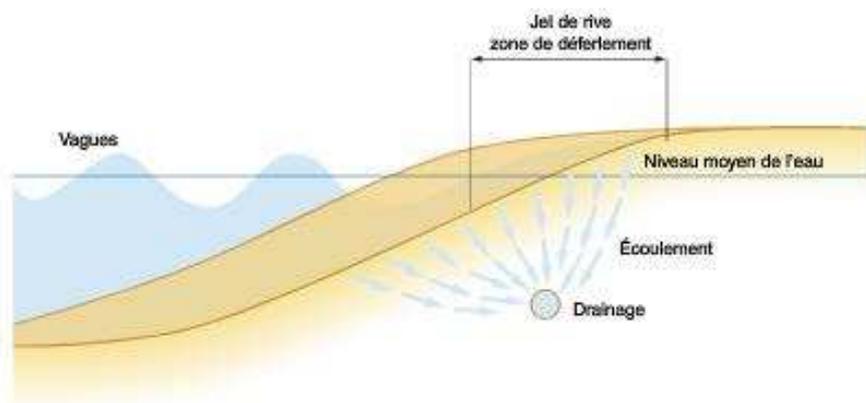
#### - Localisation des rechargements

En ce qui concerne la localisation des rechargements, il existe deux possibilités :

- Recharger la partie de la plage émergée (la haute plage) ;
- Recharger la partie de la plage immergée (au niveau des barres sableuses) permettant ainsi l'atténuation de la houle.

#### 2.2.2. Drainage de plage

Le système du drainage de plage (dont le plus connu Ecoplage) est plus récent et date des années 80. Ce système a pour objectif de stabiliser une plage en érosion en captant l'eau lors du déferlement des vagues, à l'aide de drains implantés sous la surface du sable. Lors du déferlement, le drain capte l'eau lors du jet de rive, de ce fait les sédiments restent en place, et ne sont pas réexportés vers le bas de plage lors de la nappe de retrait de la vague, après le déferlement (**Figure 22**). Les sédiments restent donc en place et contribuent à l'engraissement.

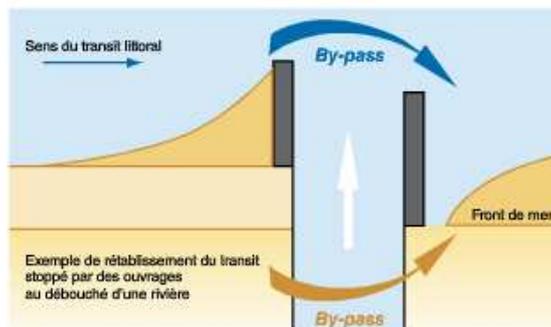


**Figure 22 : Schéma de principe du drainage de plage**  
(Source : La gestion du trait de côte, éditions Quae)

Ce procédé est installé par exemple au niveau de la commune de Merlimont depuis peu. Cependant sa mise en œuvre est très coûteuse et ne convient pas à toutes les plages. Au niveau de Wissant par exemple, les niveaux de tourbe présents en surface sont un obstacle à l'installation des drains (épaisseur de sable insuffisante).

### 2.2.3. Systèmes de by-passing

Il s'agit de mettre en place un transfert sédimentaire, par l'intermédiaire d'une conduite par exemple, entre une zone excédentaire en sédiments, et une autre en déficit chronique.



**Figure 23 : Schéma de principe d'un système de by-passing hydraulique, selon une vue en plan (Source : La gestion du trait de côte, éditions Quae)**

Ces systèmes peuvent être mis en place par exemple lors de la création d'une jetée portuaire bloquant le transit sédimentaire littoral.

Ce transfert de sédiment peut s'effectuer de deux manières :

- Utilisation d'un système hydraulique (avec un tube) ;
- Utilisation d'un système mécanique (pelle mécanique) et transport par camion ou drague.

Il s'agit d'un dispositif coûteux, et qui nécessite une source de sable naturelle excédentaire et proche, ce qui ne semble pas être le cas pour la dune d'Aval.

### 2.2.4. Autres systèmes de gestion

#### 2.2.4.1. Repli stratégique / Dépoldérisation

La depoldérisation, nommée également repli stratégique au niveau des terrains non conquis sur la mer par l'homme, consiste à laisser l'érosion se poursuivre, jusqu'à inondation des terrains arrière littoraux. On laisse donc une partie du territoire être reconquis par la mer. Ce type de procédé doit faire l'objet d'une analyse coût-bénéfice précise, doit être anticipé et préparé en concertation avec l'ensemble des acteurs concernés, et n'est envisagé que sur le long terme. De ce fait, il n'est pas envisagé ici.

#### 2.2.4.2. Pieux hydrauliques

Il s'agit de pieux en bois plantés verticalement dans le sédiment et avec un espacement régulier. Ils sont soit agencés de manière transversale à la plage (Cap Ferret, St Malo), ou de manière longitudinale en haut de plage, ou encore en « équerre » (transversal et longitudinal).



**Figure 24 : Illustration photographique de pieux hydrauliques transversaux**

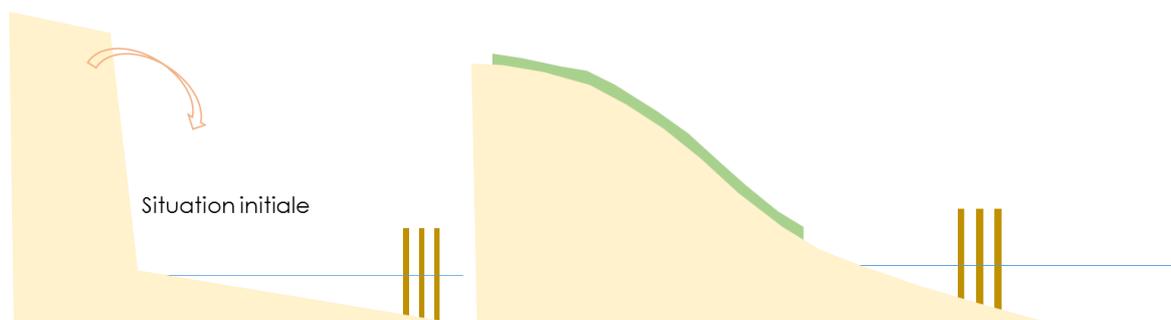
Ce dispositif a été installé en 2013 au niveau de la dune d'Aval à Wissant, selon une disposition longitudinale et transversale à la fois, avec pour objectif de casser les vagues (ainsi diminuer leur énergie et leur propension à exporter les sédiments), tout autant que de limiter le transit littoral, en maintenant une partie des sédiments grâce aux épis transversaux. Les retours d'expériences restent limités et ne permettent pas de statuer sur l'efficacité du procédé ni sur une doctrine particulière de mise en œuvre (MEEDM, 2010).

#### 2.2.4.3. *Gestion des milieux dunaires*

- **Reconstitution du profil dunaire**

Il est envisageable de restaurer ou de recréer artificiellement une pente dunaire d'équilibre, contribuant à recréer les échanges plage-Dune, et créer une nouvelle dynamique positive du système, participant à son équilibre. Pour cela et selon le contexte, deux méthodes principales peuvent être appliquées et combinées (**Figure 25**) :

- Eroulement mécanique de la falaise dunaire en place ;
- Végétalisation de la pente côté mer pour favoriser le captage du sable éolien ;



**Figure 25: Principe de reconstitution de la pente dunaire, selon une vue en coupe  
(Source : IDRA)**

Ce type d'aménagement est largement conseillé dans le cadre d'opérations de gestion du trait de côte, car il permet de retrouver des profils à l'équilibre sans impacts négatifs pour les secteurs voisins. Il est en effet essentiel dans ce type d'aménagement d'avoir un linéaire côtier homogène et sans points durs.

- **Brise-vent**

La mise en place de brise-vent, de type fascines de saules, ganivelles ou encore filets synthétiques, permet de localement diminuer la force du vent, et provoquer le dépôt du sable transporté par le vent. Lorsque ces dispositifs sont placés à la base d'un cordon dunaire, ils peuvent efficacement créer un bourrelet d'accumulation sableuse servant à protéger la dune de l'érosion marine lors de tempêtes. Cependant, leur efficacité est conditionnée à la présence d'une plage sèche permettant la prise en charge du sable par le vent. Dans le cas d'une mise en place en pied de falaise dunaire, avec une structure régulièrement atteinte par l'eau à marée haute, ce système s'avèrera inefficace, et les structures pourront être détruites par les vagues.

Des expérimentations ont été menées au niveau de la dune d'Aval à Wissant par l'Université du littoral. Des structures brise-vent ont été positionnées en pied de falaise dunaire au début des années 2000, c'est-à-dire dans une situation à l'érosion moins accentuée qu'actuellement. Il en ressort que l'accumulation de sable qui a été permise par les structures brise-vent a été totalement balayée en une marée (**Figure 26**).

De fait, la mise en place de ce type de structure doit être accompagnée d'un reprofilage dunaire, et d'un réensablement minimal afin de pouvoir être efficace. Cela doit faire partie d'un programme de ré-aménagement plus global, intégrant également par exemple la végétalisation du cordon dunaire, la canalisation des piétons pour permettre à la dune de se restaurer, des apports de sable externes pour re-créeer une plage sèche, le nettoyage de plage (**Figure 27**).

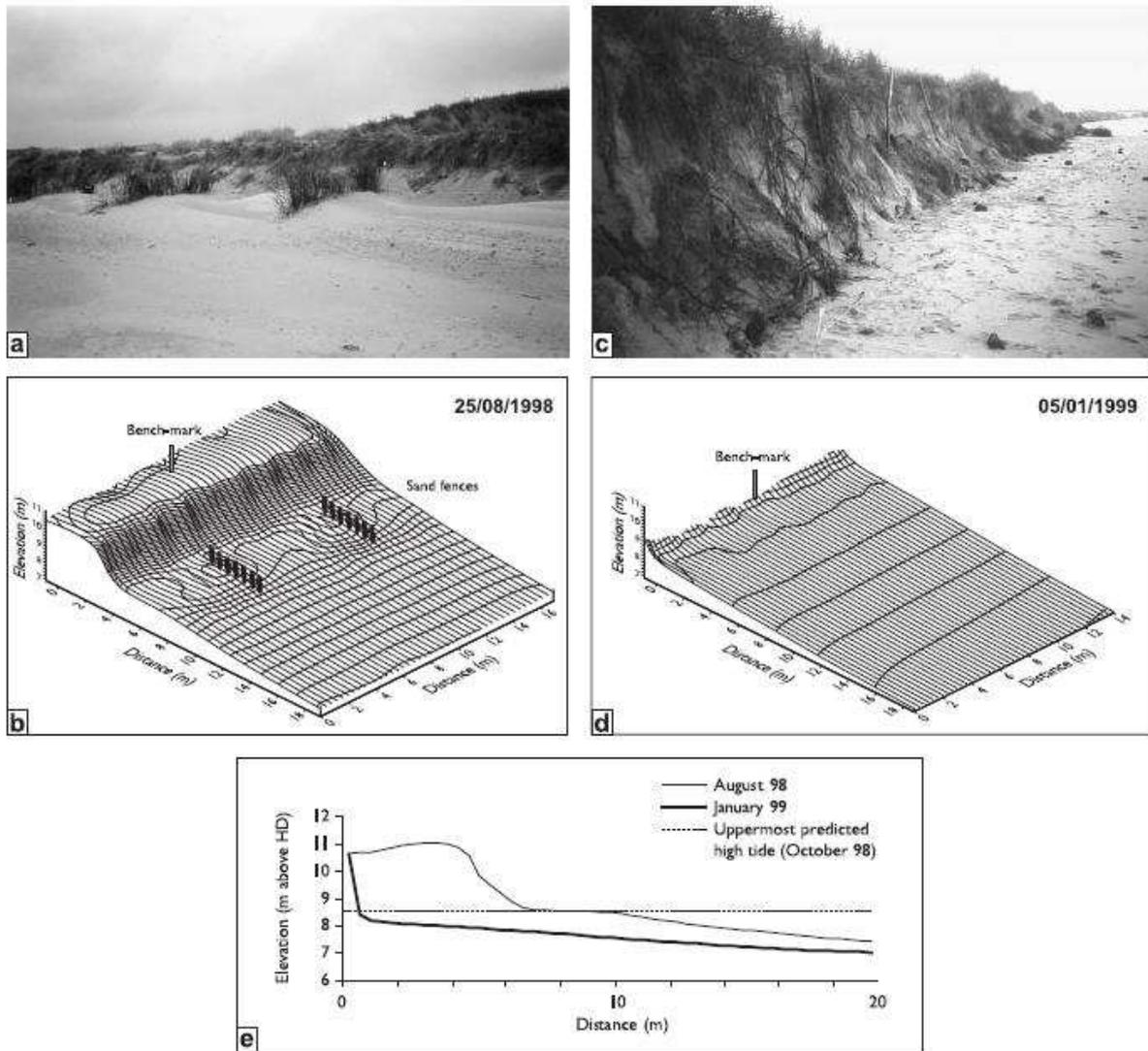


Figure 26 : Expérimentation de brise-vent en pied de dune d'Aval  
(Source : Ruz & Meur-Férec, 2004<sup>1</sup>)



Figure 27 : Exemple de re-création d'un cordon dunaire à l'aide de ganivelles

<sup>1</sup> Ruz, M-H. & Meur-Férec, C. 2004. Influence of high water levels on aeolian sand transport : upper-beach/dune evolution on a macrotidal coast, Wissant Bay, northern France. *Geomorphology*, 60, p. 73-87.

## 2.3. Synthèse

La synthèse de l'ensemble des techniques présentées ci-dessus est réalisée dans la **Planche 3**. En fonction des éléments décrits, seules certaines solutions peuvent être retenues compte tenu de la durée du projet (protection court terme), et donc du budget alloué, mais aussi en fonction de certaines spécifications techniques.

Ainsi sont enlevées par élimination les techniques suivantes :

- Protection longitudinale par perré : solution irréversible non compatible avec un rechargement en sable ultérieur à l'échelle de la baie de Wissant ;
- Epis : zone actuellement en érosion avec peu de sédiments apportés par la dérive littorale ;
- Brise-lames : effets attendus sur le long terme uniquement, non compatible avec la protection immédiate du trait de côte ;
- Drainage de plage : installation coûteuse, non efficace de suite, et pas forcément compatible avec la configuration du site (bancs de tourbe) ;
- By-passing : absence de source de sable excédentaire à proximité ;
- Recul stratégique : non compatible avec le calendrier du projet.

De ce fait, trois solutions principales peuvent être retenues :

- Scénario 1 : Rechargement en sable ;
- Scénario 2 : Enrochements longitudinaux ;
- Scénario 3 : Boudins géotextiles longitudinaux.

Notons que par souci d'aspect paysager (site du conservatoire du littoral et site classé), les scénarii 2 et 3 seront envisagés avec la création d'un cordon dunaire artificiel au-dessus de l'ouvrage. Certains éléments inhérents à l'ouvrage seul (coût par exemple) seront néanmoins détaillés.

Les autres solutions de gestion douces (pieux hydrauliques, et modes de gestion – reprofilage dunaire, mise en place de brise-vent, nettoyage de plage) sont considérées comme des mesures à mettre en place en plus du scénario principal qui sera retenu. Ces aspects seront donc étudiés pour chaque scénario.

### 3. Etude de scénarii pour la protection de la dune d'Aval à Wissant

#### 3.1. Description technique des solutions

##### 3.1.1. Scénario 1 : Rechargement de plage

###### 3.1.1.1. Présentation

Le premier scénario étudié consiste en un rechargement de plage avec reprofilage dunaire (**Figure 28**). Dans ce scénario, la crête de dune est replacée à une altitude d'origine, établie entre 15 et 23 m CM. Une dune en pente douce est recrée, plantée d'oyats, jusqu'à une berme de 30 m de large située à une altitude de 8.55 m CM, soit la hauteur des Plus Hautes Mers Astronomiques (PHMA – Source SHOM), permettant de disposer d'une plage sèche quelles que soient les conditions de marée, et permettant des échanges sableux entre la plage et la dune grâce au vent.

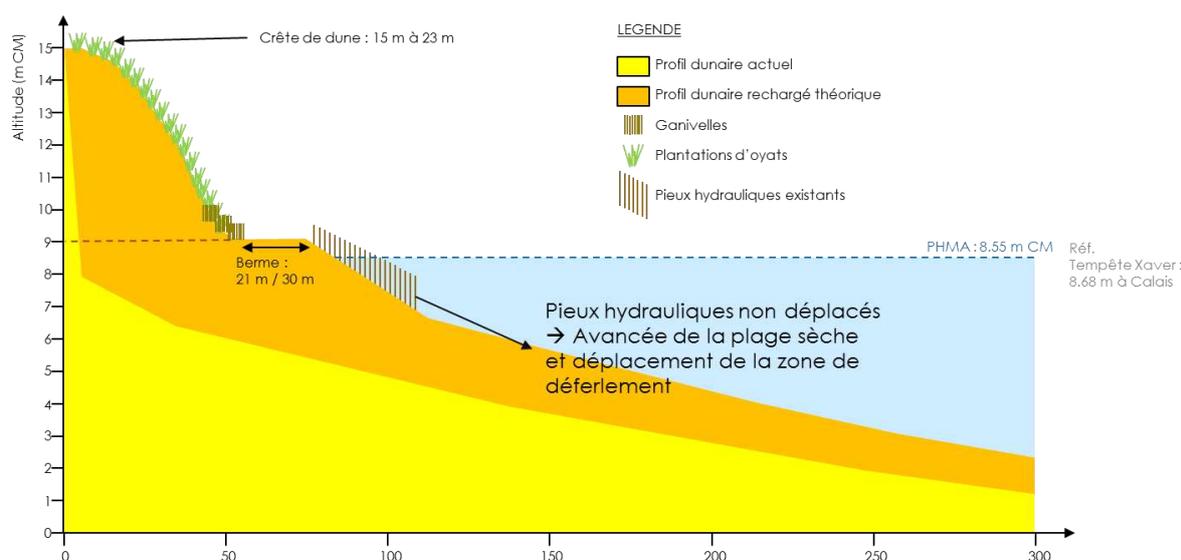


Figure 28 : Coupe type du scénario 1

Une représentation photographique de ce scénario est présentée en **Figure 29**. On observe que 3 rangées de casiers de gannivelles sont placées en pied de dune, hors d'atteinte des plus hautes mers, afin de favoriser le dépôt des sables éoliens en pied de dune, et créer un bourrelet de sable protecteur en cas de tempête.

La pente de plage sur l'estran est calculée selon la formule de Dean, et l'estimation des volumes de sable nécessaires à ce projet sont présentés dans le paragraphe suivant.



Figure 29 : Montage photographique 3D du scénario 1

### 3.1.1.2. Estimation des volumes de sable

Différentes hypothèses ont été posées pour estimer le volume de sable.

La méthode utilisée est la suivante : le volume de sable a été calculé sur un profil représentatif, en effectuant un calcul volumétrique différentiel entre le profil érodé actuel, et un profil objectif de rechargement à atteindre. Ce volume obtenu pour 1 mètre linéaire (1 ml) de plage a été multiplié ensuite par le linéaire de plage sur lequel le rechargement est envisagé.

Le profil représentatif choisi est le profil P510 de la DDTM, car il se situe au centre de la zone d'étude.

Les estimations sont basées sur un linéaire de plage de 350 m, comme convenu avec le Maître d'Ouvrage (**Planche 4**). Cette distance est déterminée afin de pouvoir recréer un trait de côte le plus linéaire possible, et ainsi s'affranchir des effets de bord liés à la présence de l'enrochement au Nord, tout en rejoignant le trait de côte de manière progressive au Sud (partie bleue en **Figure 30** et **Planche 4**)



Figure 30 : Rappel de la localisation du profil P510

En vue de pouvoir comparer un profil actuel et un profil théorique de rechargement, il est nécessaire de modéliser la pente de plage dans sa situation actuelle, en la lissant, en vue de déterminer un profil de plage théorique qui sera notre objectif.

Pour cela, la méthode de Dean est utilisée, et les profils théoriques actuel et de rechargement sont identiques à ceux qui ont été utilisés dans l'étude EGIS (2014) pour le profil P510 (Figure 31).

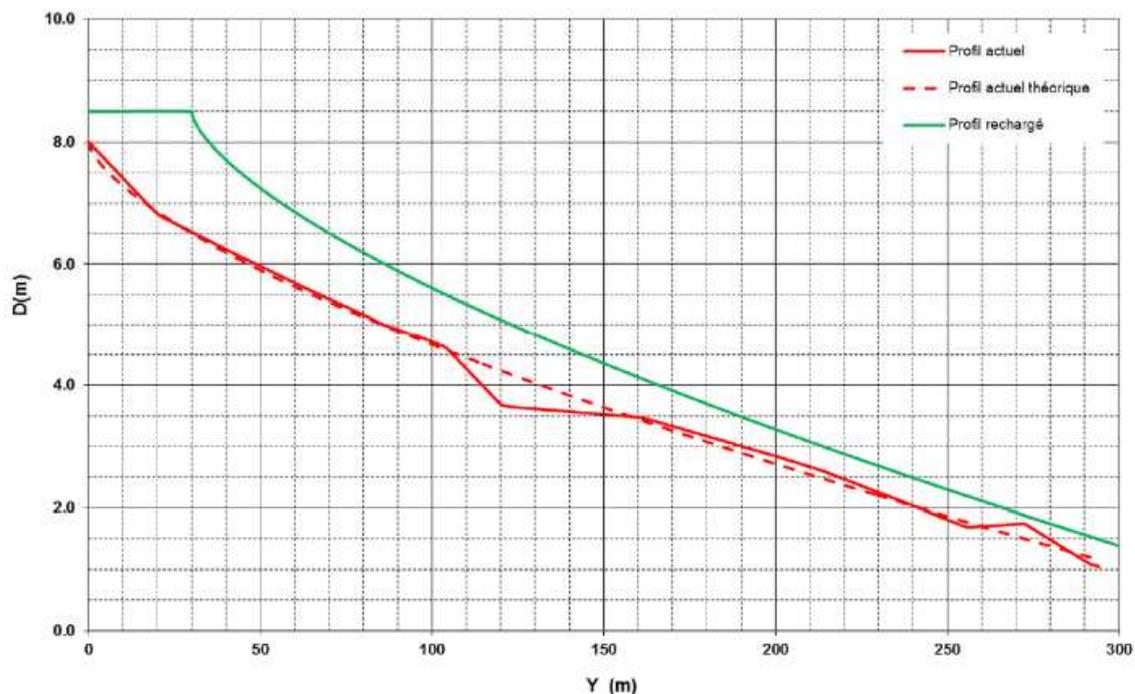


Figure 31 : Profils théoriques actuel et de rechargement au niveau du P510 selon la méthode de Dean

Cependant ce profil de l'étude EGIS (2014) présente une berme de 30 m de large ainsi que l'estran, mais ne fait pas mention de la dune située en haut de profil. Dans le but d'estimer également le volume de sable nécessaire à la reconstitution du cordon dunaire, nous avons ajouté une pente dunaire de manière empirique en haut de profil. La hauteur initiale de la dune bordière dans le secteur de la dune d'Aval est située entre 15 et 23 m CM. De ce fait, les calculs volumétriques ont été effectués pour différentes altitudes de crête de dune (exprimées en CM) :

- 23 m
- 18 m
- 15 m

De même, deux largeurs de bermes différentes ont été utilisées dans les estimations volumétriques, et ce pour chaque hauteur de dune :

- Berme de 30 m de large (correspondant à la largeur utilisée dans l'étude EGIS (2014) pour le réensablement global de la baie) ;
- Berme de 21 m de large (correspondant à la largeur de plage sèche minimale nécessaire à l'échelle de la baie de Wissant pour créer une dynamique plage/dune selon une étude scientifique ULCO à paraître) ;

Enfin, les volumes ont été calculés pour une longueur d'estran de 300 m (la longueur d'estran correspond à la distance entre la dune et le bas de la plage), et sur plusieurs portions du profil différentes, en vue d'avoir une idée des volumes que représentent tour à tour l'estran ou la dune. Ainsi, sont présentés les volumes associés :

- A la berme (21 m ou 30 m) et à l'estran en **Planche 5** : pour une berme de 30 m de large à 8.55 m CM d'altitude, et en considérant les profils théoriques pris en compte pour le profil P510, le volume nécessaire au rechargement est de 265 m<sup>3</sup>/ml de plage. Si l'on extrapole ce chiffre pour 350 ml de plage, l'on obtient un volume total de 92750 m<sup>3</sup>. Le même calcul pour le scénario avec une berme de 21 m de large aboutit à un volume de 71050 m<sup>3</sup>. Ces volumes ne tiennent donc pas compte du volume de sable nécessaire à la reconstitution du cordon dunaire ;
- Aux profils de plage complets, c'est-à-dire la dune, la berme et l'estran (pour des bermes de 21 m et 30 m, et des crêtes de dune à 15, 18 et 23 m CM) en **Planche 6**. Ainsi, les volumes nécessaires pour un rechargement complet comprenant reconstitution du cordon dunaire, création d'une berme et refoulement sur l'estran sont compris entre 740 m<sup>3</sup>/ml pour le scénario minimal avec une berme de 21 m et une crête de dune à 15 m CM, et 1041 m<sup>3</sup>/ml pour le scénario maximal avec une berme de

30 m et une crête de dune à 23 m CM. En extrapolant ces volumes sur un linéaire de plage de 350 m, l'on obtient une valeur minimale de 259000 m<sup>3</sup>, et une valeur maximale de 364350 m<sup>3</sup>.

- Au haut de profil, c'est-à-dire la dune et la berme (pour des bermes de 21 m et 30 m, et des crêtes de dune à 12.5, 15, 18 et 23 m CM) en **Planche 7**. Le volume à la crête de dune 12.5 m CM a été ajouté ici, en vue de disposer de davantage de configurations pour le calcul des volumes. Les volumes calculés sont ici compris entre 261 m<sup>3</sup>/ml pour une crête de dune à 12.5 m CM associée à une berme de 21 m, et 622 m<sup>3</sup>/ml pour le scénario avec une berme de 30 m associée à une crête de dune à 23 m CM. Soit, des volumes compris entre 91350 m<sup>3</sup> et 217700 m<sup>3</sup> pour 350 ml de plage, dédiés uniquement à la création d'une berme et à la reconstitution du cordon dunaire, selon les scénarii décrits ici.

La synthèse des estimations volumétriques présentées dans les Planches 7 à 9 ci-dessus est présentée dans le **Tableau 3**.

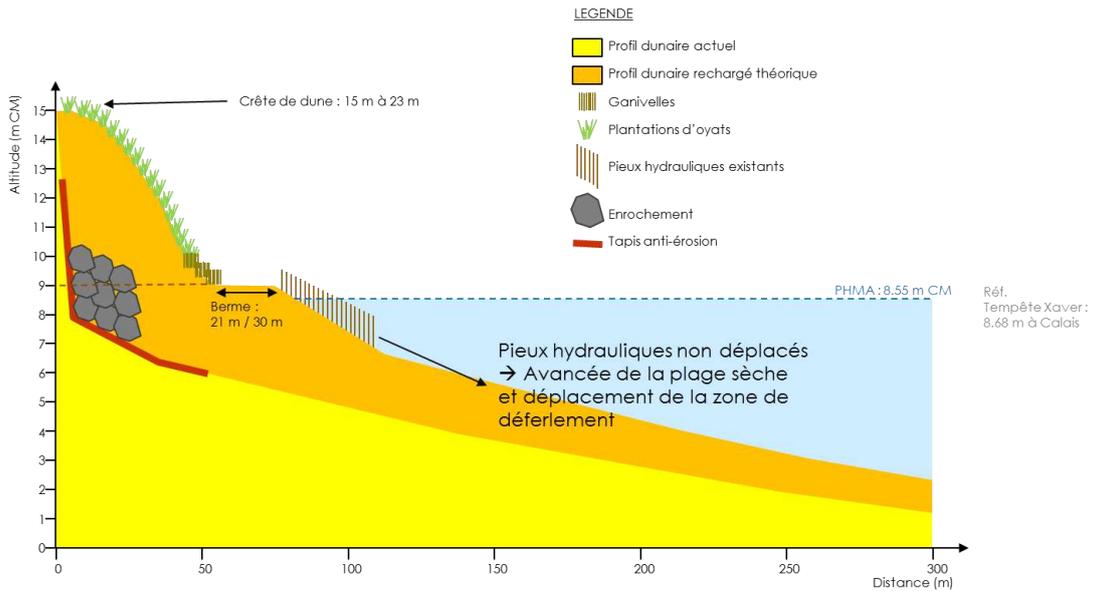
**Tableau 3 : Estimations volumétriques pour le réensablement de la dune d'Aval pour une longueur de plage de 300 m au total et une berme à 8.55 m CM**

Largeur de berme (m)	Alt. Crête de dune (m CM)	Berme + estran		Dune + berme		Dune + berme + estran	
		1 ml	350 ml	1 ml	350 ml	1 ml	350 ml
21 m	12.5	203	71,050	261	91,350	-	-
	15			346	121,800	740	259,000
	18			414	148,400	817	285,950
	23			593	207,550	984	344,400
30 m	12.5	265	92,750	290	101,500	-	-
	15			377	131,950	797	278,950
	18			453	158,550	874	305,900
	23			622	217,700	1,041	364,350

Enfin, dans l'optique de s'affranchir au maximum des effets de bord, la forme du rechargement doit s'adapter le plus possible à la configuration initiale du site. Il est proposé de réaliser un rechargement qui s'étendrait en partie devant l'enrochement existant au Nord, et qui se terminerait « en pointe » au Sud, le tout selon une pente progressive du haut de plage jusqu'au bas de plage, pour faciliter la dissipation des vagues (ce qui ne sera pas le cas avec un rechargement massif sans transition en pente douce entre le sable artificiellement déposé et la topographie naturelle). Un schéma de principe avec une vue en plan est proposé sur la **Planche 4 bis**.

### 3.1.2. Scénario 2 : Enrochements associés à un rechargement de plage

Ce scénario est identique dans les grandes lignes au scénario 1, cependant des enrochements sont placés sous le cordon dunaire, afin de créer un point dur permettant d'éviter le recul du trait de côte en cas de départ du sable (**Figure 32**). Le vue en plan reste celle de la **Planche 4 bis**.



**Figure 32 : Coupe type du scénario 2**

Le montage photographique 3D de ce scénario est présenté en **Figure 33**.



**Figure 33 : Montage photographique 3D du scénario 2**

La nécessité de recouvrir l'enrochement à l'aide de sable et de recharger l'estran est expliquée par différentes raisons :

- Eviter les effets de bords liés à la présence d'un nouvel enrochement, et les phénomènes d'érosion qui les accompagnent ;
- Recréer les échanges plage/dune, impossibles aujourd'hui en l'état actuel du site, afin de favoriser l'engraissement « naturel » du cordon dunaire ;
- Eviter la déstabilisation rapide de l'enrochement sous les assauts des vagues (selon la configuration actuelle du site, les enrochements sont atteints pas les vagues à chaque marée).

Les volumes nécessaires au rechargement sont similaires à ceux présentés pour le scénario 1. En effet, seul l'espace occupé par l'enrochement ne sera pas comblé par le sable, soit si l'on considère en enrochement de 2 m de hauteur et 10 m de largeur, pour un linéaire de 350 m, un volume d'environ 7000 m<sup>3</sup>.

### 3.1.3. Scénario 3 : Boudin géotextile associé à un rechargement de plage

Ce scénario est identique dans les grandes lignes au scénario 2, cependant un boudin géotextile rempli de sable remplace les enrochements du scénario 2, afin de créer un point dur permettant d'éviter le recul du trait de côte en cas de départ du sable (**Figure 34**). Le montage photographique est présenté en **Figure 35**. Ici encore, la vue en plan reste similaire à celle de la **Planche 4 bis**.

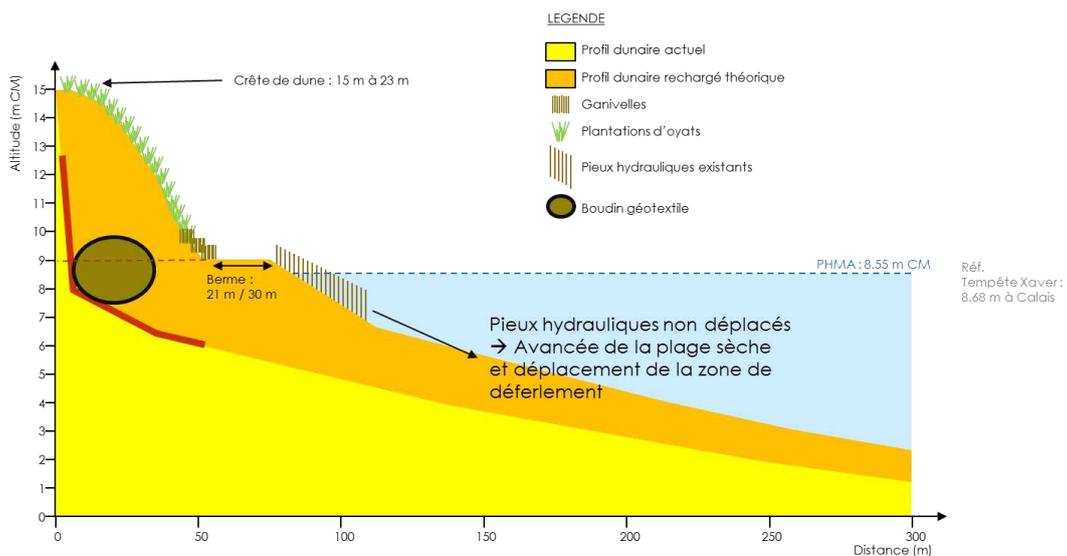


Figure 34 : Coupe type du scénario 3



Figure 35 : Montage photographique 3D du scénario 3

### 3.2. Impacts potentiels des solutions présentées

Les impacts potentiels des 3 solutions présentées ci-dessus sont estimés et résumés dans le **Tableau 4**. Ce tableau récapitulatif détaille aussi bien les impacts positifs que négatifs.

**Tableau 4 : Synthèse des impacts potentiels liés aux scénarii 1, 2 et 3**

	Positif	Négatif
Faune / Flore / Habitats	Encouragement de la biodiversité par reconstitution du cordon bordier et plantations d'oyats	Hausse de la turbidité pendant les travaux
		Ecrasement et asphyxie temporaire des micro-organismes marins du haut de plage
		Bruit des travaux (oiseaux et mammifères marins)
		Travaux hors printemps et été (périodes de nidification et reproduction)
Environnement humain	Attrait touristique en raison d'une plage sèche plus large	Bruit pendant les travaux vis-à-vis des riverains
	Amélioration du paysage par la création d'un cordon dunaire	Hausse de la turbidité pendant les travaux et baisse de la qualité des eaux de baignade
Fonctionnement sédimentaire	Linéarisation du littoral et limitation des effets de bord	-
	Encouragement de la dynamique éolienne	
	Méthode souple respectueuse du fonctionnement naturel, et injection de sable dans le bilan sédimentaire	

A titre d'information, les impacts des ouvrages placés sous le cordon dunaire dans les scénarii 2 et 3 (enrochements – 2 bis – et boudin géotextile – 3 bis –) sont présentés dans le **Tableau 5**.

**Tableau 5 : Synthèse des impacts potentiels liés aux scénarii 2bis et 3bis**

	Positif	Négatif
Faune / Flore / Habitats	-	Ecrasement et asphyxie des micro-organismes du haut de plage plus prononcés Bruit des travaux (oiseaux et mammifères marins)
Environnement humain	-	Bruit pendant les travaux vis-à-vis des riverains Baisse de l'attrait touristique Déterioration du paysage
Fonctionnement sédimentaire	Fixation du trait de côte	Méthode dure : renforcement des effets de bord et risque d'érosion aggravée de part et d'autre

### 3.3. Estimations financières

#### 3.3.1. Sources et méthodes

Les estimations financières qui seront réalisées par la suite sont basées sur les retours d'expérience d'opérations similaires sur lesquelles a travaillé IDRA Environnement (principalement concernant les opérations de dragage), mais également sur une recherche bibliographique, dont les sources sont détaillées ci-dessous :

- Source générale :
  - **BRGM, 2014.** *Inventaire et analyse des solutions douces de gestion de l'érosion côtière et applicabilité au littoral Corse.* BRGM/RP-63034-FR, 56 p.
- Sources sur les dragages :
  - Retours d'expérience IDRA Environnement sur des projets similaires ;
  - **EGIS, 2014.** *Etude de faisabilité pour le réensablement de la partie centrale de la baie de Wissant.* EP132771M.
  - Contacts auprès de professionnels (pour le prix de mobilisation du matériel de dragage) ;
- Enrochements et boudins géotextiles :
  - Consultation de professionnels spécialisés concernant les enrochements ;
  - Boudins géotextiles : Etude de faisabilité de la société Espace Pu – Stabiplage pour l'installation de ce type d'ouvrage au niveau de la commune de Wissant ;
- Gestion dunaire (végétalisation, reprofilage, ganivelles) :
  - Etude récente IDRA réalisée pour le GPMD et l'installation de brise-vent le long de la digue des Alliés ;
  - **EID Méditerranée, 2013.** *Les méthodes souples d'adaptation et coûts associés.* Présentation du 06/09/2013.

Ainsi, les estimations financières qui découlent de ces recherches, sont les suivantes :

- Approvisionnement en sable (dragage hydraulique et transport par voie maritime) :
  - Coût d'amenée / repli du matériel : 50 000 à 100 000 € selon la technique ;
  - Coût du dragage / refoulement : 10 à 20€/m<sup>3</sup>

Les prix évoqués pour le dragage en particulier peuvent varier, car ils sont soumis à une grande incertitude à ce stage de l'étude : le prix dépend du volume, de la technique de dragage employée, de la technique de refoulement employée, de l'éloignement de la source de sable (donc de la distance de transport) et du mode de transport utilisé.

- Reprofilage de plage mécanique : 5 à 10 €/m<sup>2</sup> selon la surface concernée ;
- Pose d'enrochements : 1000 à 1500 €/ml ;
- Pose de boudins géotextiles : 1000 à 1500 €/ml (hors approvisionnement en sable pour remplir les boudins) ;
- Végétalisation (plantations d'oyats) :
  - Avec prélèvements et semis in situ : 5 €/m<sup>2</sup> ;
  - Avec plants de pépinières : 15 €/m<sup>2</sup> ;
- Pose de ganivelles : 15 à 20 €/m<sup>2</sup> (selon disposition en ouvrages simples ou ouvrages plus techniques) ;
- Création de cordon dunaire : 400 à 600 €/ml (comprend reprofilage, plantations et pose de ganivelles).
- 

### 3.3.2. Analyse par scénario

#### 3.3.2.1. Scénarii de base

L'estimation financière de l'aménagement des 3 scénarii détaillés dans ce rapport est présentée dans le **Tableau 6**. Ainsi, selon la solution envisagée, le coût des travaux pourrait s'échelonner entre 1.2 M€ et 3.2 M€.

Les trois scénarii présentés ici ne comportent pas de coût lié à la pose ou au réagencement de pieux hydrauliques, en raison du fait qu'avec le réensablement envisagé et la présence de la berme, les pieux existants seront positionnés plus près de la plage sèche, correspondant à une situation qui pourrait favoriser leur efficacité. Dans le cas où des ouvrages de type enrochement ou boudin géotextile seraient posés, sans apport de sable supplémentaire pour rechargement de plage, les pieux existants devraient être ré-agencés, et en particulier rapprochés de la dune, afin d'être positionnés dans la zone de déferlement et plus efficaces.

**Tableau 6 : Estimations financières globales des 3 scénarii de base**

Technique			Scénario 1			Scénario 2			Scénario 3			
Désignation	Coût estimatif à l'unité (€)		Unité utilisée	Rechargement (basé sur 100 000 m3)		Rechargement + Enrochement		Rechargement + Boudin géotextile				
	Min	Max		Quantité nécessaire	Min	Max	Quantité nécessaire	Min	Max	Quantité nécessaire	Min	Max
Dragage/rejet	10	20	m3	100,000	1,050,000	2,100,000	96,850	1,018,500	2,037,000	95,000	1,000,000	2,000,000
Reprofilage plage/dune	2	5	m²	28,000	56,000	140,000	28,000	56,000	140,000	28,000	56,000	140,000
Enrochement	1,000	1,500	ml				350	350,000	525,000			
Boudins géotextiles	1,000	1,500	ml							350	400,000	675,000
Pieux hydrauliques	190000		Forfait									
Végétalisation (oyats)	5	15	m²	17,500	87,500	262,500	17,500	87,500	262,500	17,500	87,500	262,500
Ganivelles	15	20	m²	3,150	47,250	63,000	3,150	47,250	63,000	3,150	47,250	63,000
				1,240,750	2,565,500		1,559,250	3,027,500		1,590,750	3,140,500	

**3.3.2.2. Scénarii complémentaires sans rechargement**

A titre d'information, l'estimation financière pour l'aménagement des solutions 2 bis et 3 bis (ouvrages « sans sable ») est présentée dans le **Tableau 7**.

**Tableau 7 : Estimations financières globales des 2 scénarii complémentaires**

Technique			Scénario 2 bis			Scénario 3 bis			
Désignation	Coût estimatif à l'unité (€)		Unité utilisée	Quantité nécessaire	Enrochement		Quantité nécessaire	Boudin géotextile	
	Min	Max			Min	Max		Min	Max
Dragage/rejet	10	20	m3						
Reprofilage plage/dune	2	5	m²	28,000	56,000	140,000	28,000	56,000	140,000
Enrochement	1,000	1,500	ml	350	350,000	525,000			
Boudins géotextiles	1,000	1,500	ml				350	450,000	775,000
Pieux hydrauliques	190000		Forfait	1	190,000	190,000	1	190,000	190,000
Végétalisation (oyats)	5	15	m²						
Ganivelles	15	20	m²						
				596,000	855,000		696,000	1,105,000	

### 3.4. Cadre réglementaire

Les principales procédures réglementaires qui peuvent avoir un impact sur les délais de mise en œuvre de la solution retenue sont liées :

- Au code de l'environnement, et particulièrement les articles L.214-1 et suivants (Loi sur l'eau) et R.122-2 (Etude d'Impact Environnementale) ;
- A la gestion domaniale, en raison d'une intervention sur le domaine public maritime.

#### 3.4.1. Articles L.214-1 et suivants du Code de l'Environnement

La rubrique qui s'applique est le Titre IV – Impacts sur le milieu marin. Le régime sera soit la Déclaration soit l'Autorisation, selon les critères énumérés ci-dessous :

##### **Rubrique 4.1.2.0**

Travaux d'aménagement portuaires et autres ouvrages réalisés en contact avec le milieu marin et ayant une incidence directe sur ce milieu

1°) *Montant > 1.9 M € : AUTORISATION*

2°) *160 000 € < Montant < 1.9 M € : DECLARATION*

##### **Rubrique 4.1.3.0**

Dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin<sup>2</sup> :

1°) *Sédiments de qualité inférieure aux seuils N2 : AUTORISATION*

2°) *Sédiments de qualité comprise entre les seuils N1 et N2 :*

a) *Rejet à plus d'1 km d'une zone de conchyliculture :*

→ *Volume > 50 000 m<sup>3</sup> : AUTORISATION*

→ *Volume < 50 000 m<sup>3</sup> : DECLARATION*

b) *Rejet à moins d'1 km d'une zone de conchyliculture :*

→ *Volume > 5 000 m<sup>3</sup> : AUTORISATION*

→ *Volume < 5 000 m<sup>3</sup> : DECLARATION*

---

<sup>2</sup> Les seuils N1 et N2 auxquels fait référence cette rubrique sont établis par l'Arrêté du 9 août 2006, modifié par les Arrêtés du 23 décembre 2009, 8 février 2013 et 17 juillet 2014.

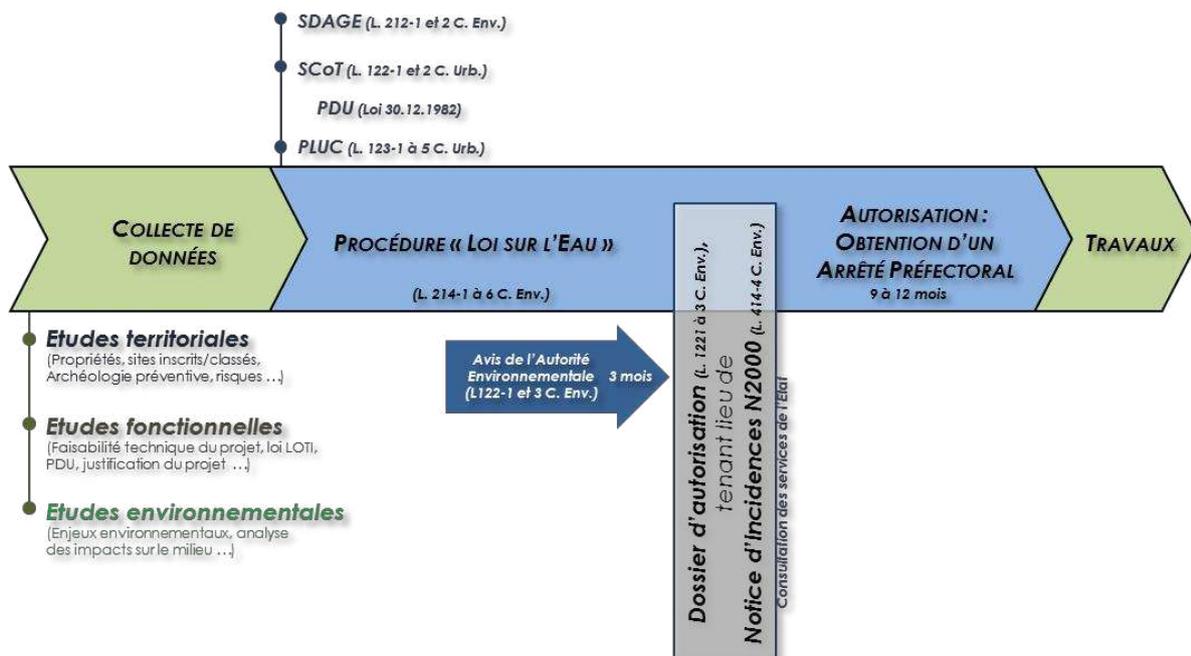
3°) Sédiments de qualité supérieure à N1 :

- a) Volume supérieur à 500 000 m<sup>3</sup> : **AUTORISATION**
- b) Volume > 5 000 m<sup>3</sup> ou situé à moins d'1km d'une zone de conchyliculture, mais inférieur à 500 000 m<sup>3</sup> : **DECLARATION**

Etant donné la caractéristique du projet pour la rubrique 4.1.3.0, à savoir un rechargement de plage, ce sont des sédiments de type sableux qui seraient refoulés sur la plage et l'estran. Les matériaux de granulométrie sableuse sont de manière générale de bonne qualité physico-chimique (ce sont les éléments plus fins de type vase qui fixent les polluants), nous faisons donc l'hypothèse pour l'analyse réglementaire dans la suite du dossier, que les sables qui seront employés sont de qualité supérieure à N1.

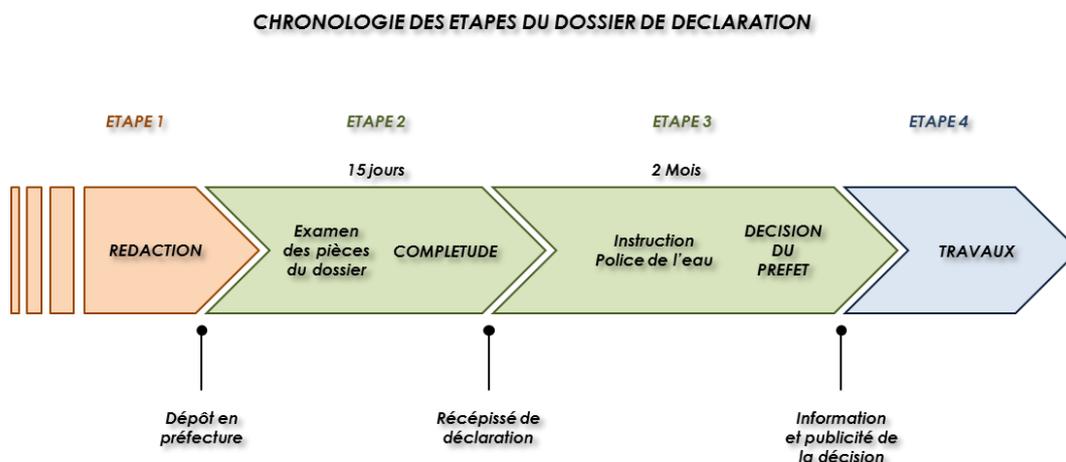
Selon le régime de Déclaration ou d'Autorisation, les délais d'instruction jusqu'à l'obtention de l'Arrêté Préfectoral d'autorisation d'effectuer les travaux varient beaucoup : l'instruction d'un dossier de Déclaration est estimée, selon les retours d'expérience passés, à environ 2 mois, tandis que celle d'un dossier d'Autorisation peut excéder 12 mois, le plus souvent elle dure 12 à 18 mois (sous réserve d'un dossier complet et régulier), les services instructeurs – DDTM, DREAL – pouvant demander de produire des compléments dans le cas contraire, et allonger les durées de procédures.

Un schéma simplifié de l'organisation des considérations réglementaires et des délais associés à un régime d'Autorisation est présenté en **Figure 36**.



**Figure 36 : Organisation des considérations réglementaires autour d'un dossier d'Autorisation au titre des articles L.214-1 et suivants du Code de l'Environnement**

La chronologie associée à un régime de Déclaration est plus simple, et résumée dans la **Figure 37**.



**Figure 37 : Chronologie et délais d'instruction d'un dossier de Déclaration au titre des articles L.214-1 et suivants du Code de l'Environnement**

### 3.4.2. Article R.122-2 du Code de l'Environnement

La nécessité ou non de produire une étude d'impact pour les travaux envisagés est déterminée par les critères définis à l'article R.122-2 du Code de l'Environnement, et sont les suivants :

#### Milieux aquatiques, littoraux et maritimes

10°) Travaux, ouvrages et aménagements sur le DPM :

e) Construction ou extension d'ouvrages et aménagements côtiers destinés à combattre l'érosion (...), et travaux maritimes susceptibles de modifier la côte par la construction, notamment (...) d'ouvrages de défense contre la mer, d'une emprise totale :

- ➔ Egale ou supérieure à 2000 m<sup>2</sup> : Soumis à Etude d'Impact
- ➔ Inférieure à 2000 m<sup>2</sup> : Procédure au « cas par cas »

h) Travaux de rechargement de plage :

- ➔ D'un volume supérieur ou égal à 10000 m<sup>3</sup> : soumis à Etude d'Impact
- ➔ D'un volume inférieur à 10000 m<sup>3</sup> : Procédure au « cas par cas »

11°) Extraction de minéraux ou sédiments par dragage marin :

a) Dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin soumis à Autorisation (L.214-1) :

→ *Soumis à Etude d'Impact*

Dans le cas où le projet est soumis à étude d'impact, il est nécessaire d'organiser une enquête publique, dont les délais estimés sont les suivants :

- Désignation du commissaire enquêteur (15 jours) ;
- Publicité de l'enquête publique (15 jours) ;
- Durée de l'enquête publique : 30 jours minimum (le commissaire enquêteur peut prolonger de 30 jours, soit 60 jours au total au maximum) ;
- Production du rapport par le commissaire enquêteur : 15 jours

Soit un délai total de 2.5 à 3.5 mois pour l'enquête publique. A l'issue de cette dernière, le dossier est envoyé au CODERST (Conseil Départemental de l'Environnement et des Risques Sanitaires et Technologiques) pour avis (15 jours de délai).

### 3.4.3. Gestion domaniale

Selon l'importance et la nature des travaux à réaliser, deux types de procédures peuvent être requises par les services de l'Etat pour obtenir l'autorisation d'effectuer les travaux sur le domaine public maritime :

- La procédure AOT (Autorisation d'Occupation Temporaire) : procédure légère, dont l'instruction est estimée à environ 2 mois ;
- La concession d'utilisation du DPM, procédure plus lourde, dont la durée d'instruction est estimée à une durée au moins égale à celle d'un dossier d'Autorisation Loi sur l'Eau, soit 12 à 18 mois.

### 3.4.4. Autres textes réglementaires applicables

La solution de protection du cordon dunaire de la dune d'aval, en plus des procédures évoquées ci-dessus, devra faire l'objet d'une analyse de sa compatibilité/conformité avec les plans et programmes applicables au niveau communal, local et régional. Cette étude devra être effectuée dans le cadre de la rédaction du dossier Loi sur l'Eau.

Les principaux plans et programmes à viser sont les suivants :

- Plan Local d'Urbanisme, et éventuellement le Plan de Prévention des Risques Inondation qui y est rattaché ;
- Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) de la Terre des 2 Caps ;
- Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Artois Picardie ;
- Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) du Boulonnais ;

### 3.4.5. Estimation des procédures par scénario

#### 3.4.5.1. Scénarii de base

- **Scénario 1**

L'incertitude sur le volume de sable et la source ne permettent pas de trancher sur le seuil concernant le montant des travaux (rubrique 4.1.2.0 - **Tableau 8**). Nous considérons, étant donné la rareté des sources de sable, que le régime d'Autorisation sera applicable.

**Tableau 8 : Synthèse des principales procédures associées au scénario 1**

			<u>Coût du projet</u>	<u>Procédure</u>	<u>Enquête publique</u>
L.214-1 du Code de l'Environnement	Titre IV : Impacts sur le milieu marin	Rubrique 4.1.2.0 : Coût des travaux	< 160 000 €	-	-
			< 1 900 000 €	Déclaration	-
			> 1 900 000 €	<b>Autorisation</b>	<b>Oui</b>
		Rubrique 4.1.3.0 : Dragage/Rejet	<u>Qualité des sables</u>	<u>Autre critère</u>	<u>Procédure</u>
			> N2	-	Autorisation
			N1 < x < N2	> 50 000 m3	Autorisation
< N1	> 5000 m3 ou < 1km zone conchylicole	Déclaration			
R 122.2 du Code de l'Environnement : Etude d'impact	10° : Travaux, ouvrages et	h) Rechargement de plage	≥ 10 000 m3	<b>Etude d'impact</b>	-
			< 10 000 m3	Cas par cas	-
	21° : Extraction de sédiments par dragage marin	a) Dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin soumis à autorisation	-	Etude d'impact	-
Procédure domaniale associée			<b>AOT</b>		

Dans tous les cas, le volume de sable apporté sera supérieur à 10000 m<sup>3</sup>, de ce fait une étude d'impact est à produire.

Enfin, étant donné qu'aucun ouvrage rigide ne sera construit, une procédure domaniale d'AOT est envisageable.

De ce fait, le délai le plus long est associé au dossier d'Autorisation, avec une durée d'instruction entre 12 et 18 mois.

- **Scénario 2**

L'analyse est ici la même au départ que pour le scénario 1, étant donné les volumes de sable similaires : dossier d'Autorisation en raison du montant élevé des travaux, supérieur à celui du scénario 1 cependant étant donné la pose d'enrochements en supplément. L'étude d'impact sera à produire en raison du volume de sable (> 10000 m<sup>3</sup>) (**Tableau 9**).

**Tableau 9 : Synthèse des principales procédures associées au scénario 2**

			Coût du projet	Procédure	Enquête publique
L.214-1 du Code de l'Environnement	Titre IV : Impacts sur le milieu marin	Rubrique 4.1.2.0 : Coût des travaux	< 160 000 €	-	-
			< 1 900 000 €	Déclaration	-
			<b>&gt; 1 900 000 €</b>	<b>Autorisation</b>	<b>Oui</b>
		Rubrique 4.1.3.0 : Dragage/Rejet	Qualité des sables	Autre critère	Procédure
			> N2	-	Autorisation
			N1 < x < N2	> 50 000 m3	Autorisation
		<b>&lt; N1</b>	<b>&gt; 5000 m3 ou &lt; 1km zone conchylicole</b>	<b>Déclaration</b>	
R 122.2 du Code de l'Environnement : Etude d'impact	10° : Travaux, ouvrages et aménagements sur le DPM	e) Construction d'ouvrages de défense contre la mer, d'une emprise totale :	≥ 2 000 m²	Etude d'impact	-
			<b>&lt; 2 000 m²</b>	<b>Cas par cas</b>	<b>-</b>
		h) Rechargement de plage	<b>≥ 10 000 m3</b>	<b>Etude d'impact</b>	<b>-</b>
			< 10 000 m3	Cas par cas	-
	21° : Extraction de sédiments par dragage marin	a) Dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin soumis à autorisation	-	Etude d'impact	-
<b>Procédure domaniale associée</b>			<b>Concession</b>		

Cependant, en raison de la construction d'un ouvrage en dur visant à fixer le trait de côte (enrochements), même provisoire, un dossier de concession pourrait être imposé.

Les délais d'instruction pour un dossier d'Autorisation et un dossier de concession sont *a priori* similaires, et les deux dossiers peuvent être déposés simultanément. Un délai d'instruction de 12 à 18 mois minimum est à prévoir.

- **Scénario 3**

Le montant des travaux estimatifs ici est supérieur à celui du scénario 2, étant donné le volume de sable à acheminer pour remplir les boudins. Nous considérons donc que le régime d'Autorisation s'appliquera également (**Tableau 10**).

L'étude d'impact s'impose en raison non seulement d'un volume de sable > 10000 m<sup>3</sup>, mais également en raison du fait que les dimensions de l'ouvrage pourraient dépasser les 2000 m<sup>2</sup> au sol.

Enfin, étant donné qu'il s'agit de la construction d'un ouvrage visant à fixer le trait de côte, une procédure domaniale de concession pourrait être imposée.

**Tableau 10 : Synthèse des principales procédures associées au scénario 3**

L.214-1 du Code de l'Environnement	Titre IV : Impacts sur le milieu marin	Rubrique 4.1.2.0 : Coût des travaux	Coût du projet	Procédure	Enquête publique
			< 160 000 €	-	-
			< 1 900 000 €	Déclaration	-
			> 1 900 000 €	Autorisation	Oui
R 122.2 du Code de l'Environnement : Etude d'impact	10° : Travaux, ouvrages et aménagements sur le DPM	Rubrique 4.1.3.0 : Dragage/Rejet	Qualité des sables	Autre critère	Procédure
			> N2	-	Autorisation
		N1 < x < N2	> 50 000 m3	Autorisation	
		< N1	> 5000 m3 ou < 1km zone conchylicole	Déclaration	
		e) Construction d'ouvrages de défense contre la mer, d'une emprise totale :	≥ 2 000 m²	Etude d'impact	
			< 2 000 m²	Cas par cas	
		h) Rechargement de plage	≥ 10 000 m3	Etude d'impact	
			< 10 000 m3	Cas par cas	
	21° : Extraction de sédiments par dragage marin	a) Dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin soumis à autorisation		Etude d'impact	
<b>Procédure domaniale associée</b>			<b>Concession</b>		

De ce fait, les délais à prévoir pour l'instruction sont estimés ici aussi entre 12 et 18 mois.

### 3.4.5.2. Scénarii complémentaires

- **Scénario 2 bis**

Dans le cas de la pose d'un enrochement seul, non accompagné d'un rechargement en sable, la principale tranche de coût des opérations, liée aux dragages et refoulement de sable sur l'estran, est supprimée. De ce fait, le montant des travaux se situe sous le seuil d'Autorisation, et le régime de Déclaration s'applique (**Tableau 11**).

**Tableau 11 : Synthèse des principales procédures associées au scénario 2 bis**

L.214-1 du Code de l'Environnement	Titre IV : Impacts sur le milieu marin	Rubrique 4.1.2.0 : Coût des travaux	Coût du projet	Procédure	Enquête publique
			< 160 000 €	-	-
			< 1 900 000 €	Déclaration	-
			> 1 900 000 €	Autorisation	Oui
R 122.2 du Code de l'Environnement : Etude d'impact	10° : Travaux, ouvrages et aménagements sur le DPM	e) Construction d'ouvrages de défense contre la mer, d'une emprise totale :	≥ 2 000 m²	Etude d'impact	-
			< 2 000 m²	Cas par cas	-
<b>Procédure domaniale associée</b>			<b>Concession</b>		

La superficie au sol de l'ouvrage pourrait être inférieure à 2000 m², de ce fait la production d'une étude d'impact est soumise au « cas par cas ».

Cependant, la construction d'un ouvrage rigide de fixation du trait de côte pourrait nécessiter la production d'un dossier de concession, ce qui ne permettrait pas de raccourcir les délais d'instruction, estimés entre 12 et 18 mois.

- **Scénario 3 bis**

Dans le cas de la pose d'un boudin géotextile sans rechargement de plage, le montant total estimatif des opérations fait glisser la procédure Loi sur l'Eau en régime de Déclaration (**Tableau 12**).

**Tableau 12 : Synthèse des principales procédures associées au scénario 3 bis**

			Coût du projet	Procédure	Enquête publique
			Rubrique 4.1.2.0 : Coût des travaux	< 160 000 €	-
L.214-1 du Code de l'Environnement	Titre IV : Impacts sur le milieu marin	Rubrique 4.1.2.0 : Coût des travaux	< 1 900 000 €	<b>Déclaration</b>	-
			> 1 900 000 €	Autorisation	Oui
			Qualité des sables	Autre critère	Procédure
		Rubrique 4.1.3.0 : Dragage/Rejet	> N2	-	Autorisation
			N1 < x < N2	> 50 000 m3	Autorisation
			< N1	> 5000 m3 ou < 1km zone conchylicole	<b>Déclaration</b>
R 122.2 du Code de l'Environnement : Etude d'impact	10° : Travaux, ouvrages et aménagements sur le DPM	e) Construction d'ouvrages de défense contre la mer, d'une emprise totale :	≥ 2 000 m²	<b>Etude d'impact</b>	
			< 2 000 m²	Cas par cas	
	21° : Extraction de sédiments par dragage marin	a) Dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin soumis à autorisation		Etude d'impact	
<b>Procédure domaniale associée</b>			<b>Concession</b>		

L'emprise au sol du boudin pourrait dépasser les 2000 m², une étude d'impact serait à produire dans ce cas.

Enfin, la présence d'un ouvrage dur de fixation du trait de côte pourrait donner lieu à la production d'un dossier de concession, fixant le délai d'instruction entre 12 et 18 mois minimum.

### 3.4.5.3. Bilan

Selon l'analyse réglementaire présentée ci-dessus, et d'après les estimations techniques et financières des travaux réalisées dans les paragraphes précédents de ce dossier, l'ensemble des solutions présentées pourrait exiger des procédures associées à un délai d'instruction de 12 à 18 mois minimum (**Tableau 13**).

**Tableau 13 : Bilan des principales procédures réglementaires préalables aux travaux**

	L.214-1 Code de l'Environnement Loi sur l'eau	R.122-2 Code de l'Environnement Etude d'impact	Gestion domaniale
Scénario 1 <b>Rechargement de plage</b>	Autorisation	Oui	AOT
Scénario 2 <b>Rechargement et enrochement</b>	Autorisation	Oui	Concession
Scénario 2 bis <b>Enrochement seul</b>	Déclaration	Cas par cas	Concession
Scénario 3 <b>Rechargement et boudin géotextile</b>	Autorisation	Oui	Concession
Scénario 3 bis <b>Boudin géotextile seul</b>	Déclaration	Oui	Concession

### 3.5. Calendriers prévisionnels

Etant donné les incertitudes liées aux choix de la solution, et donc aux coûts engendrés en particulier par rapport à la source de sable et aux opérations de dragage, une incertitude demeure également sur le régime dans lequel pourrait s'inscrire le projet au titre de la Loi sur l'Eau. En effet, en fonction du dépassement du seuil de 1.9 M€ pour les travaux, le régime d'Autorisation pourrait s'appliquer.

De ce fait, deux calendriers prévisionnels sont présentés :

- Le premier prend en compte le délai d'instruction associé à un régime d'Autorisation, associé à une procédure de gestion domaniale qui est la concession (**Figure 38**) ; dans ce cas de figure, les travaux peuvent difficilement être envisagés avant l'année 2018 ;



- Le deuxième prend en compte le délai d'instruction associé à un régime de Déclaration, associé à une procédure de gestion domaniale qui serait l'AOT (**Figure 39**). Dans le cas présent, les délais sont fortement réduits, et pourraient permettre des travaux dès l'hiver 2016/2017. Ce schéma pourrait s'appliquer dans le cas où un rechargement serait effectué pour un volume de sable plus réduit que pour les scénarii envisagés plus haut dans ce rapport, et dans le cas où une procédure d'AOT suffirait pour les travaux sur le DPM.

	2015					2016						2017							
	août-15	sept.-15	oct.-15	nov.-15	déc.-15	janv.-16	févr.-16	mars-16	avr.-16	mai-16	juin-16	juil.-16	août-16	sept.-16	oct.-16	nov.-16	déc.-16	janv.-17	févr.-17
<b>Recrutement Moe</b>																			
DCE																			
Publicité Marchés publics																			
<b>Mission AVP</b>																			
Recueil de données / Etat de référence																			
Etude de cas																			
AVP final																			
<b>Rédaction des dossiers réglementaires</b>																			
Loi sur l'eau (Déclaration)																			
DPM (AOT)																			
Demande d'autorisation Site Classé																			
Dossier d'enquête publique																			
<b>Mission PRO</b>																			
<b>Mission ACT</b>																			
DCE																			
Publicité / Analyse des offres																			
<b>Instruction et Enquête publique</b>																			
Enquête publique (liée à l'étude d'impact)																			
Instruction du dossier Loi sur l'Eau (Déclaration)																			
Avis du CODERST																			
DPM (AOT)																			
<b>Travaux</b>																			
Préparation du chantier																			
Dragage / Rechargement																			

 Périodes non propices aux travaux

**Figure 39 : Délais estimatifs pour une procédure de déclaration avec étude d'impact associée à une AOT**

Les délais évoqués ci-dessus tiennent compte d'un certain nombre d'hypothèses, permettant d'assurer un caractère conservatoire aux délais évoqués (autrement dit, une marge de sécurité est prise en compte) :

- Les études AVP sont considérées comme ayant besoin de faire tourner un modèle numérique hydrosédimentaire. Si les services de la Police de l'Eau n'exigent qu'une

telle étude soit produite dans le cadre de l'Etude d'Impact du dossier Loi sur l'eau, il est possible de raccourcir les délais de production de l'AVP ;

- Le délai d'instruction associé à la procédure de déclaration (**Figure 39**) ont été estimés à 3 mois (au lieu de 2 en temps normal), afin de tenir compte d'éventuelles demandes de compléments ;

Cependant, en ce qui concerne les délais évoqués en **Figure 38** pour le régime d'Autorisation, les éventuelles demandes de compléments pendant l'instruction ne sont pas prises en compte, et pourraient contribuer à allonger les délais.

Enfin, les études AVP pourraient nécessiter certaines données pouvant donner lieu à des investigations complémentaires, en vue d'étudier les impacts des travaux. Ces études pourraient être les suivants :

- Analyses physico-chimiques de sables lorsque la source du rechargement aura été identifiée, en vue de qualifier les matériaux par rapport aux seuils N1/N2 ;
- Topographie complète de la crête de dune jusqu'au bas de l'estran ;
- En cas de modélisation numérique hydrosédimentaire : données de houles, courants, bathymétrie.

### 3.6. Analyse multicritères

L'analyse multicritères décrite ici n'accorde aucune pondération visant à accorder davantage de poids à l'un ou l'autre critère. Tous les critères utilisés sont traités avec la même incidence dans la note finale.

Les critères pris en compte ont été divisés en quatre catégories, chaque critère (au nombre de 12) étant noté sur 5 (donnant lieu à un résultat final sur 60) :

- Critères techniques :
  - Réponse à la problématique de stabilisation du trait de côte ;
  - Effets de bord et fonctionnement hydrosédimentaire local : les solutions pouvant générer une érosion accentuée dans les secteurs adjacents ont eu la moins bonne note, tandis que celles pouvant injecter des sédiments dans le système sédimentaire de la baie de Wissant, en érosion de manière globale, ont eu la meilleure note ;
  - Pérennité de l'ouvrage : le réensablement seul pouvant être rapidement dispersé par une succession de tempêtes, il a obtenu une moins bonne note que les solutions comprenant un ouvrage en dur, permettant de fixer le trait de côte ;

- Compatibilité avec le projet de réensablement de la baie de Wissant : le rechargement est le plus compatible et a donc obtenu la meilleure note, tandis que les structures rigide devront pouvoir être enlevées, et ont donc donné lieu à la moins bonne note ;
  - Ré-utilisation des pieux hydrauliques : étant donné la création d'une berme en haut de plage, les pieux se trouveront à une distance plus appropriée par rapport au déferlement. Les 3 solutions sont égales par rapport à ce critère ;
- Critères « impacts sur l'environnement » :
- Faune/Flore/habitats :
  - Paysage :
  - Attrait touristique :
- Critères « Délais de mise en œuvre » :
- Procédures réglementaires :
  - Travaux
- Critères « Aspect financier du projet » :
- Coût estimatif : les solutions les moins coûteuses ont obtenu la meilleure note, et les plus coûteuses la moins bonne note ;
  - Probabilité d'éligibilité FEDER : le prochain programme FEDER financera des solutions de protection du trait de côte jusqu'à 70%, cependant les méthodes douces seront largement privilégiées. De ce fait, le rechargement de plage obtient la meilleure note, tandis que les solutions faisant intervenir des techniques rigides sont moins bien notées.

		Scénario 1 Rechargement en sable seul	Scénario 2 Rechargement en sable + enrochement	Scénario 3 Rechargement en sable + Boudin géotextile	0
<b>Critères techniques</b>	Réponse à la problématique "stabilisation du trait de côte"	2	5	5	1
	Effets de bord et fonctionnement sédimentaire local	5	4	4	2
	Pérennité de l'ouvrage	3	5	5	3
	Compatibilité avec le projet de réensablement global de la baie de Wissant	5	4	4	4
	Ré-utilisation des pieux hydrauliques	5	5	5	5
<b>Critères "Impacts sur l'environnement"</b>	Faune / Flore / Habitats	5	4	4	
	Paysage	5	5	5	
	Attrait touristique	5	5	5	
<b>Critères "Délais de mise en oeuvre"</b>	Procédures réglementaires	2	2	2	
	Travaux	3	2	2	
<b>Critères "Aspect financier du projet"</b>	Coût estimatif	3	2	1	
	Probabilité d'éligibilité FEDER	5	1	2	
<b>Total</b>		<b>48</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	

Résultat sur 60

**Tableau 14 : Analyse multicritères des 3 principaux scénarii décrits**

### 3.7. Etude d'un scénario complémentaire *a minima*

#### 3.7.1. Dimensionnement volumétrique

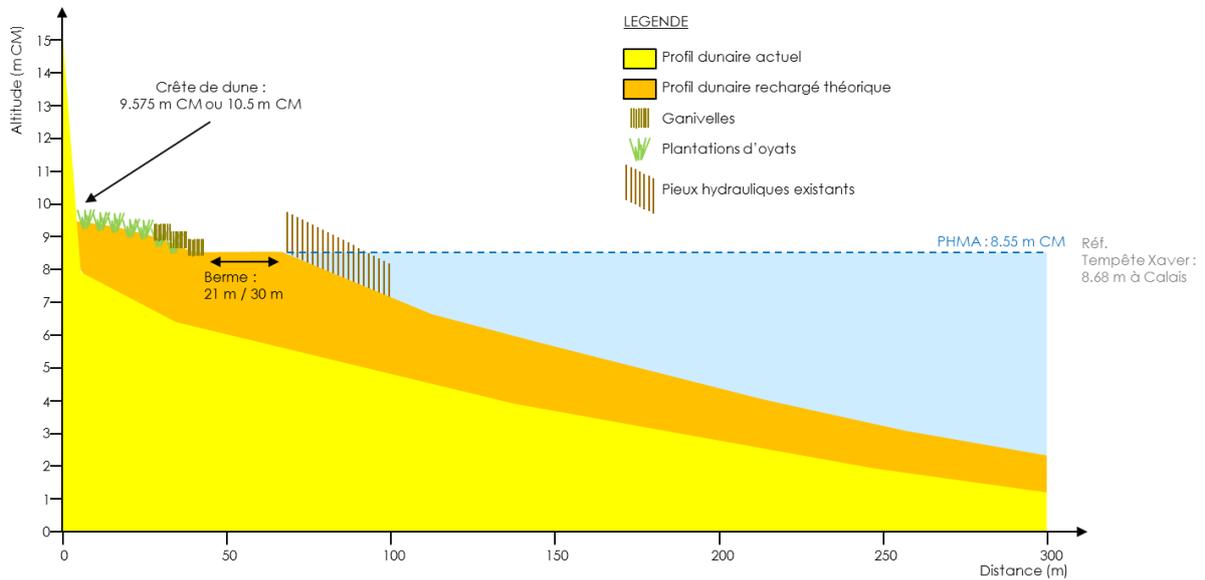
Les volumes de sable nécessaires dans les scénarii présentés ci-dessus, ainsi que les coûts engendrés et délais de procédures réglementaires associés, ne sont pas toujours compatibles avec le besoin de trouver une solution à court terme. De ce fait, et en attendant une solution pérenne dans un horizon de 5 à 6 ans, une solution supplémentaire *a minima* est étudiée ici.

Cette solution se base sur un rechargement de plage avec les caractéristiques suivantes :

- Berme de 21 ou 30 m à 8.55 m CM ;
- Crête de dune au niveau de la période de retour centennale avec intégration de la hausse du niveau marin définie par DHI, soit 6.12 m IGN 69, ou 9.575 m CM (différence entre IGN 69 et Cote Marine de 3.455 à Calais, d'après SHOM, 2014) ; Un deuxième scénario avec une crête de dune à 10.5 m CM est également étudié ;
- Linéaire de plage de 200 m ;

- Installation d'un système de transition de type « pieux hydrauliques » sur les 150 m restants (pour rappel, le site d'étude a été défini sur un linéaire total de 350 m).

Une coupe type est présentée en **Figure 40**, et une vue en plan dans la **Planche 8**.



**Figure 40 : Coupe type du scénario complémentaire a minima n°4**

Un montage 3D de la solution est présenté dans la **Figure 41**.



**Figure 41 : Montage photographique du scénario supplémentaire a minima n°4**

La méthode de calcul reste la même que pour le scénario 1 de ce rapport, avec cependant des cotes altitudinales différentes.

La restitution des profils de l'ensemble des scénarii calculés est présentée dans la **Planche 9**.

La synthèse des différentes estimations volumétrique selon les dernières hypothèses posées est présentée dans le **Tableau 15**. Dans un souci d'aide à la décision en direction du maître d'ouvrage, des calculs volumétriques sont effectués également pour différentes longueurs d'estran (pour rappel, longueur entre la dune et le bas de plage) : 100 m, 200 m et 300 m.

Les estimations volumétriques présentées dans le tableau ci-dessous comprennent le sable pour la dune, la berme et l'estran.

**Tableau 15 : Estimations volumétriques pour un scénario complémentaire de moindre envergure**

Longueur d'estran considérée	Largeur de berme (m)	Alt. Crête de dune (m CM)	1 ml	200 ml
100 m	21 m	9.6	212	42400
		10.5	224	44800
	30 m	9.6	226	45200
		10.5	239	47800
200 m	21 m	9.6	388	77600
		10.5	410	82000
	30 m	9.6	436	87200
		10.5	448	89600
300 m	21 m	9.6	524	104800
		10.5	537	107400
	30 m	9.6	580	116000
		10.5	594	118800

### 3.7.2. Estimations financières

L'estimation financière de ce scénario complémentaire a été réalisée selon différentes hypothèses de volumes, qui sont présentées dans le **Tableau 16**.

Ces estimations financières se basent sur des rechargements de :

- 45000 m<sup>3</sup>, correspondant à un rechargement pour une longueur d'estran de 100 m ;
- 65000 m<sup>3</sup>, correspondant à un rechargement pour une longueur d'estran comprise entre 100 et 200 m, soit 150 m environ ;
- 85000 m<sup>3</sup>, correspondant un rechargement sur une longueur d'estran de 200 m.

**Tableau 16 : Estimations financières du rechargement de plage du scénario complémentaire**

Technique			Rechargement (basé sur 45,000 m <sup>3</sup> )			Rechargement (basé sur 65,000 m <sup>3</sup> )			Rechargement (basé sur 85,000 m <sup>3</sup> )					
Désignation	Coût estimatif à l'unité (€)		Unité utilisée	Quantité nécessaire	Total poste		Quantité nécessaire	Total poste		Quantité nécessaire	Total poste			
	Min	Max			Min	Max		Min	Max		Min	Max		
Dragage/rejet	10	20	m <sup>3</sup>	45,000	500,000	1,000,000	65,000	700,000	1,400,000	85,000	900,000	1,800,000		
Reprofilage plage/dune	2	5	m <sup>2</sup>	10,000	20,000	50,000	10,000	20,000	50,000	10,000	20,000	50,000		
Pieux hydrauliques	150,000	190,000	Forfait	1	150,000	190,000	1	150,000	190,000	1	150,000	190,000		
Végétalisation (oyats)	5	15	m <sup>2</sup>	4,000	20,000	60,000	4,000	20,000	60,000	4,000	20,000	60,000		
Ganivelles	15	20	m <sup>2</sup>	1,800	27,000	36,000	1,800	27,000	36,000	1,800	27,000	36,000		
					717,000	1,336,000			917,000	1,736,000			1,117,000	2,136,000

L'estimation financière est basée sur les hypothèses suivantes :

- Trois hypothèses différentes de volumes : 45 000 m<sup>3</sup>, 65 000 m<sup>3</sup> et 85 000 m<sup>3</sup> (coût du dragage et rejet des sédiments entre 10 et 20 €/m<sup>3</sup>, auquel on ajoute le coût d'amenée et repli du matériel entre 50 000 et 100 000€, au forfait) ;
- Reprofilage du profil dunaire (20 m de large entre la crête et le pied de dune) et de la berme (sur une base de 30 m), soit 50 m au total, sur un linéaire de 200 m, soit 10 000 m<sup>2</sup> ;
- Pose de pieux hydraulique dans la zone de déferlement sur un linéaire de 150 m. Le prix est basé sur les travaux de mise en place des pieux dans la partie Ouest de la plage au niveau de la dune d'Aval ;
- Végétalisation des dunes pour un cordon de 20 m de large entre la crête et le pied de dune, sur un linéaire de 200 m, soit 4 000 m<sup>2</sup> ;
- Mise en place de ganivelles sur un linéaire de 200 m, avec une disposition en casiers de 4m x 3m sur trois rangées, soit une superficie totale de 1 800 m<sup>2</sup>.

### 3.7.3. Contexte réglementaire

En ce qui concerne le cadre réglementaire, les volumes de sable nécessaires étant réduits, le coût du rechargement global baisse également, cependant le prix au m<sup>3</sup> augmente étant donné les frais incompressibles de mobilisation du matériel et d'installation du chantier.

Les deux scénarii à 45 000 m<sup>3</sup> et 65 000 m<sup>3</sup> donnent lieu à une estimation financière se situant sous le seuil des 1.9 M€ de la Loi sur l'Eau, on se trouve de fait en régime de Déclaration selon les estimations réalisées, avec une durée d'instruction du dossier estimée à 2 mois.

Ce régime au titre du L.214-1 du Code de l'Environnement associé à une procédure d'AOT pourrait réduire considérablement réduire les délais de mise en œuvre des travaux, conformément à ce qui est présenté dans la **Figure 39**.

Le scénario basé sur un rechargement de 85 000 m<sup>3</sup> en revanche se situe dans une fourchette financière comprise entre 1.117 M€ et 2.136 M€, il est possible qu'il soit astreint à un régime d'Autorisation, en fonction des incertitudes liées aux dragages (notamment l'éloignement de la source de sable).

Concernant la loi qui régit la production d'une étude d'impact, le rechargement se fera sur un volume supérieur à 10 000 m<sup>3</sup>, de ce fait une étude d'impact sera à produire nécessairement, impliquant également une enquête publique.

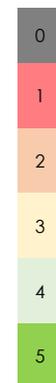
#### 3.7.4. Calendrier prévisionnel de mise en œuvre

Les études et procédures donnent lieu à un calendrier prévisionnel identique à celui présenté en **Figure 39**, soit des travaux envisageables à l'hiver 2016/2017.

#### 3.7.5. Nouvelle analyse multicritères

La nouvelle analyse multicritères intègre cette solution supplémentaire *a minima*, et est réalisée sur la base des mêmes critères que la précédente, avec la même pondération. Elle est présentée dans la ci-dessous.

		Scénario 1 Rechargement en sable seul	Scénario 2 Rechargement en sable + enrochement	Scénario 3 Rechargement en sable + Boudin géotextile	Scénario complémentaire Rechargement de moindre ampleur
<b>Critères techniques</b>	Réponse à la problématique "stabilisation du trait de côte"	2	5	5	2
	Effets de bord et fonctionnement sédimentaire local	5	4	4	5
	Pérennité de l'ouvrage	3	5	5	2
	Compatibilité avec le projet de réensablement global de la baie de Wissant	5	4	4	5
	Ré-utilisation des pieux hydrauliques	5	5	5	5
<b>Critères "Impacts sur l'environnement"</b>	Faune / Flore / Habitats	5	4	4	5
	Paysage	5	5	5	5
	Attrait touristique	5	5	5	5
<b>Critères "Délais de mise en oeuvre"</b>	Procédures réglementaires	2	2	2	5
	Travaux	3	2	2	5
<b>Critères "Aspect financier du projet"</b>	Coût estimatif	3	2	1	5
	Probabilité d'éligibilité FEDER	5	1	2	5
<b>Total</b>		<b>48</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>54</b>



**Figure 42 : Analyse multicritères intégrant le scénario supplémentaire**

Résultat sur 60

## 4. Conclusion

Le PMCO a engagé une étude de faisabilité, afin d'assister la commune de Wissant dans la recherche d'une solution à mettre en œuvre rapidement, pour protéger de l'érosion la dune d'Aval, et en attendant des travaux de plus grande ampleur à l'horizon 5 à 6 ans. La présente étude de faisabilité a permis dans un premier temps de confirmer le constat d'érosion du trait de côte au niveau de la dune d'Aval, lié lors de l'hiver 2013/2014 à une succession de tempêtes.

Par la suite, les différentes solutions de gestion du trait de côte ont été présentées, un certain nombre ayant pu être enlevé par élimination, principalement en raison de leur délai d'efficacité, non compatible avec ce projet à court terme, ou en raison du fait qu'elles semblaient inadaptées techniquement. De fait, trois solutions ont été présentées :

- Rechargement de plage avec reprofilage dunaire (scénario 1) ;
- Rechargement avec reprofilage et pose d'un enrochement (scénario 2) ;
- Rechargement avec reprofilage et pose d'un boudin géotextile (scénario 3).

Dans le souci de répondre au mieux à la demande du maître d'ouvrage, une solution supplémentaire (scénario 4 complémentaire), similaire au scénario 1 mais avec un dimensionnement *a minima* (volumes de sable moins importants), a été présentée, dans le but d'étudier la possibilité de mise en œuvre d'une solution plus rapidement opérationnelle et pouvant répondre à la problématique.

L'ensemble de ces solutions sont prévues avec des aménagements complémentaires (plantations d'oyats et pose de ganivelles). L'efficacité espérée, les coûts estimatifs, les procédures de mise en œuvre et délais estimatifs ont été étudiés pour chaque solution, sur la base d'hypothèses réalistes, basées sur des retours d'expérience.

Une analyse multicritères a permis de montrer que, au vu des critères choisis, la solution de rechargement « simple », sans ouvrage (scénario 1 ou 4), permettait de répondre au mieux à la problématique posée, dans un coût raisonnable, et dans un délai d'intervention le plus rapide possible, compte tenu des délais associés aux procédures liées au Code de l'Environnement et à la gestion du Domaine Public Maritime. Cependant, le fait d'effectuer un rechargement en sable pose la question de la source de sable, et de son éloignement. Les sables doivent avoir une granulométrie compatible avec le sable naturellement en place sur la plage. Plus la source de sable est éloignée, plus le coût de mise en œuvre est élevé, compte tenu de la distance à parcourir entre la zone de dragage potentielle, et la zone de rechargement.

## PLANCHES





Hauteurs d'eau maximales atteintes

PORTS	EVENEMENTS DE TEMPETES						
	CHRISTIAN	GODEHART	XAVER	DIRK	SANSNOM1	PETRA	QUMAIRA
	26/10/2013 - 29/10/2013	03/11/2013 - 06/11/2013	05/12/2013 - 08/12/2013	23/12/2013 - 27/12/2013	31/01/2014 - 03/02/2014	04/02/2014 - 05/02/2014	06/02/2014 - 07/02/2014
DUNKERQUE	H<PHMA	PHMA<H<H5	H>H100	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA
CALAIS	H<PHMA	H10<H<H20	H>H100	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA
BOULOGNE S/M	H<PHMA	PHMA<H<H5	H10<H<H20	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA	H<PHMA

Hauteurs de surcotes instantanées maximales

PORTS	EVENEMENTS DE TEMPETES						
	CHRISTIAN	GODEHART	XAVER	DIRK	SANSNOM1	PETRA	QUMAIRA
	26/10/2013 - 29/10/2013	03/11/2013 - 06/11/2013	05/12/2013 - 08/12/2013	23/12/2013 - 27/12/2013	31/01/2014 - 03/02/2014	04/02/2014 - 05/02/2014	06/02/2014 - 07/02/2014
DUNKERQUE	1.13	0.99	2.35	0.79	0.47	0.47	1.04
CALAIS	0.91	1.29	1.87	0.74	0.74	0.70	0.88
BOULOGNE S/M	1.43	1.02	1.05	0.88	0.87	0.98	1.22

TEMPETE XAVER : synthèse graphique de l'analyse des observations marégraphiques sur la période du 5 au 8 décembre 2013.

### XAVER

Hauteur d'eau maximale : 8.68 m à Calais le 06/12/2013 à 00:50

Surcotes aussi bien à haute mer qu'à basse mer

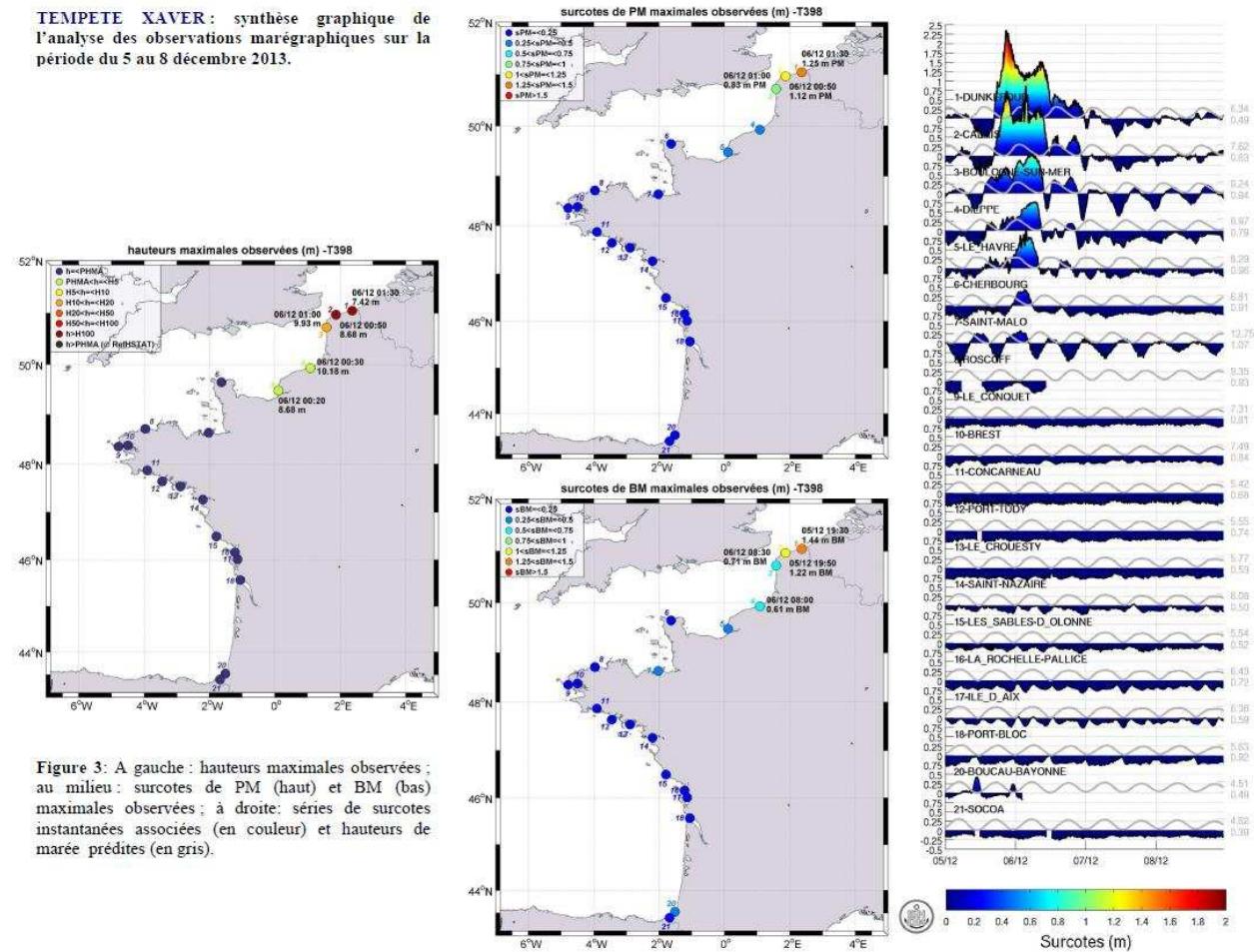


Figure 3 : A gauche : hauteurs maximales observées ; au milieu : surcotes de PM (haut) et BM (bas) maximales observées ; à droite : séries de surcotes instantanées associées (en couleur) et hauteurs de marée prédites (en gris).

CONDITIONS METEO-MARINES DES TEMPETES DE L'HIVER 2013/2014

Légende

Source : Rapport SHOM n°001/2014 – Camille DAUBORD

Demandeur

B.E.

	Défense rigide						Défense souple						Recul stratégique		
	Longitudinale			Transversale			Brise-lames	Rechargement de plage	Drainage de plage	By-passing	Pieux hydrauliques	Modes de gestion			
	Perré	Enrochement	Boudin géotextile	Enrochement	Boudin géotextile	Reconstitution dunaire						Brise-vent / Végétalisation		Nettoyage de plage	
<b>Effet immédiat</b>	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui	
<b>Compatible avec réensablement massif ultérieur</b>	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	
<b>Coût de mise en œuvre</b>	Non compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	A déterminer (dépend de la source, du volume et du mode de transport)	Non compatible (investissement lourd et doit être associé à un réensablement)	Non compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Non compatible	
<b>Aspect paysager</b>	Non compatible	Compatible si recouvert de sable	Compatible si recouvert de sable	Non compatible	Non compatible	Non compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	
<b>Autres éléments à prendre en considération</b>	Perte de sable en pied d'ouvrage		Simplicité de mise en œuvre	Efficace uniquement en cas de transit longitudinal important			Nécessite une source de sable proche granulométriquement compatible	Horizons tourbeux en sub-surface		Nécessite source de sable compatible, proche et pérenne		Efficacité semble limitée sur le site selon disposition actuelle	Efficace uniquement hors d'eau (au-delà des marées)	Solution à étudier uniquement sur projet long terme	
	Risque de rupture lors de tempêtes		Risque de déchirement	Augmentation de l'érosion en aval-dérive			Entretien régulier par apport de sédiments (annuel ?)	A associer à un réensablement pour limiter les risques							
	Irréversible		Risque d'affouillement en pied d'ouvrage Mauvaise résistance aux UV	Risque d'affouillement en pied d'ouvrage Mauvaise résistance aux UV	Peut être réalisé sur l'avant-plage (subtidal)										
<b>Conclusion</b>	Non pris en considération	Oui	Oui	Non pris en considération	Non pris en considération	Non pris en considération	Oui	Non pris en considération	Non pris en considération	Oui	Oui	Oui	Oui	Non pris en considération	

SYNTHESE DES SOLUTIONS DE GESTION DE L'EROSION DU TRAIT DE CÔTE

Légende



VUE EN PLAN DE LA ZONE D'INTERVENTION ENVISAGEE

Légende

-  Rechargement
-  Pieux hydrauliques
-  Berme
-  Crête de dune

Terminer le rechargement « en pointe » au Sud et au Nord, jusqu'à rejoindre la position naturelle du trait de côte

Largeur du rechargement :  
300 m  
(Dune, berme et estran compris)

Raccorder la crête de dune à celle de la dune existante



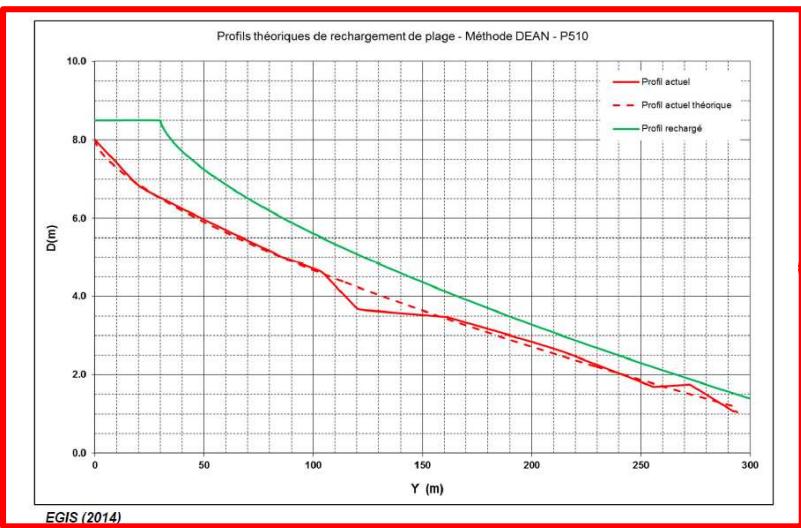
VUE EN PLAN DES SCENARII N°1 à N°3

Légende

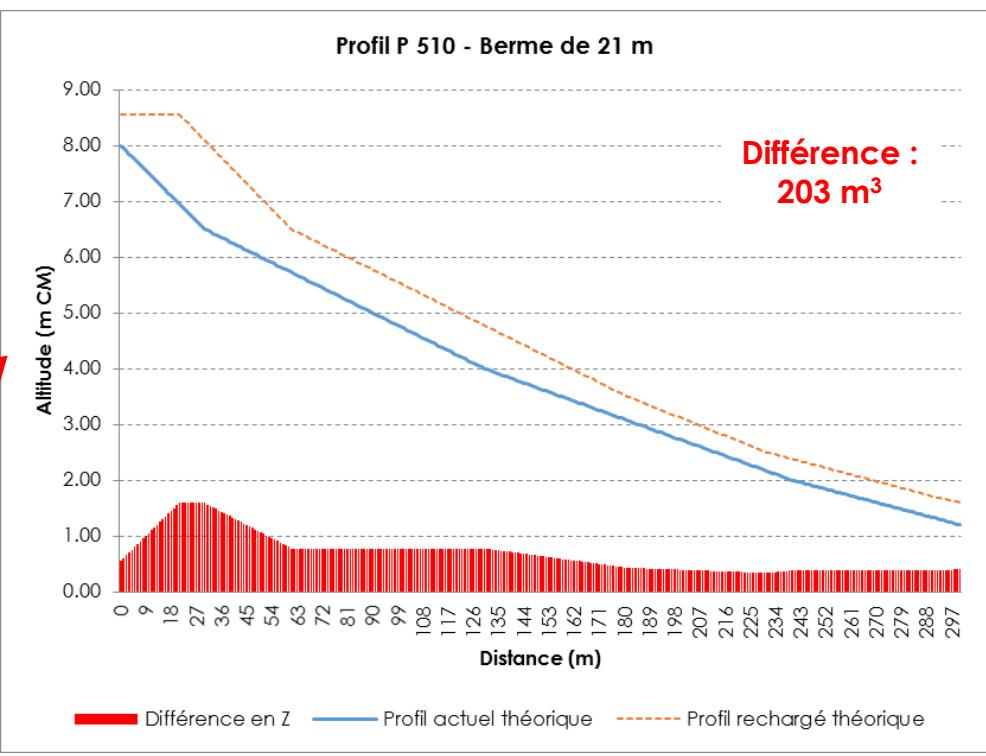
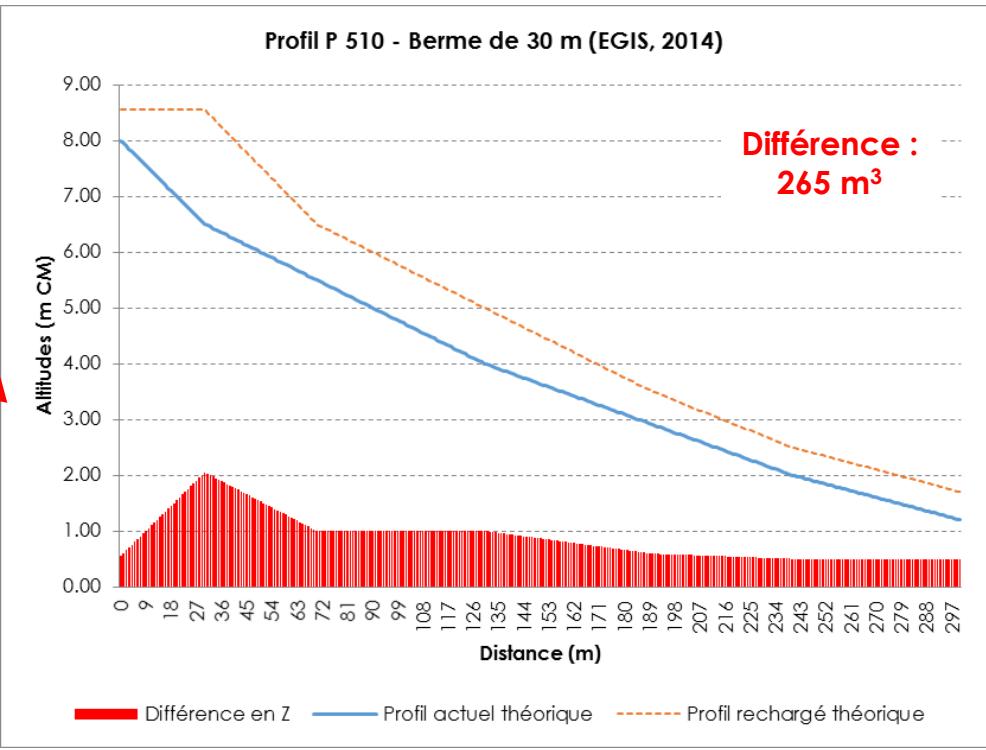
Demandeur B.E.



**1 Profil théorique P510**  
(EGIS, 2014, d'après Dean)



**2 Profil P510 : Volumes par mètre linéaire de plage selon 2 scénarii (bermes de 30 m et 21 m)**



**3 Volume pour 350 ml de plage**

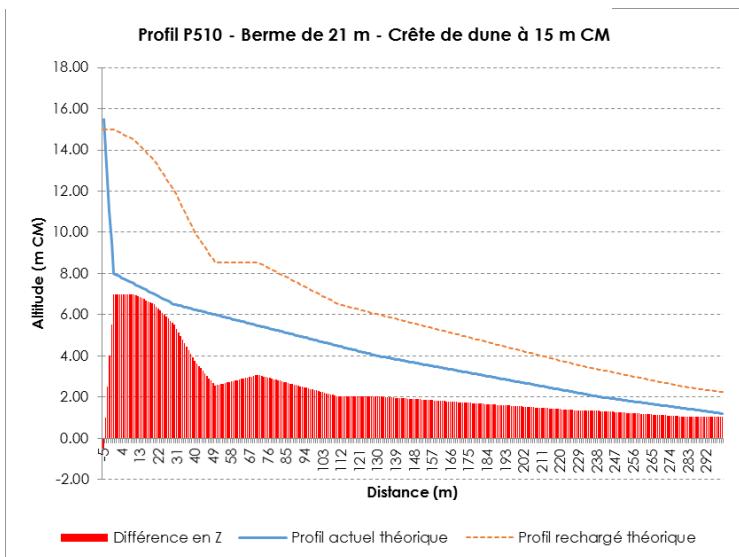
BERME DE 30 m :  
Volume de sable à mobiliser pour  
1 mètre linéaire : 265 m<sup>3</sup>  
Solution sur 350 mètres linéaires :  
265 x 350 = **92 750 m<sup>3</sup>**

BERME DE 21 m :  
Volume de sable à mobiliser pour  
1 mètre linéaire : 203 m<sup>3</sup>  
Solution sur 350 mètres linéaires :  
203 x 350 = **71 050 m<sup>3</sup>**

1

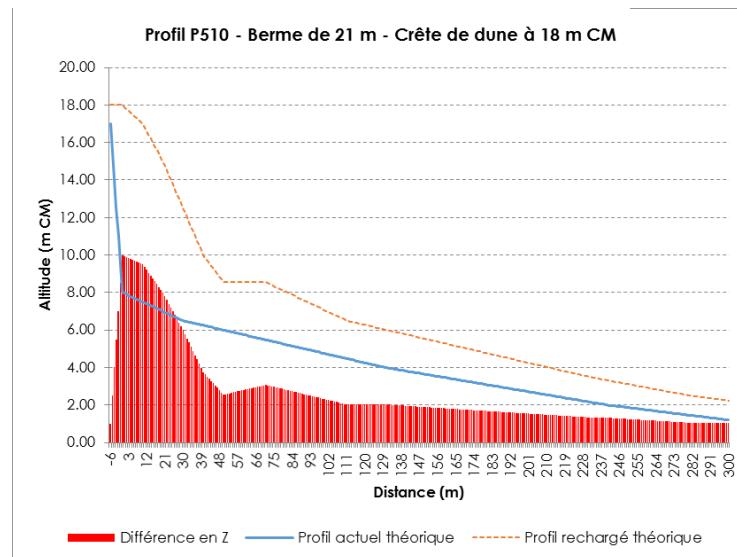
## Berge de 21 m

Crête de dune à 15 m



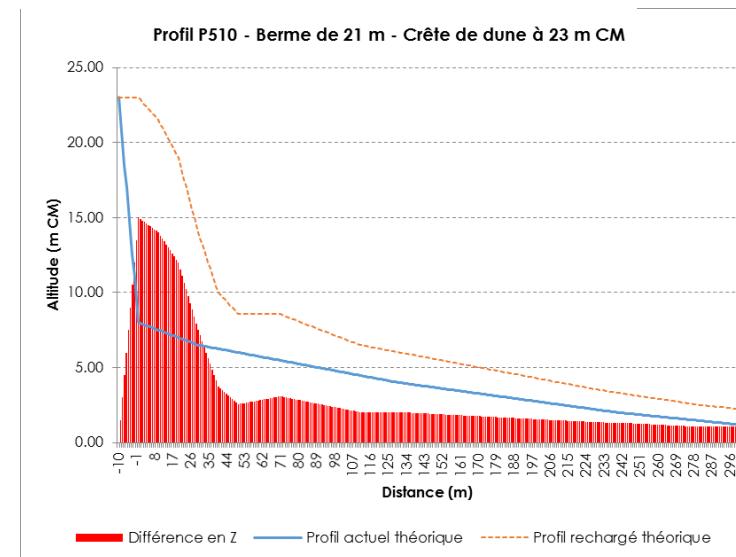
Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
740	259,000

Crête de dune à 18 m



Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
817	285,950

Crête de dune à 23 m

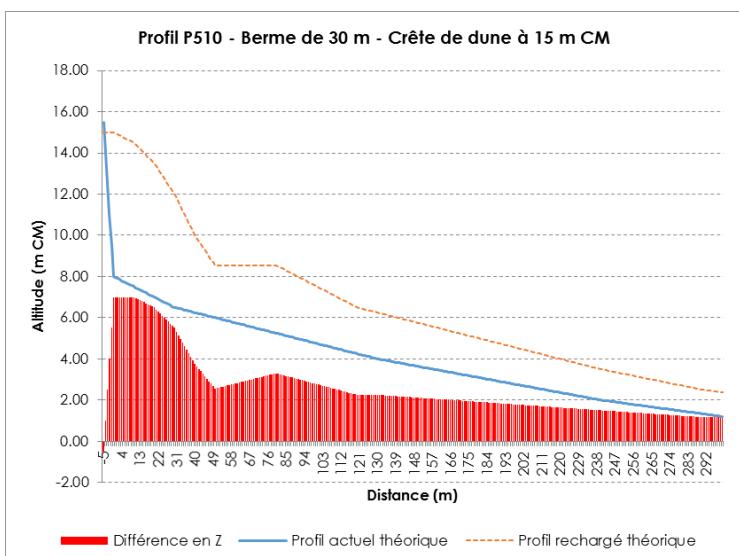


Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
984	344,400

2

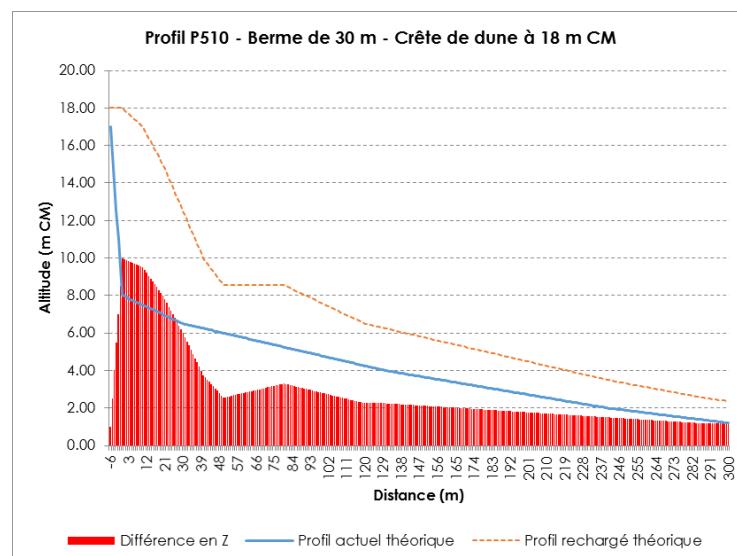
## Berge de 30 m

Crête de dune à 15 m



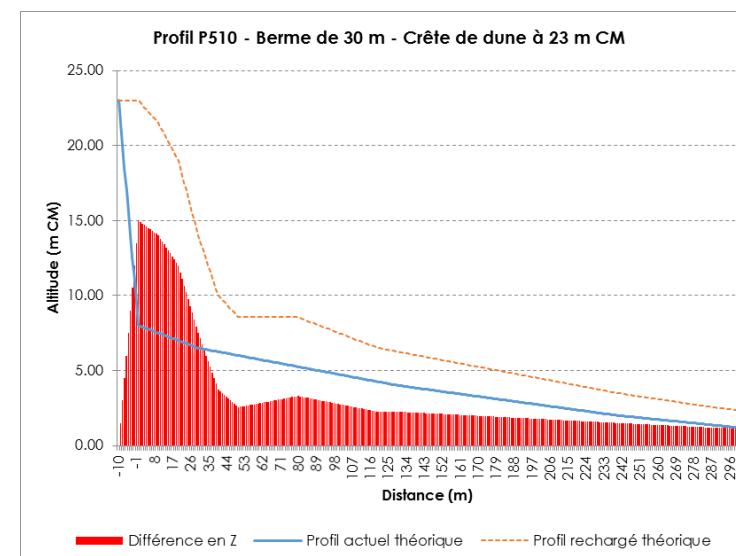
Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
797	278,950

Crête de dune à 18 m



Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
874	305,900

Crête de dune à 23 m



Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
1,041	364,350

VOLUMES NECESSAIRES AU RECHARGEMENT DE PLAGES ET A LA RECONSTITUTION DU CORDON DUNAIRE

Légende

Demandeur



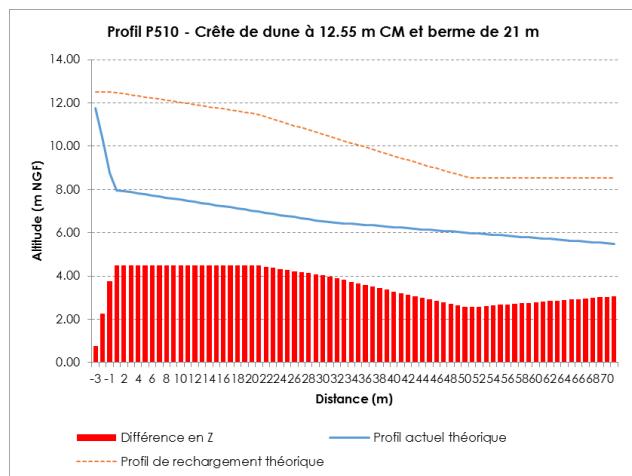
B.E.



1

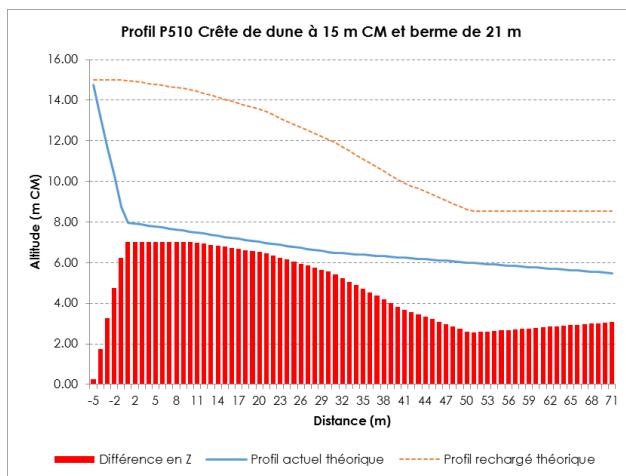
## Berge de 21 m

Crête de dune à 12.5 m



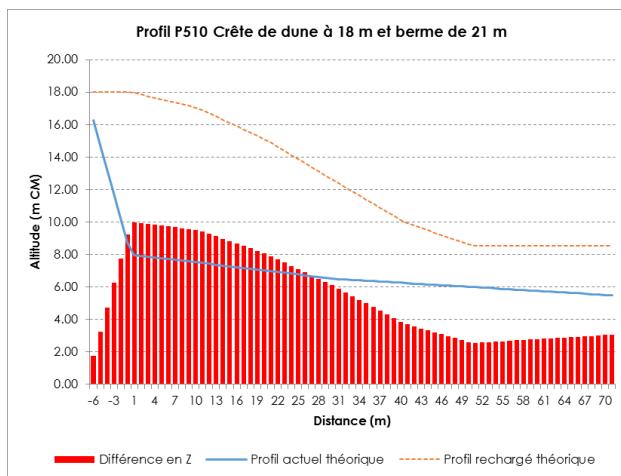
Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
261	91,350

Crête de dune à 15 m



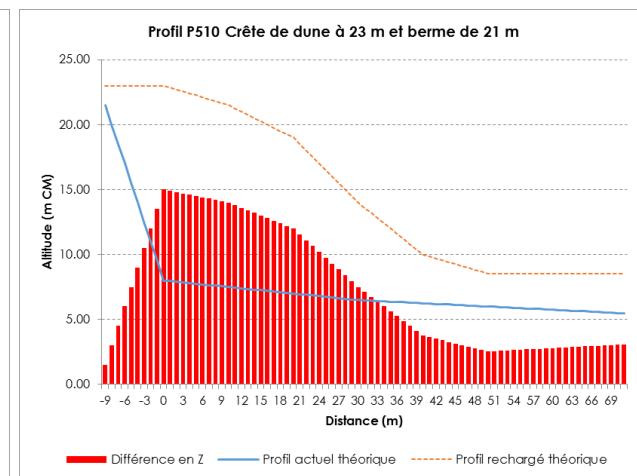
Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
348	121,800

Crête de dune à 18 m



Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
424	148,400

Crête de dune à 23 m

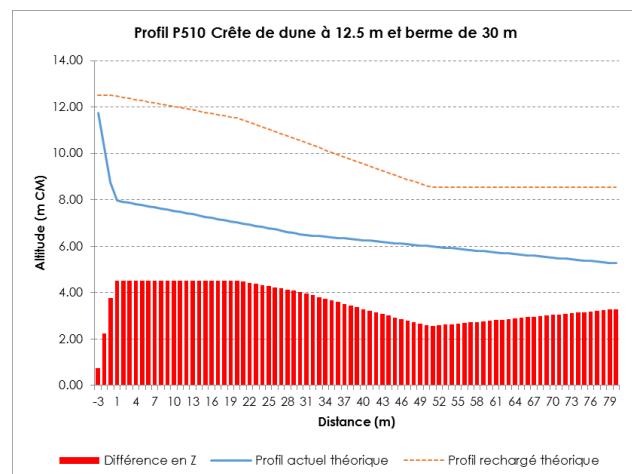


Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
593	207,550

2

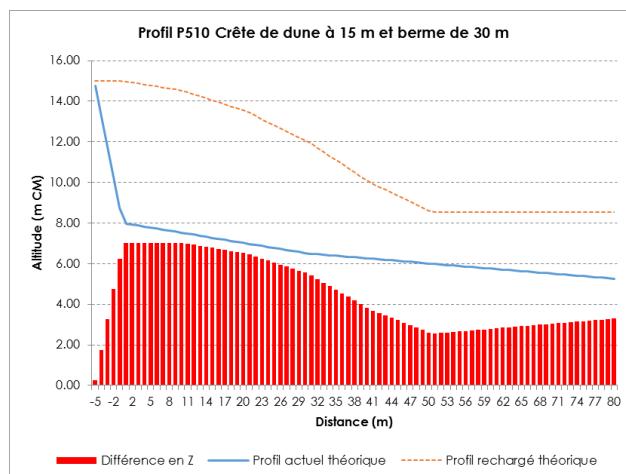
## Berge de 30 m

Crête de dune à 12.5 m



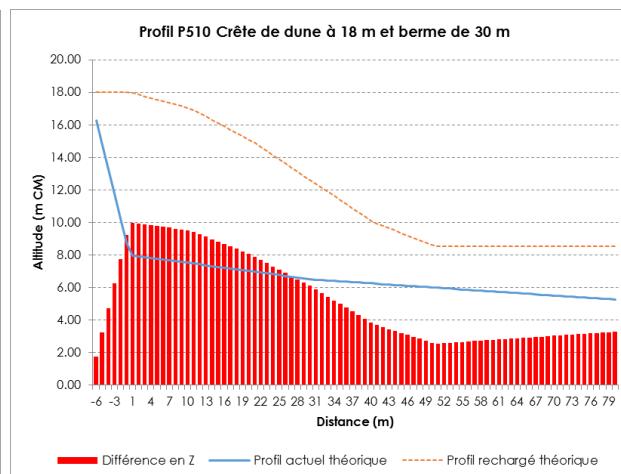
Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
290	101,500

Crête de dune à 15 m



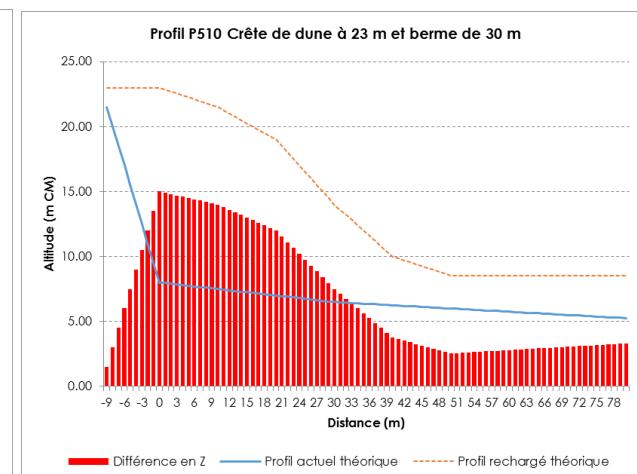
Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
377	131,950

Crête de dune à 18 m



Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
453	158,550

Crête de dune à 23 m



Volumes en m <sup>3</sup>	
1 ml	350 ml
622	217,700

VOLUMES NECESSAIRES A LA RECONSTRUCTION DUNAIRE ET CREATION D'UNE BERME EN PIED DE DUNE SANS RECHARGEMENT DE L'ESTRAN

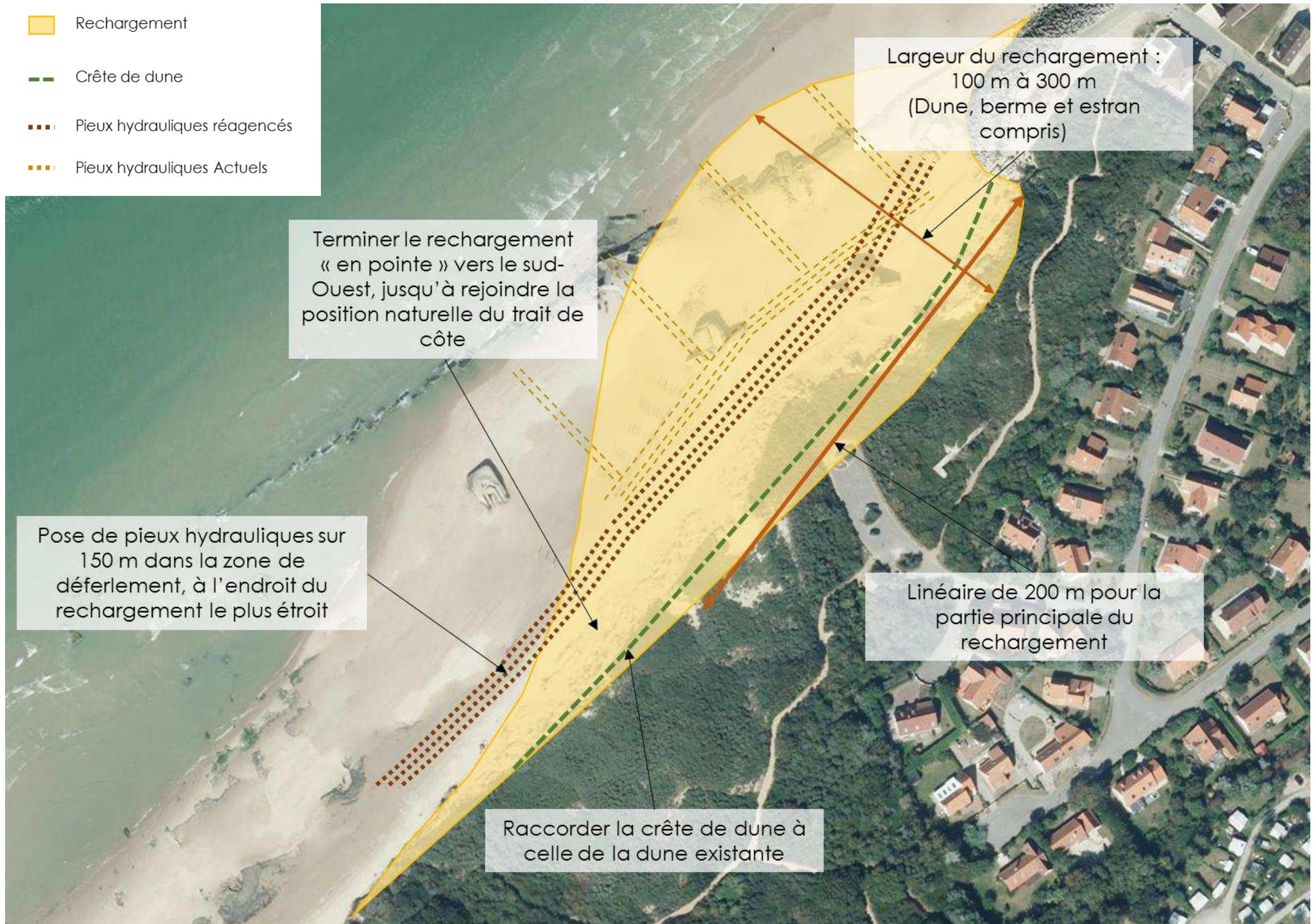
Légende

Demandeur

B.E.



- Rechargement
- Crête de dune
- Pieux hydrauliques réagencés
- Pieux hydrauliques Actuels



VUE EN PLAN DU SCENARIO COMPLEMENTAIRE (N°4)

Légende

Demandeur

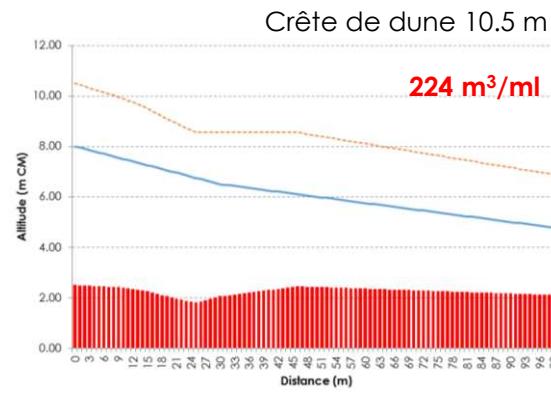
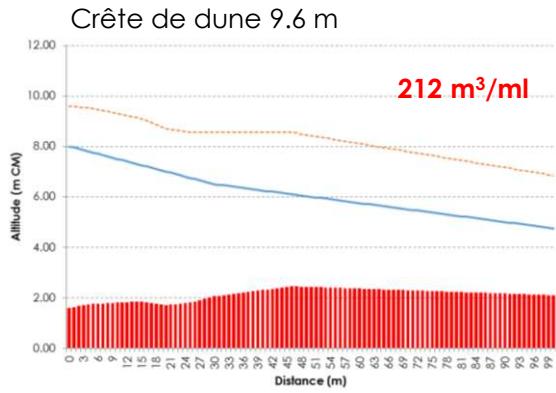
B.E.



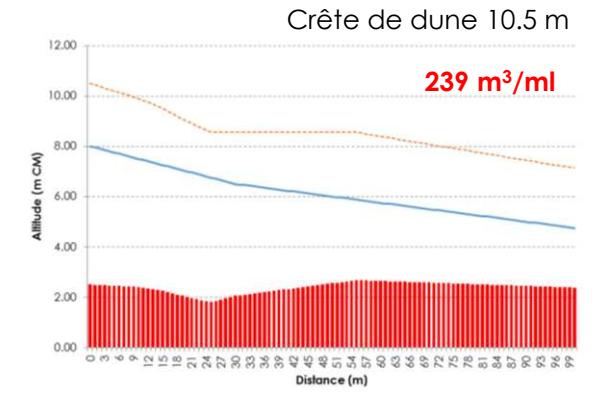
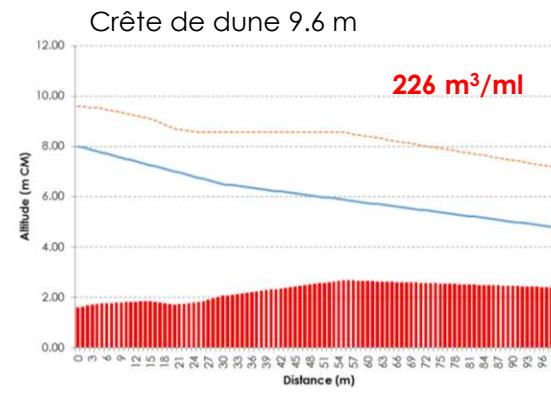
1

### Calculs pour 100 m d'estran

Berne de 21 m de large



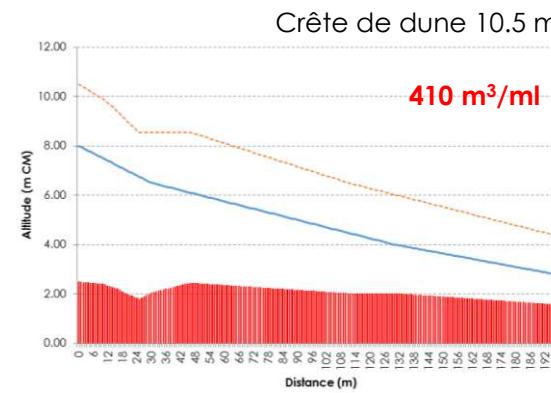
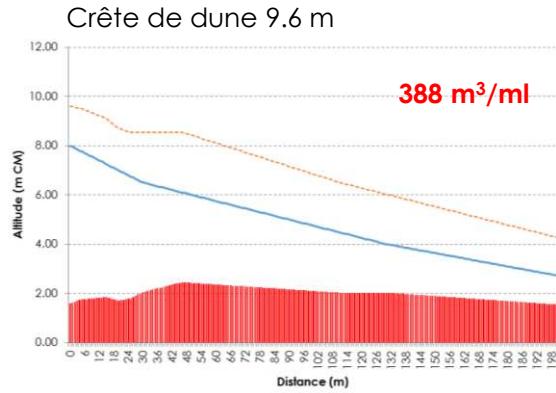
Berne de 30 m de large



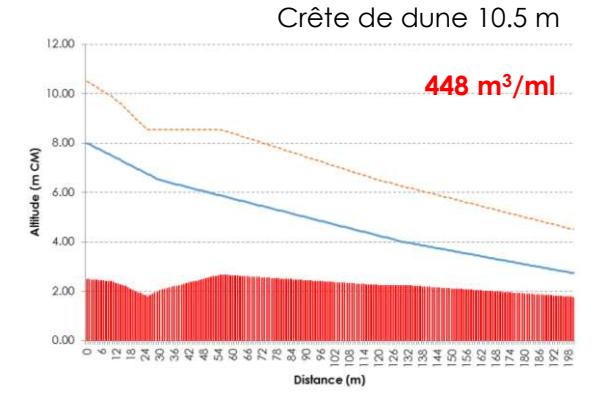
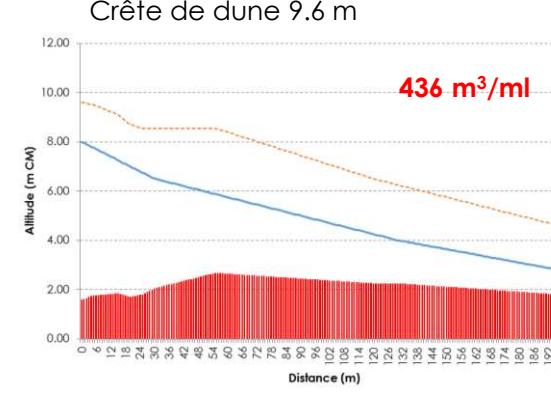
2

### Calculs pour 200 m d'estran

Berne de 21 m de large



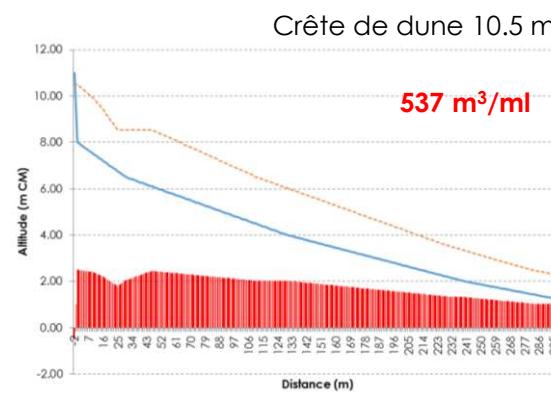
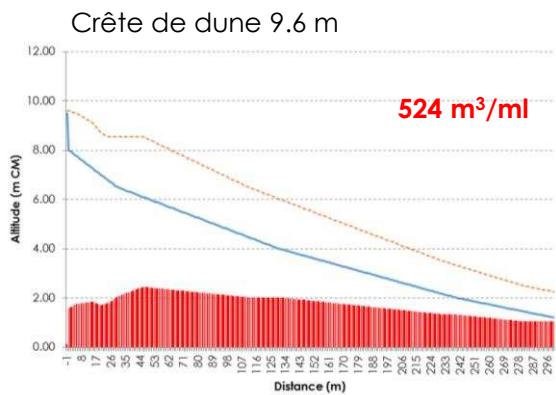
Berne de 30 m de large



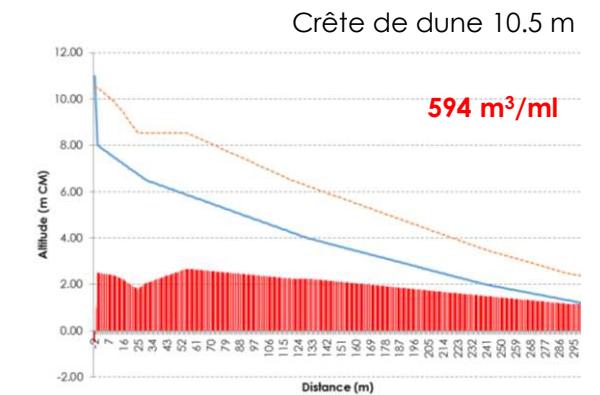
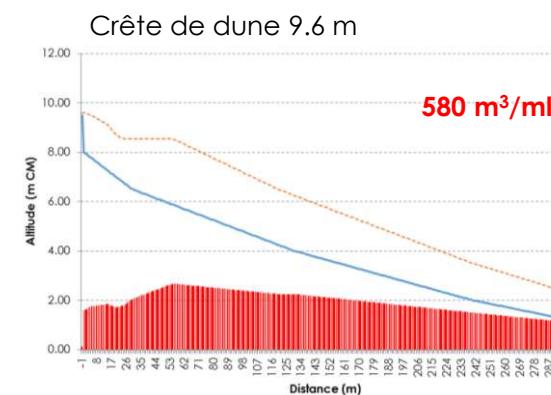
2

### Calculs pour 300 m d'estran

Berne de 21 m de large



Berne de 30 m de large



VOLUMES NECESSAIRES POUR LES SCENARI ADDITIONNELS (CRETE DE DUNE A 9.6m ET 10.5m)

Légende

█ Différence en Z   
 — Profil actuel théorique   
 - - - Profil rechargé théorique

## ANNEXES

# Annexe 1

Détail de l'évolution des profils de plage

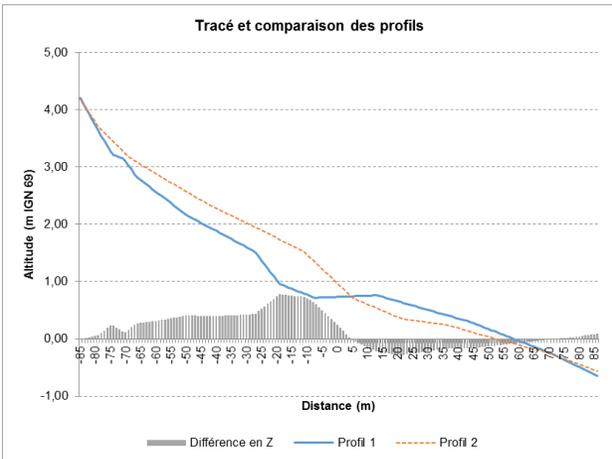
# P510

03/04/2013 – 04/10/2013

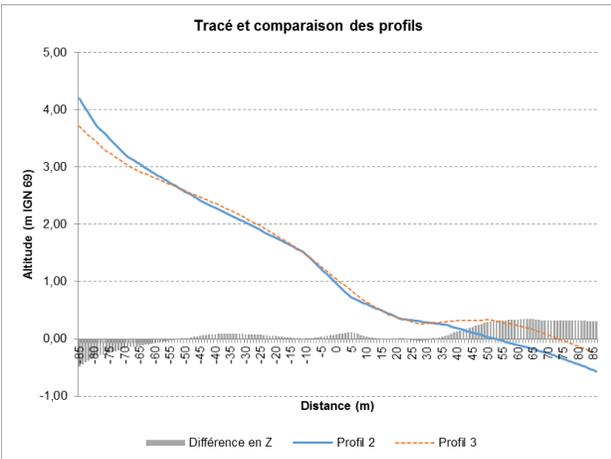
04/10/2013 – 05/02/2014

05/02/2014 – 02/04/2014

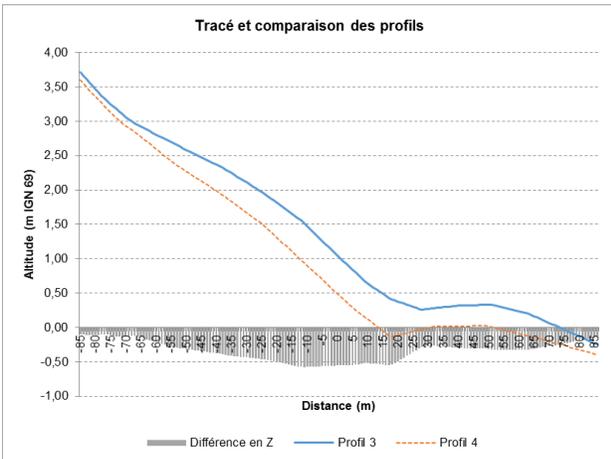
02/04/2014 – 20/05/2014



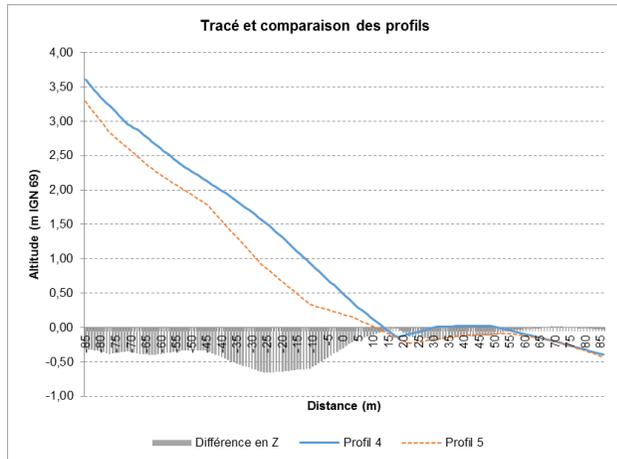
+ 24 m<sup>3</sup>



+ 11 m<sup>3</sup>



- 59 m<sup>3</sup>



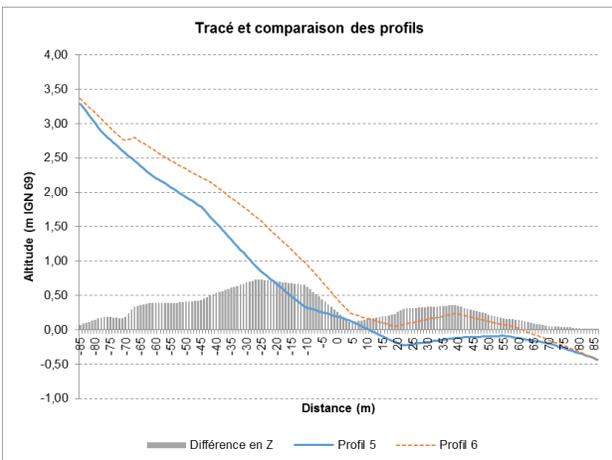
- 46 m<sup>3</sup>

20/05/2014 – 08/09/2014

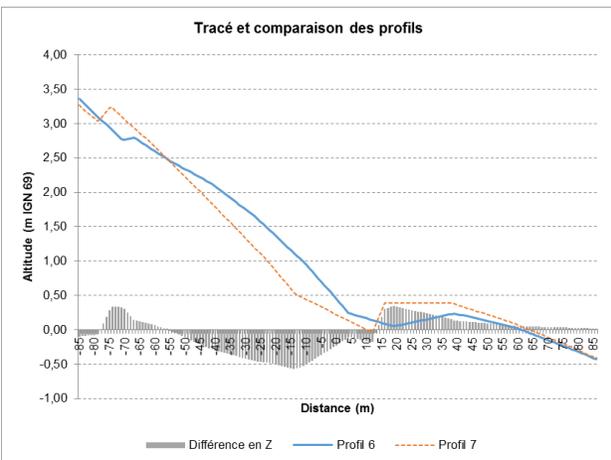
08/09/2014 – 19/11/2014

19/11/2014 – 08/04/2015

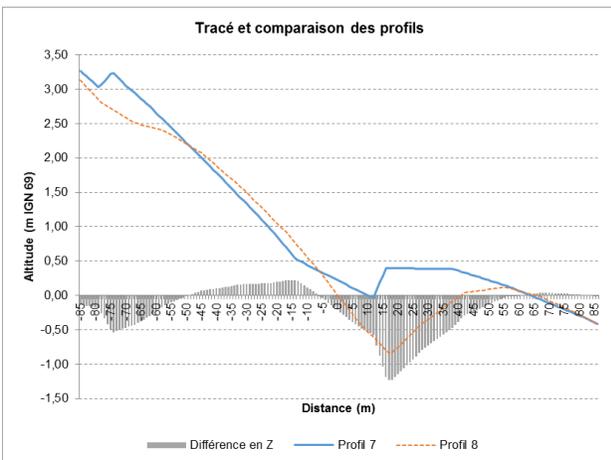
03/04/2013 - 08/04/2014



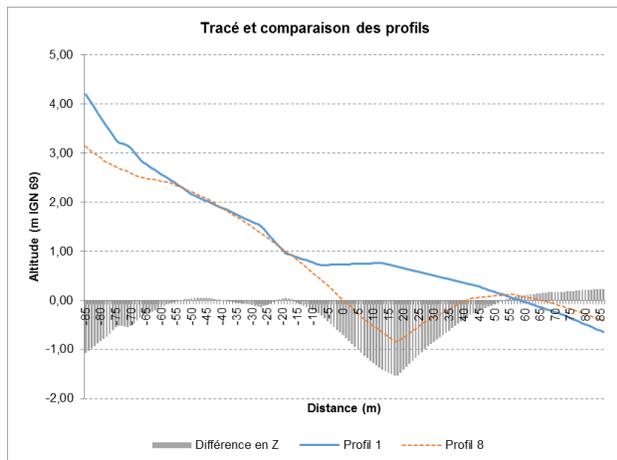
+ 54 m<sup>3</sup>



- 9 m<sup>3</sup>



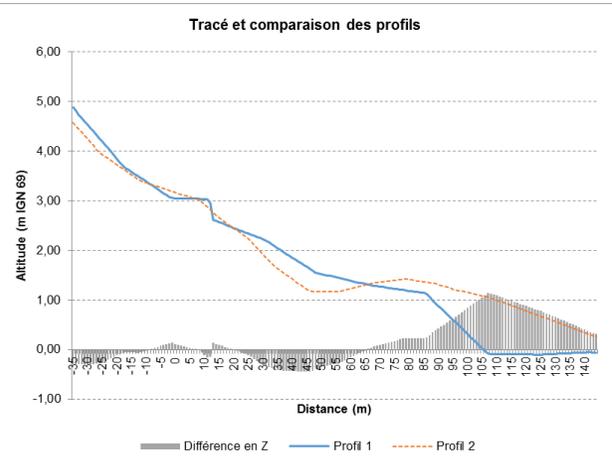
- 35 m<sup>3</sup>



- 59 m<sup>3</sup>

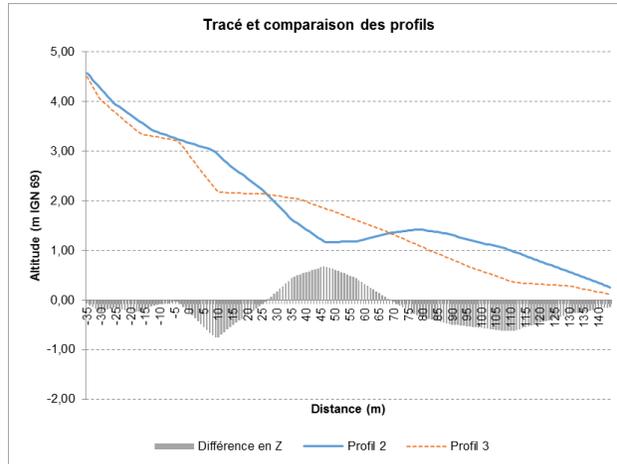
# P520

05/12/2013 – 05/02/2014



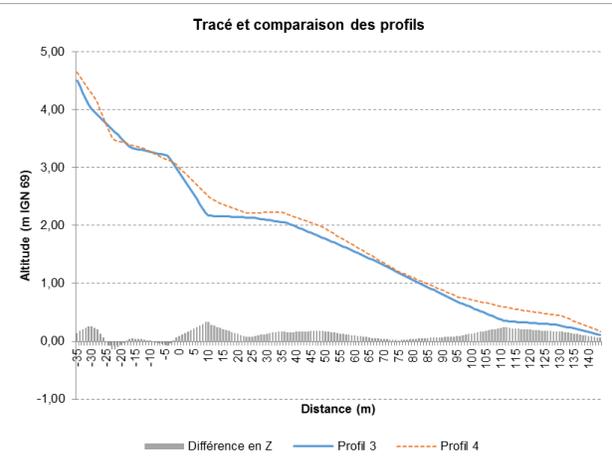
+ 29 m<sup>3</sup>

05/02/2014 – 02/04/2014



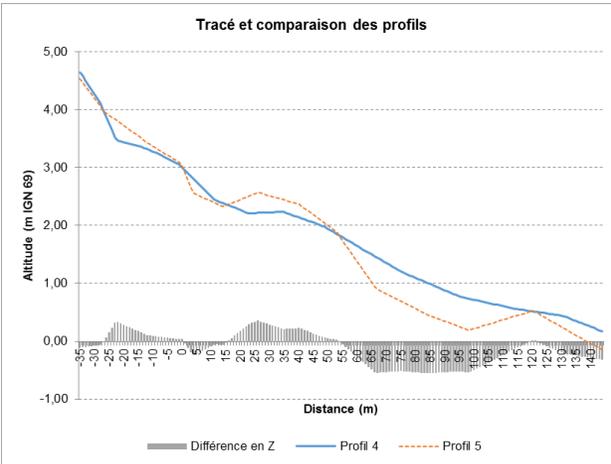
- 30 m<sup>3</sup>

02/04/2014 – 20/05/2014



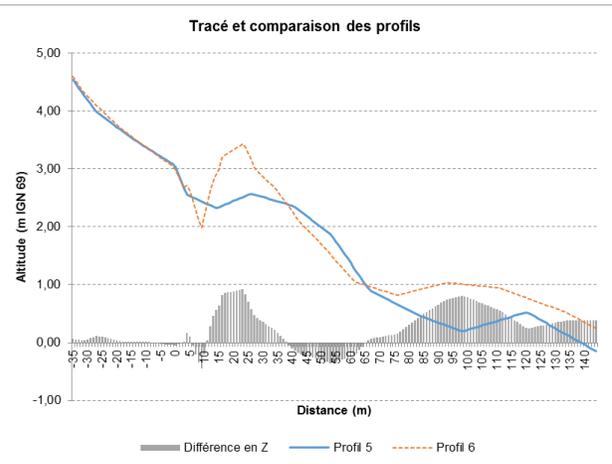
+ 21 m<sup>3</sup>

20/05/2014 – 08/09/2014



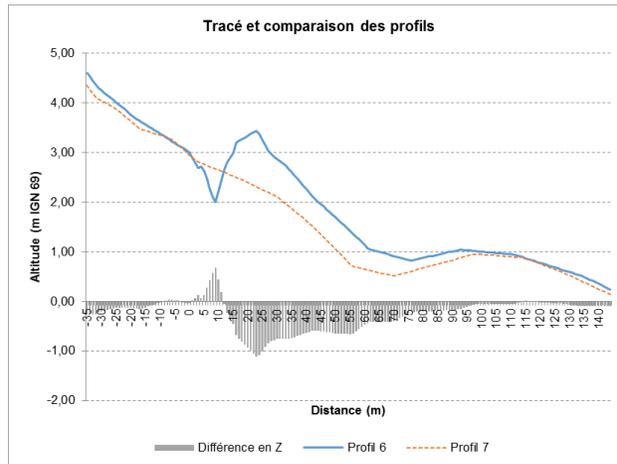
- 21 m<sup>3</sup>

08/09/2014 – 19/11/2014



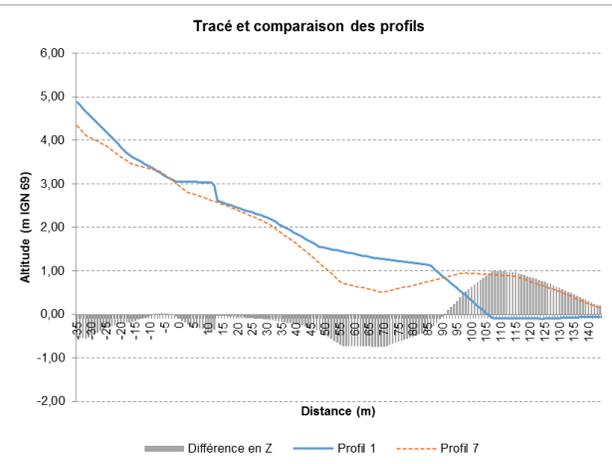
+ 41 m<sup>3</sup>

19/11/2014 – 08/04/2015



- 47 m<sup>3</sup>

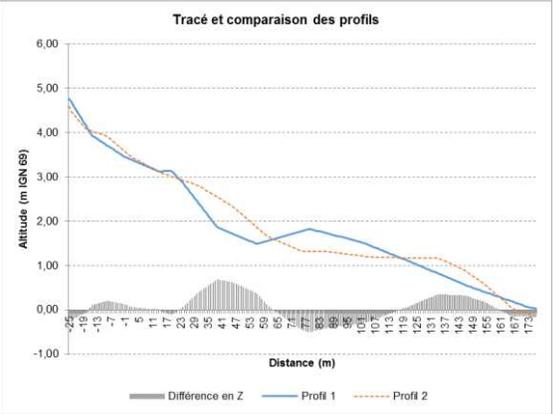
05/12/2013 – 08/04/2015



- 6 m<sup>3</sup>

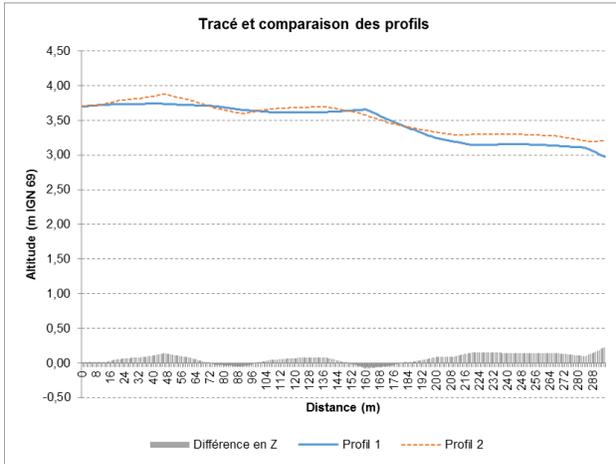
# P530

21/09/2012 – 08/04/2015



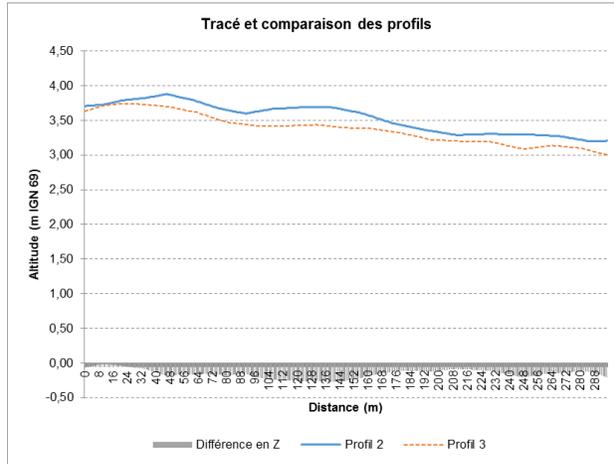
+ 9 m<sup>3</sup>

04/09/2013 – 30/10/2013



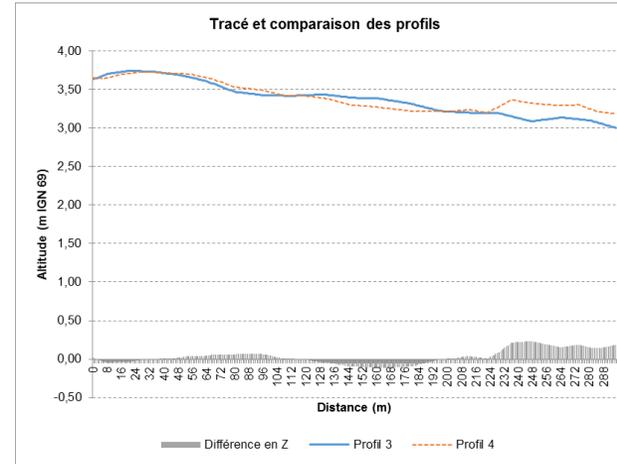
+ 18 m<sup>3</sup>

30/10/2013 – 05/12/2013



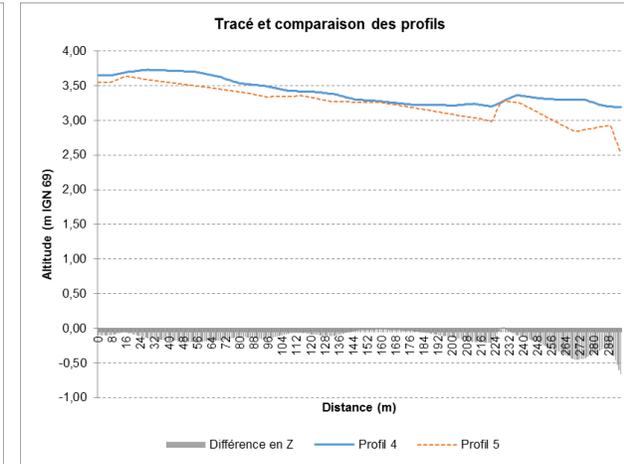
- 45 m<sup>3</sup>

05/12/2013 – 05/02/2014



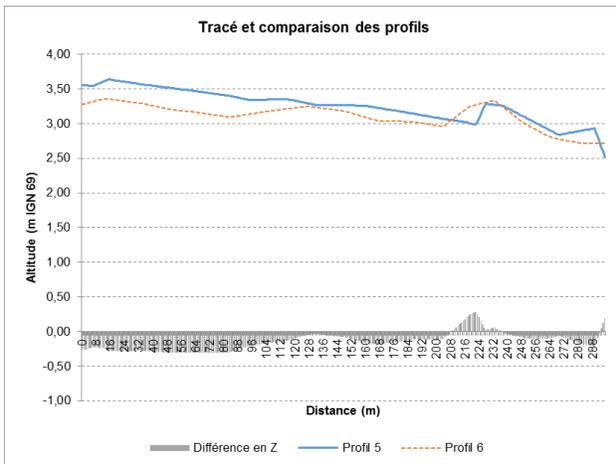
+ 9 m<sup>3</sup>

05/02/2014 – 02/04/2014



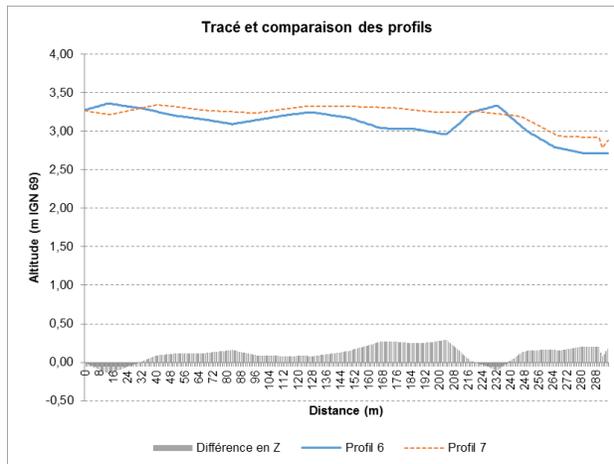
- 44 m<sup>3</sup>

02/04/2014 – 20/05/2014



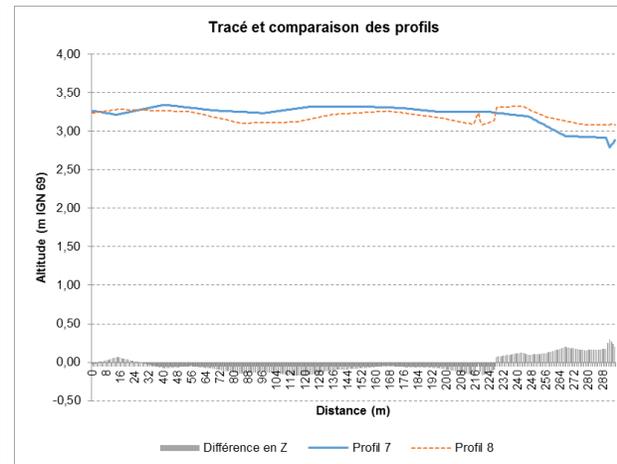
- 42 m<sup>3</sup>

20/05/2014 – 08/09/2014



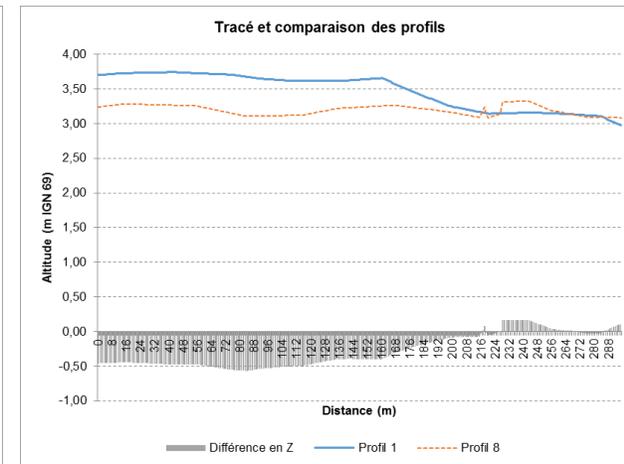
+ 33 m<sup>3</sup>

08/09/2014 – 19/11/2014



- 9 m<sup>3</sup>

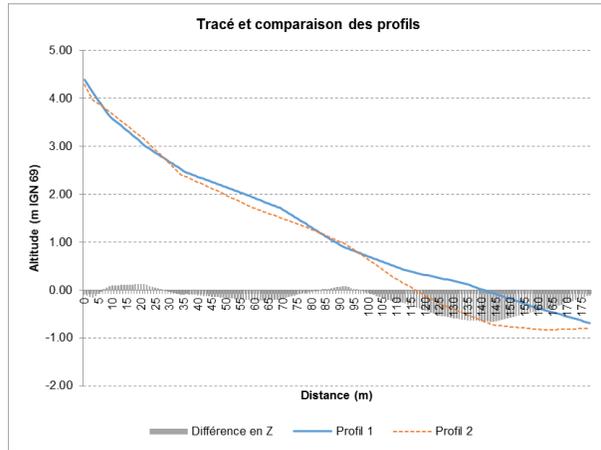
04/09/2013 – 19/11/2014



- 81 m<sup>3</sup>

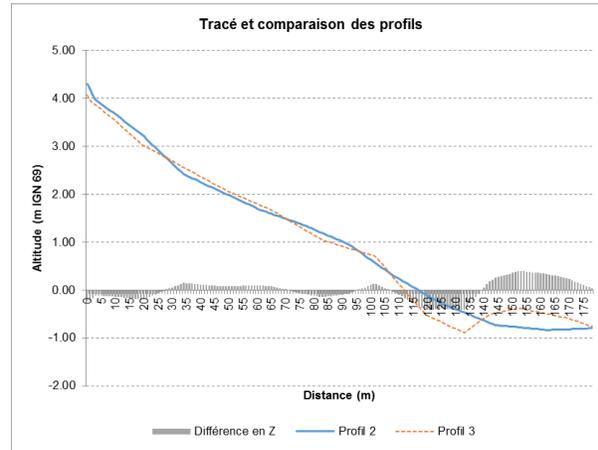
# P2

04/09/2013 – 30/10/2013



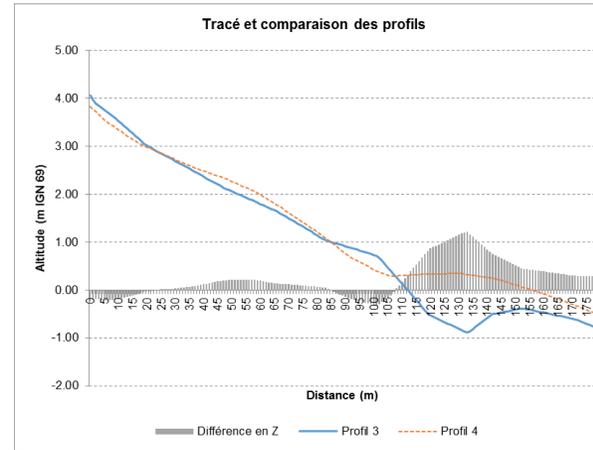
- 38 m<sup>3</sup>

30/10/2013 – 05/12/2013



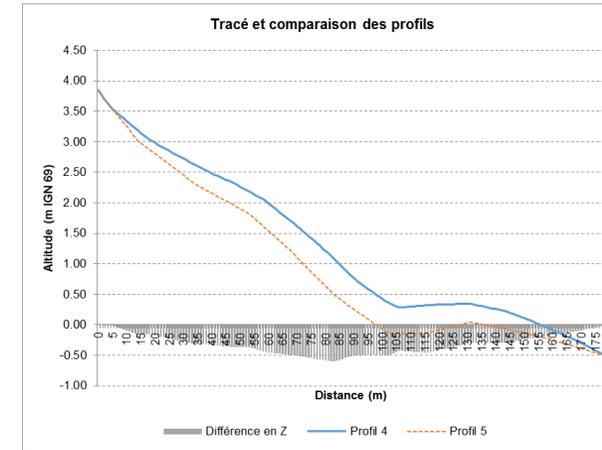
0 m<sup>3</sup>

05/12/2013 – 05/02/2014



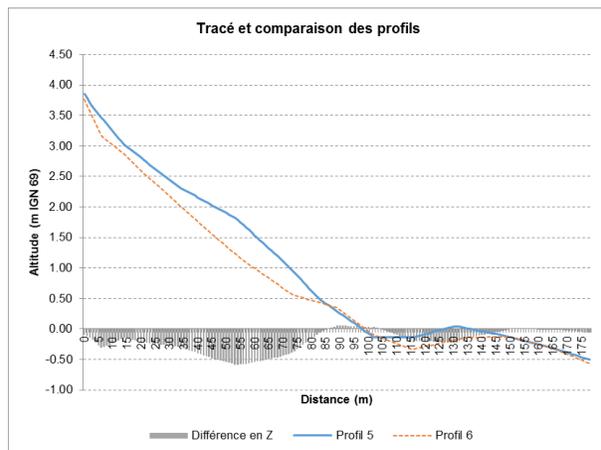
+ 42 m<sup>3</sup>

05/02/2014 – 02/04/2014



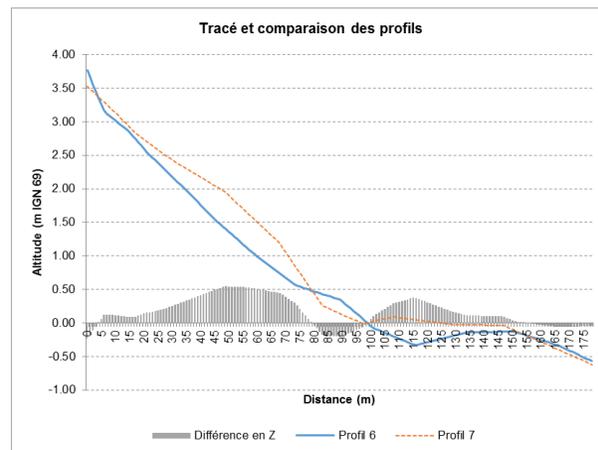
- 57 m<sup>3</sup>

02/04/2014 – 20/05/2014



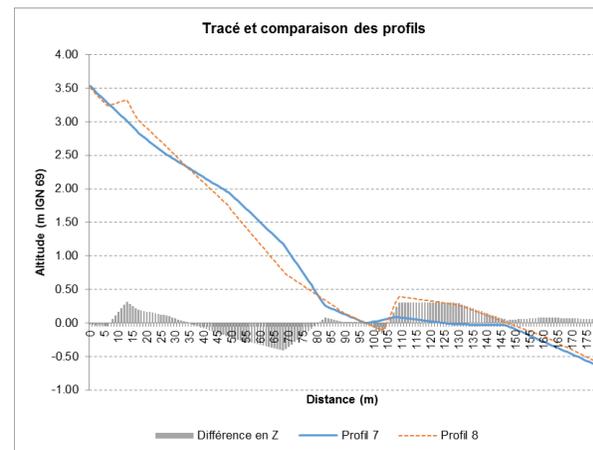
- 34 m<sup>3</sup>

20/05/2014 – 08/09/2014



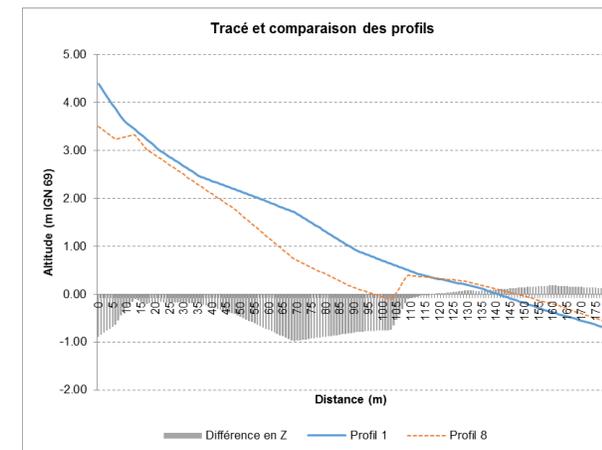
+ 29 m<sup>3</sup>

08/09/2014 – 19/11/2014



+ 5 m<sup>3</sup>

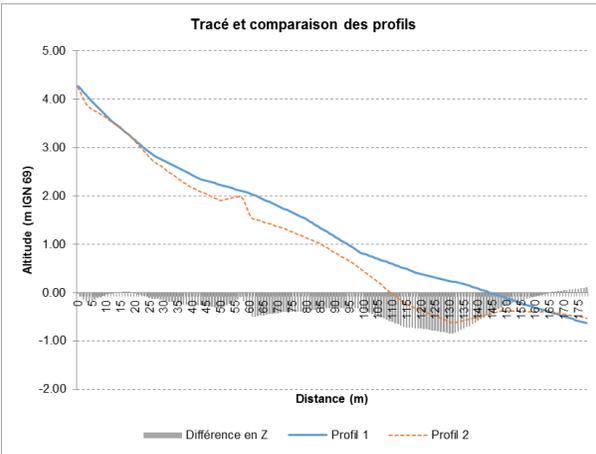
04/09/2013 – 19/11/2014



- 54 m<sup>3</sup>

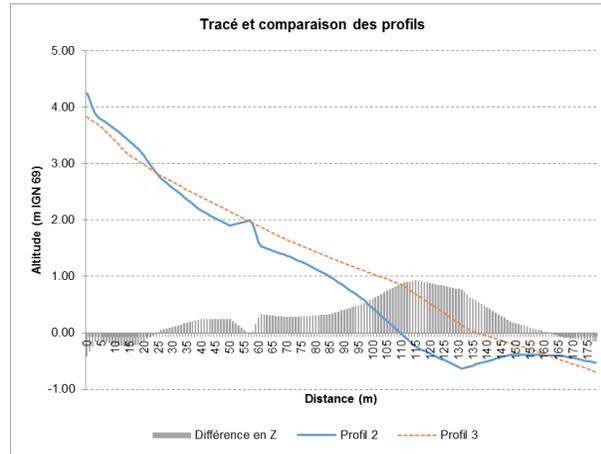
# P3

04/09/2013 – 30/10/2013



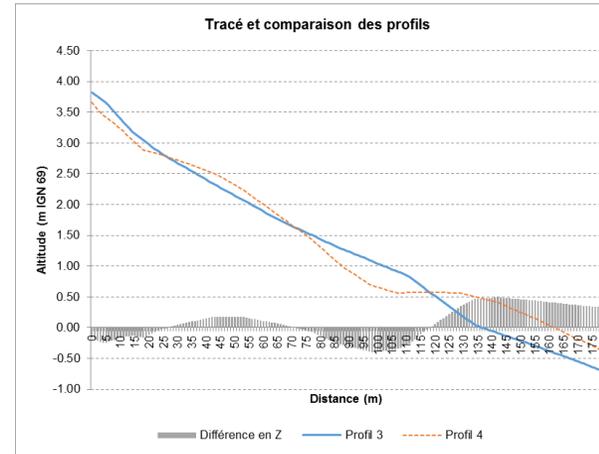
- 57 m<sup>3</sup>

30/10/2013 – 05/12/2013



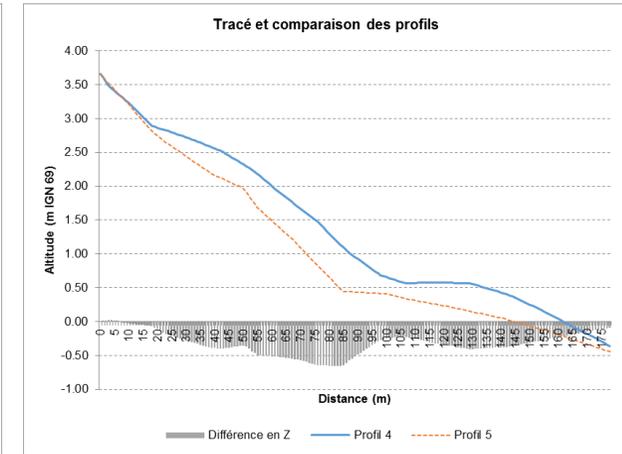
+ 48 m<sup>3</sup>

05/12/2013 – 05/02/2014



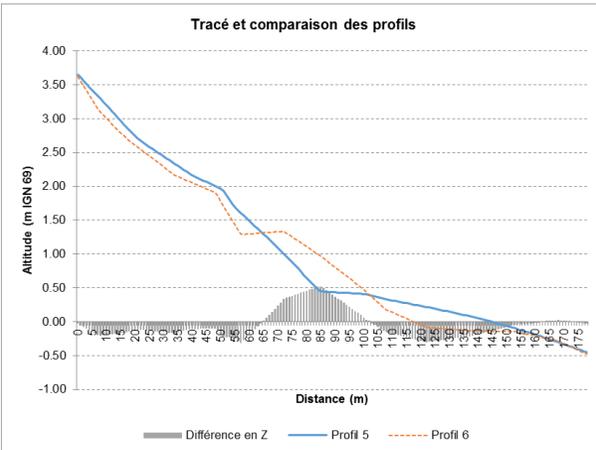
+ 12 m<sup>3</sup>

05/02/2014 – 02/04/2014



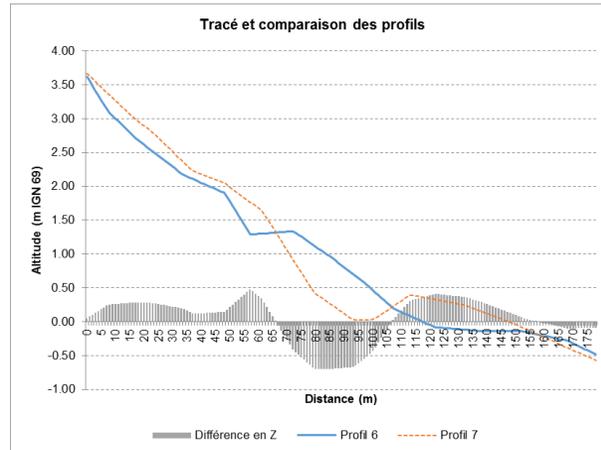
- 57 m<sup>3</sup>

02/04/2014 – 20/05/2014



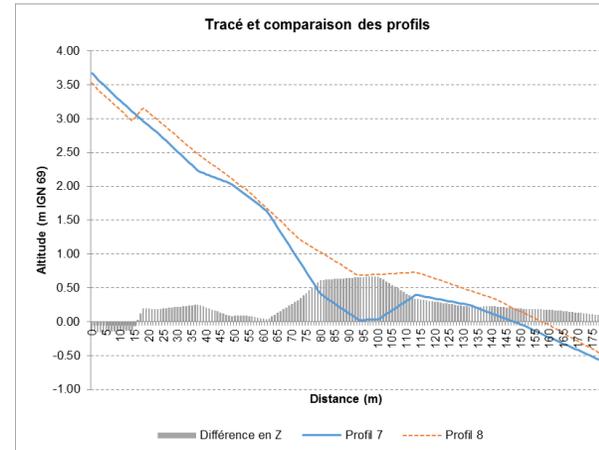
- 8 m<sup>3</sup>

20/05/2014 – 08/09/2014



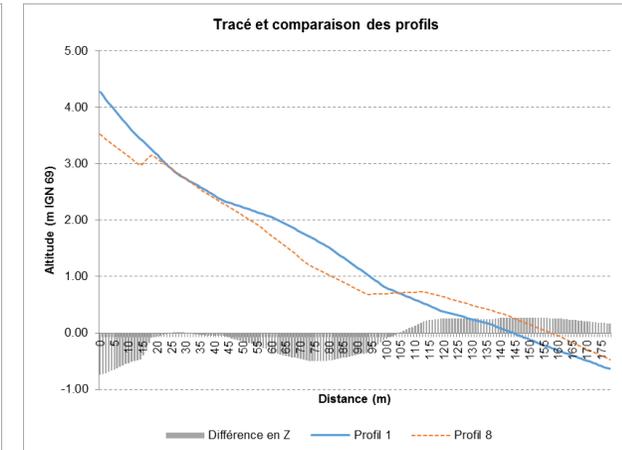
+ 6 m<sup>3</sup>

08/09/2014 – 19/11/2014



+ 43 m<sup>3</sup>

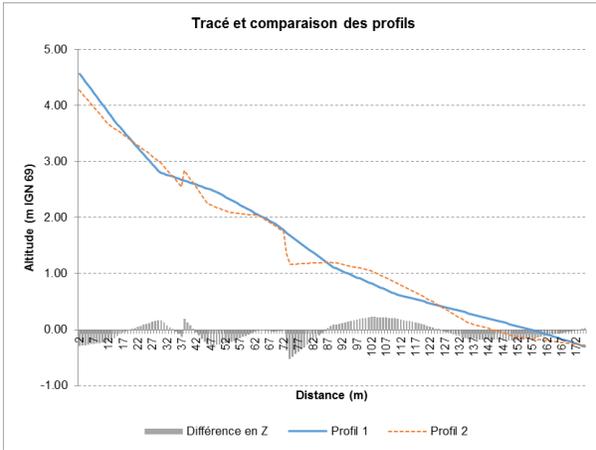
04/09/2013 – 19/11/2014



- 12 m<sup>3</sup>

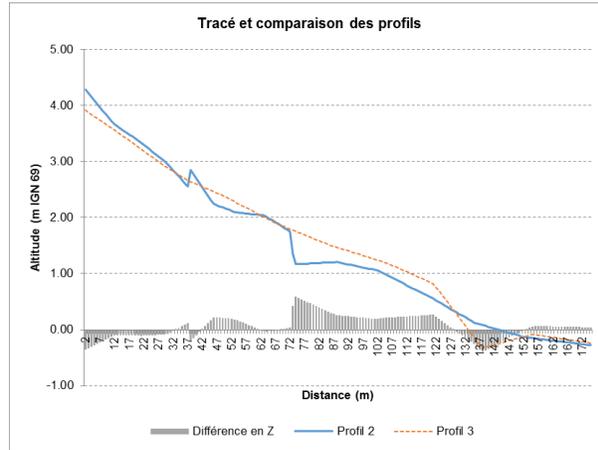
# P4

04/09/2013 – 30/10/2013



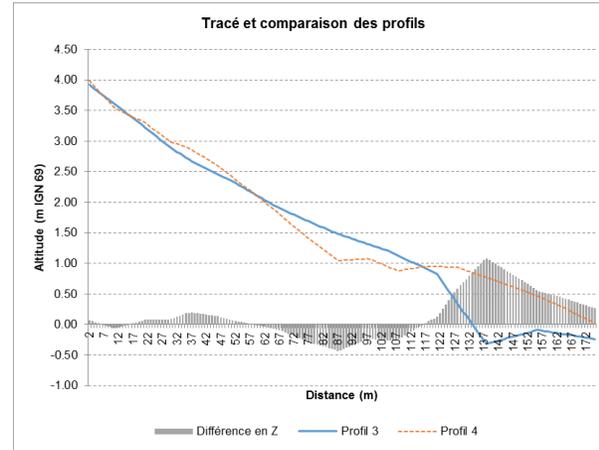
- 10 m<sup>3</sup>

30/10/2013 – 05/12/2013



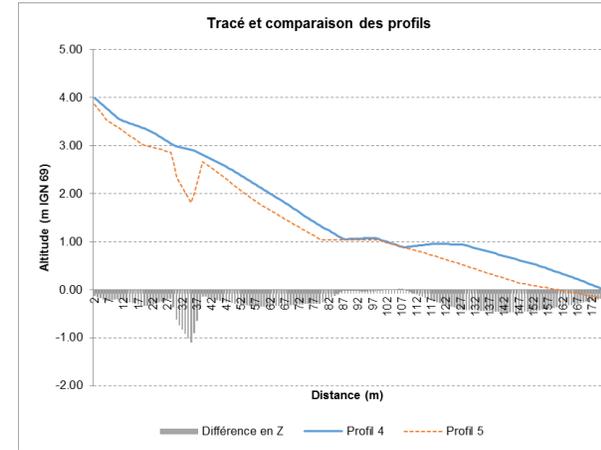
+ 9 m<sup>3</sup>

05/12/2013 – 05/02/2014



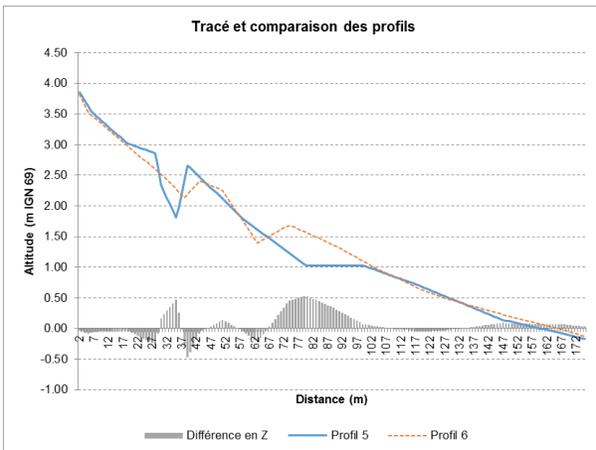
+ 24 m<sup>3</sup>

05/02/2014 – 02/04/2014



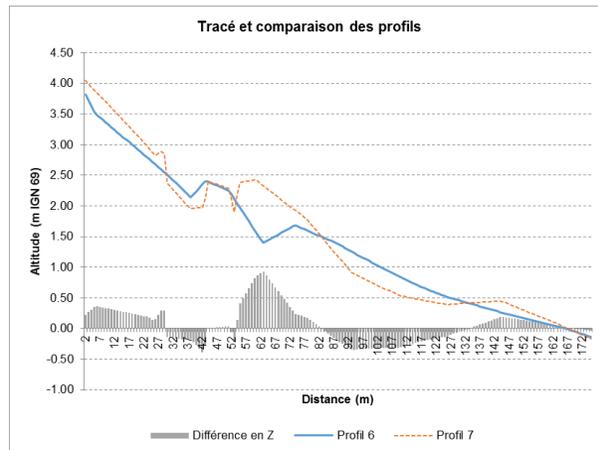
- 50 m<sup>3</sup>

02/04/2014 – 20/05/2014



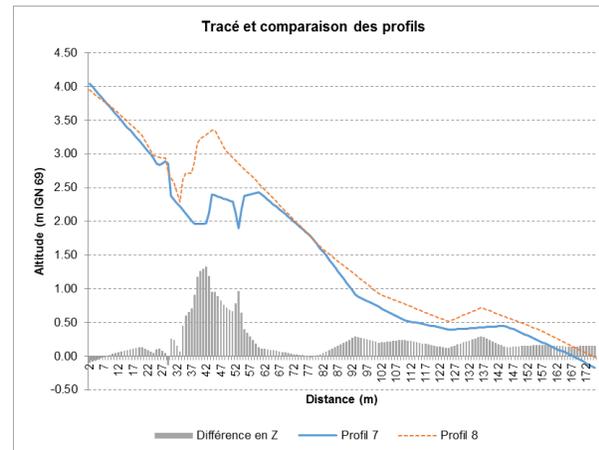
+ 10 m<sup>3</sup>

20/05/2014 – 08/09/2014



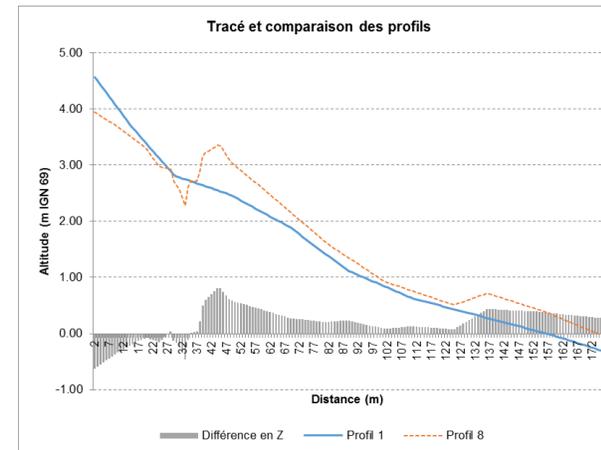
+ 10 m<sup>3</sup>

08/09/2014 – 19/11/2014



+ 39 m<sup>3</sup>

04/09/2013 – 19/11/2014



+ 34 m<sup>3</sup>

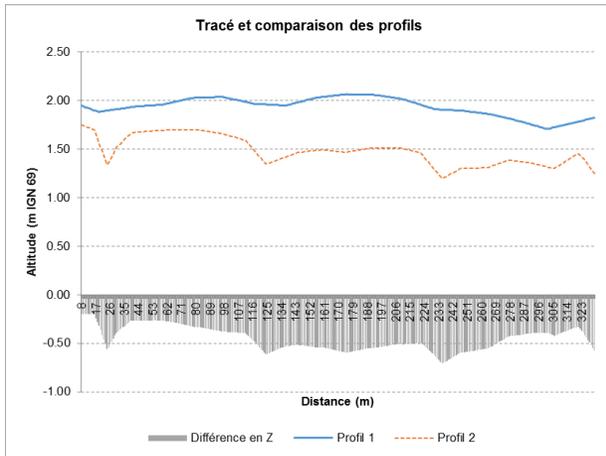
# P5

04/09/2013 – 30/10/2013

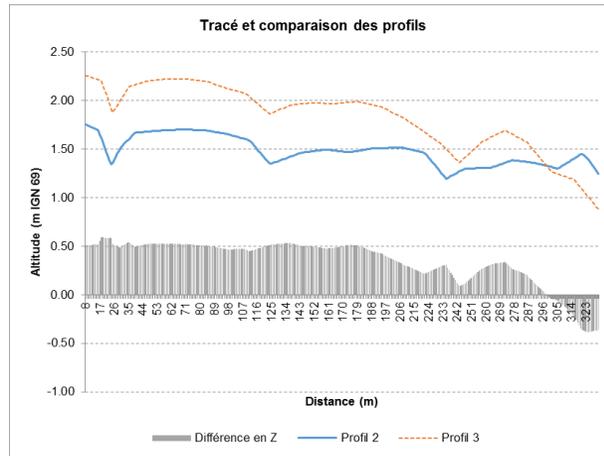
30/10/2013 – 05/02/2014

05/02/2014 – 02/04/2014

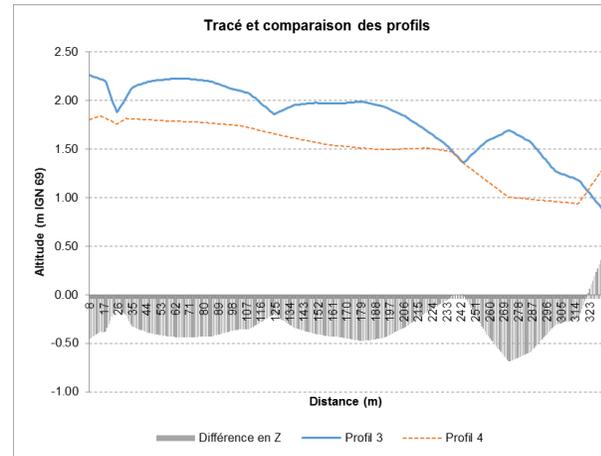
02/04/2014 – 20/05/2014



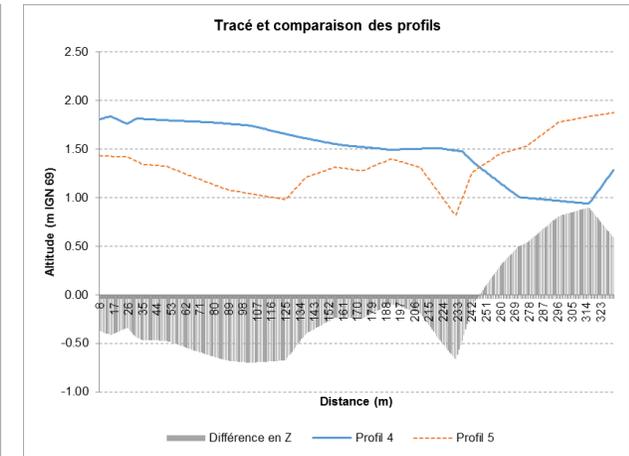
- 146 m<sup>3</sup>



+ 112 m<sup>3</sup>



- 109 m<sup>3</sup>

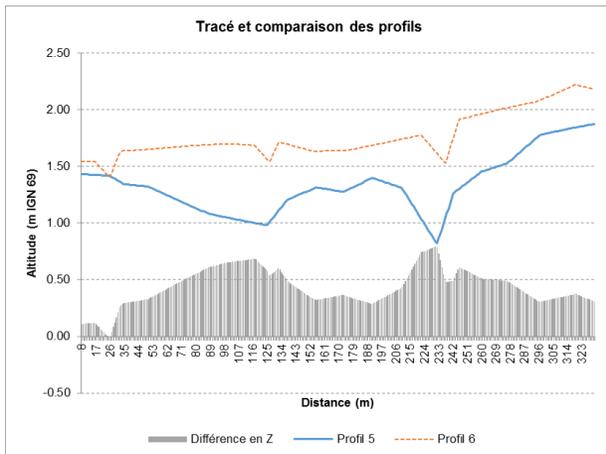


- 51 m<sup>3</sup>

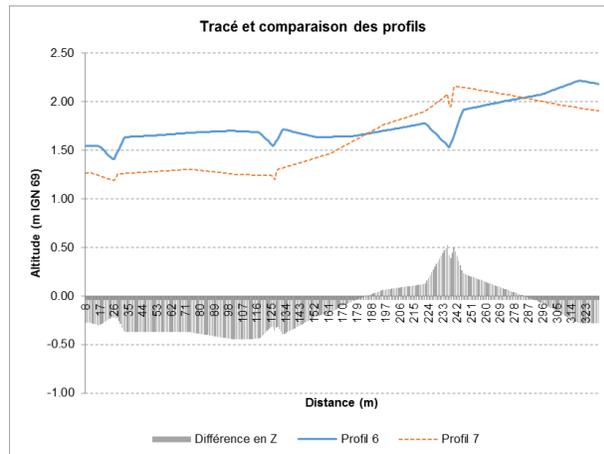
20/05/2014 – 08/09/2014

08/09/2014 – 19/11/2014

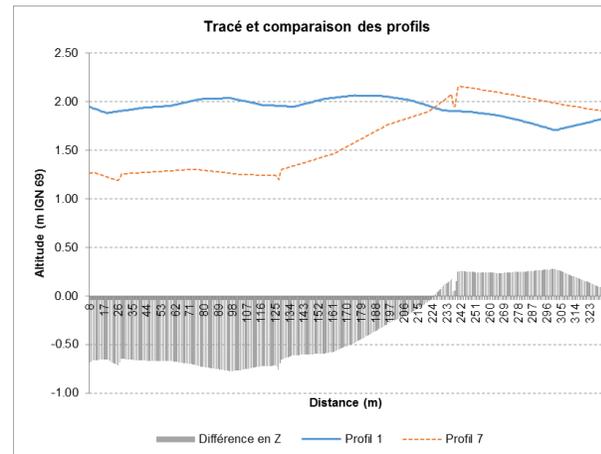
04/09/2013 – 19/11/2014



+ 140 m<sup>3</sup>



- 48 m<sup>3</sup>



- 102 m<sup>3</sup>