

Document public



Observatoire de la côte sableuse catalane - OBSCAT: rapport technique d'année 3

Rapport final

BRGM/RP-66077-FR

Juillet 2016



Document public

Observatoire de la côte sableuse catalane - OBSCAT: rapport technique d'année 3

Rapport final

Étude réalisée dans le cadre du projet
de Service public du BRGM

M. Lothe, Y. Balouin, E. Palvadeau, A. Stépanian et R. Bélon

Avec la collaboration de
F. Maldan, G. Bodéré, A. Latapy, C. Bouvier, V. Sibert, D. Dailloux, L. Sabarich

Vérificateur :

Nom : Desmazes, F.

Fonction : Ing. Littoral

Date : 08/10/2015

Approbateur :

Nom : Blum, A.

Fonction : Directrice Régionale

Date : 11/10/2016



Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.



Mots-clés : aménagement, barre d'avant-côte, bilan sédimentaire, Canet en Roussillon, embouchure, dunes, Le Barcarès, littoral, observatoire, profils, sableux, Roussillon, Sainte Marie Plage, Torreilles plage, Leucate, trait de côte.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Lothe, M., Balouin Y., Palvadeau, E., Stepanian, A. et Belon R., coll. Maldan F., Bodéré G., Latapy, A., Bouvier, C., Sibert V., Dailloux D. et Sabarich, L. (2016) – Observatoire de la côte sableuse catalane - OBSCAT: rapport technique d'année 3. Rapport final. BRGM/RP-66077-FR, 226 p., 208 ill., 2 ann..

Synthèse

Située dans le Golfe du Lion, la côte sableuse catalane est une unité hydrosédimentaire de 44 km orientée nord-sud, s'étendant de la plage du Racou (commune d'Argelès-sur-Mer) au cap Leucate et constituant la bordure littorale de la plaine du Roussillon. A la fois basse et très aménagée, cette côte est fortement vulnérable aux tempêtes marines et aux aléas associés d'érosion côtière et de submersion marine.

Dans ce contexte, Perpignan Méditerranée Communauté Urbaine (PMCU), dont les 4 communes côtières (Le Barcarès, Torrelles, Sainte-Marie-la-Mer, Canet-en-Roussillon) couvrent 23 km de ce linéaire, a initié une démarche de suivi afin de mieux comprendre la dynamique en action et entreprendre une gestion cohérente et intégrée de son territoire littoral.

Dans ce but, l'observatoire de la côte sableuse catalane (OBSCAT) est lancé depuis mi-2013 sur les quatre communes de l'agglomération, en attendant le rattachement des autres communes riveraines (Leucate, Saint-Cyprien, Elne et Argelès-sur-Mer). En 2015, la commune de Leucate s'est rattachée à l'Obscat dans sa troisième année. Ce projet est cofinancé par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée & Corse, Perpignan Méditerranée, la commune de Leucate et la dotation pour charge de service public du BRGM.

Ce rapport présente les résultats techniques de l'année 3 de l'observatoire (de l'automne 2015 au printemps 2016). Cette troisième année a permis de compléter les observations initiées en année 1 et 2 (topo-bathymétrie) en poursuivant les levés à plus grande échelle (images satellites) mais aussi à plus haute fréquence (images vidéo). Dans les zones difficiles d'accès (dunes, embouchures), les moyens d'acquisition ont été systématisés avec le recours à une embarcation légère pour la bathymétrie et la mise en œuvre de levés drones photogrammétriques pour la topographie.

Le bilan des observations entre septembre 2015 et mai 2016 est présenté. Cette période, assez énergétique, a été marquée par l'occurrence de 5 tempêtes ayant des vagues au large de plus de 3 m, et des forts vents, dépassant parfois les 120 km/h.

Le bilan sédimentaire est globalement positif sur l'ensemble de la zone. Les apports en sédiments par rechargements en sables effectués au niveau du Barcarès et de Sainte-Marie y jouent un rôle important.

Toutefois, plusieurs zones de forte érosion se détachent, notamment le secteur au droit de l'épi nord à Sainte Marie, même si le rechargement réalisé en 2016 a permis de reconstituer partiellement la plage, et le secteur au sud du Lydia (commune du Barcarès) où un recul parfois prononcé du trait de côte est observé.

L'analyse de l'évolution des différents sites depuis la création de l'OBSCAT en 2013 a montré que les bilans sédimentaires sur trois ans étaient contrastés. Ces bilans cumulés indiquent que :

- Sur la zone complète, l'ensemble des sites (hors embouchures) présente un comportement similaire qui se traduit par une augmentation progressive du volume sableux, à l'exception de deux périodes : printemps à automne 2014 et hiver 2015-2016 qui présentent des baisses de volume ou restent globalement stables. Les secteurs

d'embouchures ont un comportement différent, avec des périodes ponctuelles d'accrétion/érosion, et un comportement globalement stable le reste du temps. Ceci est probablement à mettre en relation avec les crues importantes qui demeurent le facteur d'évolution prédominant ;

- Sur les zones de plages émergées, on note :
 - o Une très forte variabilité sur les plages du Barcarès, liée aux rechargements de la plage nord ;
 - o Une variabilité saisonnière contrastée pour les autres sites, mais qui se traduit par un bilan sédimentaire légèrement positif sur la période de suivi pour les plages du Lydia, de Canet Nord et de Torreilles, et légèrement négatif pour les plages de Sainte-Marie et Canet Sud.

Le retour d'expérience sur ces trois années d'observation indique que les données acquises à une fréquence saisonnière sur trois ans (trait de côte, topo-bathymétrie, morphologie dunaire) par l'OBSCAT permettent, à partir de différents indicateurs morphologiques, de donner des premiers éléments de compréhension du fonctionnement de la côte sableuse roussillonnaise, d'apporter une expertise argumentée sur l'état des sites et les éventuelles actions de gestion de l'érosion côtière.

Si certains types d'acquisition seront probablement à modifier (la fréquence des levés altimétriques sur les cordons dunaire par exemple), une attention plus importante devra être portée aux événements impactant fortement le littoral (crues, tempêtes, aménagement majeurs) afin de mieux quantifier leurs impacts sur l'évolution des plages et la vulnérabilité des sites.

Par ailleurs, l'état des connaissances concernant les stocks sédimentaires présents a permis d'identifier des besoins d'acquisitions supplémentaires par géophysique sur les cordons dunaires. Ceux-ci pourront être réalisés notamment par l'implication de l'université de Perpignan Via Domitia dans les travaux de l'OBSCAT.

Table des matières

1. Introduction	23
2. Méthodes d'observation mises en œuvre	25
2.1. Le suivi topo-bathymétrique	25
2.1.1. Acquisition des données	25
2.1.2. Traitements des données.....	29
2.2. Le suivi video	32
2.3. Le suivi drone.....	35
2.3.1. Acquisition des données	35
2.4. Le suivi satellitaire : l'imagerie pleiades.....	36
2.4.1. Type de données et acquisitions	36
2.4.2. Traitements et applications	36
2.5. Le suivi de l'altimétrie dunaire	39
2.6. Le suivi in-situ de la végétation dunaire.....	39
2.6.1. Préambule.....	39
2.6.2. Période/Rythme	39
2.6.3. Localisation	40
2.6.4. Mode opératoire.....	40
2.6.5. Observations réalisées.....	40
2.7. Le suivi photographique	41
3. Bilan des stocks sédimentaires sur le littoral de l'OBSCAT.....	43
3.1. Présentation du système sédimentaire régional	43
3.2. Inventaire des données d'épaisseurs sédimentaires à partir de méthodes sismiques.....	43
3.2.1. Données sismiques de la thèse de Certain (2002)	44
3.2.2. Etude BCEOM (2002)	47

3.2.3.	Données de la thèse de Labaune (2005)	50
3.2.4.	Données de la thèse de Ferrer (2010)	56
3.2.5.	Données LITTOSIS (2015)	62
3.2.6.	Bilan des données sismiques sur le littoral de l'OBSCAT	67
3.3.	Données d'Épaisseurs sédimentaires sur la partie terrestre (lidos de Canet et Leucate)	68
3.3.1.	Données de géoradar	68
3.3.2.	Données de sondages	68
3.4.	Nature du stock sédimentaire local	72
3.5.	Perspectives d'approfondissement	74
3.5.1.	Bilan et propositions	74
3.5.2.	Stratégie d'investigation sur le domaine terrestre.....	75
4.	Synthèse des évolutions par cellule sédimentaire	76
4.1.	Conditions de forçage sur la période d'étude	76
4.1.1.	Données disponibles	76
4.1.2.	Conditions météorologiques	76
4.1.3.	Conditions de houle	77
4.1.4.	Niveaux d'eau	79
4.1.5.	Précipitations/débits fluviaux.....	80
4.1.6.	Conclusions sur les conditions de forçage de l'hiver 2015-2016	81
4.2.	Cellule 12 – du grau de Leucate à Leucate-plage	82
4.2.1.	Leucate-plage.....	82
4.3.	cellule 11 - De Port-leucate au grau de Leucate	87
4.3.1.	Plage du village naturiste de Leucate	87
4.4.	Cellule 10 – De leucate à Port-Barcares	91
4.4.1.	Le Lydia	92
4.4.2.	Dunes de Le Barcares Secteur du Mas de l'Isle.....	103
4.4.3.	Port Barcares Nord	107

4.5.	cellule 9 – De port barcares à l'agly.....	120
4.5.1.	Secteur 3 : Port Barcarès Sud.....	121
4.5.2.	Embouchure de l'Agly	128
4.6.	Cellule 8 – De l'Agly au Bourdigou	135
4.6.1.	Dunes de Torreilles	136
4.6.2.	Torreilles	141
4.6.3.	Embouchure du Bourdigou.....	149
4.7.	Cellule 7 - Du Bourdigou au port de canet-en-roussillon.....	157
4.7.1.	Dunes de Sainte-Marie.....	158
4.7.2.	Plage de Sainte-Marie.....	164
4.7.3.	Embouchure de la Têt.....	175
4.7.4.	Nord du Port de Canet-en-Roussillon.....	182
4.8.	Cellule 6 – Du port de canet-en-roussillon a st-cyprien.....	190
4.8.1.	Sud du port de Canet-en-Roussillon.....	191
4.8.2.	Dunes de Canet-en-Roussillon.....	199
5.	Bilan des trois premières années de l'OBSCAT.....	205
5.1.	Bilan sédimentaire sur les trois années de l'OBSCAT	205
5.2.	Retour d'expérience sur les observations réalisées entre 2013 et 2016	208
6.	Bibliographie	211
	Annexe 1	213
	Annexe 2.....	217

Table des illustrations

Illustration 1. Localisation de la zone d'étude et des sites de suivi - fond de carte IGN. La zone en pointillé indique les communes du compartiment hydrosédimentaire qui ne sont pas dans l'OBSCAT.	24
Illustration 2. Tableau de synthèse des données collectées au cours de l'année 2 de l'OBSCAT.	25
Illustration 3. Carte de localisation des secteurs d'étude et des profils de référence.	27
Illustration 4. Modes d'acquisition des données topographiques. A) Levé DGPS sur quad, OSBCAT, 07-04-2015 ; B) Levé DGPS avec perche, OBSCAT, 08-04_2015 ; Levé DGPS, avec sac à dos, OBSCAT, 09-2014.....	28
Illustration 5. Modes d'acquisition des données bathymétriques. A). Acquisitions bathymétriques en mer ; B) Transects bathymétriques ; C) Acquisition bathymétriques dans les embouchures.	29
Illustration 6. Etapes de traitement des données topobathymétriques.....	31
Illustration 7. Implantation de la webcam du Barcarès et délimitation des 5 prises de vue	32
Illustration 8. Exemples de prises de vue de la caméra C4 :	33
Illustration 9. Orthorectification des images, exemple de la caméra C4.....	33
Illustration 10. Résolution de l'image ortho-rectifiée dans la direction perpendiculaire (cross-shore, en haut) et parallèle (longshore, en bas) au trait de côte.	34
Illustration 11. Détection automatique de la position du trait de côte sur une image rectifiée et combinée (composée des prises de vues de plusieurs caméras). A gauche, position de la ROI (Région d'intérêt), à gauche, résultat de la détection du trait de côte sur l'image rectifiée.	34
Illustration 12. Positionnement des cibles	35
Illustration 13. Utilisations des images IGN Pléiades, suivi du trait de côte 2014 et 2015.....	37
Illustration 14. Suivi de la végétation dunaire par calcul NDVI.....	38
Illustration 15. Schema de sélection de l'échantillon pour la classification par signatures spectrales	39
Illustration 16 –Caractéristiques des différents transects suivis en 2014 et 2015.	41
Illustration 17 - Schéma typique de la géométrie des dépôts sédimentaires littoraux du Golfe du Lion (Raynal et al., 2015).....	43
Illustration 18 - Plan d'implantation des profils sismiques réalisés sur le littoral du Languedoc-Roussillon (Certain, 2002).	45

Illustration 19 - Exemple du profil sismique au niveau de Leucate (Certain, 2002). L'USU atteint 5 m d'épaisseur maximale et diminue progressivement vers le large où elle atteint 1,5 m à 10 m de profondeur. Elle est logiquement plus épaisse au niveau des barres. Elle repose sur deux réflecteurs correspondant aux toits de « grès de plage ». En dessous de ce niveau de grès (BRL – Beach Rock Layer), dont le pendage atteint 1%, la couche inférieure de sable compact se poursuit jusqu'à – 16 mètres.....	46
Illustration 20 - Exemple du profil sismique au niveau de Sainte-Marie (Certain, 2002). L'USU atteint 3,5 m d'épaisseur sur une couche de grès. L'épaisseur diminue rapidement vers le large en atteignant un minimum vers 6 m de profondeur.....	46
Illustration 21 - Exemple du profil sismique au nord et sud du port de Canet (Certain, 2002). Au nord du port, l'USU atteint une épaisseur d'environ 3 m et repose sur un réflecteur plus ou moins bien défini qui pourrait être du grès. A 10 m de fond, son épaisseur est inférieure à 50 cm. Deux barres sont bien développées, sans réflecteur interne visible. Au sud, le maximum d'épaisseur est d'environ 3 m et atteint un minimum de quelques dizaines de cm à 9-10 m de fond.	47
Illustration 22 - Plan d'implantation des profils entre l'Agly et le Cap Leucate (BCEOM, 2002).....	48
Illustration 23 - Caractéristiques du prisme littoral entre l'Agly et de cap Leucate d'après l'analyse des profils sismiques (BCEOM, 2002 modifié).....	49
Illustration 24 - Exemple de profil sismique. Profils 3 et 4 au sud et au nord des ouvrages du Barcarès (BCEOM, 2002).....	50
Illustration 25 - Plan de position des données sismiques très-haute résolution (VHR) en milieu côtier et haute résolution (HR) sur le plateau continental, utilisées par Labaune (2005) in Tesson et al. (2005).....	51
Illustration 26 - Carte des missions d'acquisition sismique en 2001 et 2002 sur le secteur littoral roussillonnais (www.gdargo.com).	52
Illustration 27 - Exemple de profil sismique THR (brut et interprété) au droit du littoral roussillonnais avec un profil de plage à barres (Labaune, 2005).	53
Illustration 28 - Carte d'isopaques du prisme littoral roussillonnais (Labaune, 2005).	54
Illustration 29 - Carottages dans l'étang (S1) et le Lido (S2) de Salses-Leucate et (d'après Tesson et al., 2005).....	55
Illustration 30 - Corrélations sismique-carottage sur le milieu étang-lido-avant-côte au droit de l'étang de Salses-Leucate (Labaune, 2005).	56
Illustration 31 - Tests de prospection par géoradar réalisés dans la thèse de P. Ferrer (2010).....	57
Illustration 32 - Plan des profils sismiques acquis dans le secteur de Leucate (Ferrer, 2010).....	58

Illustration 33 - Profil sismique dans la lagune de Salses-Leucate (Ferrer, 2010). En haut le profil boomer IKB Seitec, en bas le profil avec le sondeur de sédiment Innomar SES2000.	59
Illustration 34 - Exemple du profil n°20 à Leucate-lage. Image brute et interprétation sismique (Ferrer, 2010).....	60
Illustration 35 - Réseau de profil en mer à Leucate-plage, profils orthogonaux au littoral et profils parallèles au trait de côte, utilisés pour le pointé du toit du substratum rocheux (Ferrer, 2010).....	60
Illustration 36 - Avant-côte de Leucate-plage : carte bathymétrique, carte isohypses du substratum rocheux et carte d'isopaques du disponible sédimentaire.....	61
Illustration 37 - Exemple de structure sédimentaires identifiées dans la barre externe sur le profil n°12 (Ferrer, 2010).	62
Illustration 38 - Plan d'implantation des profils sismiques LITTOSIS et zoom sur les données disponibles sur le littoral de l'OBSCAT (d'après Raynal et al., 2015).	63
Illustration 39 - Exemple du profil p271 au droit du Canet (d'après Raynal et al., 2015).	64
Illustration 40 - Résultats LITTOSIS sur le littoral de l'OBSCAT. Estimation du volume de sédiments disponibles (USU) par profil en m ³ /ml (d'après Raynal et al., 2015).	65
Illustration 41 - Résultats LITTOSIS sur le littoral de l'OBSCAT. Cartes isopaques de l'épaisseur sédimentaire en m (d'après Raynal et al., 2015).	66
Illustration 42 - Estimation des volumes de l'USU par cellule et sous-cellule sédimentaire le long du littoral du Languedoc-Roussillon et sur le périmètre de l'OBSCAT (d'après Raynal et al., 2015).....	67
Illustration 43 - Données disponibles dans la BSS (www.infoterre.brgm.fr)	68
Illustration 44 - Cartographie des formations littorales sur la plaine du Roussillon (Duvail, 2008).	69
Illustration 45 - Sondage à la tarière de Leucate (Duvail, 2008).	71
Illustration 46 - Echantillonnage granulométrique réalisé dans le projet LITTOSIS (Raynal et al., 2015).....	72
Illustration 47 - Variabilité granulométrique des sédiments superficiels le long du littoral du Languedoc-Roussillon (Raynal et al., 2015).....	73
Illustration 48 - Synthèse des gisements sableux potentiels identifiés (Safege, 2010).	74
Illustration 49. Rose des vents à la station de Leucate: vents moyens (à gauche) et rafales (à droite). Source: météociel.	76
Illustration 50. Conditions météorologiques du 01/10/2013 au 27/06/2016: a) température de l'eau (C°) à la bouée de Leucate ; b) Température de l'air (C°) à la station de Leucate ; c) Vitesse du vent (km/h) à la station de Leucate	77

Illustration 51. Conditions de houle d'octobre 2013 à mai 2016 (données CANDHIS, en bleue ; Modèle Puertos d'Estado, en rouge). Plong correspond à la puissance longitudinale de la houle.....	78
Illustration 52. Rose des houles à Leucate d'octobre 2013 à mai 2016.....	79
Illustration 53 Niveaux d'eau au marégraphe. Source : Marégraphes Refmar, www.ioc-sealevelmonitoring.org	80
Illustration 54. Précipitations (mm) à Rivesaltes depuis Octobre 2013: en bleu cumul mensuel, en rouge maximum sur 24h. Donnée infoclimat.fr	80
Illustration 55. Débit journaliers (en m3/j) des fleuves Têt (station Perpignan) et Agly (station Rivesaltes) depuis Octobre 2013. Données SPC Méditerranée Ouest.....	81
Illustration 56. Suvi photographique Leucate. Décembre 2015 à gauche (partie nord) et mai 2016 à droite (partie sud) (Obscat : campagne 2015/2016)	82
Illustration 57. Carte des traits de côte entre décembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de Leucate-Plage	84
Illustration 58. Profil Leucate 6. Décembre 2015 et mai 2016. Secteur de Leucate-Plage	85
Illustration 59. Carte topobathymétrique de décembre 2015 et mai 2015 (en haut) ; carte des volumes sédimentaires déplacés entre novembre 2015 et mai 2016 (en bas) pour le secteur de Leucate-plage	86
Illustration 60. Tableaux des volumes sédimentaires déplacés entre décembre 2015 et juin 2016 pour le secteur de Leucate-Plage.....	86
Illustration 61. Carte des traits de côte entre novembre 2015 et mai 2016 pour le secteur du village naturiste	88
Illustration 62. Carte topobathymétrique de décembre 2015 et mai 2015 (en haut) ; carte des volumes sédimentaires déplacés entre novembre 2015 et mai 2016 (en bas) pour le secteur de Leucate-plage	89
Illustration 63. Profil Village naturiste 14. Décembre 2015 et juin 2016. En haut, zoom sur la partie émergée du profil.....	90
Illustration 64. Tableaux des volumes sédimentaires déplacés entre décembre 2015 et juin 2016 pour le secteur du village naturiste.....	90
Illustration 65. Localisation des secteurs A ; 1 et 2 au sein de la cellule 10 (fond Google Earth)	91
Illustration 66. Suivi photographique le Lydia (à gauche) profil de bas de plage en mai 2016 (OBSCAT) ; (à droite) haut de plage, en face du Lydia (OBSCAT)	92
Illustration 67. Carte des traits de côte entre novembre 2015 et mai 2015 du secteur du Lydia	93
Illustration 68. Profil Lydia N, novembre 2015 à mai 2016. Secteur du Lydia.....	94

Illustration 69. Profil Lydia C, novembre 2015 à mai 2016. Secteur du Lydia	94
Illustration 70. Profil BT074006, novembre 2015 à mai 2016. Secteur du Lydia	94
Illustration 71. Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/ novembre 2015 et novembre 2015/mai 2016 pour le secteur du Lydia	96
Illustration 72. Tableaux des volumes sédimentaires déplacés entre décembre 2015 et juin 2016 pour le secteur du Lydia	96
Illustration 73. Bilan sédimentaire entre avril 2014 et mai 2016 pour le secteur du Lydia	97
Illustration 74. Déplacements sédimentaires (en cm/m ²) pour le secteur du Lydia.....	97
Illustration 75. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur du Lydia	98
Illustration 76 - Evolution morphologique de l'environnement dunaire dans le secteur du Lydia entre 2010 et 2016.	100
Illustration 77. Schéma des mouvements saisonniers de l'avant-côte et du trait de côte pour le secteur du Lydia.....	102
Illustration 78. Evolution de la végétation dunaire entre 2013 et 2015 par classification spectrale au Mas de l'isle.....	103
Illustration 79 - Evolution morphologique de l'environnement dunaire dans le secteur du Mas de L'Isle entre 2010 et 2016.	104
Illustration 80 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015.....	105
Illustration 81 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone).....	105
Illustration 82 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en sept 2014 (à gauche) et sept 2015 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil.....	105
Illustration 83 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015.....	106
Illustration 84 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone).....	106
Illustration 85 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en sept 2014 (à gauche) et sept 2015 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil.....	106
Illustration 86. Suivi photographique de Port Barcarès nord. A gauche, secteur avec rechargement sédimentaire; à droite secteur sud, au niveau des épis. OBSCAT, campagne 2016.....	107
Illustration 87. Carte des traits de côte entre septembre 2015 et juin 2016 pour le secteur de Port Barcarès Nord	109

Illustration 88. Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacé entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur de Port Barcarès Sud.....	110
Illustration 89. Tableaux de synthèse des sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur nord de Port-Barcarès	110
Illustration 90. Profil Port Barcarès Nord - Nord. Septembre 2015 et juin 2016.....	111
Illustration 91. Profil Barcarès Nord - Centre. Septembre 2015 et juin 2016	111
Illustration 92. Profil Barcarès Nord - Sud. septembre 2015 et juin 2016	111
Illustration 93 – Dates des traits de côte retenus pour l’analyse des évolutions d’Octobre 2014 à juin 2016.....	112
Illustration 94 – Evolution du trait de côte sur le littoral du Barcarès par suivi vidéo : à gauche, amplitude des mouvements d’Oct 2014 à Juin 2016 ; à droite, évolution saisonnière du trait de côte (en vert, traits de côte de mai, en rouge, traits de côtes d’octobre), fond OrthoLittoral©IGN.	114
Illustration 95 – Suivi vidéo à haute fréquence sur la plage du Barcarès : a) mobilité du trait de côte en plusieurs points du littoral (localisés sur l’image satellite à gauche), b) mobilité Est-Ouest des tombolos, c) mobilité Nord-Sud des tombolos, d) vitesse du vent (moyen et rafales en km/h) et e) hauteurs significatives des vagues à la bouée de Leucate (en m).....	115
Illustration 96. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et juin 2016. zone complète en bleu, zone émergée en rouge	116
Illustration 97. Déplacements sédimentaires (en cm/m ²) pour le secteur nord de Port Barcarès.....	116
Illustration 98 – Etat de la végétation dunaire en Octobre 2015.....	117
Illustration 99 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en Mai 2015. Les points verts indiquent les début/fin de profil.	117
Illustration 100. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Port Barcarès Nord.....	119
Illustration 101 : Localisation des secteurs 3 et 4 au sein de la cellule 09 (fond Google Earth)	120
Illustration 102. Suivi photographique du secteur de Port Barcarès Sud.....	121
Illustration 103. Carte des évolutions du trait de côte entre septembre 2015 et juin 2016 pour le secteur Port Barcarès Sud.....	122
Illustration 104. Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre2015 et septembre2015/mai 2016 pour le secteur de Port Barcarès Sud.....	123

Illustration 105. Profil Port Barcarès Sud - profil nord. Septembre 2015 et juin 2016.....	124
Illustration 106. Profil Port Barcarès Sud - profil Sud. Septembre 2015 et juin 2016	124
Illustration 107. Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015 /mai 2016 pour le secteur de Port Barcarès Sud ...	125
Illustration 108. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et juin 2016. Zone complète en bleu, zone émergée en rouge	126
Illustration 109. Photographie de la partie sud de Port-Barcarès montrant le volume de sable important stocké sur la plage émergée en 2013, utilisé lors des travaux au Nord du port (photographie ©OBSCAT 07/10/2013).....	126
Illustration 110. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Port Barcarès Sud.....	127
Illustration 111. Suivi photographique de l'embouchure de l'Agly entre septembre 2015 et mai 2016 (à gauche vue vers le sud, à droite vue vers le nord).....	128
Illustration 112. Carte des évolutions morphologiques de l'embouchure de l'Agly entre septembre 2015 et mai 2016.....	129
Illustration 113. Carte des volumes de sédiments déplacés entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de l'Agly	131
Illustration 114. Profil Agly N, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de l'Agly	131
Illustration 115. Profil Agly S, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de l'Agly	132
Illustration 116. Tableau des volumes sédimentaires déplacés entre septembre 2015 et mai 2016 sur l'embouchure de l'Agly.....	132
Illustration 117. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de l'Agly	133
Illustration 118. Evolution de la morphologie de l'embouchure de l'Agly entre septembre 2014 et mai 2016	134
Illustration 119. Localisation des secteurs 4, 5 et 6 au sein de la cellule 8 (fond Google Earth).....	135
Illustration 120 - Evolution morphologique de l'environnement dunaire dans le secteur de Torreilles entre 2010 et 2016.	137
Illustration 121. Evolution de la végétation dunaire entre 2013 et 2015 par classification spectrale à Torreilles.....	138
Illustration 122 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015.....	139
Illustration 123 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone).....	139

Illustration 124 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en sept 2014 (à gauche) et sept 2015 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil.	139
Illustration 125 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015.	140
Illustration 126 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone).	140
Illustration 127 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en sept 2014 (à gauche) et sept 2015 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil.	140
Illustration 128. Photographie du secteur de Toreilles après le passage de la nettoyeuse mécanique, mai 2016, OBSCAT.....	141
Illustration 129. Carte des traits de côte de septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de Torreilles	143
Illustration 130 - Carte des volumes de sédiments déplacés entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de Torreilles	144
Illustration 131. Profil Torreilles S, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Torreilles.....	144
Illustration 132. Profil Torreilles C, septembre 2015 à mai 2016. Secteur de Torreilles.....	145
Illustration 133. Profil BT067930, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Torreilles	145
Illustration 134. Tableaux de synthèses des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur de Torreilles.	146
Illustration 135. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Torreilles. Zone complète en bleu, zone émergée en rouge	146
Illustration 136. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Torreilles	147
Illustration 137. Déplacement longshore de la crête de barre externe à Torreilles (en haut); épisodes de tramontane de plus de 50km/h (en orange) ; les séparations en gris et en blanc correspondent aux périodes comprises entre les campagnes OBSCAT.....	148
Illustration 138. Suivi photographique de l'embouchure du Bourdigou (Source: campagne OBSCAT 2015/2016)	149
Illustration 139. Carte des évolutions morphologiques de l'embouchure du Bourdigou entre septembre 2015 et mai 2016.....	150
Illustration 140. Profil Bourdigou N, septembre 2015 et mai 2016. Secteur du Bourdigou	151
Illustration 141. Profil Bourdigou S, septembre 2015 et mai 2016. Secteur du Bourdigou.....	151
Illustration 142. Carte des volumes de sédiments déplacés entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur du Bourdigou.....	152
Illustration 143. Tableaux des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/ mai 2016 pour le secteur du Bourdigou.....	152

Illustration 144. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur du Bourdigou	154
Illustration 145. Photographie de la plage au nord du Bourdigou montrant l'accumulation artificielle de bois flottés et des formes d'érosion en mai 2016	155
Illustration 146. Evolution de l'embouchure du Bourdigou entre septembre 2014 et mai 2016.....	156
Illustration 147 : Localisation des secteurs 7, 8 et 9 au sein de la cellule 7 (Fond Google Earth).....	157
<i>Illustration 148. Evolution morphologique de l'environnement dunaire dans le secteur de Sainte Marie entre 2010 et 2016.</i>	159
Illustration 149. Evolution de la végétation dunaire entre 2013 et 2015 par classification spectrale à Sainte Marie.	160
Illustration 150 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015, Sainte-Marie Nord.....	161
Illustration 151 – Image satellitales Pléiades de la zone de suivi (mars 2015). Les points verts indiquent les début/fin de profil, Sainte-Marie Nord.	161
Illustration 152 – Etat de la végétation dunaire en Octobre 2015, Sainte-Marie Camping.	162
Illustration 153 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone), Sainte-Marie Camping.....	162
Illustration 154 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en Avril 2015 (à gauche) et avril 2016 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil, Sainte-Marie Camping.	162
Illustration 155 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015, Sainte-Marie Centre.....	163
Illustration 156 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone) , Sainte-Marie Centre.	163
Illustration 157 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en Avril 2015 (à gauche) et avril 2016 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil, Sainte-Marie Centre.....	163
Illustration 158. Carte des traits de côte entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de Sainte-Marie-La-Mer	165
Illustration 159. Profil BT063940, septembre 2015 et mai 2016	166
Illustration 160. Profil BT064040, septembre 2015 et mai 2016	166
Illustration 161. Profil SteMar_C, septembre 2015 et mai 2016.....	166
Illustration 162. Profil Ste_Mar_S, septembre 2015 et mai 2016.....	167

Illustration 163. Profil LaCrost-N, septembre 2015 et mai 2016	167
Illustration 164 – photographie au nord des ouvrages de Sainte-Marie montrant la micro-falaise d'érosion (© Obscat, 11/05/2016).....	168
Illustration 165. Cartes des déplacements sédimentaires ss sur la période avril 2015/ septembre 2015 et septembre 2015/ mai 2016 pour le secteur de Sainte-Marie-la-Mer	169
Illustration 166. Tableaux des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015 et septembre 2015 et entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de Sainte-Marie-la-mer.....	169
Illustration 167. Cartes des sédiments déplacés avant et après les travaux de rechargement sur la partie nord de Sainte-Marie.....	170
Illustration 168. Tableaux des volumes sédimentaires déplacés entre mai 2016 et juillet 2016 au nord de Sainte-Marie	171
Illustration 169. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Sainte-Marie-la-Mer. Zone complète en bleu, zone émergée en rouge.....	171
Illustration 170. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur du Sainte-Marie-la-Mer.....	173
Illustration 171. Schéma de synthèse de l'évolution sédimentaire pour le secteur de Sainte-Marie lors des 3 années d'observation.....	175
Illustration 172. Suivi photographique de l'embouchure de la Têt. à gauche, en septembre 2015; à droite, en mai 2016.....	176
Illustration 173. Carte des évolutions morphologiques de l'embouchure de la Têt entre septembre 2015 et mai 2016.....	177
Illustration 174. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de la Têt.....	179
Illustration 175. Profil Tet N, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de la Têt.....	180
Illustration 176. Profil Têt S, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de la Têt.....	180
Illustration 177. Carte des volumes de sédiments déplacés entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de la Têt.....	181
Illustration 178. Tableaux des volumes de sédiments déplacés entre avril2015/septembre2015 et septembre2015/mai2016	181
Illustration 179. Evolution de l'embouchure de la Tet entre septembre 2014 et mai 2016.....	182
Illustration 180. Suivi photographique du nord de Canet-en-Roussillon : à gauche, sud du secteur depuis la jetée portuaire, mai 2016, OBSCAT; à droite, plage au nord du profil BT061140, mai 2016, OBSCAT.....	183
Illustration 181. Profil BT061140, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Canet Nord.....	183

Illustration 182. Profil Port Canet Nord, Sud ; septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Canet Nord	184
Illustration 183. Carte des traits de côte entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur nord de Canet-en-Roussillon.	185
Illustration 184. Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur de Canet-en-Roussillon Nord	186
Illustration 185. Tableau des volumes sédimentaires déplacées sur la période avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur nord de Canet-En-Roussillon	187
Illustration 186. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur nord de Canet-en-Roussillon. Zone complète en bleu, zone émergée en rouge	187
Illustration 187. Position des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Port Canet Nord.....	189
Illustration 188 : Localisation du secteur 10 au sein de la cellule 6 (fond Google Earth).....	191
Illustration 189. Suivi photographique Canet Sud A) Profil Canet Sud, profil Sud (image de gauche), mai 2016, OBSCAT; B) Port Canet Sud, Profil Nord (image de droite), mai 2016, OBSCAT.....	192
Illustration 190. Carte des traits de côte de septembre 2015 et mai 2016 pour le sud de Canet-en-Roussillon	193
Illustration 191. Profil Canet Sud N, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Canet Sud.....	194
Illustration 192. Profil Canet Sud S, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Canet Sud.....	195
Illustration 193. Cartes saisonnières des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur de Canet-en-Roussillon Sud.....	195
Illustration 194. Tableau de synthèse des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur de Canet Sud	196
Illustration 195. Bilan sédimentaire cumulé entre avril 2015 et mai 2016. zone complète en bleu, zone émergée en rouge.	196
Illustration 196. Position des traits de côte entre Septembre 2014 et mai 2016 pour le secteur de Port Canet Sud.....	198
<i>Illustration 197. Evolution morphologique de l'environnement dunaire dans le secteur de Canet-en-Roussillon entre 2010 et 2015.....</i>	<i>200</i>
Illustration 198. Evolution de la végétation dunaire entre 2013 et 2015 par classification spectrale à Canet.....	201
Illustration 199 – Etat de la végétation dunaire en Octobre 2015 (Nord du grau).....	202

Illustration 200 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drône) (Nord du grau).	202
Illustration 201 – Photographies aériennes par drône de la zone de suivi en Sept 2014 (à gauche) et Sept 2015 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil (Nord du grau).....	202
Illustration 202 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015 (Sud du grau).	203
Illustration 203 – Image satellitales Pléiades de la zone de suivi (mars 2015). Les points verts indiquent les début/fin de profil (Sud du grau).....	203
Illustration 204. Déplacements sédimentaires (en cm/m ²) sur les secteurs complets pour tous les sites de l'OBSCAT (Hors Leucate-plage et zone naturiste)	206
Illustration 205. Déplacements sédimentaires (en cm/m ²) sur la partie émergée pour tous les secteurs de l'OBSCAT (hors embouchures et Leucate)	206
Illustration 206. Déplacements sédimentaires cumulés entre octobre 2013 et mai 2016 sur les secteurs complets de tous les sites de l'OBSCAT (hors Leucate-plage et zone naturiste)	207
Illustration 207. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et mai 2016 sur les parties émergées des plages de tous les sites de l'OBSCAT (hors embouchures, Leucate-plage et zone naturiste).....	207
Illustration 208 - Principe de la méthode des ondes de surface	215

1. Introduction

Située dans le Golfe du Lion, la côte sableuse catalane est une unité hydrosédimentaire de 44 km orientée nord-sud, s'étendant du Racou au cap Leucate et constituant la bordure littorale de la plaine du Roussillon (Illustration 1). A la fois basse et très aménagée, cette côte est fortement vulnérable aux tempêtes marines et aux aléas associés d'érosion côtière et de submersion marine.

Dans ce contexte, Perpignan Méditerranée Communauté Urbaine (PMCU), dont les 4 communes côtières (Le Barcarès, Torreilles, Sainte-Marie, Canet-en-Roussillon) couvrent 23 km de ce linéaire, a initié une démarche de suivi afin de mieux comprendre la dynamique en action et entreprendre une gestion cohérente et intégrée de son territoire littoral.

Dans ce but, l'observatoire de la côte sableuse catalane (OBSCAT) a été lancé depuis mi-2013 sur les quatre communes de l'agglomération, en attendant le rattachement des autres communes riveraines (Leucate, Saint-Cyprien, Elne et Argelès-sur-Mer). Le rattachement de Leucate à l'OBSCAT a eu lieu en 2015. Ce projet, cofinancé par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, PMCU et la subvention pour charge de service public du BRGM, comporte 4 missions principales :

volet 1 : l'observation et l'acquisition de données ;

volet 2 : la bancarisation des données ;

volet 3 : l'expertise et l'interprétation des données ;

volet 4 : la communication et la valorisation des données.

S'intégrant dans les volets 1 et 3 du projet, ce rapport technique d'année 3 présente un diagnostic de l'état de la dynamique sédimentaire sur les sites identifiés par PMCU comme « sensibles » en termes de gestion de son trait de côte. 15 sites ont été traités, dont 12 sites de plage et 3 sites de dunes. Sur chacun de ces sites, seront abordées les problématiques de « disponible sédimentaire » des plages, de dynamique des barres d'avant-côte, des embouchures, des dunes, des aménagements et des usages côtiers.

Le rapport présente dans un premier temps la méthodologie mise en œuvre pour les suivis ainsi que les traitements associés. Dans un second temps, l'inventaire des données disponibles sur les stocks sédimentaires est présenté. Puis, sur chaque cellule sédimentaire, une synthèse de l'évolution récente des sites sera proposée. Enfin, ce rapport cloturant la convention des trois premières années de l'Obscat, une synthèse et un retour sur les méthodes, les indicateurs et le fonctionnement de l'observatoire seront présentés.

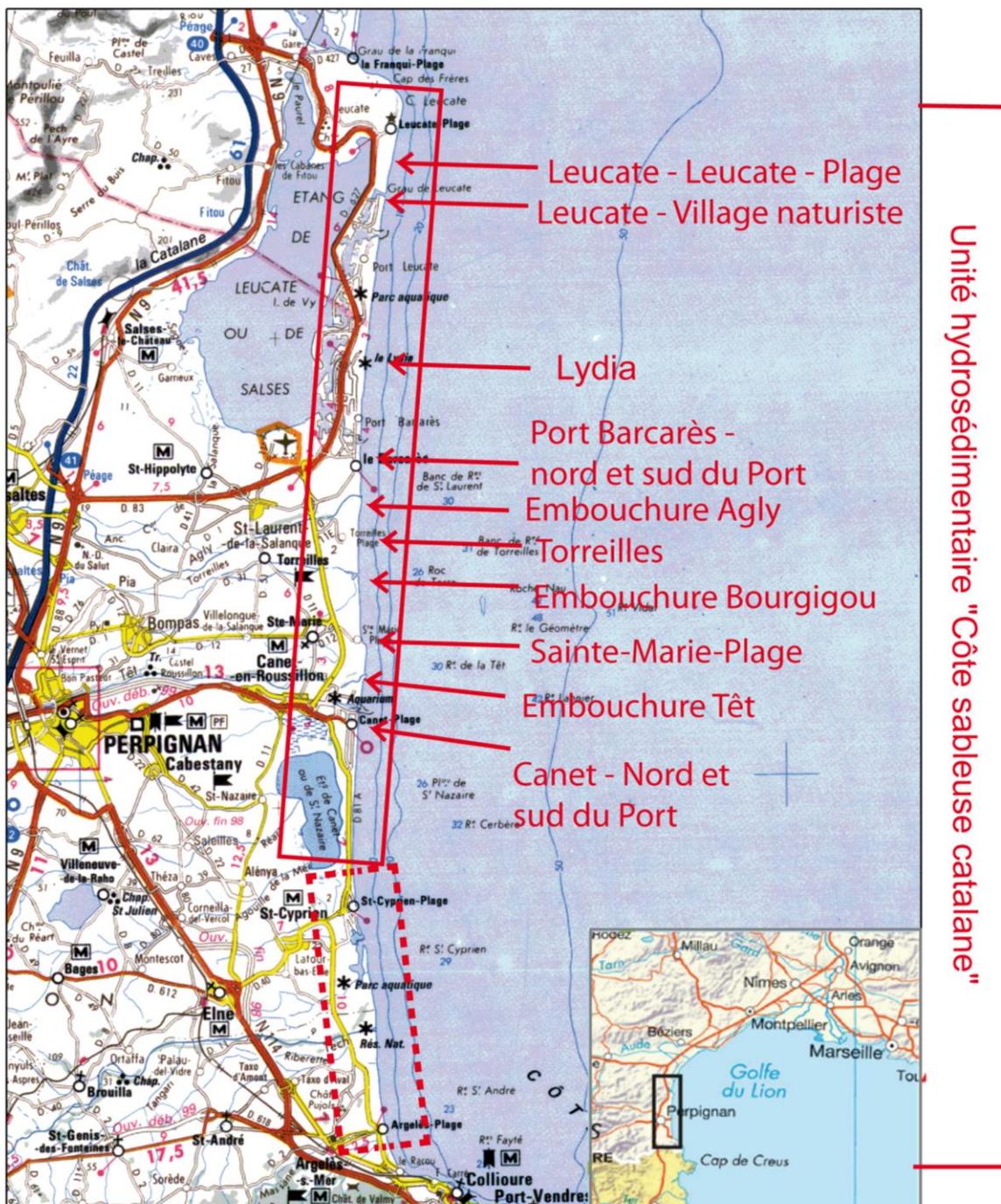


Illustration 1. Localisation de la zone d'étude et des sites de suivi - fond de carte IGN. La zone en pointillé indique les communes du compartiment hydrosédimentaire qui ne sont pas dans l'OBSCAT.

2. Méthodes d'observation mises en œuvre

Le tableau ci-dessous fait la synthèse des différents types d'indicateurs observés dans le cadre de l'année 3 de l'observatoire. Les méthodes d'acquisition de ces indicateurs sont détaillées dans les chapitres suivants.

Indicateur	Méthode d'acquisition	Producteur	Localisation
Trait de côte	Levés topographiques DGPS	BRGM	Sites sensibles de plage
	Imagerie spatiale (Pléiades)	CNES/IGN	Ensemble du secteur d'étude
	Imagerie vidéo	BRGM	Port Barcarès Nord
Morphologie des plages / profils de plage	Levés topographiques DGPS	BRGM	Sites sensibles de plage
Bathymétrie/ mouvement des barres	Levés bathymétriques	BRGM	Sites sensibles de plage
Morphologie, couvert végétal des cordons dunaires	Levés drone photogrammétrique	Ecocéanodrone	Mas de l'Isle/ Torrelles/Canet/+ dunes embryonnaires du Lydia/ Port Barcarès/Ste Marie
	Imagerie spatiale (Pléiades)	CNES/IGN	
	Lidar 2011	DREAL LR	
Morphologie des embouchures	Photo-interprétation	BRGM	Agly /Bourdigou/ Têt
	Levés topo-bathymétriques	BRGM	
	Levés drone photogrammétrique	Ecocéanodrone	
	Imagerie spatiale (Pléiades)	CNES/IGN	
Forçages hydroclimatiques	Marégraphes, houlographes, stations météo, stations hydrométriques	REFMAR/ CANDHIS/Météociel /SPC	Stations de Leucate, Banyuls, Port La Nouvelle, Port Vendres, Rivesaltes, Perpignan
Différentiels volumétriques saisonniers et annuels	Levés topo-bathymétriques	BRGM	Sites sensibles de plage et de dunes
Paysage	Suivi photographique	BRGM	Sites sensibles

Illustration 2. Tableau de synthèse des données collectées au cours de l'année 2 de l'OBSCAT.

2.1. LE SUIVI TOPO-BATHYMETRIQUE

2.1.1. Acquisition des données

Les campagnes de levés topo-bathymétriques sont réalisées deux fois par an : la première campagne a lieu à la fin de la saison estivale (septembre/octobre), et la seconde à la fin de l'hiver (avril/ mai). Des levés ponctuels peuvent également avoir lieu après un évènement météo-marin de forte intensité afin de réaliser un suivi post-tempête.

La zone d'étude est découpée en 12 secteurs, regroupés selon leurs caractéristiques physiques et des enjeux spécifiques. Deux à cinq profils de référence sont levés sur chacun de ces

secteurs (Cf. Illustration 3). A l'issue de la première année de l'Observatoire de la côte sableuse catalane, le secteur de Canet Sud a été ajouté aux secteurs d'étude.

Les campagnes de l'année 3 de l'Observatoire de la côte sableuse catalane, ont été réalisées pour la campagne pré-hivernale en septembre 2015, à l'exception de la commune de Leucate où un levé supplémentaire a dû être réalisé en décembre en raison des mauvaises conditions météo qui n'avaient pas permis un levé simultané des parties terrestres et marines. La campagne post-hivernale a eu lieu de mai à juin 2016. Au cours de ces campagnes, les levés topographiques et bathymétriques sont exécutés en simultané par deux équipes (une à terre l'autre en mer). Ces deux types de mesures sont réalisés à partir d'un GPS¹ I (GNSS²) Trimble R6 en mode différentiel RTK³ connecté en GSM⁴ via le réseau ORPHEON⁵. Seul le secteur du Lydia nécessite l'utilisation d'une base fixe en raison de problème de connexion au réseau GSM dans la zone.

Levés Topographiques

L'acquisition des données topographiques repose sur différents types de levés DGPS (GNSS) :

- trait de côte ;
- topographie de la plage ;
- profils de référence.

Le trait de côte est principalement levé de manière continue (un point tous les mètres) en quad, ce qui permet de couvrir rapidement de grandes distances. L'antenne DGPS est fixée sur un bras télescopique embarqué sur le flanc du quad (Cf. Illustration 4A.) permettant de lever la limite du jet de rive comme marqueur du trait de côte. De la même manière, la topographie de plage est levée en quad, l'objectif étant de quadriller la plage émergée afin d'obtenir un nuage de point le plus dense possible.

Les profils de référence sont levés à la canne en prenant un point à chaque inflexion de la pente, suivant des axes prédéfinis et invariables sur toutes les campagnes (Cf. Illustration 4B.).

Les levés continus à pied sont notamment privilégiés dans les zones difficiles d'accès, ou à forte concentration de plagistes. L'antenne DGPS est fixée sur la partie supérieure du sac à dos Trimble, les points de levé sont enregistrés au fur et à mesure que l'opérateur marche le long du trait de trait de côte (Cf. Illustration 4C.).

¹ Global Positioning System

² GNSS : Global Navigation Satellite System

³ Real Time Kinematic,

⁴ GSM : Global System for Mobile communications

⁵ <http://reseau-orpheon.fr/>

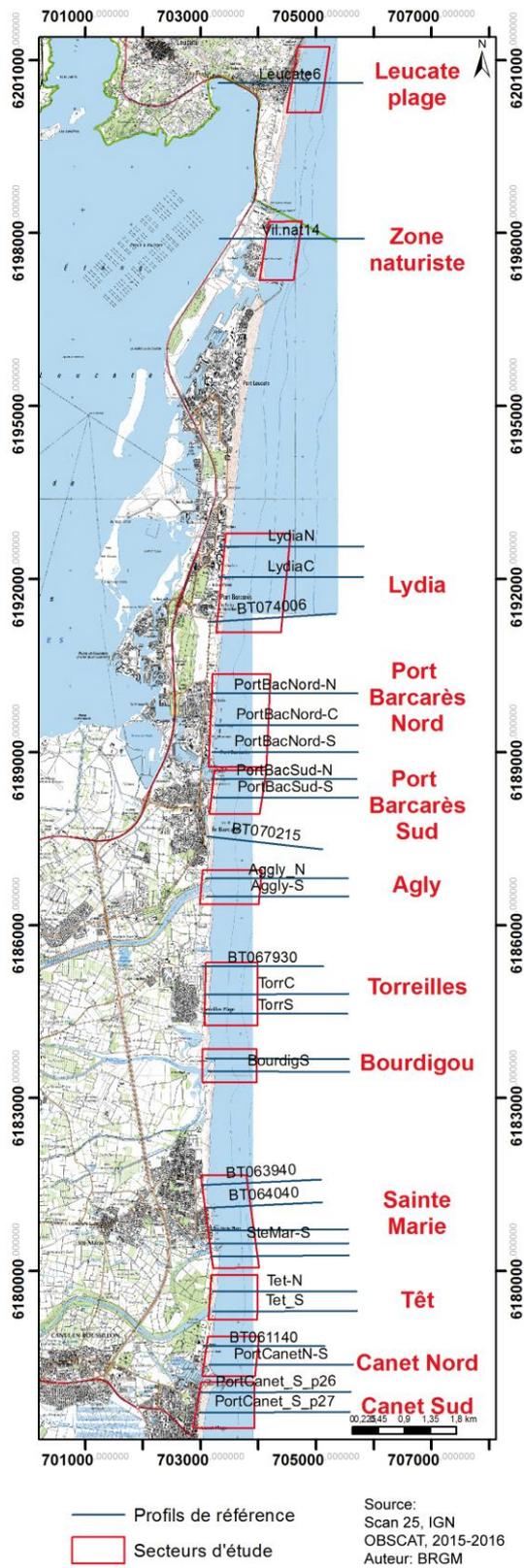
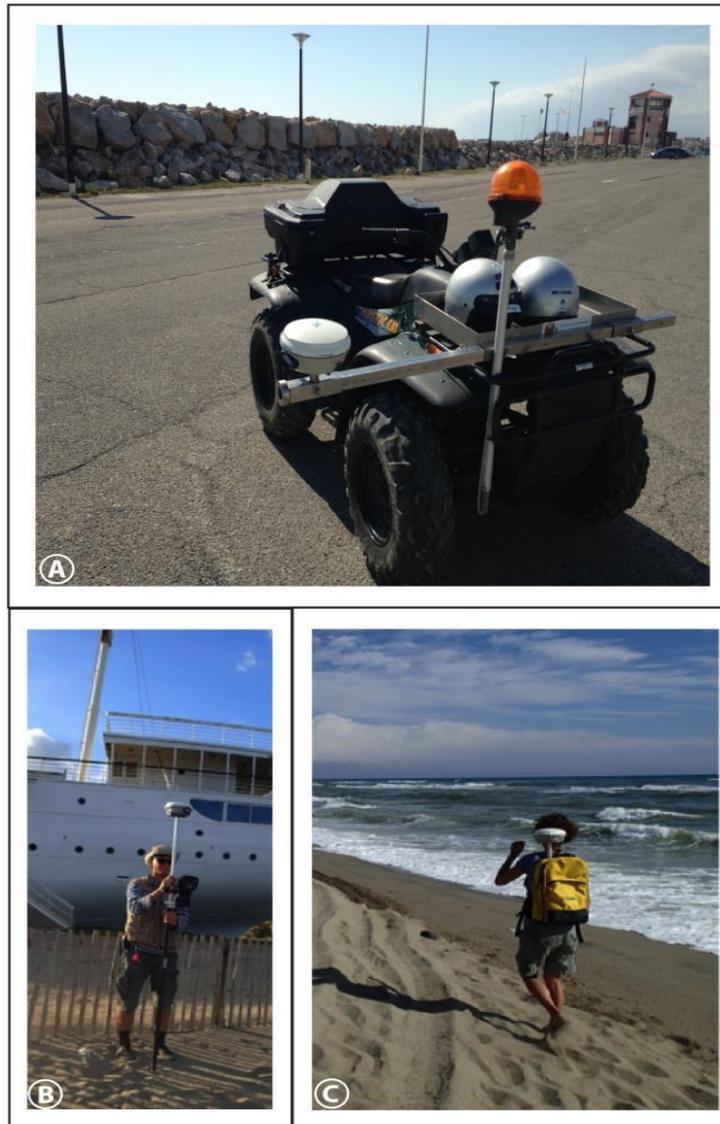


Illustration 3. Carte de localisation des secteurs d'étude et des profils de référence.



Source: OBSCAT, 09-2014/ 04-2015

Auteur : BRGM

Illustration 4. Modes d'acquisition des données topographiques.

A) Levé DGPS sur quad, OSBCAT, 07-04-2015 ; B) Levé DGPS avec perche, OSBCAT, 08-04_2015 ; Levé DGPS, avec sac à dos, OSBCAT, 09-2014.

Levés bathymétriques

Les levés bathymétriques combinent l'utilisation du GPS ®Trimble R6 et celle du sondeur monofaisceau ®Tritech PA500. La synchronisation des deux appareils est assurée par le logiciel ®Hypack, embarqué sur un ordinateur de terrain (Cf. Illustration 5A.). ®Hypack assure également la navigation et l'acquisition des données levées le long de transects, espacés les uns des autres d'environ 100 m (Cf. Illustration 5 B.).

Les levés bathymétriques en mer sont réalisés sur une embarcation semi-rigide, tandis qu'à l'intérieur des embouchures en raison de faibles profondeurs, le matériel de levé est transféré sur un canoé (Cf. Illustration 5 C.).

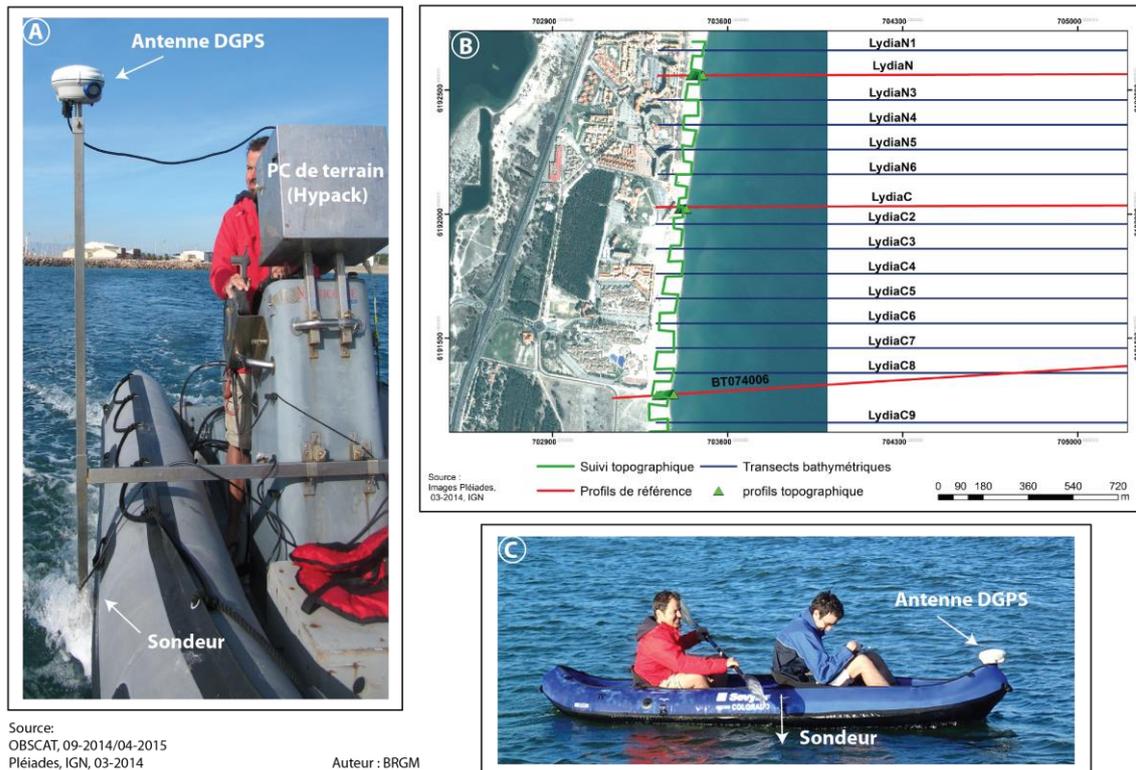


Illustration 5. Modes d'acquisition des données bathymétriques. A) Acquisitions bathymétriques en mer ; B) Transects bathymétriques ; C) Acquisition bathymétriques dans les embouchures.

2.1.2. Traitements des données

Prétraitements

Les données bathymétriques sont prétraitées sous *Hypack* (suppression des valeurs aberrantes) avant d'être exportées. Dans un second temps, un lissage des profils pour gommer les effets de houle est appliqué sous *Excel*.

Le lissage consiste à appliquer à chaque donnée une moyenne mobile ajustée à la période de la houle afin de corriger le mouvement du bateau lié à la houle. Dans le cadre des campagnes de l'automne 2015 et du printemps 2016, la moyenne a été calculée sur un intervalle de quarante données (4 s d'acquisition).

Dans le cas des relevés topographiques, les données sont prétraitées uniquement sous *Excel* afin d'exclure les valeurs aberrantes.

Traitements

Le traitement des données topo-bathymétriques a pour but d'aboutir à plusieurs types d'indicateurs afin d'évaluer l'évolution des dynamiques morpho-sédimentaires de la plage émergée et immergée, d'une campagne à l'autre. Quatre indicateurs sont principalement retenus :

- le trait de côte (campagnes de l'OBSCAT, et les traits de côte de la DREAL LR, 1962 - 2010) ;
- la variation morphologique des profils de plages à partir des profils de référence ;
- variations morphologiques (surfiques) de la plage émergée et de la plage immergée à partir des cartes et modèles numériques de terrain (MNT) topobathymétriques ;
- les volumes de sédiments déplacés sur une période intersaisonnière, les cartes différentielles des volumes de sédiments déplacés.

Une succession d'étapes est nécessaire pour traiter l'ensemble des données (Cf. Illustration 6). Une fois corrigées et segmentées par secteurs, les données X, Y, Z topographiques et bathymétriques sont fusionnées. Les grilles de points topobathymétriques ainsi obtenues sont interpolées afin d'obtenir un MNT.

La majeure partie du traitement est principalement réalisée sur deux logiciels de SIG : *Surfer* et *ArcGis*. Le tri et le découpage des données ainsi que la cartographie sont effectués sous *Arcgis*. Les interpolations, permettant la création des MNT, sont réalisées sous *Surfer*, ce logiciel permettant un meilleur contrôle de la méthode. L'interpolation par voisin naturel, avec un maillage de 5 m, et un ratio de 0,2, a été retenue en raison de l'intervalle de 100 m entre les profils bathymétriques. Ainsi paramétré, le logiciel va favoriser l'interpolation entre les points de chaque transect. Par ailleurs, les données altimétriques correspondant aux ouvrages de défense de la zone d'étude ont été extraites à partir du Lidar 2011 de la DREAL Languedoc-Roussillon, et ajouté à chaque MNT.

Ces opérations sont reproduites pour chacune des campagnes, en veillant à conserver scrupuleusement les mêmes bornes et limites de grille. Les MNT de chaque année sont soustraits afin d'obtenir un différentiel. Les comparaisons saisonnières ou annuelles, permettent de dégager les tendances d'évolution ainsi qu'une estimation des volumes de sédiments déplacés.

Les calculs de volumes sont réalisés à partir d'une fonction de *Surfer*. Pour chaque secteur, en utilisant successivement plusieurs jeux de masques topographiques et bathymétriques déterminés grâce à l'importation des traits de côte de mai 2016, on est en mesure de calculer les volumes en accrétion et en érosion.

Seuls les secteurs d'embouchures nécessitent un traitement particulier. Les données topographiques, bathymétriques « mer » et bathymétriques « fluviales » sont fusionnées et donnent lieu à une interpolation. Cependant, la forte mobilité des flèches sableuses des embouchures complexifie ces calculs de volume. Les fonctions de calculs de volume de *Surfer* et d'*ArcGis* ne fonctionnant que sur des zones ayant une emprise spatiale commune. Ainsi, les flèches sableuses émergées sont isolées pour chaque campagne et un calcul global de la surface émergée est réalisé. Ensuite, ces deux volumes sont soustraits, pour obtenir un différentiel.

Une marge d'erreur est ensuite calculée en utilisant la méthode de Mark *et al.* (2002), développée en annexe.

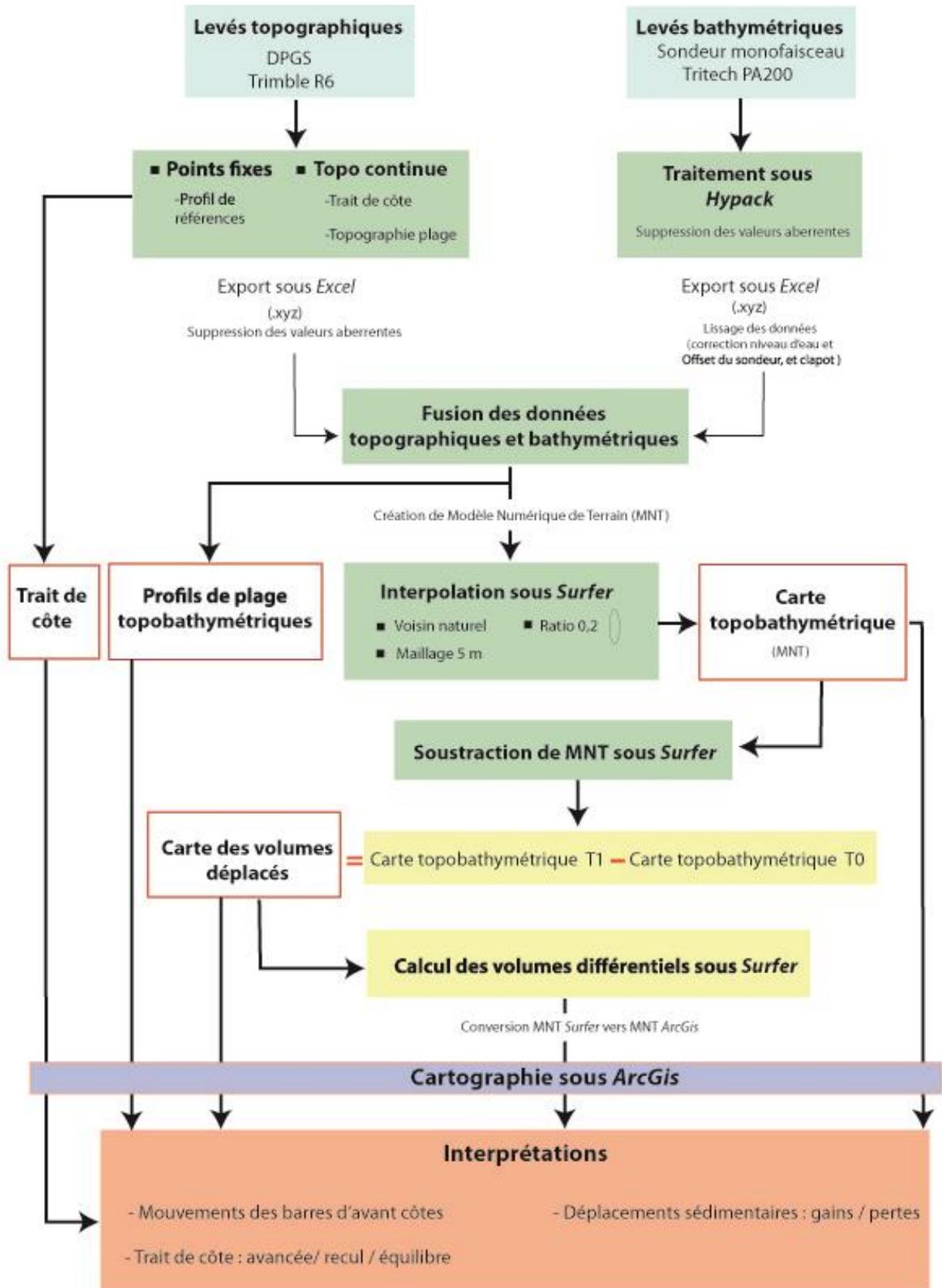


Illustration 6. Etapes de traitement des données topobathymétriques

2.2. LE SUIVI VIDEO

Une webcam dotée du système VM4GIS est installée au nord du port du Barcarès afin de mettre en place un suivi morphologique à haute fréquence pour évaluer les effets des aménagements côtiers. La caméra rotative (Cf. Illustration 7), installée sur le toit d'un immeuble à environ 12 m au-dessus du niveau de la mer, permet 5 prises de vue différentes toutes les heures. Deux types de données sont enregistrés pour chacune de ces positions : des photographies instantanées (*snapshot*), et des images moyennées sur 3 minutes d'enregistrement vidéo (*Timex* ; Cf. Illustration 8).

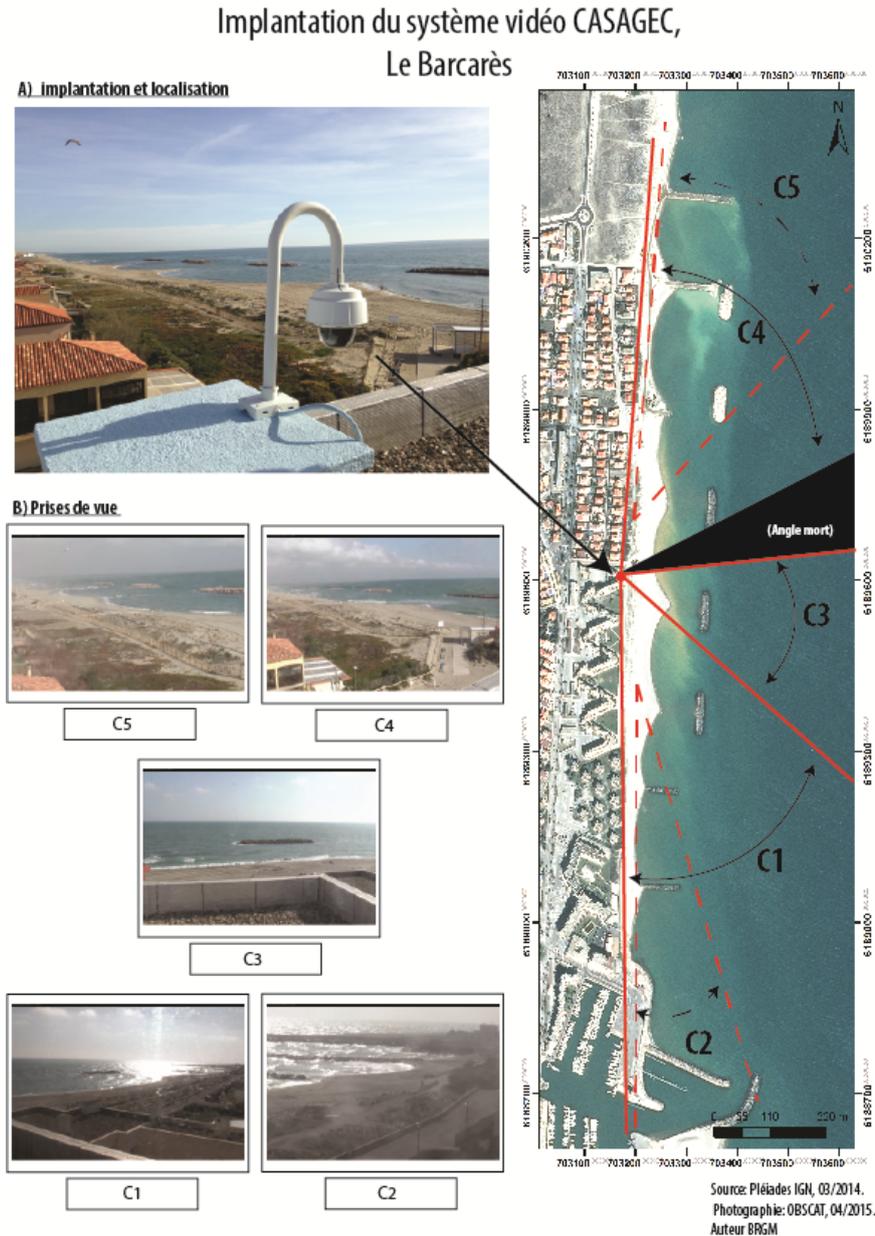


Illustration 7. Implantation de la webcam du Barcarès et délimitation des 5 prises de vue

Les images sont transmises en temps réel (léger différé de l'ordre de 10-15 min) au bureau pour analyse et sont diffusées sur le site <http://obscat.fr/webcam>.

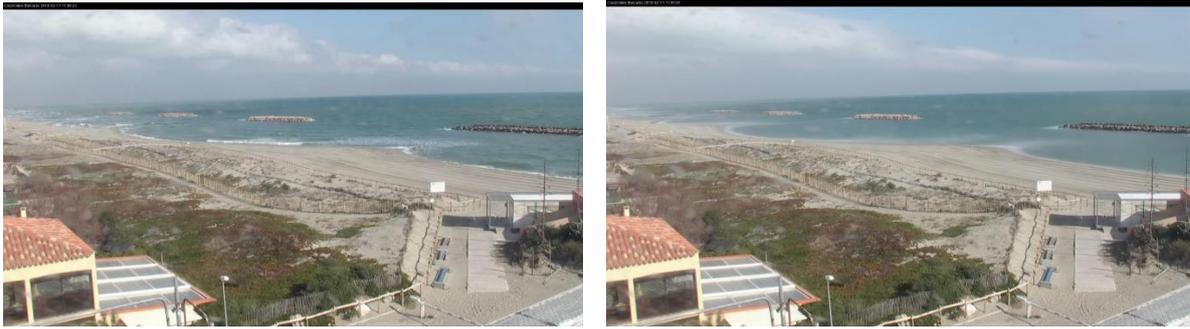


Illustration 8. Exemples de prises de vue de la caméra C4 :
à gauche, image instantanée, à droite image moyennée Timex

L'installation de la caméra vidéo est suivie d'une phase de calibration, où plusieurs points de contrôle fixes sont levés sur le terrain, avec un DGPS centimétrique, sur chacun des 5 angles de prise de vue.

En établissant une correspondance entre ces coordonnées réels (x,y,z) et les coordonnées de l'image (u,v), un traitement photogrammétrique permet d'ortho-rectifier ces images, passant ainsi d'une image oblique brute, à une image métrique plane (Cf. Illustration 9).

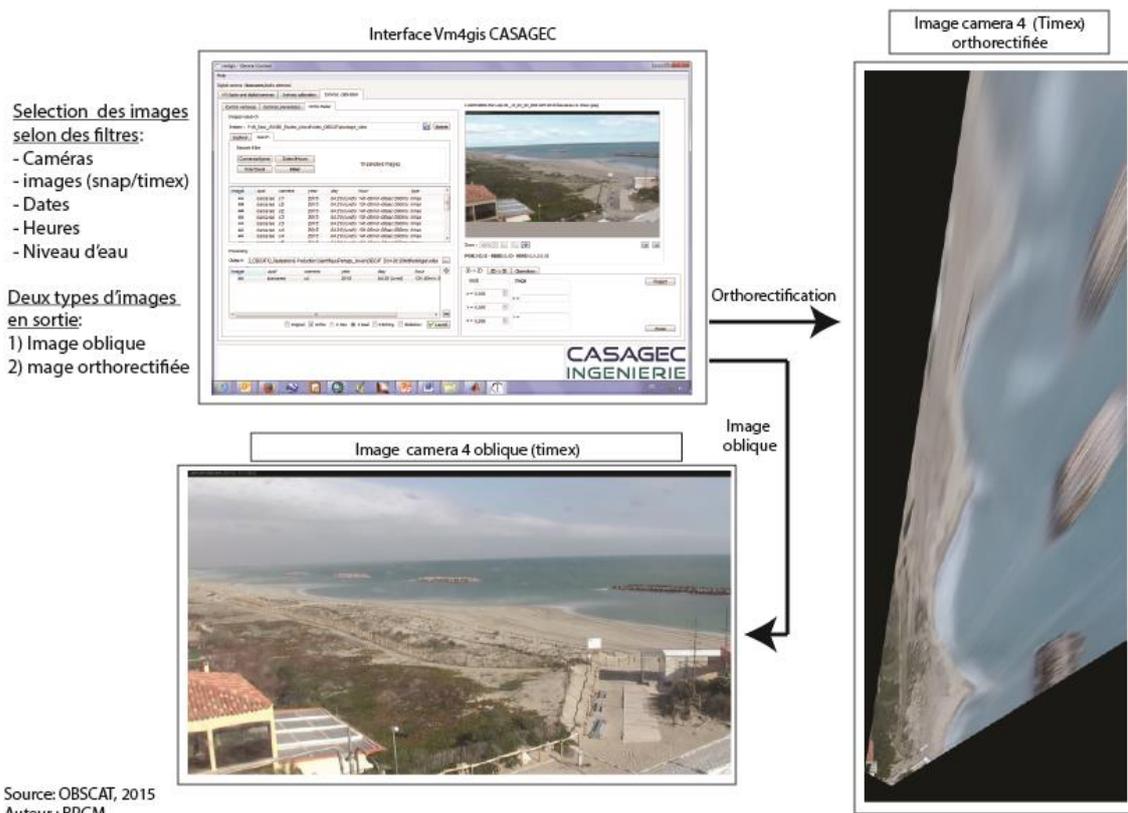


Illustration 9. Orthorectification des images, exemple de la caméra C4.
En haut à gauche, interface de traitement, en bas, image moyennée oblique, à droite : image plane (ortho-rectifiée).

Les images ainsi rectifiées permettent d'évaluer les distances, les objets présents sur la plage ou en mer, et par conséquent de quantifier, à haute fréquence et haute résolution, les évolutions de plusieurs indicateurs tels que le trait de côte, la largeur de plage ou sa surface, ...

La résolution cross-shore (perpendiculaire au trait de côte) et longshore (parallèle au trait de côte) est présentée sur l'illustration 10. Sur l'ensemble de la zone suivie, la résolution est métrique, permettant un suivi des indicateurs tels que la position du trait de côte avec une erreur équivalente, voire inférieure, à celle des levés classiques par GPS sur le terrain.

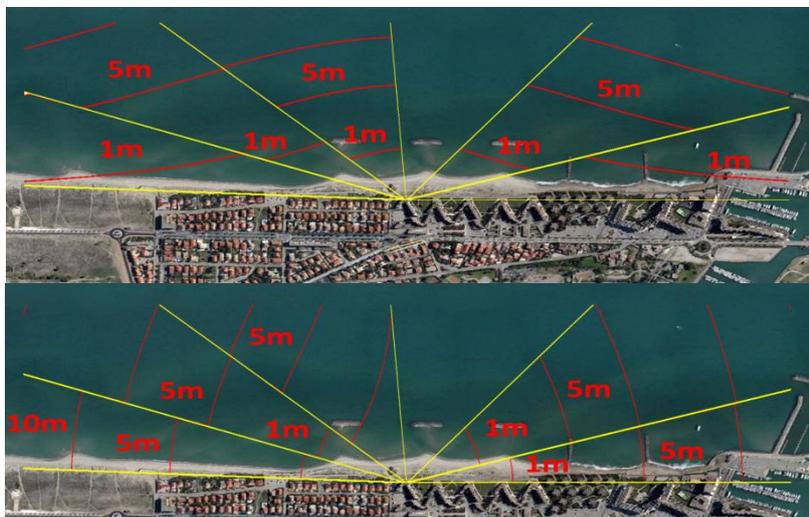
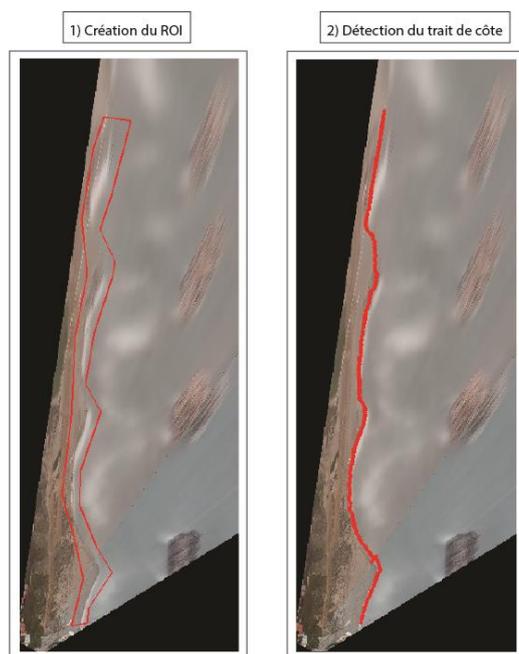


Illustration 10. Résolution de l'image ortho-rectifiée dans la direction perpendiculaire (cross-shore, en haut) et parallèle (longshore, en bas) au trait de côte.

Des outils développés par CASAGEC sont ensuite utilisés pour la détection automatique du trait de côte (cf. illustration 11).



Source: OBSCAT, 2015
Auteur: BRGM

Illustration 11. Détection automatique de la position du trait de côte sur une image rectifiée et combinée (composée des prises de vues de plusieurs caméras). A gauche, position de la ROI (Région d'intérêt), à gauche, résultat de la détection du trait de côte sur l'image rectifiée.

Bien que restreint à une zone de suivi limitée (quelques km), l'outil fournit des informations inédites sur les évolutions grâce à sa haute fréquence d'acquisition, mais également par l'obtention de données lors des périodes de tempêtes pendant lesquelles toute mesure in-situ reste difficile et risquée.

Les images calibrées et validées sont disponibles depuis le 21 Octobre 2014.

2.3. LE SUIVI DRONE

2.3.1. Acquisition des données

Le suivi drone a pour objectif d'acquérir des orthophotographies ainsi que des modèles numériques de surface (MNS) afin de mieux représenter la géomorphologie des secteurs étudiés.

Deux campagnes ont été réalisées par la société Ecocéanodrone lors de l'année 3 :

- La première, entre le 20 et le 23 septembre 2015, a permis de couvrir les plages de Torrelles, du Barcarès (Mas de L'Isle) et de Canet en Roussillon mais également trois embouchures, celle du Bourdigou, de la Têt et de l'Agly.
- La deuxième s'étend sur une période plus longue en raison de conditions météorologiques défavorables (vents forts). Les levés ont été réalisés en avril 2016 et concernent à nouveau les trois embouchures précédemment citées ainsi les secteurs de plage de Sainte-Marie et du Lydia. Le secteur urbain du Barcarès habituellement levé lors de la campagne de printemps n'a pu être réalisé en raison des travaux de rechargement.

L'acquisition des données a été faite par un hexacoptère possédant un système embarqué « *open source adrupilot* » et la prise de vue a été faite en automatique. La première campagne a opté pour un recouvrement latéral d'au moins 40% et longitudinal d'au moins 75% contre 70% et 80% pour la deuxième campagne.

Les missions ont été découpées en « quadras » afin de rester dans les limites de la législation d'une part (une grande partie des vols se trouvant être en scénarios S3, soit vols en agglomération) et les limites d'autonomies de l'hexacoptère d'autre part.

Les photos ont été prises avec un Canon 6D muni d'un objectif 24 mm f2.8 à une altitude constante de 80 mètres et au nadir.

Les cibles (carré de 40 cm avec damier) ont donc été levées à l'aide d'un GPS différentiel (DGPS). Réparties aux 4 coins des quadras (chaque quadra correspondant à un vol), deux appartiennent systématiquement à deux vols successifs (Illustration 12).

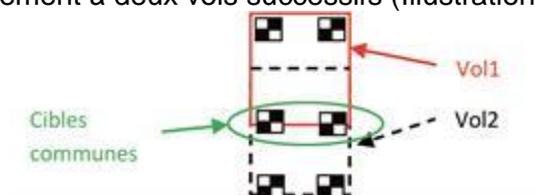


Illustration 12. Positionnement des cibles

Les traitements réalisés avec « *Pix4D image processing software* » impliquent les principales étapes suivantes : la vérification des jeux de données (images), la calibration du système de prise de vue, la mise en corrélation des couples d'images, l'implémentation des points de

calage (cibles au sol), le contrôle qualité, la sortie des jeux de données (MNS et orthomosaïques) aux formats désirés.

Analyse des données

Les données ainsi acquises dans le cadre du suivi drone ont été comparées avec le Modèle Numérique de Surface obtenu en 2010 (Lidar) afin d'évaluer l'évolution des massifs dunaires. Afin d'évaluer la vulnérabilité des zones situées en arrière du cordon dunaire à la submersion, une analyse de l'évolution temporelle des surfaces situées au-dessus de la cote +3m NGF ainsi que celle concernant la crête de dune ont été menées.

2.4. LE SUIVI SATELLITAIRE : L'IMAGERIE PLEIADES

L'intérêt des images satellitaires est de pouvoir couvrir l'ensemble de la zone d'étude de l'observatoire, contrairement aux levés topobathymétriques qui se limitent aux sites sensibles.

2.4.1. Type de données et acquisitions

Pléiades est un satellite à défilement quasi-polaire qui fournit une imagerie de très haute résolution sur 4 bandes spectrales (rouge, bleu, vert, proche infrarouge). Ces images sont bien adaptées pour la cartographie sous SIG d'indicateurs en milieu littoral, notamment le suivi du trait de côte et suivi de la végétation (Mallet *et al.*, 2012). La résolution des images est de l'ordre de 50 cm.

Ces données sont accessibles à partir du portail <http://www.geo-airbusds.com>.

Les données obtenues dans le cadre de l'étude concernent 2015, 2014 et 2013 :

- 31 mars 2015, de Canet-en-Roussillon à Leucate ;
- 22 février 2014, de Canet-en-Roussillon à l'Agly ;
- 6 mars 2014, de l'Agly au Lydia ;
- 22 avril 2013, de port Barcarès Nord à Canet-en-Roussillon.

2.4.2. Traitements et applications

Le suivi du trait de côte

Le suivi du trait de côte est opéré par photo-interprétation sous ArcGis sur l'ensemble des quatre communes de l'observatoire. La limite du trait de côte retenue est la même que lors des relevés de terrain soit la limite de jet de rive.

La digitalisation du trait de côte est effectuée pour chaque image. Les traits de côte obtenus peuvent ensuite être comparés dans une même carte géoréférencée pour évaluer l'évolution annuelle de cet indicateur (Cf. Illustration 13).

Les résultats en termes de différentiels globaux entre 2014 et 2015 (avancée/recul) ne sont pas présentés dans ce rapport qui couvre spécifiquement la période 2015-2016 mais seront incorporés dans la base cartographique en ligne de l'OBSCAT (<http://obscat.fr/cartographie>).

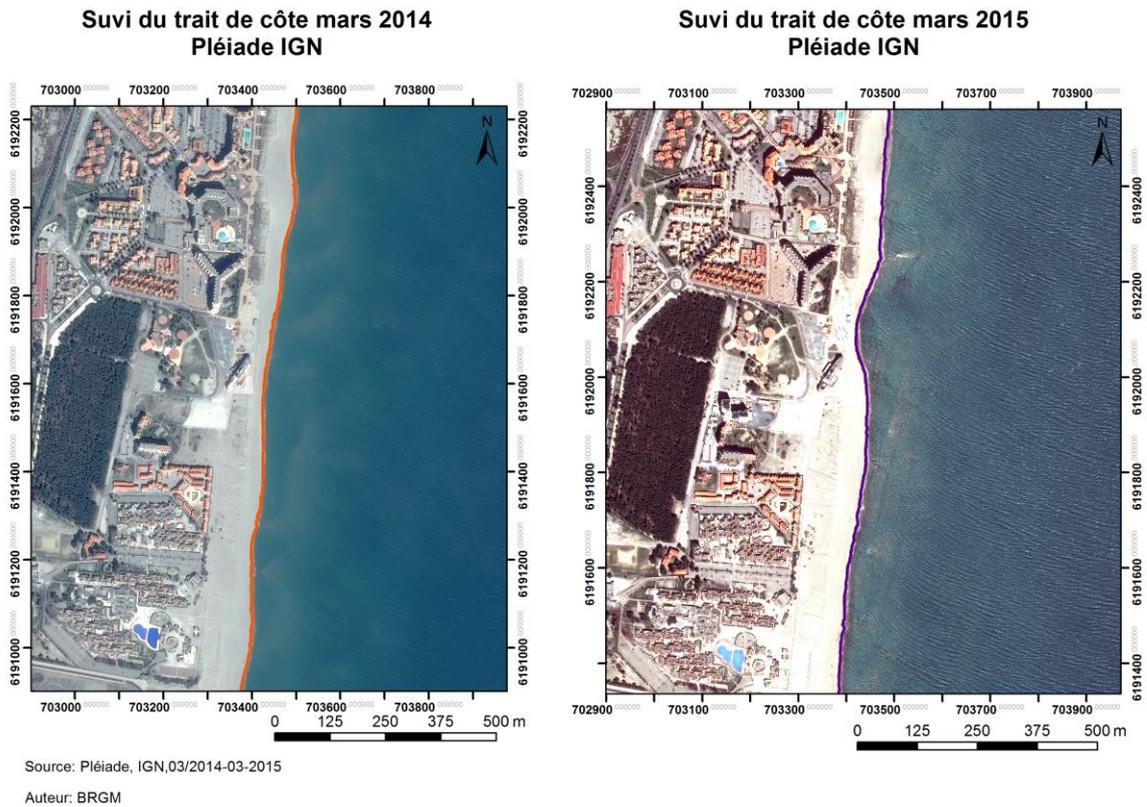


Illustration 13. Utilisations des images IGN Pléiades, suivi du trait de côte 2014 et 2015

Téledétection spatiale et suivi de la végétation dunaire

A travers le traitement des images pléiades il est possible d'obtenir des informations sur l'évolution de la végétation dunaire. Les deux méthodologies utilisées dans le cadre de l'OBSCAT sont le calcul de l'indice de végétation normalisée (NDVI) et la classification spectrale des formations végétales et des faciès (Cf. Illustration 14).

Le NDVI, est un indicateur de la santé de la végétation, qui mesure l'activité chlorophyllienne des végétaux. Ce calcul s'appuie sur les écarts de réflectance entre les différentes bandes spectrales qui traduisent des surfaces de natures différentes et une activité chlorophyllienne plus ou moins importante (Lafond *et al.*, 2014). Le NDVI repose essentiellement sur les propriétés optiques de la végétation dans le rouge et le proche infrarouge. En présence de végétation la réflectance augmente dans le proche infrarouge, et diminue dans le rouge. Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1 (Lafond *et al.*, 2014):

- [-1 ; 0] Formations autre que la végétation (bâtiments, sol, etc.) ;
- [0,11 ; 0,3] Formations végétales, plus la valeur est élevée plus le couvert végétal est dense ;
- [0,3 ; 0,7] Dune grise.

Indice de végétation par
différence normalisé
(NDVI)

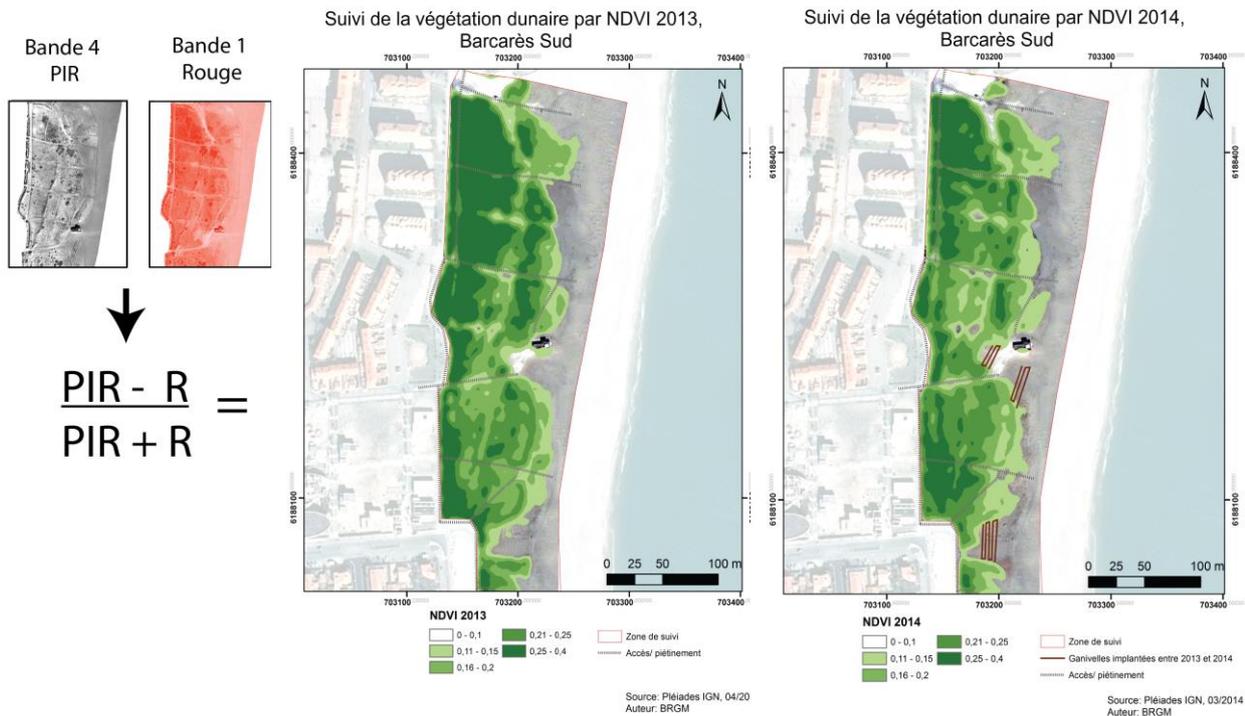


Illustration 14. Suivi de la végétation dunaire par calcul NDVI

Cette approche permet de suivre l'évolution de la santé de la végétation dunaire, constituant ainsi un outil d'aide à la gestion du cordon dunaire, en ciblant par exemple les secteurs de végétation dégradée. Cependant afin d'obtenir un traitement et des résultats comparables, le traitement atmosphérique des images réalisé en amont (avant livraison des images) doit être modifié. Cette procédure n'a pas été possible dans le cadre de cette campagne, les résultats apparaissent alors comme moins précis, mais ils permettent de dégager une tendance générale.

La classification spectrale, s'appuie sur l'identification de faciès (type de végétation, sables, etc.) à partir d'un échantillon. Cette procédure a été réalisée sur le logiciel ©ESRI ArcGis. Ensuite les signatures spectrales de ces échantillons sont calculées, puis analysées par l'outil de vraisemblance maximale (Spatial Analyst). Cette procédure permet de classer l'ensemble de l'image selon les signatures spectrales correspondant à l'échantillon de base. Dans cette étude, trois classes ont été retenues :

- Végétation stabilisée ;
- Végétation embryonnaire ;
- Sables.

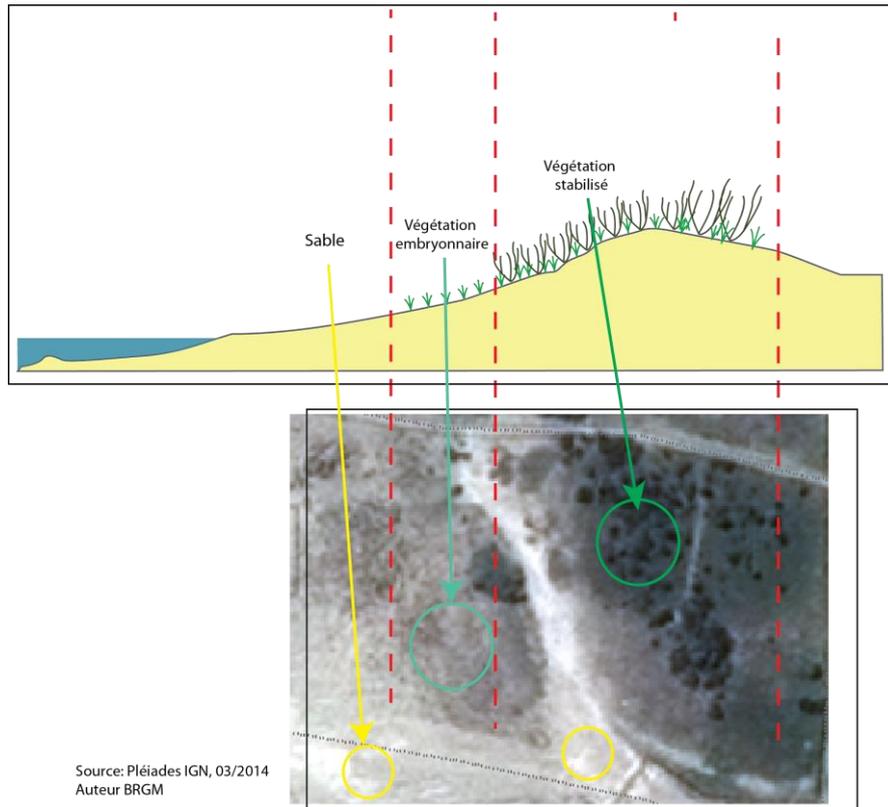


Illustration 15. Schema de sélection de l'échantillon pour la classification par signatures spectrales

2.5. LE SUIVI DE L'ALTIMETRIE DUNAIRE

Le suivi dunaire a été réalisé en comparant les modèles numériques de surface (MNS), acquis grâce à la technologie LIDAR en 2010 puis ceux acquis par drone en 2014, 2015 et 2016 en fonction des secteurs étudiés.

Des différentiels altimétriques ont ainsi été calculés afin d'estimer les pertes et les gains au cours de la période séparant les deux levés.

2.6. LE SUIVI IN-SITU DE LA VEGETATION DUNAIRE

2.6.1. Préambule

Le suivi végétation dunaire a vocation à faire apparaître l'évolution des dunes du point de vue botanique afin d'établir le lien avec leur évolution morphologique. Il est réalisé par les agents littoraux de Perpignan Méditerranée.

Le suivi végétation est donc réalisé en parallèle d'un suivi topographique de la dune concernée.

2.6.2. Période/Rythme

Les campagnes de relevés floristique sont réalisées si possible dans la même période que la campagne de mesures BRGM (sept/oct). Le suivi est réalisé une fois par an.

2.6.3. Localisation

Pour la campagne d'octobre 2015, **10 transects** sur des espaces dunaires très variés ont été sélectionnés (dunes stabilisées sur des zones Natura 2000, dunes reliques sur des zones à forte fréquentation, sur des zones « naturelle » ou sur des zones urbanisées, équipées ou pas de ganivelles...).

2.6.4. Mode opératoire

On plante 1 tige à chaque extrémité du transect à étudier et on déroule une corde, marquée tous les 5m, que l'on fixe à ces tiges. En partant des bornes coté terre, on avance par **casier de 5 m de long et 2 m de large** (1m de part et d'autre de la corde) vers la mer jusqu'à disparition de la végétation.

Pour chaque casier, on note sur une fiche de relevé terrain (annexe 4), le nom des différentes espèces présentes et le pourcentage de recouvrement du sol par la végétation.

2.6.5. Observations réalisées

L'illustration 16 présente les caractéristiques des différents transects suivis en 2014 et 2015.

TRANSECTS	Caractéristiques	Date des levés 2014	Dates des levés 2015
BARCARES Mas de l'Ille Nord et Sud	2 transects sur une dune bien établie, protégée de ganivelles depuis 2013, sur zone naturelle (= non urbanisée).	01/10/2014	27/10/2015
BARCARES Port Barcares	1 transect situé au sud du mas de l'Ille, petite dune relique, située juste devant les habitations bordant une plage très fréquentée. Dune pouvant assurer un rôle important de protection contre la submersion marine.		26/10/2015
TORREILLES Village des sables	1 transect sur une dune bien établie, protégée de ganivelles, assurant une protection submersion pour le village des sables.	22/09/2014	20/10/2015
TORREILLES Bourdigou	1 transect sur une dune fréquentée, non protégée, sur zone naturelle, avec installation de ganivelles prévues durant l'hiver 2014/2015.	25/09/2014	20/10/2015
SAINTE MARIE Nord	1 transect sur une dune peu fréquentée, non protégée, sur zone naturelle, avec installation de ganivelles prévue dans quelques années.	25/09/2014	26/10/2015

SAINTE MARIE Camping	1 transect sur une dune fréquentée, non protégée, sur plage longeant un camping, avec installation de ganivelles prévu dans quelques années. Rôle important de protection submersion.		15/10/2015
SAINTE MARIE Centre	1 transect sur une dune relique très fréquentée, non protégée, sur plage de centre-ville. Rôle important de protection submersion.	25/09/2014	15/10/2015
CANET ETANG Nord et Sud	2 transects sur une large dune à son climax, équipée de ganivelles depuis 2007, sur zone naturelle.		14-15/10/2015

Illustration 16 – Caractéristiques des différents transects suivis en 2014 et 2015.

A noter : Les levés topographiques de surface utilisés dans l'analyse d'évolution de la végétation sont des profils issus du modèle numérique de surface réalisé par photogrammétrie à partir des images du drone. En conséquence, ces profils reflètent l'altitude du sursol, qui peut comprendre des variations d'altitude de la végétation et pas uniquement des variations du sol.

2.7. LE SUIVI PHOTOGRAPHIQUE

Dans le cadre des campagnes pré et post-hivernales, ainsi qu'au cours d'expertises ponctuelles ou après une tempête, chaque secteur est photographié sous différents angles afin de pouvoir comparer les évolutions paysagères de manière qualitative. Ce suivi, simple dans sa mise en œuvre, est utile pour mieux resituer les indicateurs topobathymétriques obtenus ainsi que pour couvrir ponctuellement des sites non investigués quantitativement.

3. Bilan des stocks sédimentaires sur le littoral de l'OBSCAT

Ce chapitre présente :

- l'inventaire des données publiées et disponibles sur le périmètre de l'Obscat ;
- l'analyse des manques ;
- des perspectives de travail en terme :
 - o d'approfondissement de la connaissance sur des secteurs où les informations sont déficitaires ;
 - o de protocoles méthodologiques nécessaires à l'investigation des secteurs.

3.1. PRESENTATION DU SYSTEME SEDIMENTAIRE REGIONAL

Le prisme sédimentaire littoral de la région Languedoc-Roussillon est composé d'une diversité de composantes qui reposent sur un substratum rocheux (Illustration 17) :

- les lagunes internes ;
- le lido sableux avec les plages et les domaines dunaires ;
- l'avant-côte avec les systèmes de barres, interne et externe, et le glacis vers le large.

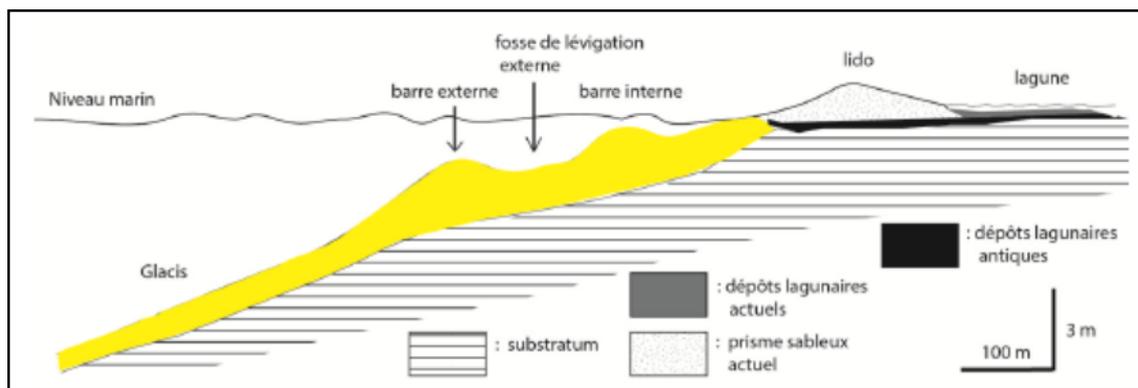


Illustration 17 - Schéma typique de la géométrie des dépôts sédimentaires littoraux du Golfe du Lion (Raynal et al., 2015).

L'évaluation des stocks sédimentaires littoraux est possible sur les différents compartiments avec cependant des méthodes géophysiques complémentaires :

- Sismique réflexion sur le domaine marin ;
- Géoradar et sismique (réfraction, ondes de surface) sur le domaine terrestre.

3.2. INVENTAIRE DES DONNEES D'ÉPAISSEURS SEDIMENTAIRES A PARTIR DE METHODES SISMIQUES

Les données sur les stocks sédimentaires sont issues de la bibliographie et principalement de travaux de l'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) qui, à travers les travaux des

doctorants depuis le début des années 2000, a été très impliquée sur cette thématique, avec en particulier :

- la thèse de R. Certain (2002) « *Morphodynamique d'une côte sableuse sableuse microtidale à barres : Le Golfe du Lion (Languedoc-Roussillon)* » ;
- la thèse de C. Labaune (2005) « *Architecture, genèse et évolution du littoral du Languedoc-Roussillon : impact des facteurs physiques au cours du Quaternaire terminal* » ;
- la thèse de P. Ferrer (2010) « *Morphodynamique à multi-échelles du trait de côte (prisme sableux) du golfe du Lion depuis le dernier optimum climatique* » ;
- la thèse de N. Aleman (2013) « *Morphodynamique à l'échelle régionale d'une avant-cote microtidale à barres sédimentaires : le cas du Languedoc-Roussillon à l'aide de la technologie LIDAR* ».

En parallèle de ces travaux de Recherche, une série d'études, où sont présentées des données relatives aux épaisseurs sédimentaires, a été réalisée par le laboratoire LEGEM de l'UPVD et le bureau d'études BCEOM sur commande des collectivités et des services de l'Etat, avec en particulier :

- l'*Etude générale pour la protection du littoral de l'Agly au Cap Leucate* pour le compte du SIVOM Leucate-Barcares et le SMNLR LR (BCEOM, 2002);
- Le programme d'acquisition sismique LITTOSIS, *Analyse volumétrique et granulométrique du prisme sableux littoral du Languedoc-Roussillon* pour le compte de la DREAL Languedoc-Roussillon (Raynal *et al.*, 2015).

Les données sont ici détaillées pour mettre en évidence le degré de connaissance dont on dispose sur les stocks sédimentaires le long du littoral de l'OBSCAT sur les communes de :

- Canet en Roussillon ;
- Sainte-Marie-la-mer ;
- Torreilles ;
- Le Barcarès ;
- Leucate.

3.2.1. Données sismiques de la thèse de Certain (2002)

a) Implantation

Les travaux de thèse de R. Certain (2002) rassemblent les premières estimations des épaisseurs sédimentaires sur les plages du Languedoc-Roussillon (Illustration 18).

Sur le littoral de l'OBSCAT, des lignes sismiques ont ainsi été acquises sur les communes de :

- Canet (11 profils) ;
- Sainte-Marie-la-mer (16 profils) ;
- Leucate (13 profils).

Des prélèvements sédimentaires ont également été réalisés au niveau des communes de Leucate et Sainte-Marie-la-mer, avec étude minéralogique (diffraction rayon X et datation ¹⁴C) et étude pétrographique, pour une meilleure connaissance des caractéristiques des dépôts sableux.

Le matériel utilisé est une source sismique de type « boomer », modèle IKB-SEISTEC®⁶, qui présente l'avantage de pouvoir évoluer dans des faibles profondeurs d'eau.

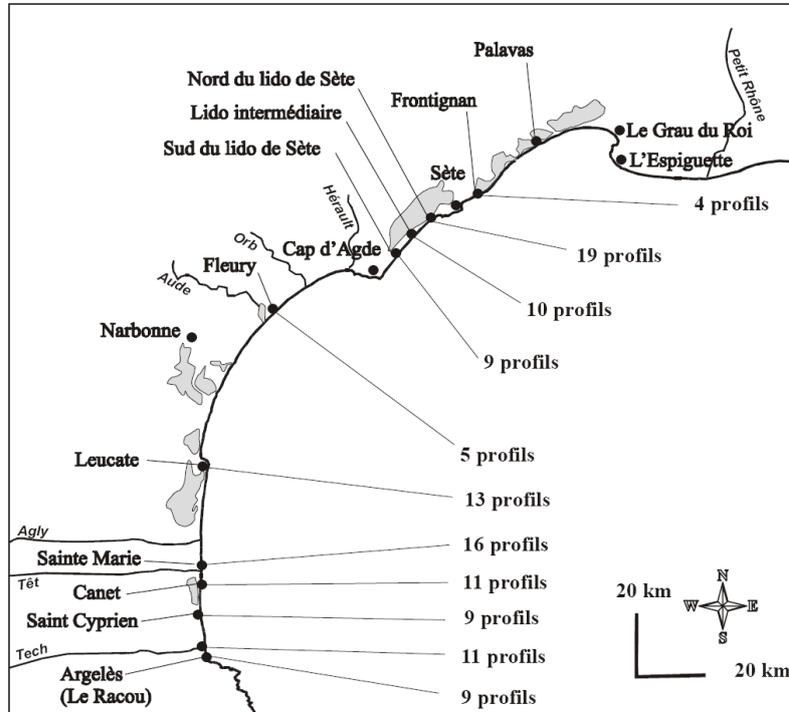


Illustration 18 - Plan d'implantation des profils sismiques réalisés sur le littoral du Languedoc-Roussillon (Certain, 2002).

b) Exemple de profils

Les données sismiques ont été interprétées, en termes d'épaisseurs de sédiments, entre l'interface eau/sédiments et l'interface sédiments/roche indurée en fonction des réflecteurs sismiques identifiés sur les profils.

L'unité sismique entre ces deux réflecteurs est dénommée USU pour «Upper Sediment Unit». Elle correspond à la masse de sable disponible et mobilisable naturellement par les houles et la dérive littorale. Elle est également nommée comme « disponible sédimentaire ». C'est la masse de sable mobile sur l'avant-côte qui participe à la dynamique de la plage, des barres sous-marines et de l'avant-côte et qui peut alimenter celle-ci. En l'absence de disponible sédimentaire sur l'avant-côte, le secteur est tôt ou tard exposé à un phénomène chronique de recul du trait de côte.

Des exemples de profils sur le secteur de l'OBSCAT sont présentés dans les illustrations suivantes (Illustration 19 à Illustration 21), avec les interprétations issues de Certain (2002) en termes d'épaisseurs sédimentaires.

⁶ <http://reformar.ca/pdf/equipements/Profileur%20de%20sediment.pdf>

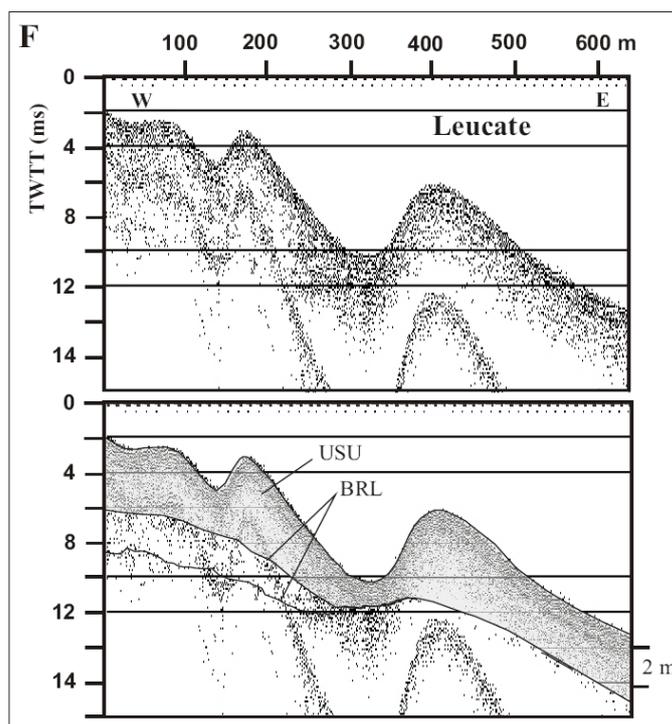


Illustration 19 - Exemple du profil sismique au niveau de Leucate (Certain, 2002). L'USU atteint 5 m d'épaisseur maximale et diminue progressivement vers le large où elle atteint 1,5 m à 10 m de profondeur. Elle est logiquement plus épaisse au niveau des barres. Elle repose sur deux réflecteurs correspondant aux toits de « grès de plage ». En dessous de ce niveau de grès (BRL – Beach Rock Layer), dont le pendage atteint 1%, la couche inférieure de sable compact se poursuit jusqu'à – 16 mètres.

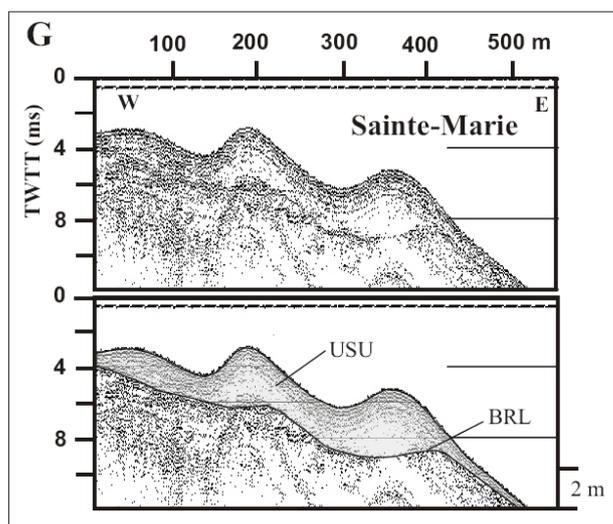


Illustration 20 - Exemple du profil sismique au niveau de Sainte-Marie (Certain, 2002). L'USU atteint 3,5 m d'épaisseur sur une couche de grès. L'épaisseur diminue rapidement vers le large en atteignant un minimum vers 6 m de profondeur.

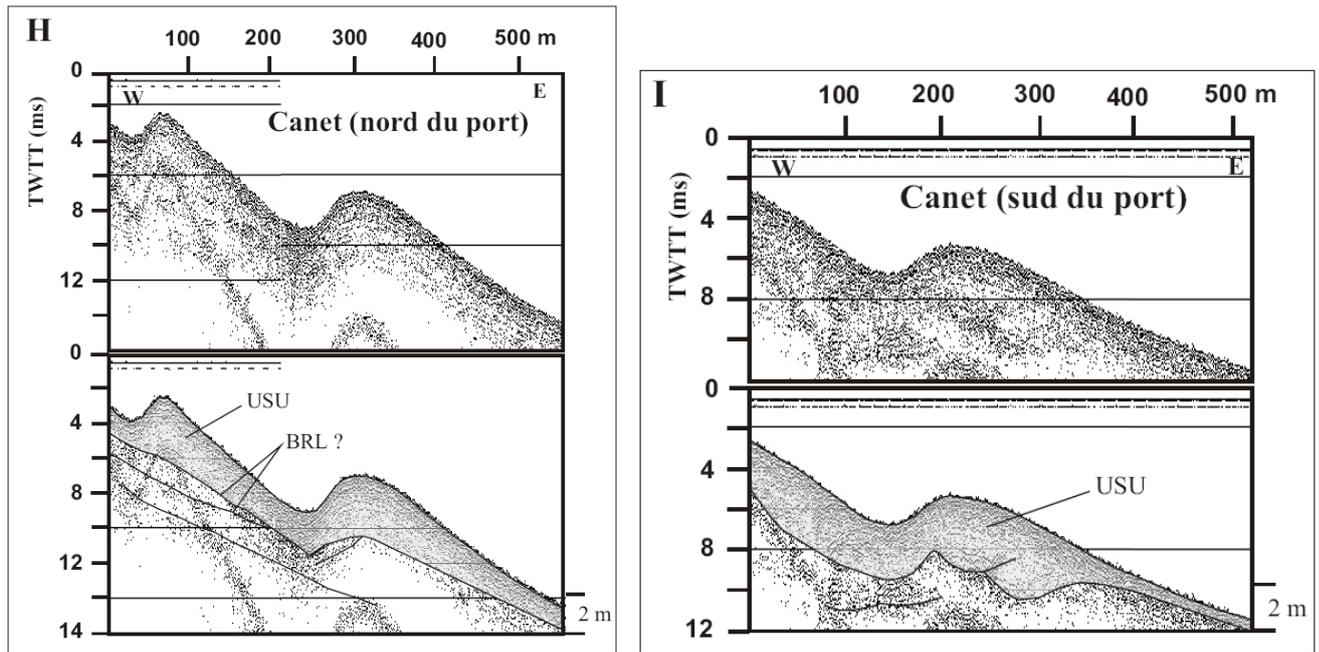


Illustration 21 - Exemple du profil sismique au nord et sud du port de Canet (Certain, 2002). Au nord du port, l'USU atteint une épaisseur d'environ 3 m et repose sur un réflecteur plus ou moins bien défini qui pourrait être du grès. A 10 m de fond, son épaisseur est inférieure à 50 cm. Deux barres sont bien développées, sans réflecteur interne visible. Au sud, le maximum d'épaisseur est d'environ 3 m et atteint un minimum de quelques dizaines de cm à 9-10 m de fond.

3.2.2. Etude BCEOM (2002)

L'Etude générale pour la protection du littoral de l'Agly au Cap Leucate a été réalisée par le BCEOM pour le compte du SIVOM Leucate-Barcarès et le SMLRN LR.

Un volet du diagnostic du littoral porte sur l'évaluation des stocks sableux à travers une investigation par sismique-réflexion de l'avant-côte du littoral. Elle a été réalisée par l'Université de Perpignan (Laboratoire LEGEM). 12 profils sismiques ont été réalisés au droit du lido entre le Barcarès et Port-Leucate (Illustration 24).

L'examen des profils a été focalisé sur l'identification et la caractérisation de l'unité sableuse de surface (Upper Sand Unit, USU) et basé sur la reconnaissance de la couche de grès de plage (Beach Rock Layer, BRL), dont la répartition spatiale n'est pas uniforme sur l'ensemble de la zone d'étude.

Chacun des profils est décrit en termes de morphologies présentes (système à double barre, une seule barre) et d'épaisseur sédimentaire de l'USU (minimale, moyenne et maximale). Les informations sont rassemblées sur l'illustration 23.

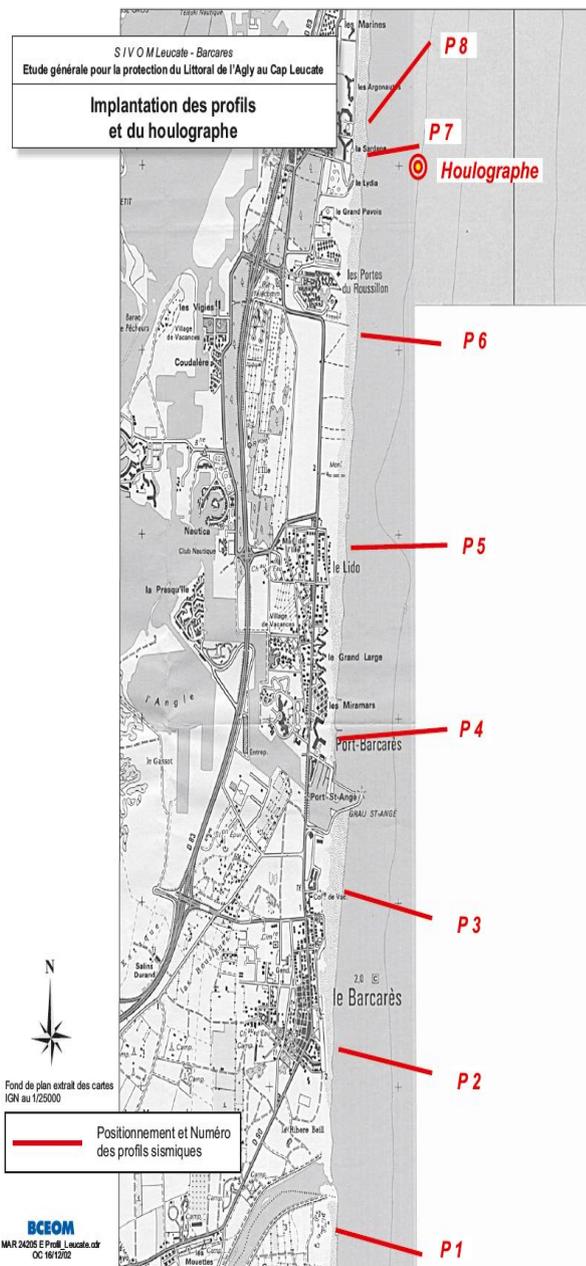


Illustration 22 - Plan d'implantation des profils entre l'Agly et le Cap Leucate (BCEOM, 2002)

N° de profil	Localisation	N° de sous-cellule	Nombre de barres	Distance de la barre externe du rivage (m)	Profondeur de la barre externe (m)	Epaisseur moyenne de USU (m)
1	Sud de l'embouchure de l'Agly	8	3	390	-5.7	2.3
2	Grand parking du Barcarès	9	2	385	-4.4	2.9
3	Sud du port du Barcarès	9	4	370	-4.8	2.5
4	Nord des ouvrages du Barcarès	10	2	426	-4.8	2.3
5	Barcarès, début de la route du lido	10	2	346	-5.3	1.6
6	Barcarès, fin de la route du lido	10	2	233	-2.8	1.6
7	Barcarès - Résidence la Sardanne	10	3	260	-2.7	3.1
8	Barcarès - Résidence la Sardanne	10	3	-	-	1.95
9	Port-Leucate, centre de la zone urbanisée	10	3	600	-4.9	2.8
10	Port-Leucate, sud du port	10	2	199	-4.1	2.8
11	Port-Leucate, nord du port	11	2	295	-6.4	1.7
12	Port-Leucate, zone sauvage entre le grau et la falaise	12	2	241	-5.9	2

Illustration 23 - Caractéristiques du prisme littoral entre l'Agly et de cap Leucate d'après l'analyse des profils sismiques (BCEOM, 2002 modifié)

L'illustration 24 montre l'exemple des profils sismiques n°3 et n°4, situés de part et d'autre des ouvrages portuaires du Barcarès :

- Le profil n°3 est situé à quelques centaines de mètres en amont-transit du port de Barcarès. Il se caractérise par 4 barres. La barre externe et la barre intermédiaire sont bien distinctes. La barre interne semble se diviser en deux et ces deux parties sont de petite dimension et de forme aplatie. L'épaisseur moyenne de l'USU est de 2,5 m.
- Le profil n°4 est situé en aval-transit direct du port Barcarès. Il présente une barre interne dont le volume sédimentaire est important. Elle est située à une profondeur de 1,3 m elle se situe à environ 130 m du rivage. Plus au large, la fosse et la barre externe se différencient très mal, la barre étant peu développée. L'épaisseur moyenne de l'USU est de 2,3 avec une épaisseur de 3,3 m au niveau de la barre interne.

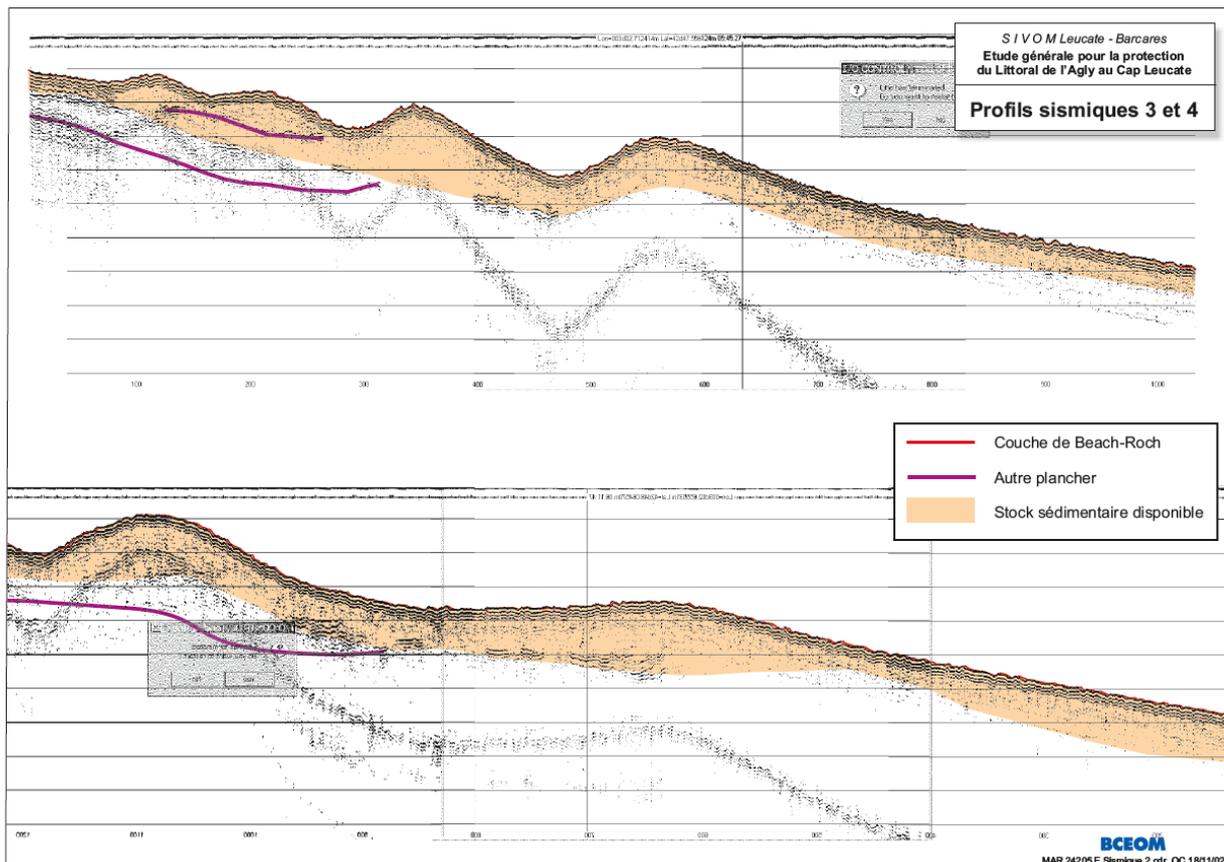


Illustration 24 - Exemple de profil sismique. Profils 3 et 4 au sud et au nord des ouvrages du Barcarès (BCEOM, 2002).

Ces données mettent en évidence les effets des ouvrages artificiels ou naturels avec les quatre obstacles majeurs sur la zone d'étude, que sont :

- l'embouchure de l'Agly ;
- les ports de Barcarès ;
- le port de Leucate ;
- et enfin le grau de Leucate.

L'épaisseur de l'USU augmente au niveau de l'embouchure de l'Agly, qui est une source potentielle de sédiments et du grau de Leucate (ouvrage de petite taille qui peut être contourné). En revanche, le stock de sable disponible diminue fortement en aval-transit des installations portuaires car les jetées bloquent, en partie, le transit littoral.

3.2.3. Données de la thèse de Labaune (2005)

En 2005, Caroline Labaune a soutenu à l'Université de Perpignan une thèse intitulée « *Architecture, genèse et évolution du littoral du Languedoc-Roussillon : impact des facteurs physiques au cours du Quaternaire terminal* ». Ce travail de recherche a fait l'objet d'un certain nombre de publications scientifiques internationales (Tesson *et al.*, 2005 ; Labaune *et al.*, 2005, 2008, 2010).

Les données sont recensées sur le site de l'association GDARGO (www.gdargo.com) mais n'y sont pas directement accessibles. Cette association loi 1901 rassemble une partie des anciens enseignants-chercheurs en sédimentologie et en géologie marine de l'Université de Perpignan.

Elle a pour but de valoriser les travaux menés dans ce champ thématique depuis les années 1980. Des exemples de profils sismiques à basse définition sont disponibles en ligne pour information. La mise à disposition de données haute-définition est conditionnée par une prise de contact avec le bureau de l'association (Président : M. Tesson).

Implantations de profils sismiques

Ce travail s'est basé sur la réinterprétation d'anciens profils et sur l'acquisition d'un grand nombre de nouveaux profils sismiques sur le plateau continental, et le domaine littoral (avant-côte et l'étang de Salses-Leucate, Illustration 25).

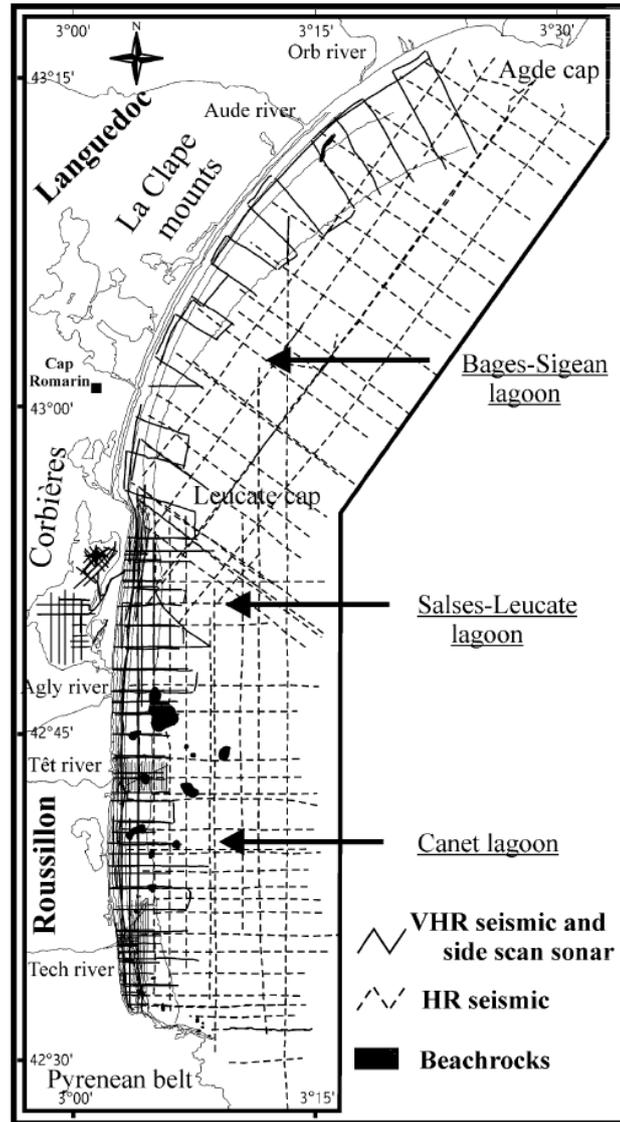


Illustration 25 - Plan de position des données sismiques très-haute résolution (VHR) en milieu côtier et haute résolution (HR) sur le plateau continental, utilisées par Labaune (2005) in Tesson et al. (2005).

Les profils sismiques Très Haute Résolution (THR) (IKB Seistec) sur la proche avant-côte proviennent de deux campagnes de mesures réalisées en 2001 et 2002 selon un maillage variable (Illustration 26). La campagne de 2002 porte spécifiquement sur le littoral concerné par l'OBSCAT, avec des lignes sismiques complémentaires dans l'étang de Sales-Leucate.

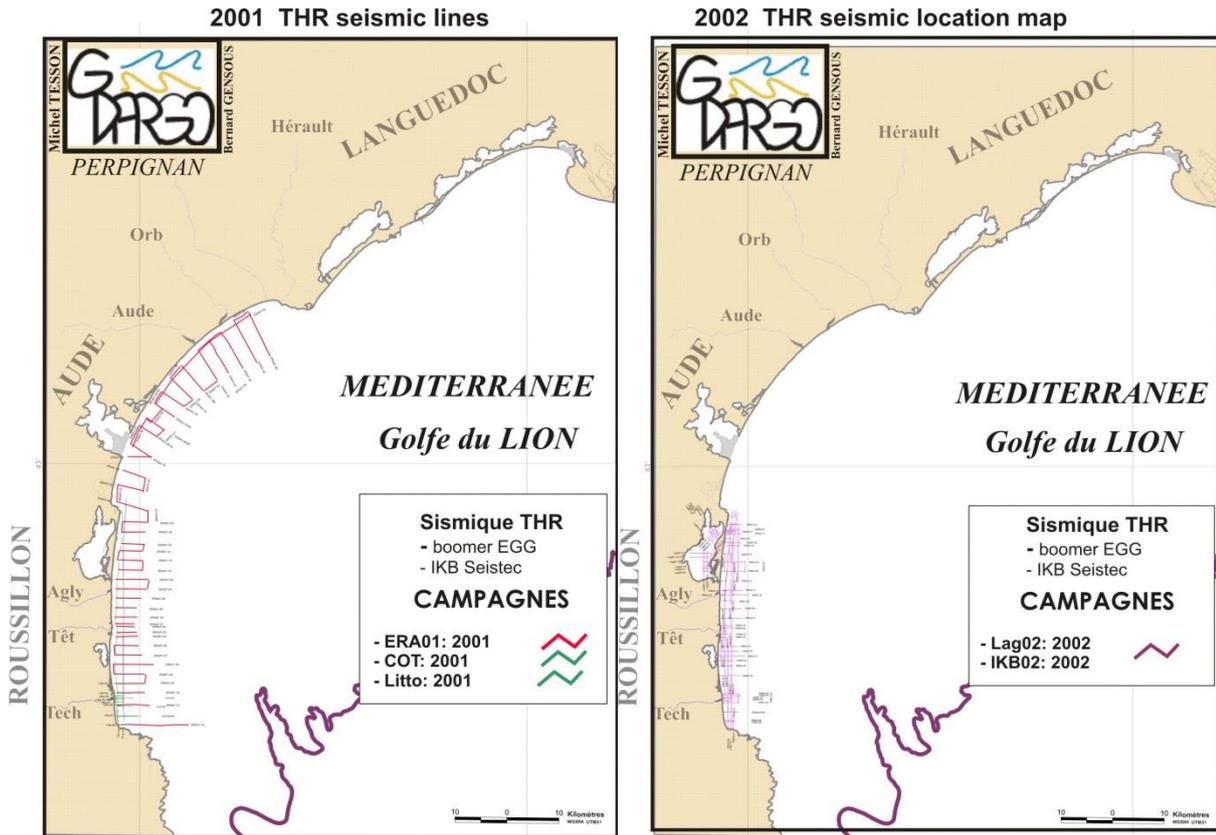


Illustration 26 - Carte des missions d'acquisition sismique en 2001 et 2002 sur le secteur littoral roussillonnais (www.gdargo.com).

Un exemple de profil sismique THR est présenté sur l'illustration 27. L'interprétation produite porte sur l'identification de toutes les unités sédimentaires (U) qui constituent le sous-sol et qui sont délimitées par des discontinuités (D), ce qui permet de les identifier sur chaque profil et ainsi d'observer leur continuité latérale à l'échelle de la région étudiée.

Ainsi, l'unité supérieure qui correspond au prisme littoral a pu être cartographiée à l'échelle du littoral du Roussillon. L'illustration 28 montre la carte des isopaques (épaisseurs sédimentaires) issues de l'analyse de Labaune (2005).

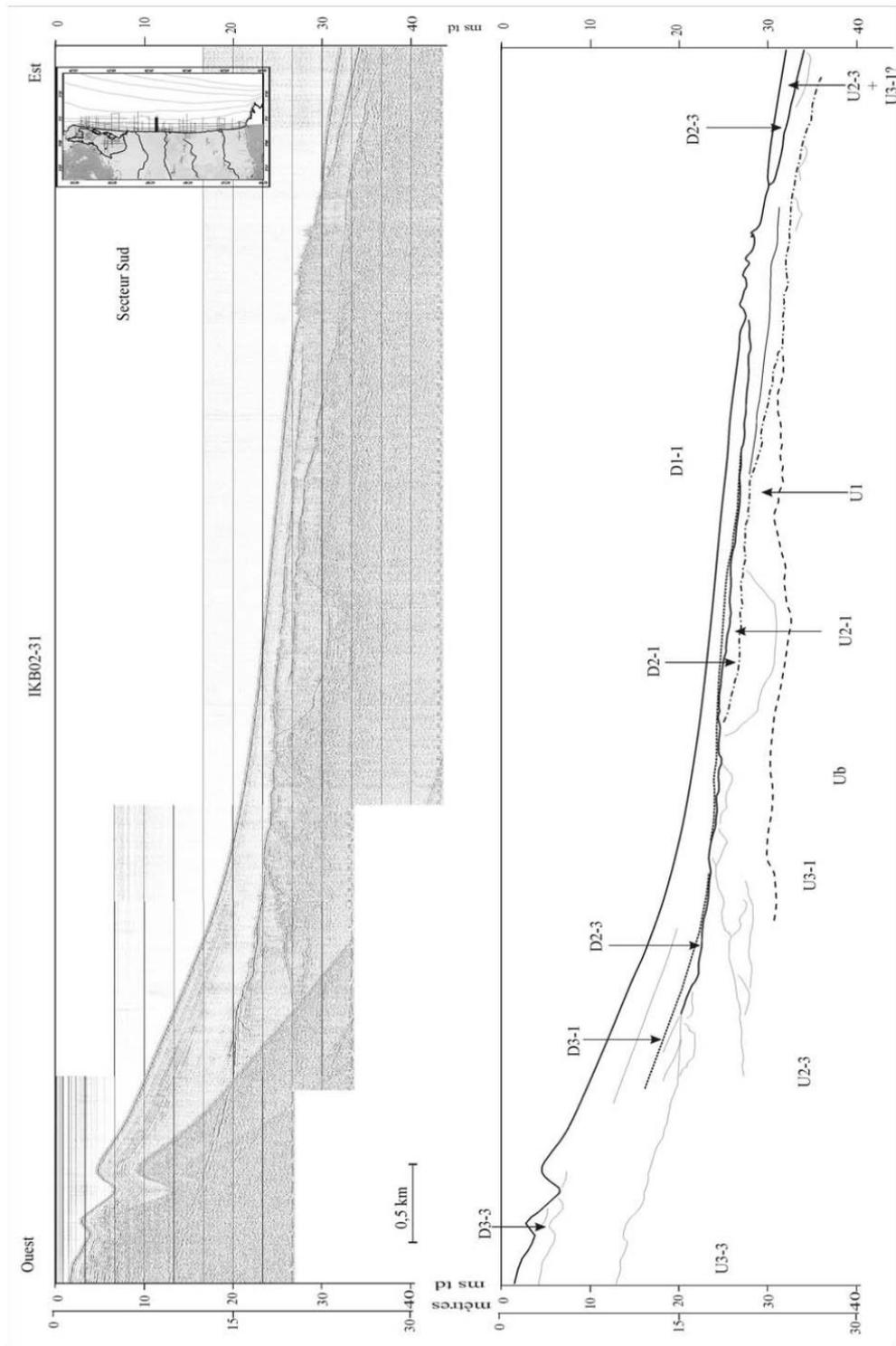


Illustration 27 - Exemple de profil sismique THR (brut et interprété) au droit du littoral roussillonnais avec un profil de plage à barres (Labaune, 2005).

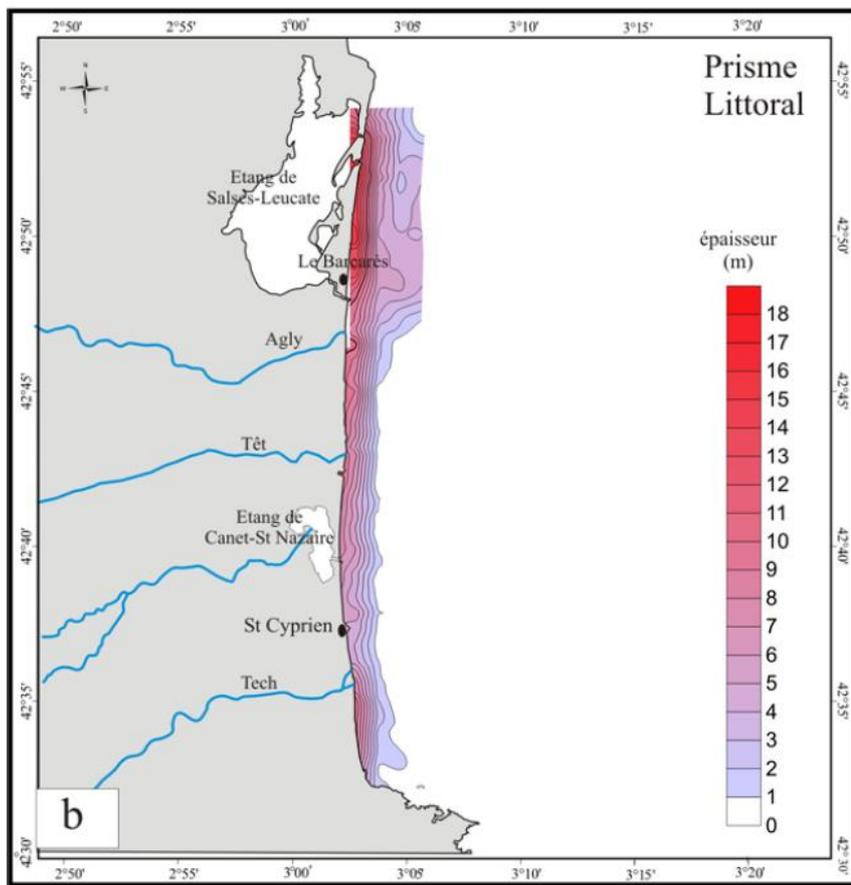


Illustration 28 - Carte d'isopaques du prisme littoral roussillonnais (Labaune, 2005).

Données de carottages

Des données de sondages carottés de 15 à 20-25 m de longueur ont également été acquises au niveau des étangs de Canet et de Leucate, dans l'étang et sur le lido (Illustration 29). Les carottes sur le lido (C1 et S2) montrent des épaisseurs de sables superficiels de l'ordre de 5 à 10 m environ.

Des vibrocarottages spécifiques ont été acquis dans le cadre de la thèse. Ils sont détaillés de manière approfondie dans le manuscrit et des corrélations avec les faciès sismiques ont été réalisées au niveau de l'étang de Leucate en particulier (Illustration 30).

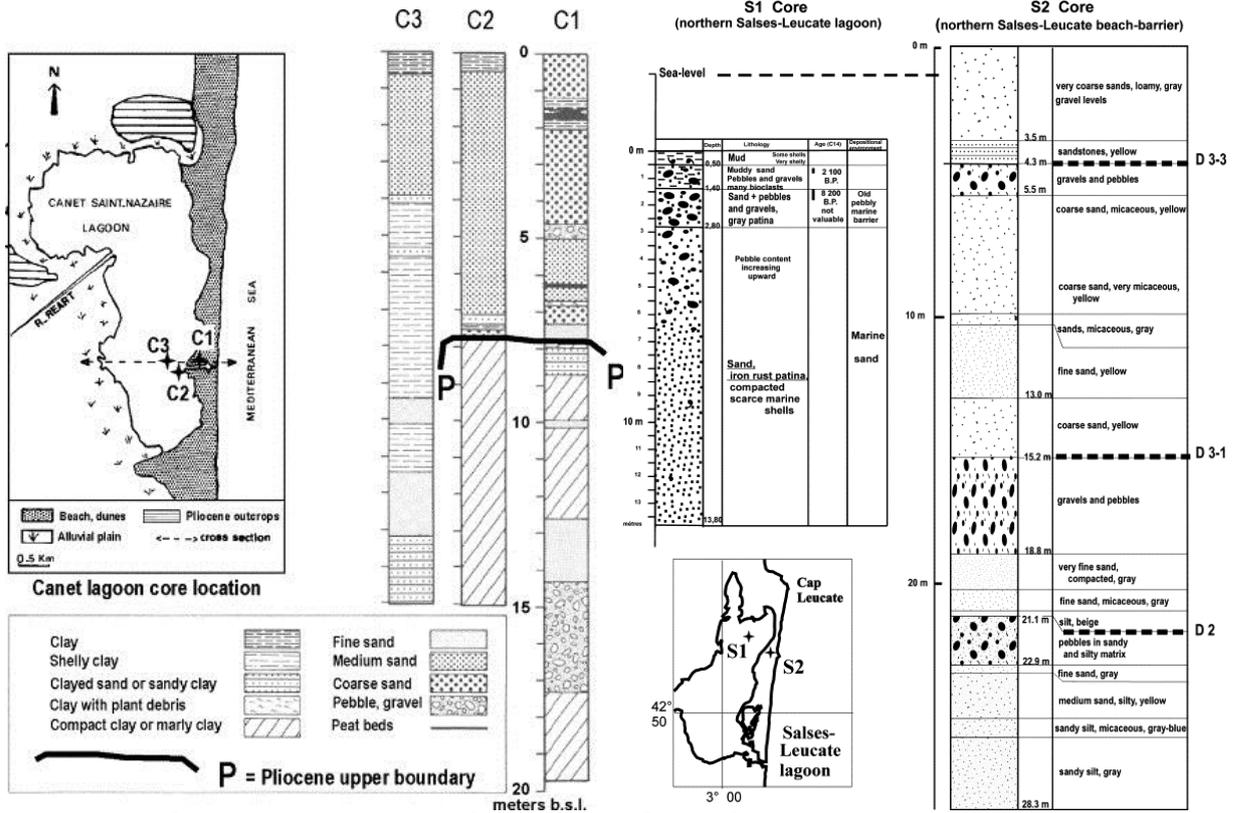


Illustration 29 - Carottages dans l'étang (S1) et le Lido (S2) de Salses-Leucate et (d'après Tesson et al., 2005).

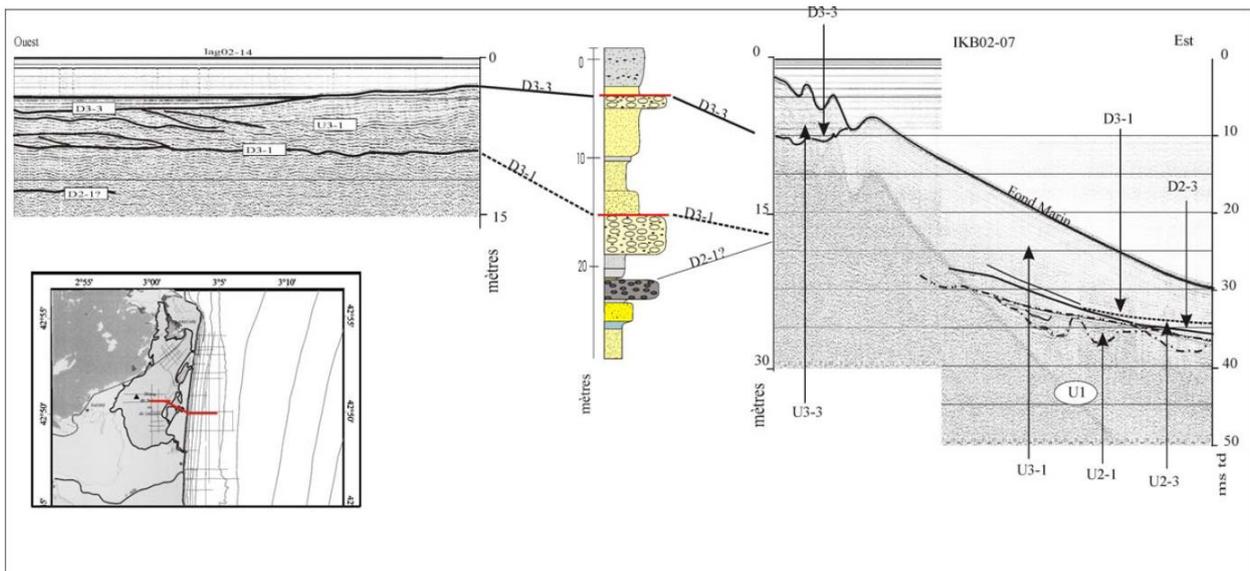
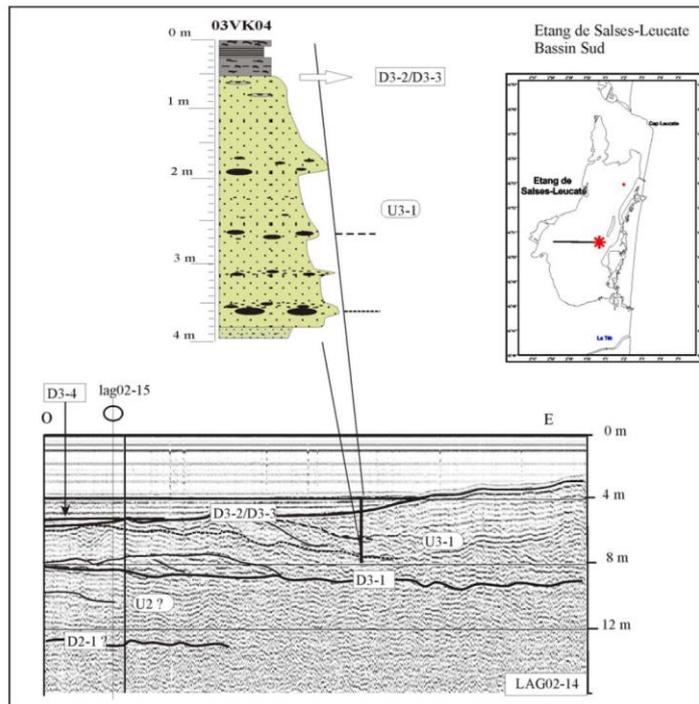


Illustration 30 - Corrélations sismique-carottage sur le milieu étang-lido-avant-côte au droit de l'étang de Salses-Leucate (Labaune, 2005).

3.2.4. Données de la thèse de Ferrer (2010)

Dans la thèse de P. Ferrer (2010) « Morphodynamique à multi-échelles du trait de côte (prisme sableux) du golfe du Lion depuis le dernier optimum climatique » des expérimentations été menées :

- sur le domaine terrestre plage-dune au niveau de Leucate par géoradar ;
- sur l'avant-côte de Leucate et l'étang de Salses-Leucate par sismique réflexion.

Investigation par géoradar

Le géoradar est basé sur un principe similaire à la sismique réflexion à la différence que des ondes électromagnétiques hautes fréquences (entre 10 et 2000 MHz), et non plus des ondes acoustiques, sont émises dans le sol et pour reconnaître la géométrie et l'architecture du sous-sol. Des tests ont ainsi été réalisés avec le matériel de l'Université de Montpellier (Illustration 31).



Figure III. 8 : Photographie du géoradar déployé [source Laboratoire Géosciences Montpellier].

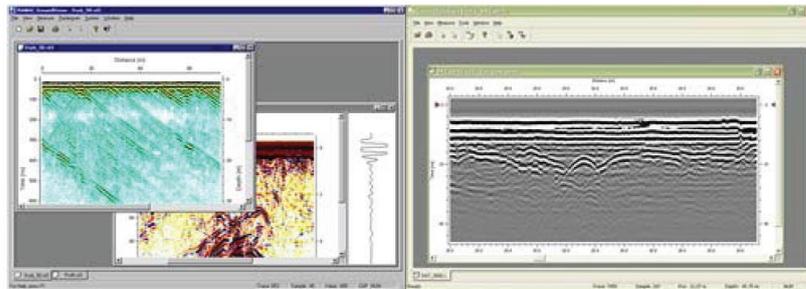


Figure III. 9 : Capture d'écran (fournie par RAMAC) du logiciel Groundvision® lors d'une mission d'acquisition au géoradar.

Illustration 31 - Tests de prospection par géoradar réalisés dans la thèse de P. Ferrer (2010).

Ces tests n'ont pas été totalement concluants. Bien qu'avec une pénétration du signal d'environ 2 m sur la plage et l'arrière-dune de Leucate (cf. Illustration 31 - Figure III. 9), les images ne rendent pas compte de l'architecture interne de la plage de manière suffisamment satisfaisante selon Ferrer (2010).

Evaluation du disponible sédimentaire au droit de Leucate par sismique réflexion

De nouvelles données complémentaires à celles de Certain (2002) ont été acquises dans le cadre de ce travail au droit de la plage de Leucate et dans la lagune de Salses-Leucate (Illustration 32).

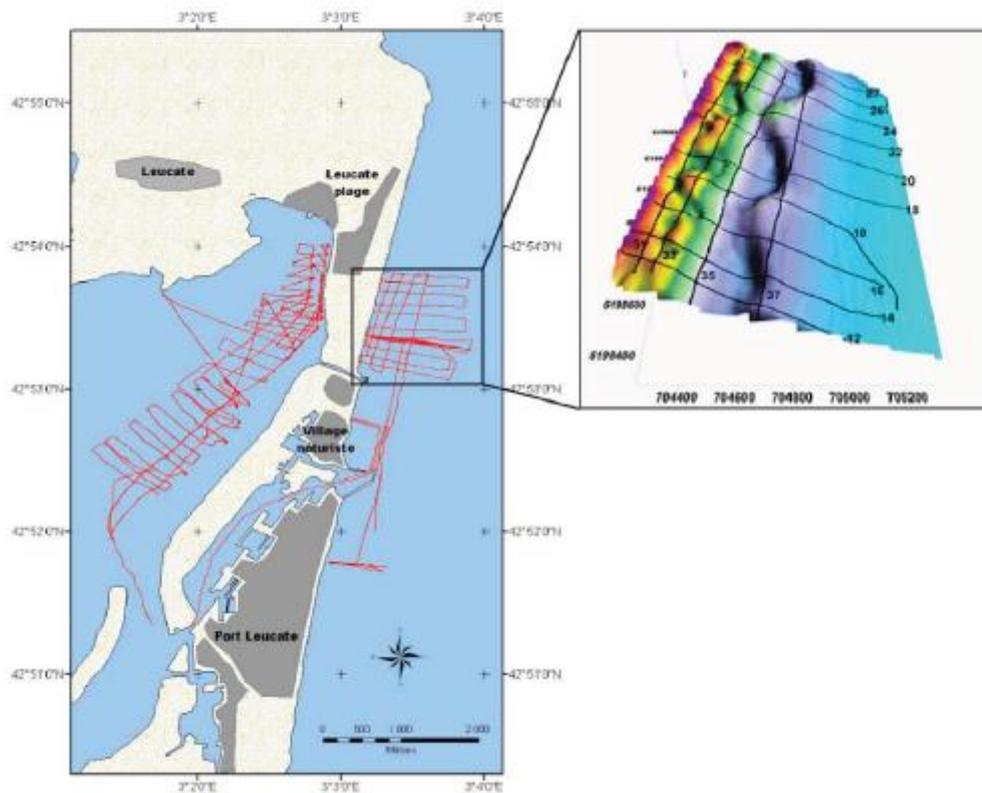


Illustration 32 - Plan des profils sismiques acquis dans le secteur de Leucate (Ferrer, 2010).

Elles ont été acquises avec deux sources sismiques différentes (boomer IK Seistec et sondeur de sédiments Innomar SES 2000).

Des tests comparatifs entre les deux sources sismiques ont été réalisés sur un même secteur. Il apparaît que si les deux techniques sont appropriées pour l'étude des prismes sédimentaires littoraux régionaux avec des gammes d'épaisseurs métriques, la meilleure résolution du sondeur de sédiment est plus adaptée dans les lagunes à sédiments fins que sur les avant-côtes sableuses, avec des sables plus grossiers. Il est cependant plus facile à mettre en œuvre par rapport au Seistec.

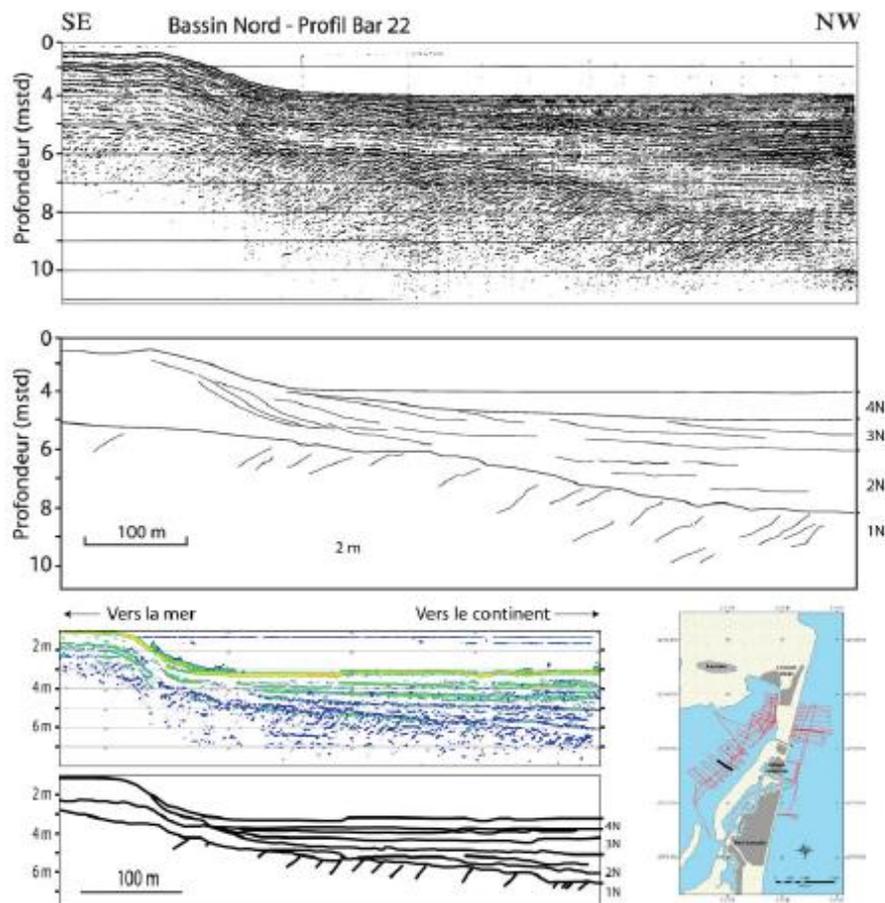


Illustration 33 - Profil sismique dans la lagune de Salses-Leucate (Ferrer, 2010). En haut le profil boomer IKB Seitec, en bas le profil avec le sondeur de sédiment Innomar SES2000.

Exemples de profils sur l'avant-côte

Des exemples de profils levés devant Leucate-plage sont représentés sur les illustrations suivantes.

Ils montrent qu'au large, au-delà de 8 m de profondeur d'eau, le toit du substratum est moins facilement identifiable et semble s'interrompre. La sismique a aussi permis de mettre en évidence des réflecteurs internes dans les barres, témoin des migrations successives.

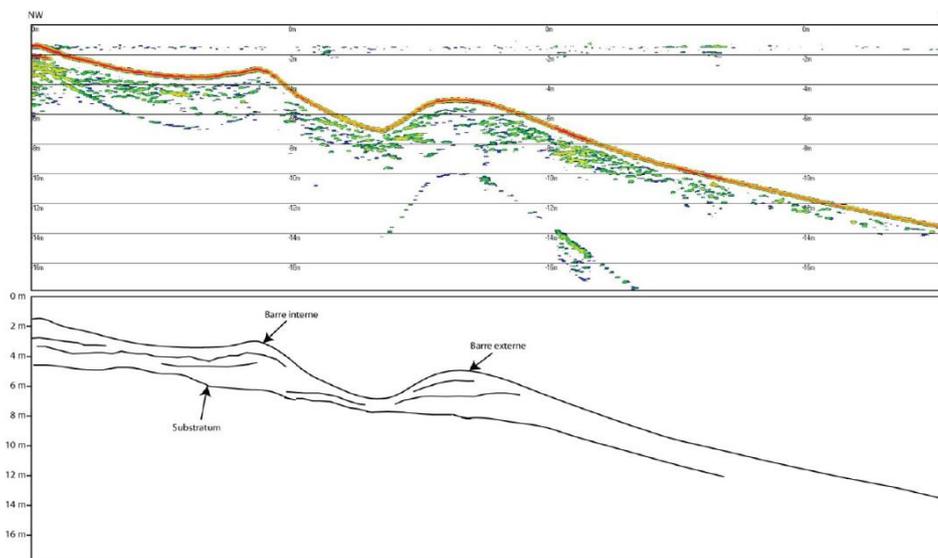


Illustration 34 - Exemple du profil n°20 à Leucate-lage. Image brute et interprétation sismique (Ferrer, 2010).

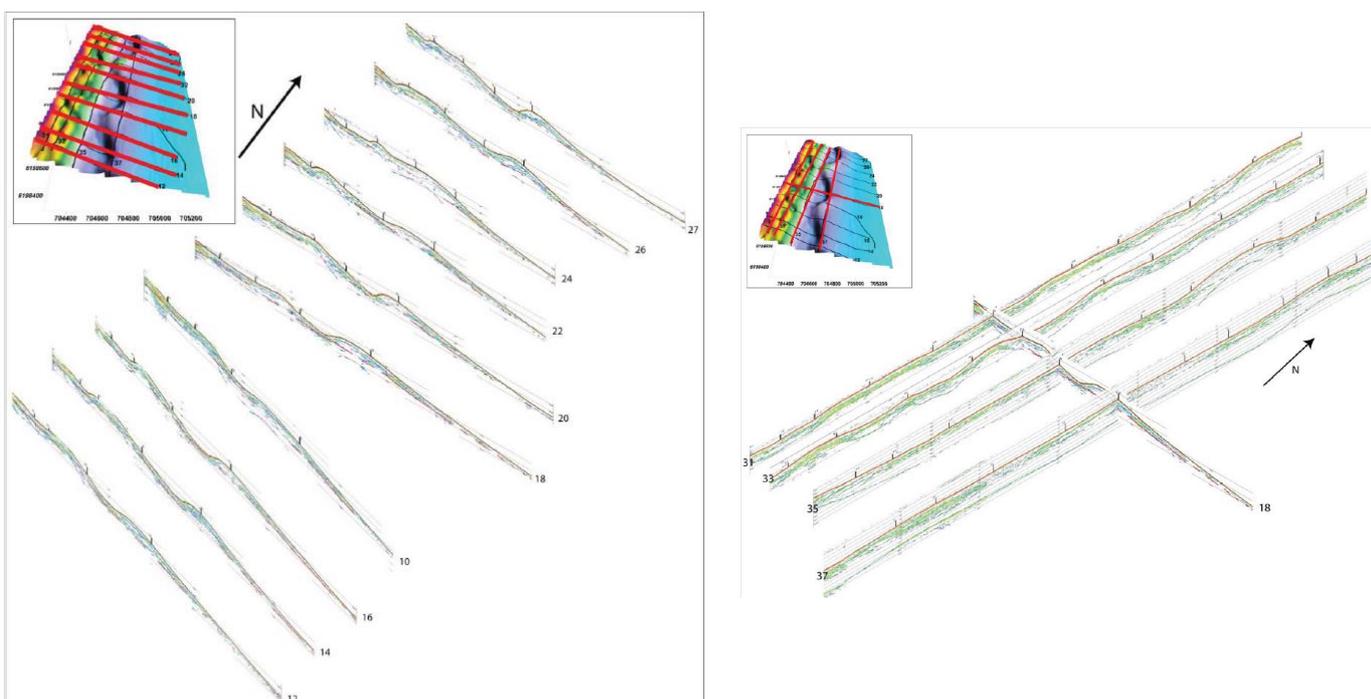


Illustration 35 - Réseau de profil en mer à Leucate-plage, profils orthogonaux au littoral et profils parallèles au trait de côte, utilisés pour le pointé du toit du substratum rocheux (Ferrer, 2010).

Les données ont été interprétées de manière géostatistique pour obtenir une carte du toit du substratum rocheux (carte isohypse). La comparaison de cette carte avec les données bathymétriques a permis de produire une carte d'isopaques, carte de l'épaisseur du disponible sédimentaire (Illustration 36).

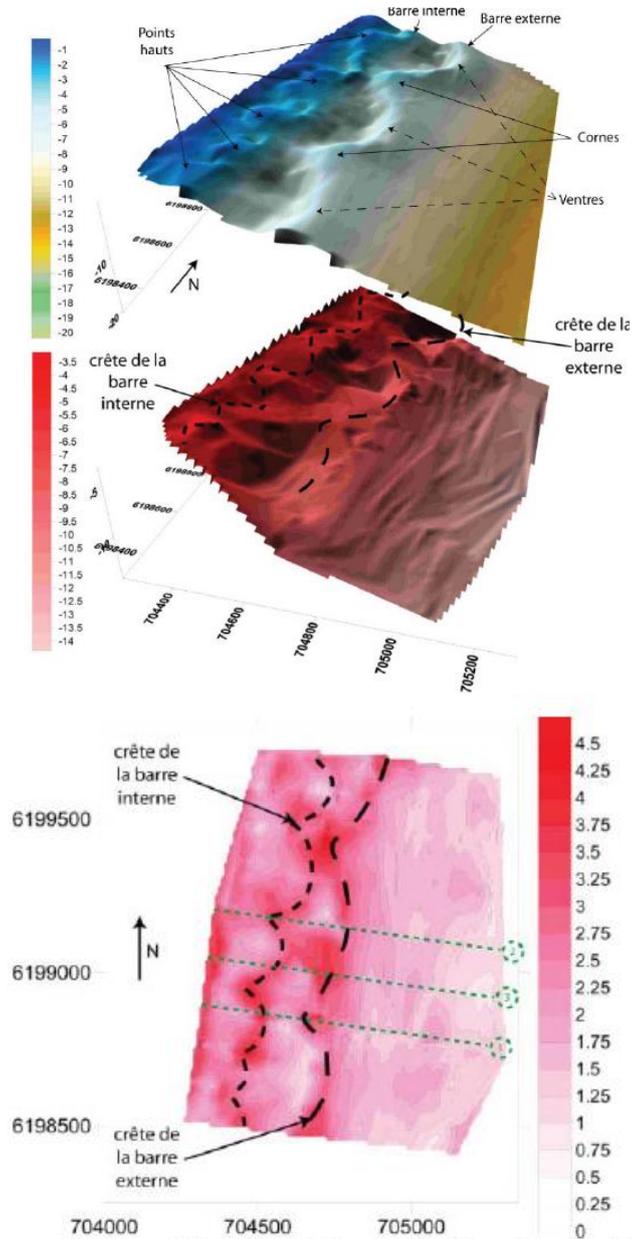


Illustration 36 - Avant-côte de Leucate-plage : carte bathymétrique, carte isohypses du substratum rocheux et carte d'isopaques du disponible sédimentaire.

Ferrer (2010) estime ainsi le disponible sédimentaire sur la surface immergée à $2\,400\,000\text{ m}^3$ pour une superficie d'environ $1\,200\,000\text{ m}^2$, soit une épaisseur moyenne de 2 m à l'échelle de la zone. La variabilité de la position des barres modifie localement cette épaisseur moyenne, mais il montre que les modifications morphologiques du profil se font à volume constant sur l'avant-côte. Enfin, en l'absence de données sur la position du substratum sur la partie plage émergée (test géoradar non concluant), il estime par un calcul approximatif que le disponible sédimentaire sur la partie émergée constituerait environ 15% de celui de la partie immergée.

Au-delà des aspects estimation des stocks, l'interprétation des données sismiques permet de déterminer des indicateurs de mobilité des barres sableuses à l'échelle annuelle à pluri-annuelle, soulignées par les réflecteurs sismiques internes (Illustration 37).

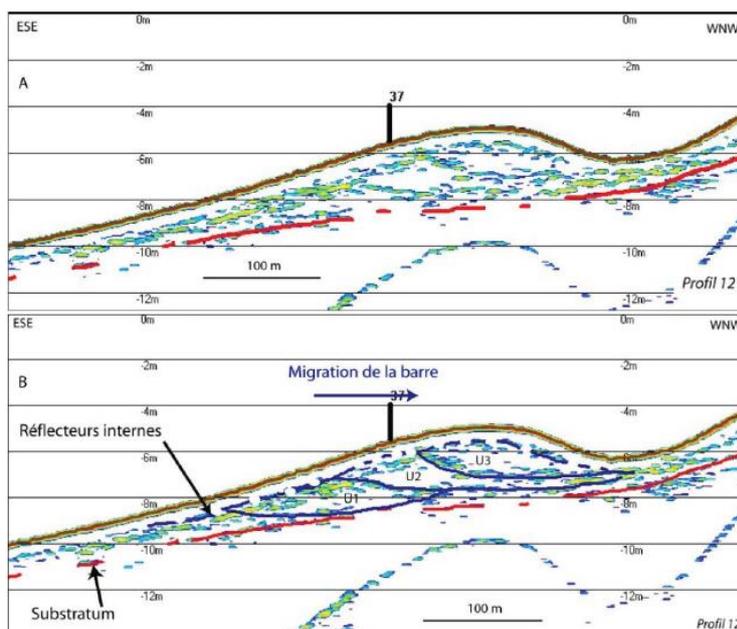


Illustration 37 - Exemple de structure sédimentaires identifiées dans la barre externe sur le profil n°12 (Ferrer, 2010).

3.2.5. Données LITTOSIS (2015)

Le projet de Recherche LITTOSIS a pour objectif de caractériser le prisme littoral sableux au niveau de l'avant-côte de la région Languedoc-Roussillon à travers :

- une campagne de sismique-réflexion haute résolution ;
- une analyse granulométrique des sédiments superficiels.

Ce projet est basé sur une convention de Recherche entre l'Université de Perpignan (laboratoire CEFREM) et la DREAL Languedoc-Roussillon. Le rapport de Raynal *et al.* (2015) rassemble les données et informations résumées ici.

Plan d'implantation des sondages

Les données produites dans ce projet complètent les prospections géophysiques réalisées dans les thèses de Certain (2002) et Ferrer (2010) (archives CEFREM).

De nouveaux profils sismiques ont ainsi été acquis en 2012 et 2013, à l'aide d'un sondeur de sédiment Innomar SES 2000 (

Illustration 38). Ils sont espacés de 400 m et couvrent la zone entre 50 et 800 m du trait de côte environ, le début des profils à la côte étant contraint par les conditions d'agitation et d'accessibilité des moyens nautiques.

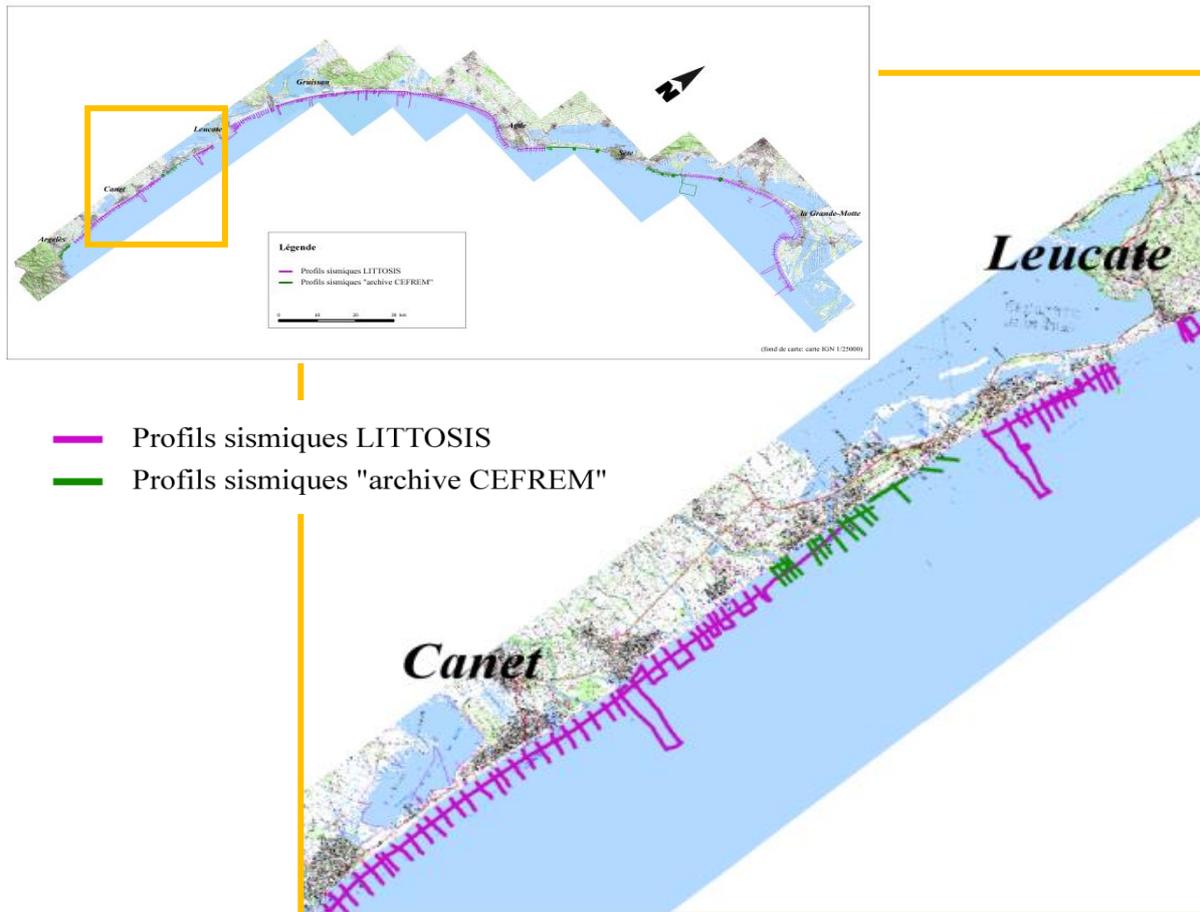


Illustration 38 - Plan d'implantation des profils sismiques LITTOSIS et zoom sur les données disponibles sur le littoral de l'OBSCAT (d'après Raynal et al., 2015).

Exemple de profil

L'illustration 39 montre un exemple du profil p271 situé au droit du Canet avec le profil brut et l'interprétation en termes d'épaisseur du disponible sédimentaire USU (Upper Sand Unit).

Résultats

Les résultats de la prospection géophysique sur le périmètre de l'OBSCAT sont présentés sur l'illustration 40 et l'illustration 41. Les profils LITTOSIS acquis en 2013 ont été interprétés en termes d'épaisseur sédimentaire et intégrés dans les calculs de volume. Les profils « Archive CEFREM » l'ont également été au niveau de la commune du Barcarès. Des cartes isopaques des épaisseurs sédimentaires sont produites lorsque les données sont suffisamment denses pour permettre des interpolations géostatistiques, la création de modèles 3D et les calculs de volume par cellule sédimentaire.

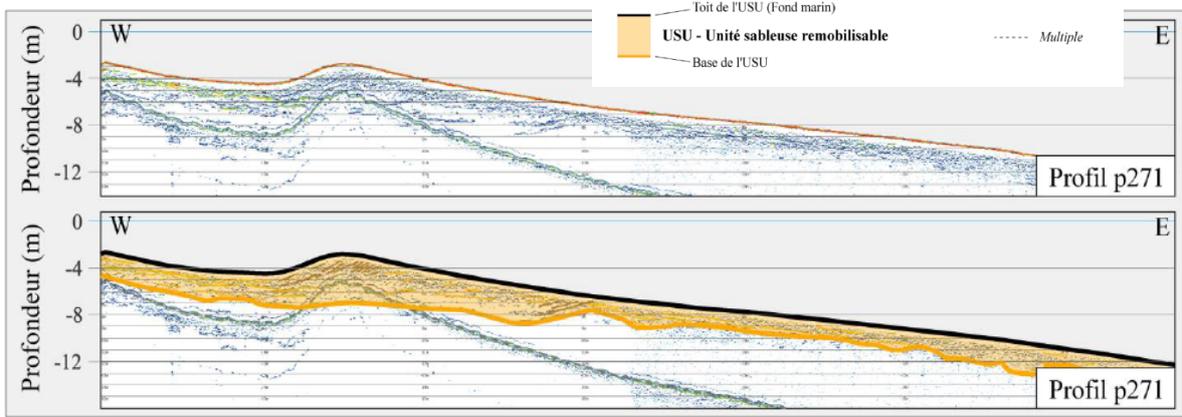
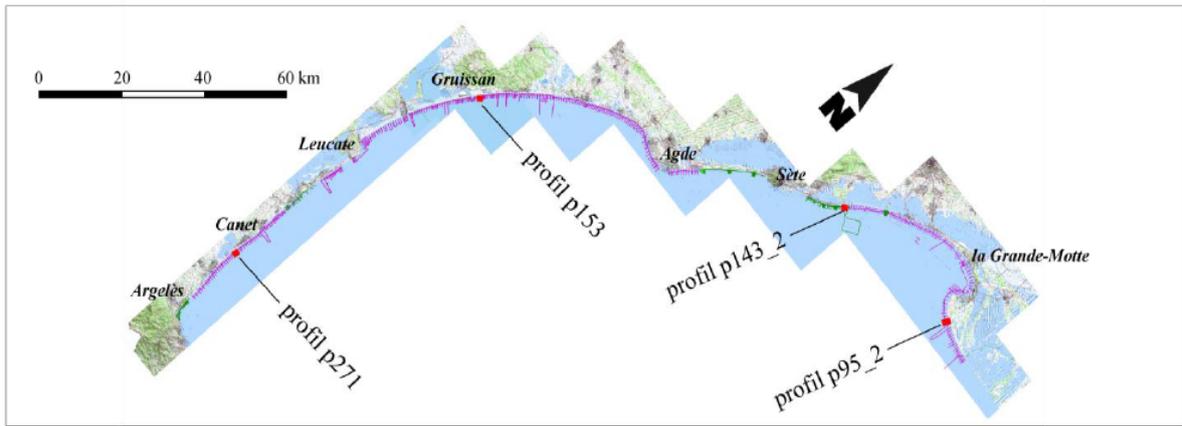


Illustration 39 - Exemple du profil p271 au droit du Canet (d'après Raynal et al., 2015).

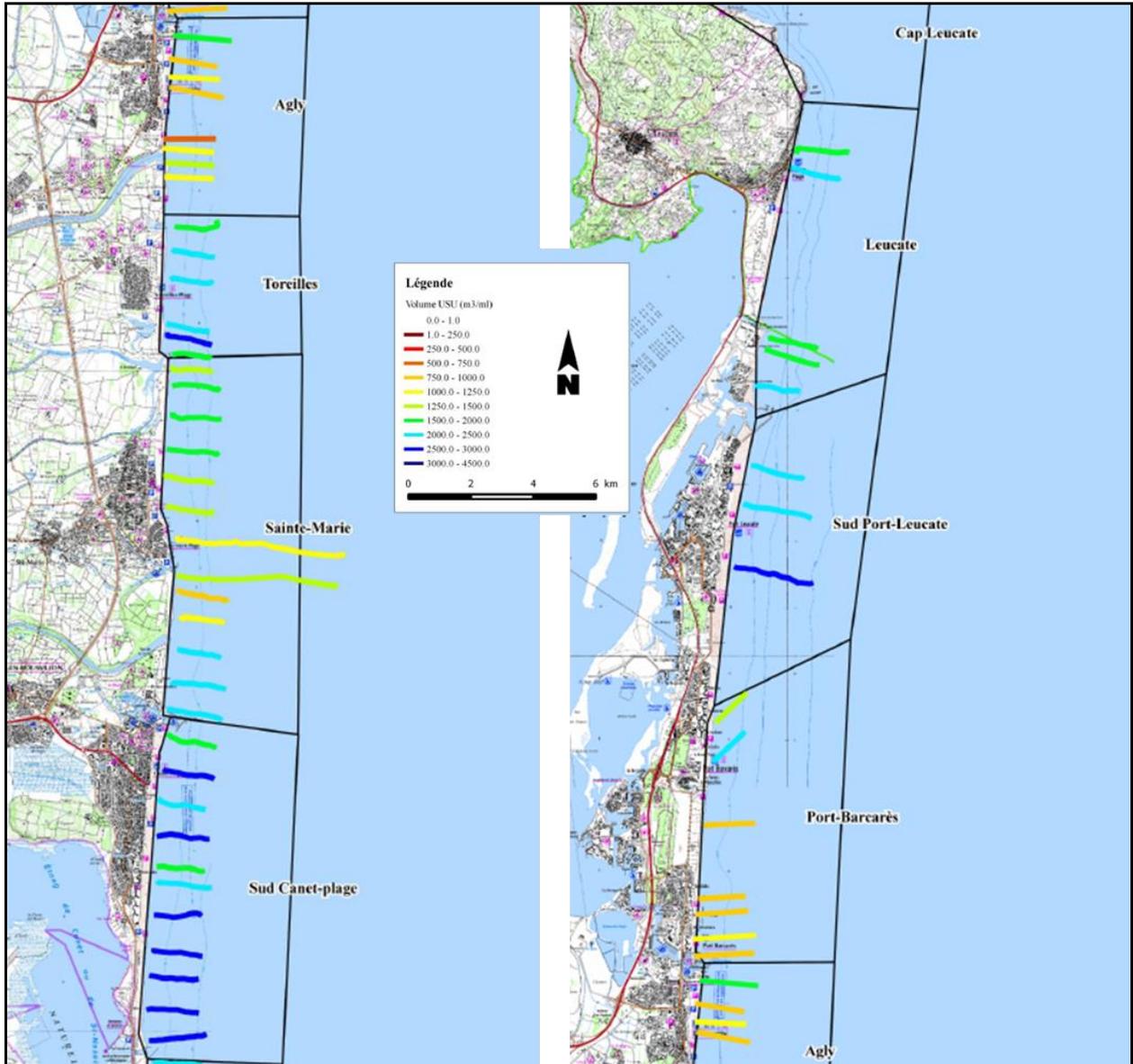


Illustration 40 - Résultats LITTOSIS sur le littoral de l'OBSCAT. Estimation du volume de sédiments disponibles (USU) par profil en m^3/ml (d'après Raynal et al., 2015).

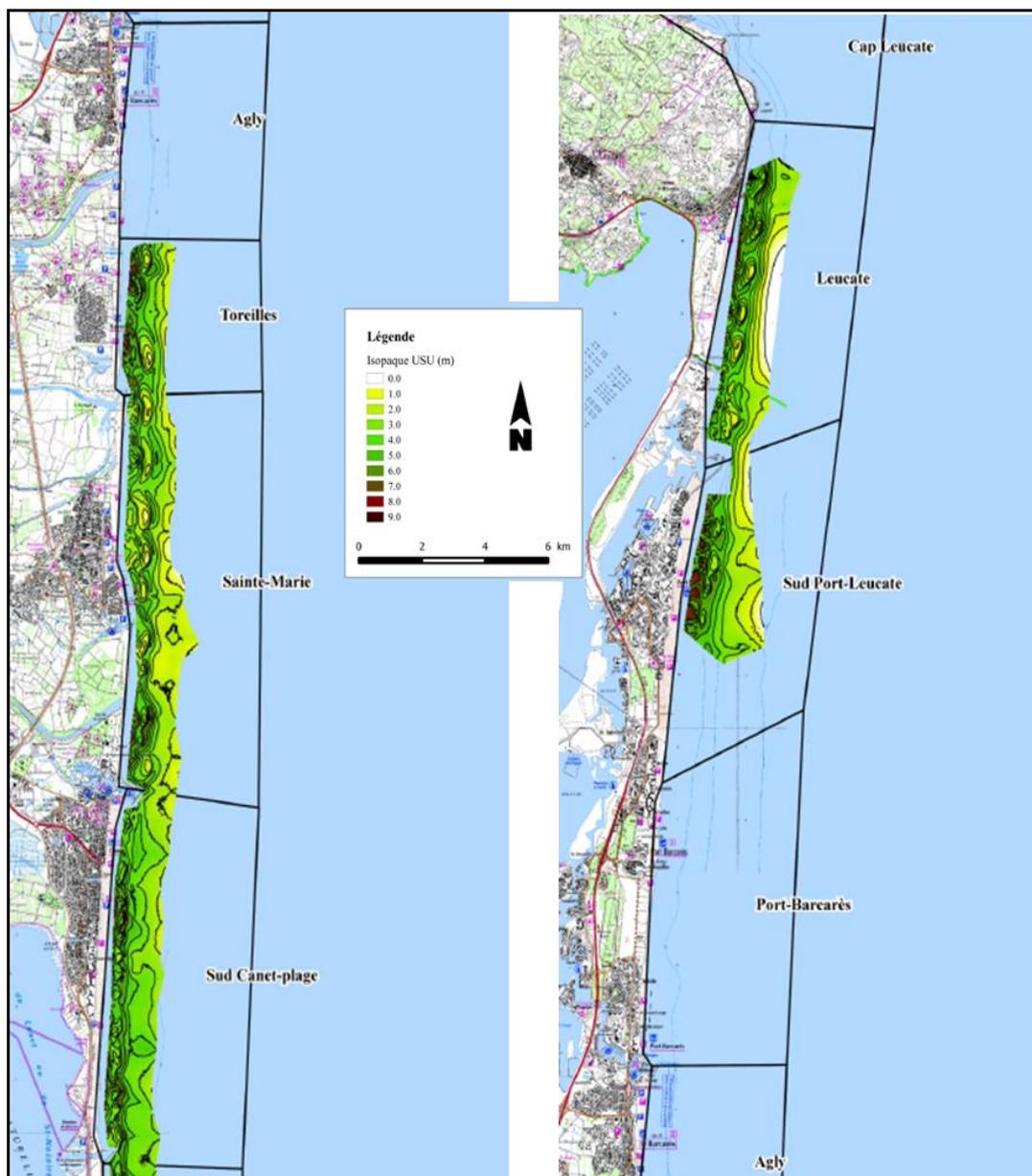


Illustration 41 - Résultats LITTOSIS sur le littoral de l'OBSCAT. Cartes isopaques de l'épaisseur sédimentaire en m (d'après Raynal et al., 2015).

Bilan des volumes

Les estimations de volume de l'USU, réalisées à l'aide des profils sismiques, sont reportées par cellule et sous-cellule sédimentaire, le long du littoral du Languedoc-Roussillon sur l'illustration 42.

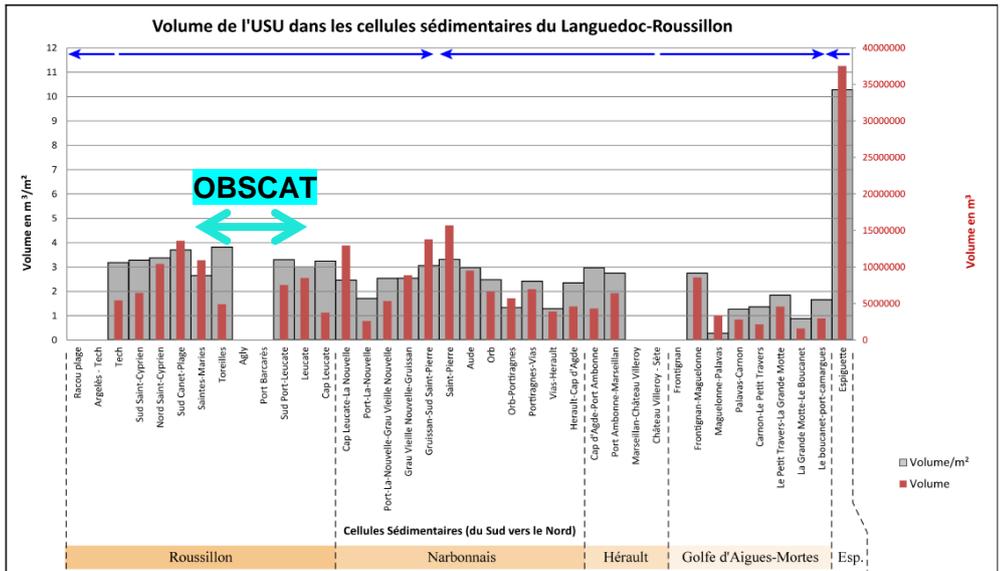


Illustration 42 - Estimation des volumes de l'USU par cellule et sous-cellule sédimentaire le long du littoral du Languedoc-Roussillon et sur le périmètre de l'OBSCAT (d'après Raynal et al., 2015).

3.2.6. Bilan des données sismiques sur le littoral de l'OBSCAT

Le bilan des données montre une variabilité des informations disponibles en fonction des zones littorales étangs et avant-côte.

Avant-côte

Sur l'avant-côte, les données sismiques ont été acquises en nombre depuis 2000 par deux équipes de l'Université de Perpignan avec des méthodes sismiques similaires. La couverture sismique sur le périmètre de l'OBSCAT est ainsi quasi-complète. Des cartographies d'épaisseurs sédimentaires ont été produites.

Les travaux de Labaune (2005) et par extension de l'association GDARGO sont axés essentiellement sur la détermination de l'architecture du sous-sol pour établir la chronologie de la construction du littoral du Golfe du Lion au cours du plio-quaternaire, alors que les travaux de Certain (2002), Ferrer (2010) et du projet LITTOSIS, sont concentrés sur la détermination du volume de l'unité supérieure (USU) du prisme sédimentaire. Une exploitation des données de Labaune (2005) dans cet objectif permettrait de conforter l'estimation du volume sédimentaire en comparant les résultats des deux approches complémentaires. Cela nécessite un accès aux données.

Etangs

Au niveau des étangs, le niveau de couverture des campagnes sismiques est plus faible, avec des profils sismiques et de sondeur de sédiment, disponibles dans l'étang de Salses-Leucate. L'étang de Canet n'a fait de son côté, à notre connaissance l'objet d'aucune campagne d'acquisition sismique.

3.3. DONNEES D'EPAISSEURS SEDIMENTAIRES SUR LA PARTIE TERRESTRE (LIDOS DE CANET ET LEUCATE)

3.3.1. Données de géoradar

Des tests de prospection géophysiques peu concluants ont été réalisés sur le lido de Leucate par Ferrer (2010). Ce type de reconnaissance est assez courant dans le cadre de travaux de génie-civil ou de reconnaissance de réseaux (eau, gaz, électricité, communication..). Il est donc probable que des campagnes de reconnaissance aient été effectuées sur le périmètre de l'OBSCAT, mais l'accès à l'information sur l'existence de ces données reste compliqué en raison de la diversité des donneurs d'ordres (société privés, collectivités publiques) et des différentes sociétés prestataires.

3.3.2. Données de sondages

Toutes les données sur les forages et les ouvrages souterrains du territoire sont collectées pour être conservées dans une Base de données du Sous-Sol, la BSS, organisée et gérée par le BRGM, et mise à disposition du public via le site <http://infoterre.brgm.fr>. Le code minier impose la déclaration de tous les ouvrages de plus de 10 mètres de profondeur tandis qu'en 2003 le code de l'environnement prévoit que les rapports de travaux sur tous les ouvrages « exécutés en vue de la recherche, la surveillance ou les prélèvements dans les eaux souterraines » doivent comporter un numéro BSS, ce qui complète ainsi l'ensemble des données.

La base, déclarée à la CNIL, contient des informations brutes à caractère administratif et géologique : nom du propriétaire, localisation, description des niveaux géologiques rencontrés, documents numérisés, équipement technique des ouvrages, etc.

Les données disponibles dans la BSS sur le territoire de l'OBSCAT sont représentées sur l'illustration 43.

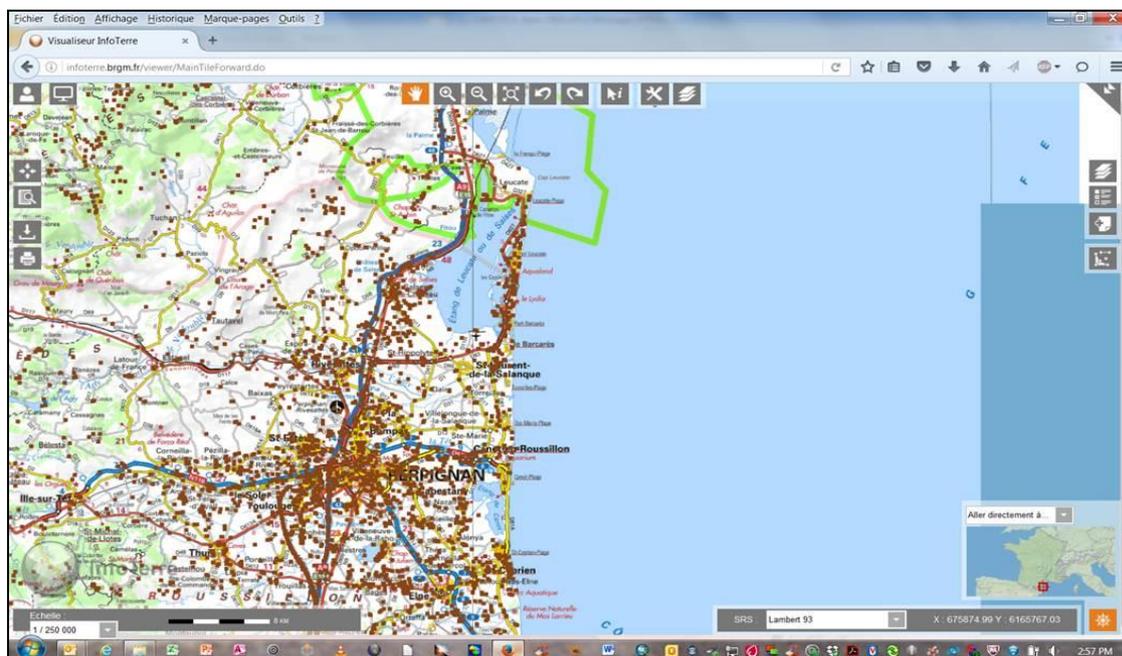


Illustration 43 - Données disponibles dans la BSS (www.infoterre.brgm.fr)

Il apparait que le lido de Leucate est mieux fourni en termes de données potentielles que le lido de Canet qui est quasi-vierge de sondages déclarés.

Ces données ont été utilisées en particulier pour la reconstruction paléogéographique de l'évolution du Golfe du Lion dans le cadre des travaux de doctorat de Duvail (2008). L'illustration 44 montre ainsi les profondeurs atteintes des formations meubles littorales et/ou palustres (lagunaires), de type sablo-argileuse, avec des approfondissements au niveau de l'axe de paléo-vallées des fleuves côtiers.

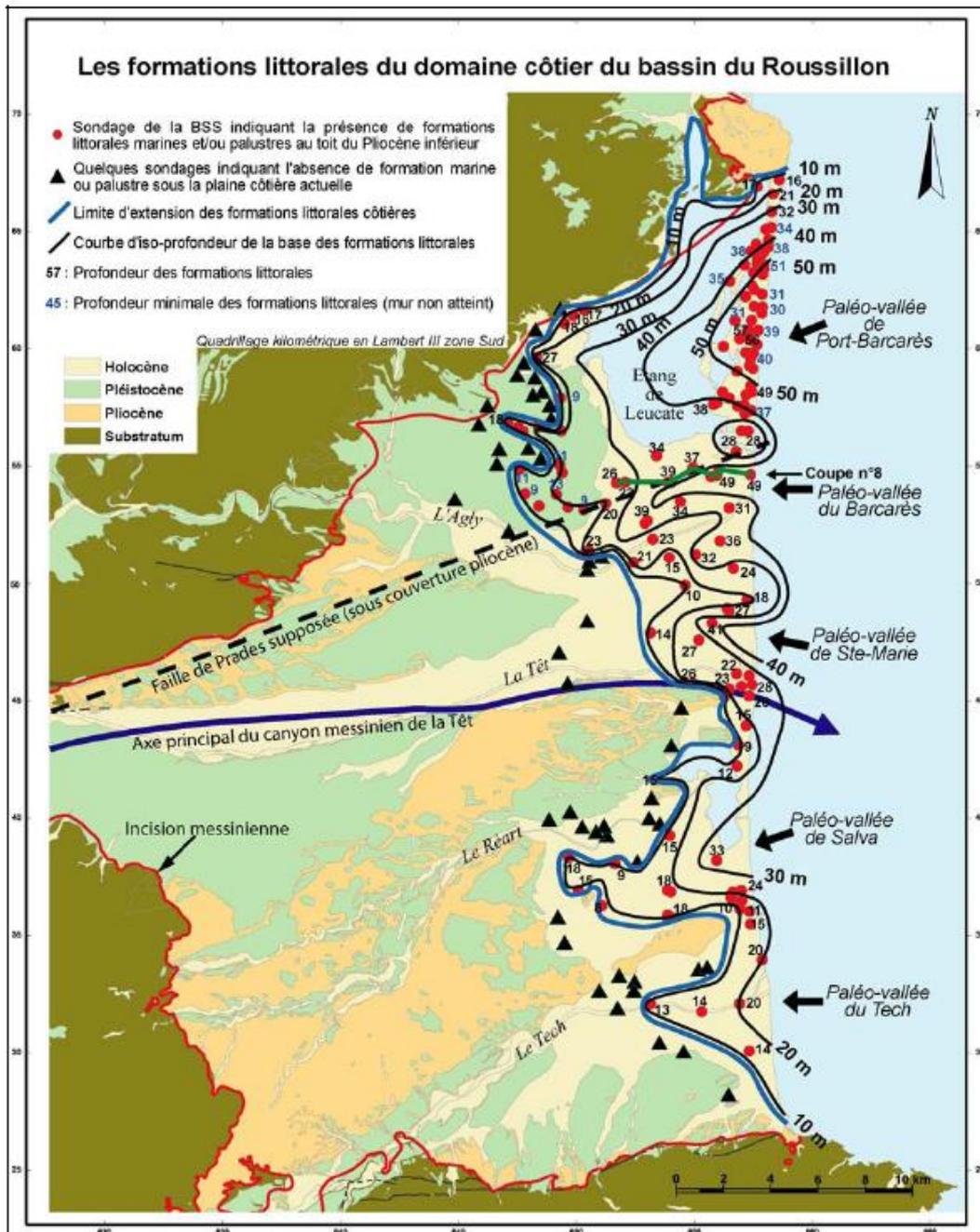


Illustration 44 - Cartographie des formations littorales sur la plaine du Roussillon (Duvail, 2008).

Duvail (2008) signale que ces résultats se corrèlent correctement avec les travaux de Labaune (2005) qui montrent l'architecture sous-marine des systèmes de paléo-vallées.

Un exemple de sondage à la tarière réalisé dans le secteur de Leucate est présenté sur l'illustration 45. Les formations sédimentaires supérieures sableuses correspondent au milieu actuel, et la succession verticale des différentes natures sédimentaires traduit l'évolution des milieux depuis environ 120 000 ans, et la mise en place du cordon littoral actuel depuis environ 5000 ans.

Un réexamen des données de sondages se focalisant sur les formations supérieures sableuses (USU) est possible localement, et pourrait permettre de mieux définir à terre le mur (base de la couche) de cette unité sédimentaire.

Sondage Leucate X: 657,457 Y: 60,595 Z: 1m

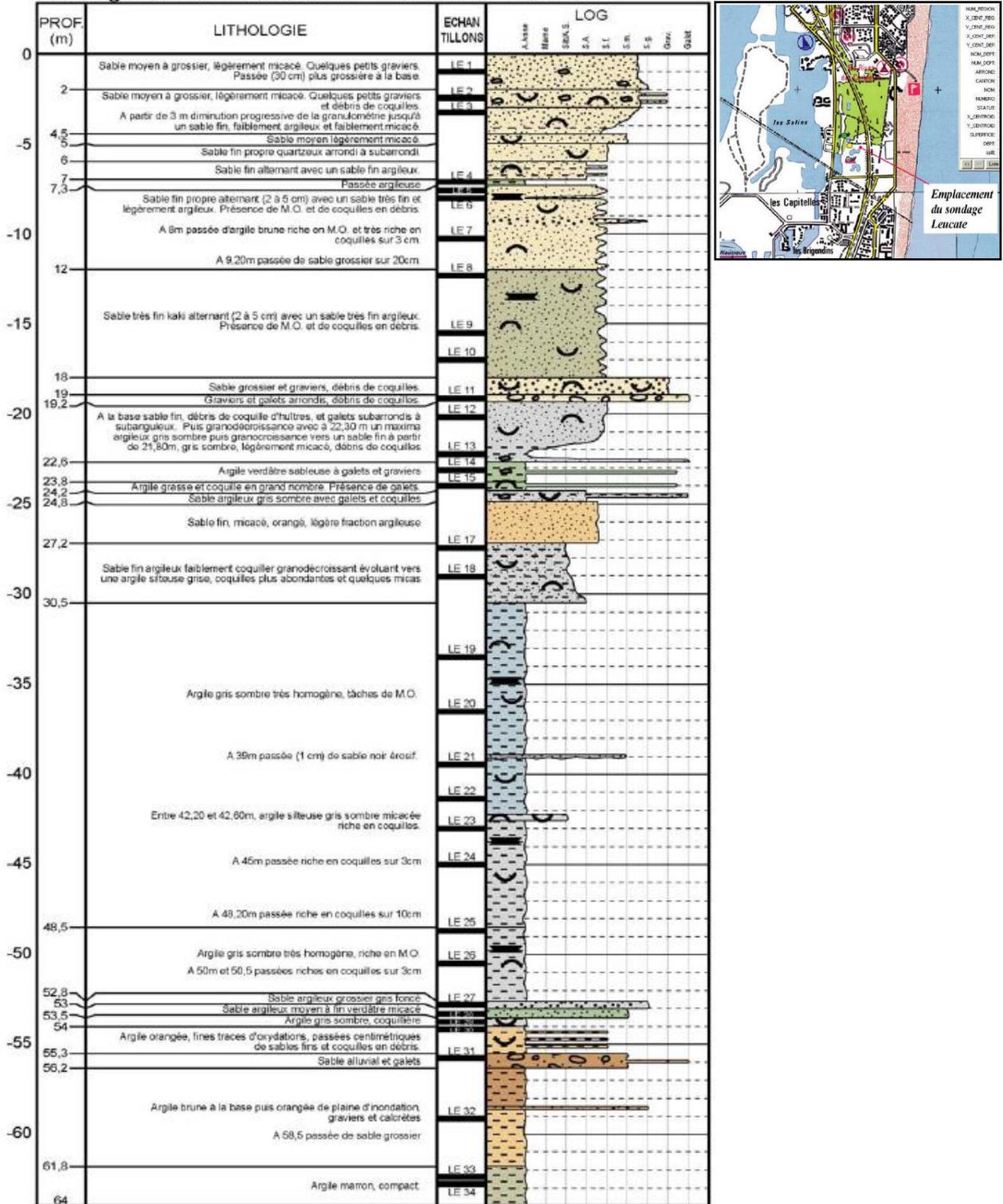


Illustration 45 - Sondage à la tarière de Leucate (Duvail, 2008).

3.4. NATURE DU STOCK SEDIMENTAIRE LOCAL

Le cordon littoral est principalement constitué de sables fins à grossiers avec une forte variabilité en fonction des différents milieux. La quasi-totalité des études précitées contiennent des informations sur la nature granulométrique des sédiments issues de campagnes d'échantillonnage selon des mailles variables. Nous renvoyons le lecteur aux différentes études pour apprécier les mailles et les protocoles d'échantillonnage et de traitement.

On retiendra cependant le travail réalisé dans le cadre du projet LITTOSIS, pendant lequel une campagne exhaustive et systématique a été menée le long du littoral du Languedoc-Roussillon. Au niveau de chacun des profils sismiques réalisés, un échantillonnage des sédiments de surface a été mené de manière spécifique en fonction des particularités morphologiques de la plage, au niveau du haut de plage, de la berme, du talus, des barres interne et externe et du glacis (Illustration 46).

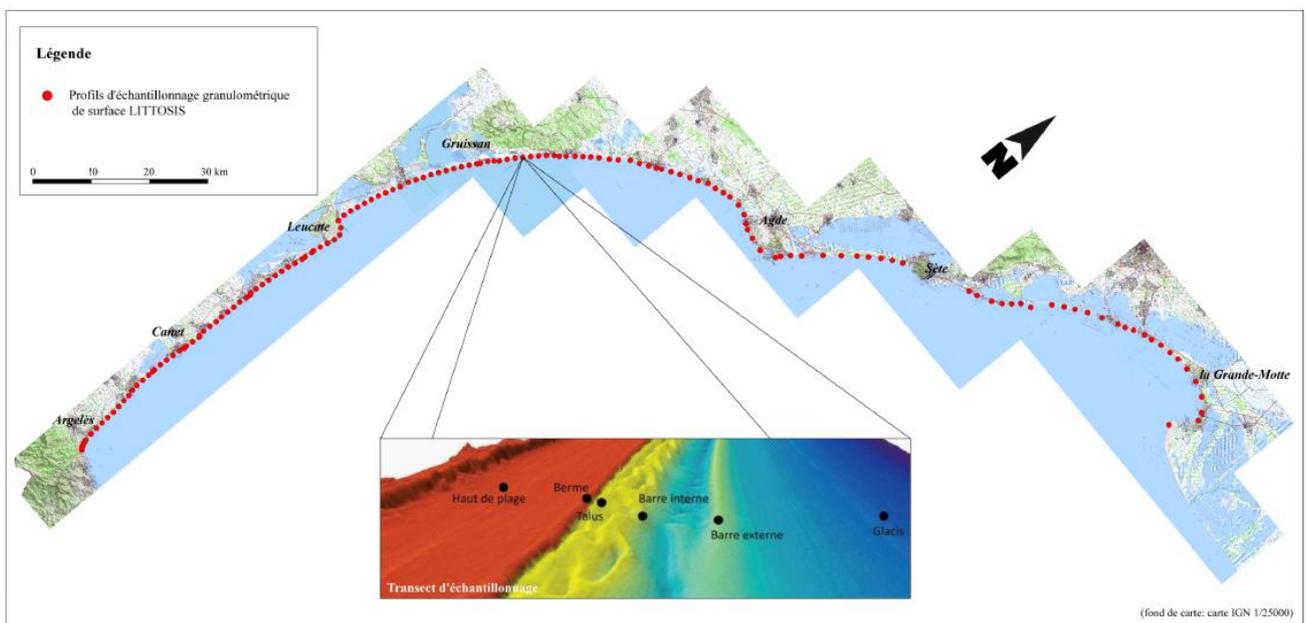


Illustration 46 - Echantillonnage granulométrique réalisé dans le projet LITTOSIS (Raynal et al., 2015).

Les résultats sont reportés sur l'illustration 47.

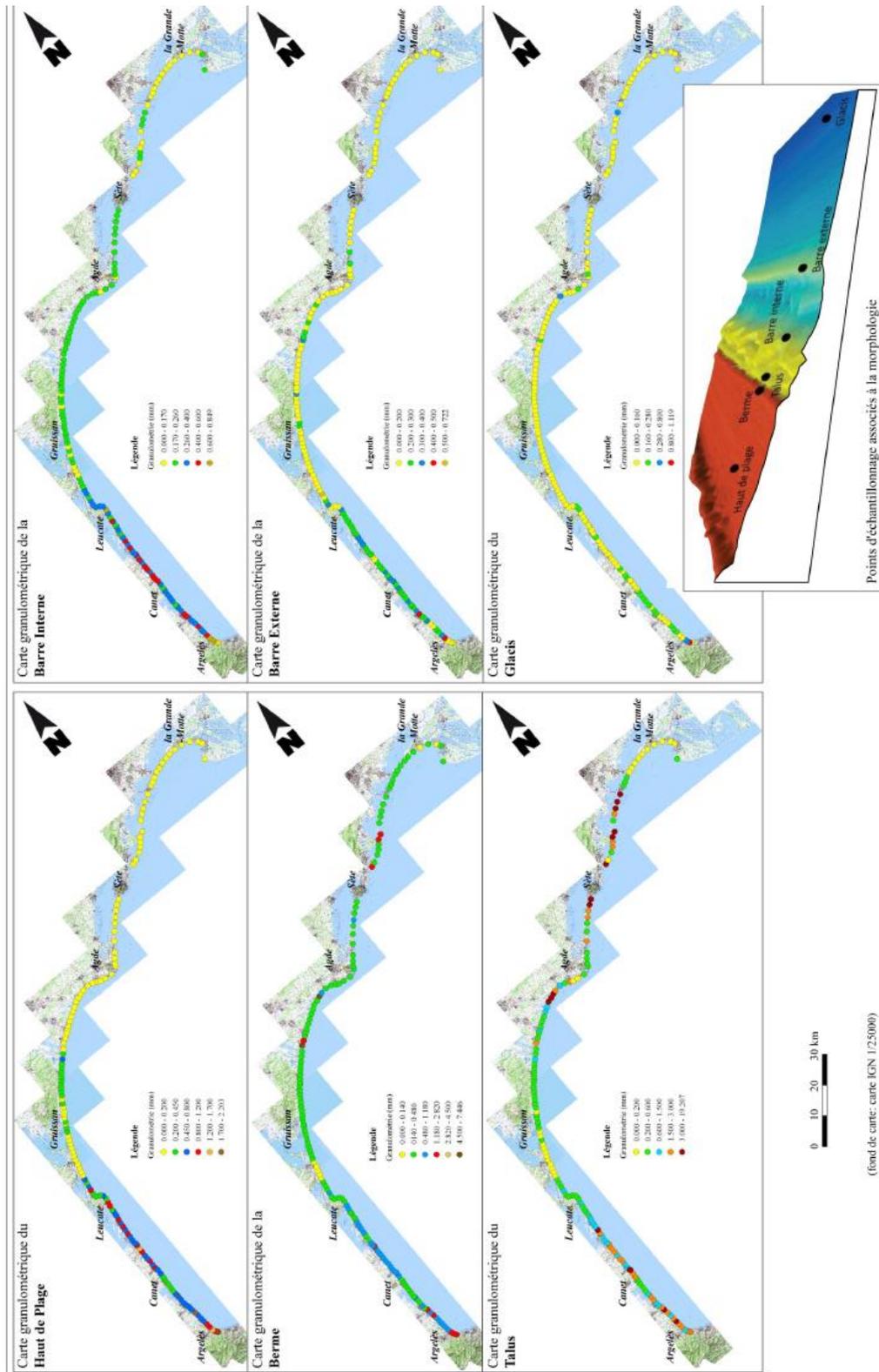


Illustration 47 - Variabilité granulométrique des sédiments superficiels le long du littoral du Languedoc-Roussillon (Raynal et al., 2015).

Des informations sur la nature des stocks sont également disponibles dans l'étude de Safege (2010) sur l'identification de gisements sableux pour le rechargement des plages de la Communauté Urbaine Perpignan Méditerranée (Illustration 48).

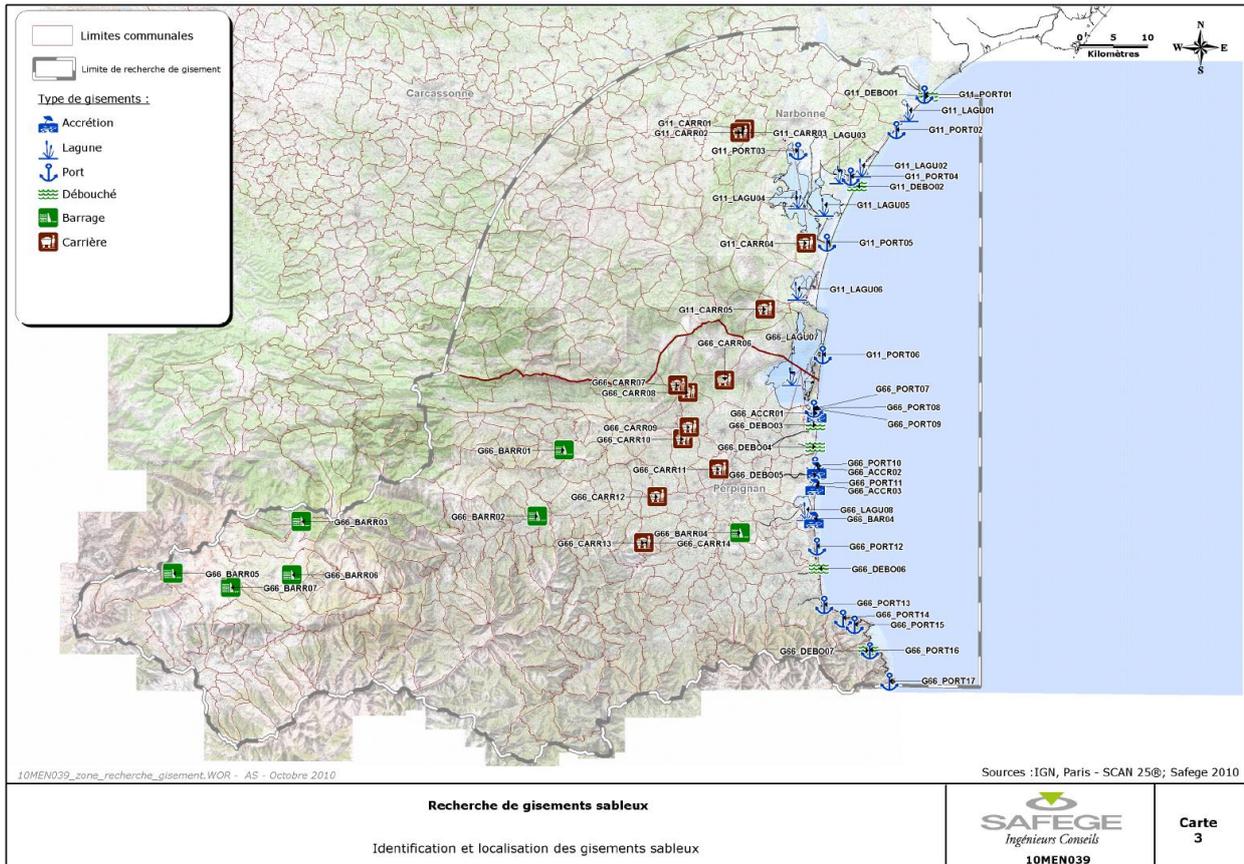


Illustration 48 - Synthèse des gisements sableux potentiels identifiés (Safège, 2010).

3.5. PERSPECTIVES D'APPROFONDISSEMENT

3.5.1. Bilan et propositions

Au regard des éléments disponibles dans la bibliographie, il apparaît que :

- le proche avant-côte du périmètre de l'OBSCAT est bien décrit par une série de plusieurs campagnes de géophysique (sismique-réflexion) dont les résultats ont été publiés et sont comparables et complémentaires.
- l'étang de Leucate est également intégré aux données sismiques marines mais celui de Canet n'a pas fait l'objet de campagne sismique, probablement en raison de sa faible profondeur qui empêche la navigation.
- le domaine terrestre est couvert ponctuellement par une série de sondages qui renseigne sur la nature et les épaisseurs des couches sédimentaires. En revanche, il n'y pas ou peu d'acquisition de données par des méthodes de géophysique indirecte qui renseigne sur la continuité latérale des couches sédimentaires du prisme littoral sur l'espace terrestre. De plus, les tests de georadar menés par Ferrer (2010) se sont montrés peu concluants.

Pour avoir une estimation complète du stock sédimentaire littoral, il semble donc prioritaire de s'intéresser au domaine terrestre et à l'étang de Canet :

- sur l'étang de Canet en mettant en place une campagne géophysique ou de carottages, sous réserve des conditions de navigation ;

- sur le domaine terrestre, en insistant sur l'architecture des lidos, en particulier celui de Canet qui est dépourvu d'informations, en utilisant la complémentarité des techniques sismiques/georadar et de sondages/carottages.

3.5.2. Stratégie d'investigation sur le domaine terrestre

Le lido de Leucate est riche en termes d'informations de sondages qui permettraient de tester et de calibrer différentes méthodes de prospection géophysique indirectes. Une fois ces techniques inter-calibrées, elles seraient appliquées aux secteurs moins bien décrits, comme le lido de Canet.

Cela passe par plusieurs étapes :

1. Réalisation d'une synthèse de la connaissance de l'épaisseur des dépôts meubles à l'aide des données BSS (sur le lido de Leucate) et choix d'un site de test/calibration simple en fonction des sondages ;
2. Tests et inter-calibration sur ce site de techniques de reconnaissance géophysique Géoradar (Université de Perpignan) et Sismique par Ondes de Surface MASW⁷ (BRGM - Description du principe de la méthode en Annexe 1) ;
3. Extension des techniques géophysiques aux autres secteurs OBSCAT si les tests sont concluants.

⁷ Multiple analysis of *Surface wave*.

4. Synthèse des évolutions par cellule sédimentaire

4.1. CONDITIONS DE FORÇAGE SUR LA PERIODE D'ETUDE

On présentera les conditions de forçage météo-marin d'octobre 2013 à mai 2016 afin de les comparer sur les différentes saisons. Les conditions 2015/2016 seront décrites de manière plus détaillée, afin de présenter les forçages météo-marins des campagnes 2015 et 2016 qui se sont déroulées en avril 2015, septembre 2015 et mai/juin 2016.

4.1.1. Données disponibles

Afin de caractériser les conditions météo-marines entre les deux campagnes de levés topobathymétriques, plusieurs jeux de données sont utilisés. Il s'agit :

- des données issues des houlographes de Leucate et de Banyuls, propriétés de la DREAL Languedoc-Roussillon, mises à disposition via le réseau CANDHIS et des données de simulation numériques des modèles des Puertos d'Estado qui permettent de compléter les séries de données lors d'interruptions des houlographes ;
- des données issues des marégraphes de Port-Vendres et Port-La-Nouvelle, mises à disposition via le Réseau REFMAR ;
- des données anémométriques de Leucate, mise à disposition via le site Météociel.com ;
- des données de débits fluviaux de la Têt et de l'Agly issues de la Banque Hydro et propriétés du Service de Prévision des Crues Méditerranée Ouest ;
- des simulations de la marée théorique à Port-Vendres à l'aide du logiciel WXTide.

4.1.2. Conditions météorologiques

Les relevés issus de la station de Leucate indiquent des vents plutôt forts sur toute la période étudiée. Le régime de vent est dominé par la tramontane (Nord-Ouest), et de façon plus secondaire par les vents de Sud-Est (Illustration 49, Illustration 50). Les vents peuvent atteindre plus de 50 km/h régulièrement. Les températures de l'eau et de l'air varient selon les saisons avec des températures de l'air plus élevés l'été (pouvant dépasser les 30°C) et des températures avoisinants les 5°C l'hiver. La température de l'eau dépasse les 20°C l'été, mais redescend entre 10 et 15°C l'hiver.

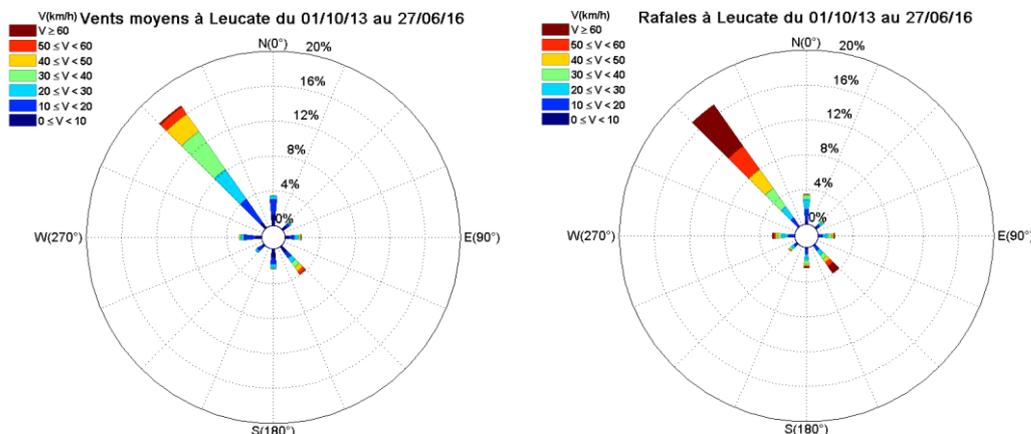


Illustration 49. Rose des vents à la station de Leucate: vents moyens (à gauche) et rafales (à droite).
Source: météociel.

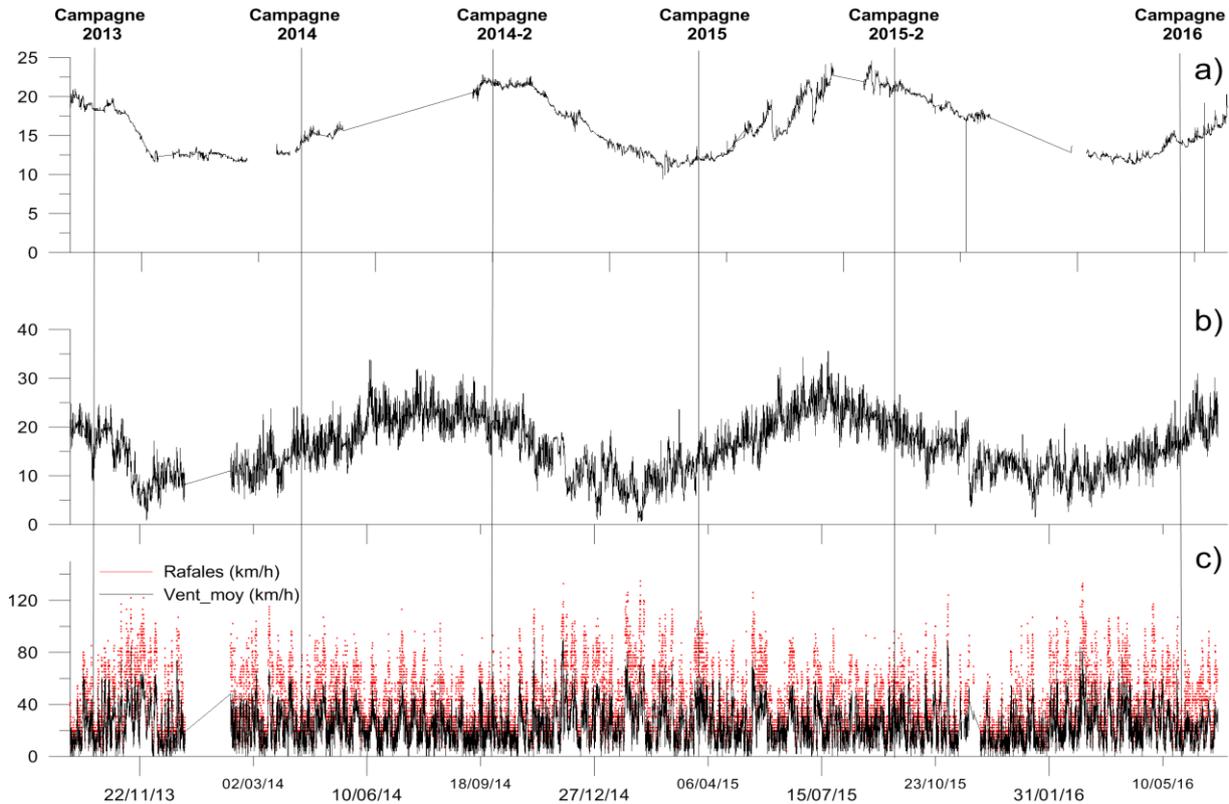


Illustration 50. Conditions météorologiques du 01/10/2013 au 27/06/2016: a) température de l'eau (C°) à la bouée de Leucate ; b) Température de l'air (C°) à la station de Leucate ; c) Vitesse du vent (km/h) à la station de Leucate

4.1.3. Conditions de houle

Les conditions de houle d'octobre 2013 à mai 2016 restent relativement modérées (Illustration 51). L'automne et l'hiver 2015/2016 est le plus énergétique, avec des directions de houle majoritairement d'Est. Un premier épisode apparaît début octobre 2015, avec une houle significative de 3m en provenance d'est-sud-est. En automne, un autre évènement avec une hauteur significative de 4,20 m est enregistré, en provenance de l'est. Deux coups de mer de 3m de sud-sud-est et de 3,8 m d'est sont ensuite enregistrés en février 2016, et enfin une tempête le 9 mai 2016 de 3,4 m en provenance d'est quelques jours avant la campagne. Hormis lors de la tempête apparu en début février 2016 où on note une période de 6,6 s, la période des vagues est comprise entre 7 et 8 s. La tempête de novembre 2016 apparaît comme la plus énergétique en termes de puissance longshore (Illustration 51), devant l'évènement de novembre 2014.

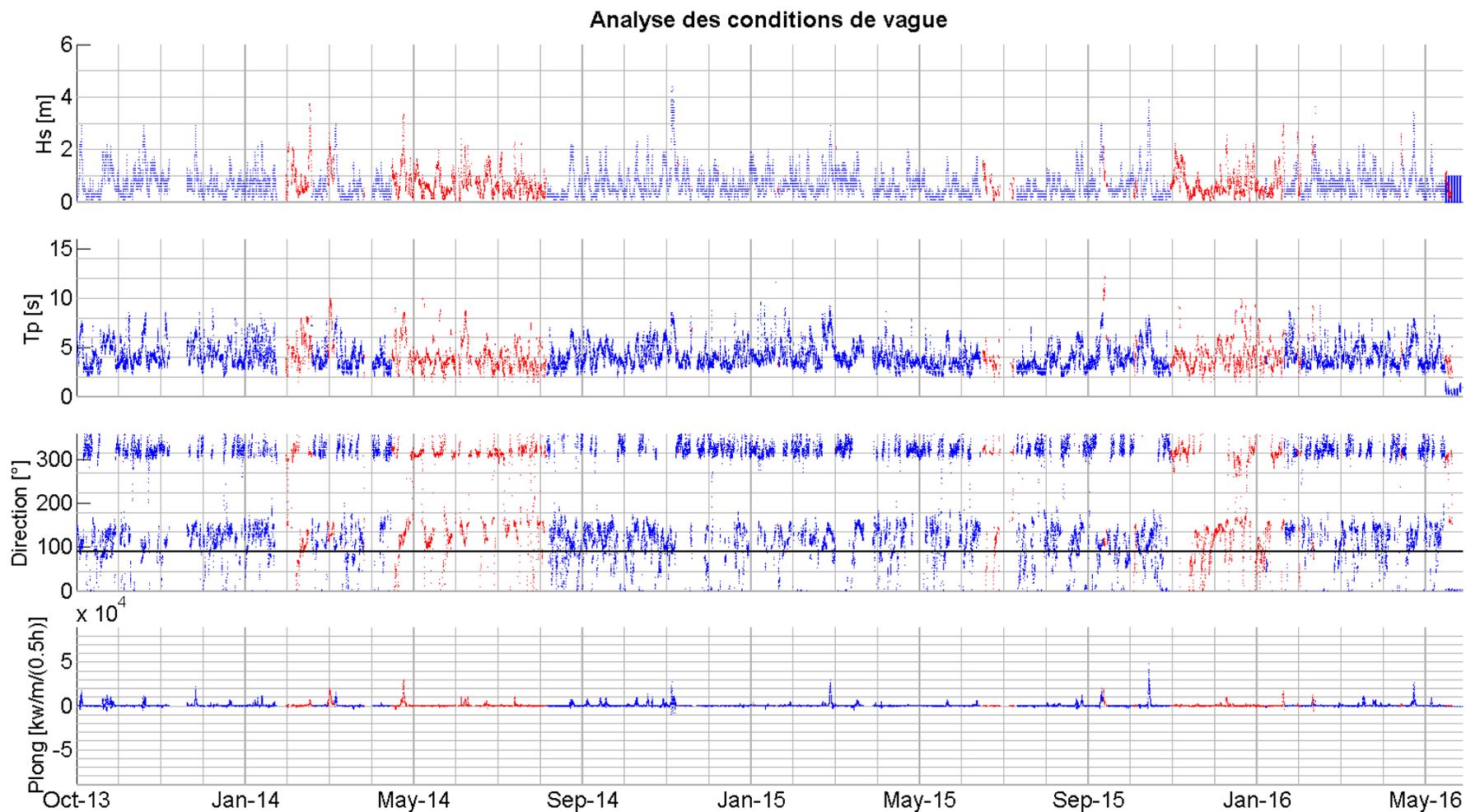


Illustration 51. Conditions de houle d'octobre 2013 à mai 2016 (données CANDHIS, en bleue ; Modèle Puertos d'Estado, en rouge). Plong correspond à la puissance longitudinale de la houle.

L'enregistrement des houles à la bouée de Leucate indique une prédominance des houles du quart Sud-Est (Illustration 52) en termes de direction et d'énergie. La bouée enregistre également des vagues en provenance du nord-ouest, générées par la tramontane entre la terre et la bouée située à 5 km au large. Ces vagues de tramontane (Nord-Ouest) sont fortement représentées. Mais leur énergie reste relativement faible par rapport aux houles d'est-sud-est où l'on retrouve des hauteurs significatives supérieures à 3 m.

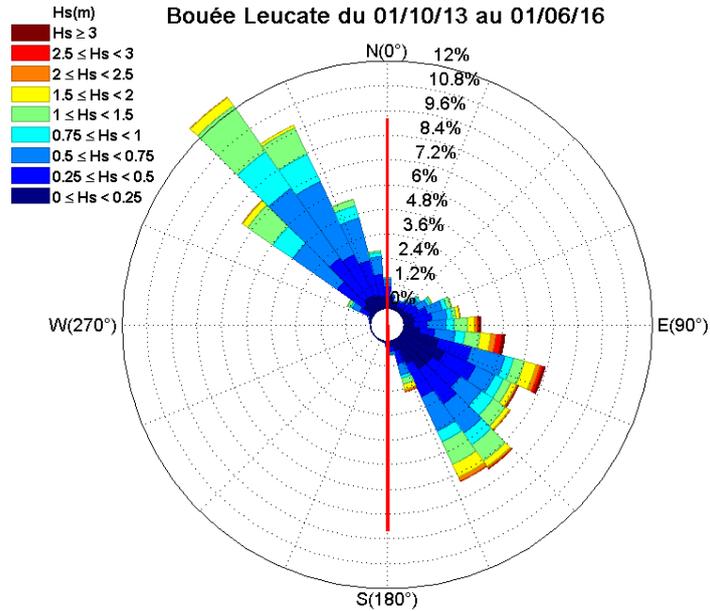


Illustration 52. Rose des houles à Leucate d'octobre 2013 à mai 2016.

4.1.4. Niveaux d'eau

Les niveaux marins extrêmes apparaissent de façon synchrone entre Port-la-Nouvelle et Port-Vendre, ce qui permet leur utilisation sur le territoire de l'OBSCAT situé entre ces deux marégraphes. Le plus haut niveau marin mesuré a été observé lors de la tempête du 28 novembre 2014 à 0.95 m NGF. Pour la période septembre 2015/mai 2016, plusieurs niveaux marins sont observés à 0.6m NGF (tempête du 03 novembre 2015 et du 27 février 2016).

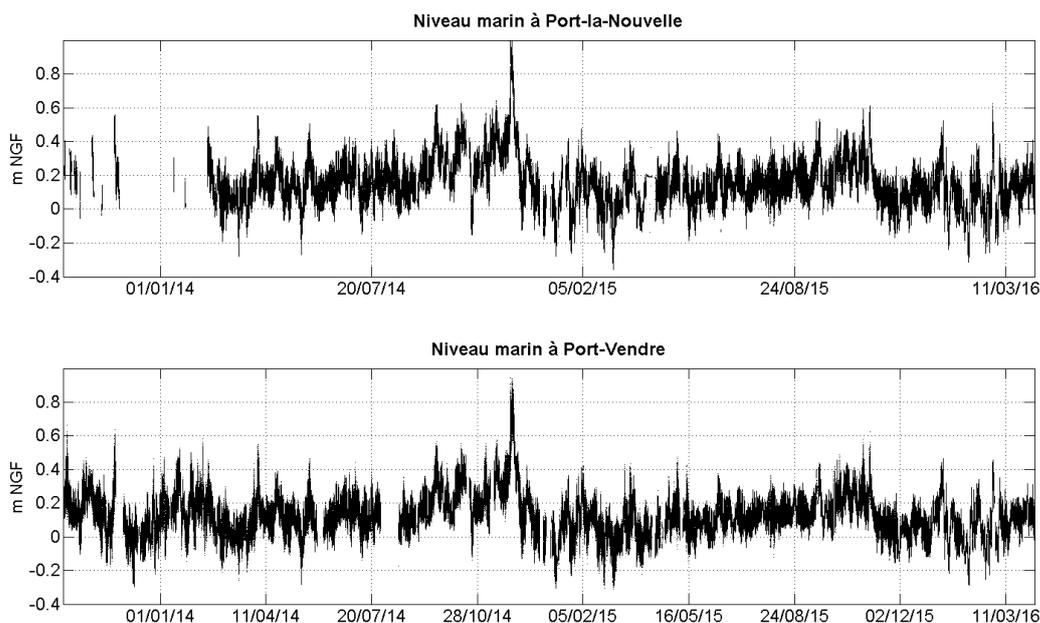


Illustration 53 Niveaux d'eau au marégraphe. Source : Marégraphes Refmar, www.ioc-sealevelmonitoring.org

4.1.5. Précipitations/débits fluviaux

Les épisodes de crues peuvent être l'origine d'apports de sédiments sableux sur le littoral, et d'une surélévation du plan d'eau lorsqu'elle est combinée avec une tempête marine.

Les précipitations de l'année 2014-2015 sont les plus importantes dans la période étudiée, notamment avec la crue de novembre 2014 où elles ont dépassé les 250 mm de cumul mensuel, ajoutée à cela les précipitations de septembre 2014 (100 mm) et de mars 2015 (150 mm) avec une quantité similaire à novembre 2013 malgré un maximum en 24 h deux fois supérieur (Illustration 54).

La période automne/hiver 2015-2016 est moins agitée en termes de précipitations que les saisons précédentes (Illustration 55). Le maximum est atteint en février 2016 avec un cumul mensuel de 80 mm avec un maximum en 24 h inférieur à 50 mm, soit des valeurs deux fois moins importantes qu'en mars 2015.

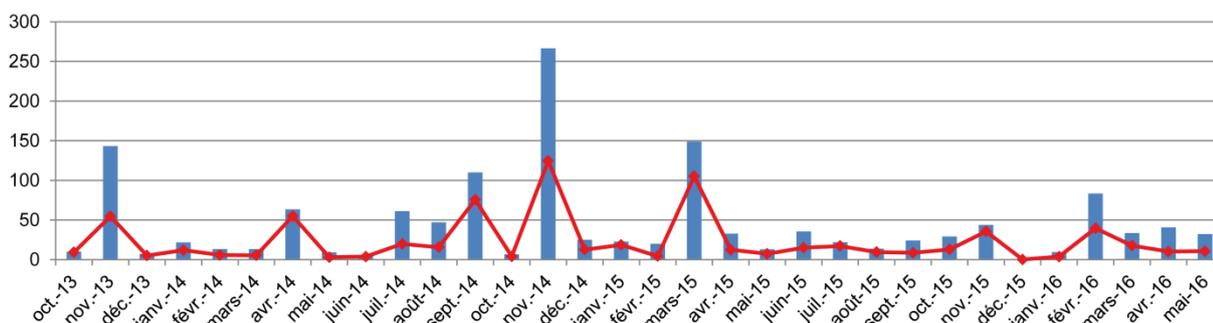


Illustration 54. Précipitations (mm) à Rivesaltes depuis Octobre 2013: en bleu cumul mensuel, en rouge maximum sur 24h. Donnée infoclimat.fr

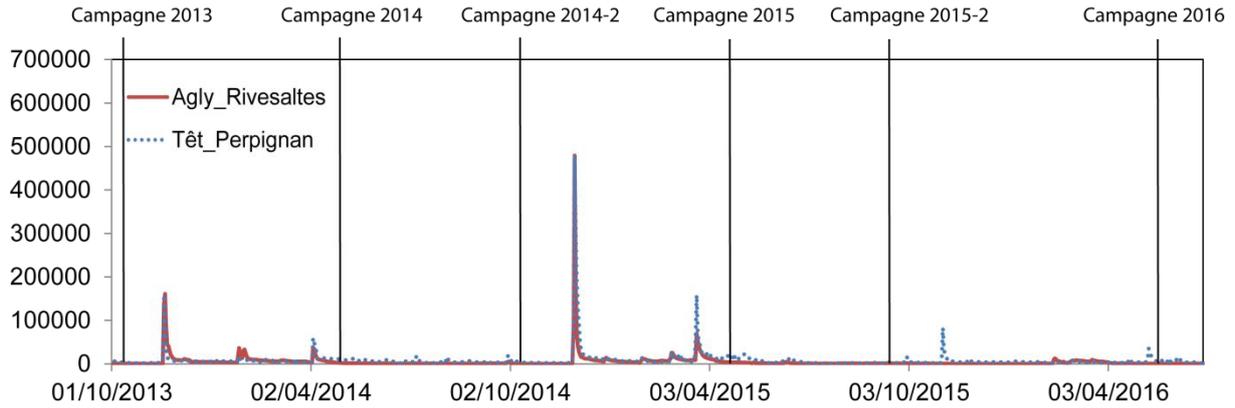


Illustration 55. Débit journaliers (en m³/j) des fleuves Têt (station Perpignan) et Agly (station Rivesaltes) depuis Octobre 2013. Données SPC Méditerranée Ouest.

4.1.6. Conclusions sur les conditions de forçage de l'hiver 2015-2016

Tandis que l'hiver 2013-2014 est resté plutôt modéré en terme de houle et de vent, et que l'hiver 2014-2015 a été marqué par un coup de mer en novembre 2014 et par une série de petits épisodes à 2-3 m de hauteurs significatives, l'hiver 2015-2016 a été plutôt énergétique comparé aux périodes précédentes. Au total, 5 coups de mers à plus de 3 m ont été enregistrés sur la période 2015/2016. De plus, les rafales sont restées continues entre janvier 2016 et mai 2016, avec des vents dépassant les 120 km/h.

4.2. CELLULE 12 – DU GRAU DE LEUCATE A LEUCATE-PLAGE

La cellule 12 est comprise entre le cap rocheux de Leucate au nord et par le grau de Leucate au sud. Cette cellule est relativement peu urbanisée hormis au nord. La partie émergée est relativement large avec des dunes plutôt basses en haut de plage. L'avant-côte est un système à deux barres festonnées (Aleman, 2013).

Les sédiments sont constitués de sables grossiers, de graviers et de petits galets (AERMC, 2000). Le haut de plage est marqué par une pente relativement faible, et qui devient plus forte sur le bas de plage, et s'adoucit à nouveau dans l'avant-côte (moins de 1%).

Ce site est en fin (aval-transit) du compartiment hydrosédimentaire de la côte roussillonnaise, et qui est fermée par le cap de Leucate. Même si les ouvrages présents en amont-dérive bloquent en partie les flux sédimentaires, cette cellule est dans une situation propice à l'accrétion.

4.2.1. Leucate-plage

Le secteur de Leucate-Plage correspond à la partie la plus urbanisée de la cellule 12. Le site s'étend sur 1 km de longueur, avec une largeur de plage pouvant atteindre 150 m de large au sud, et qui rétrécit vers le nord. La plage est caractérisée par un haut de plage large et plat et une basse plage plus pentue (Illustration 56). Sur l'avant-côte, on retrouve 2 barres avec une barre externe de grande longueur d'onde (environ 700 m) formant des grands croissants avec l'une des cornes positionnée au centre du secteur, avec une hauteur plus importante que dans les baies (crête de la corne à -3.5 m et crête de la baie à -5.5 m). La barre interne est plus irrégulière et forme des corps sableux plus ou moins rythmiques de longueur d'onde inférieure (environ 300 m).

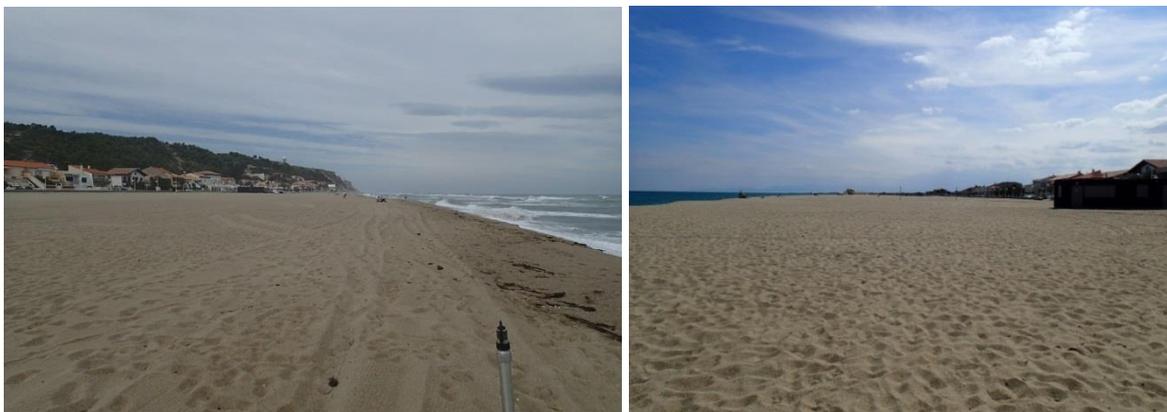


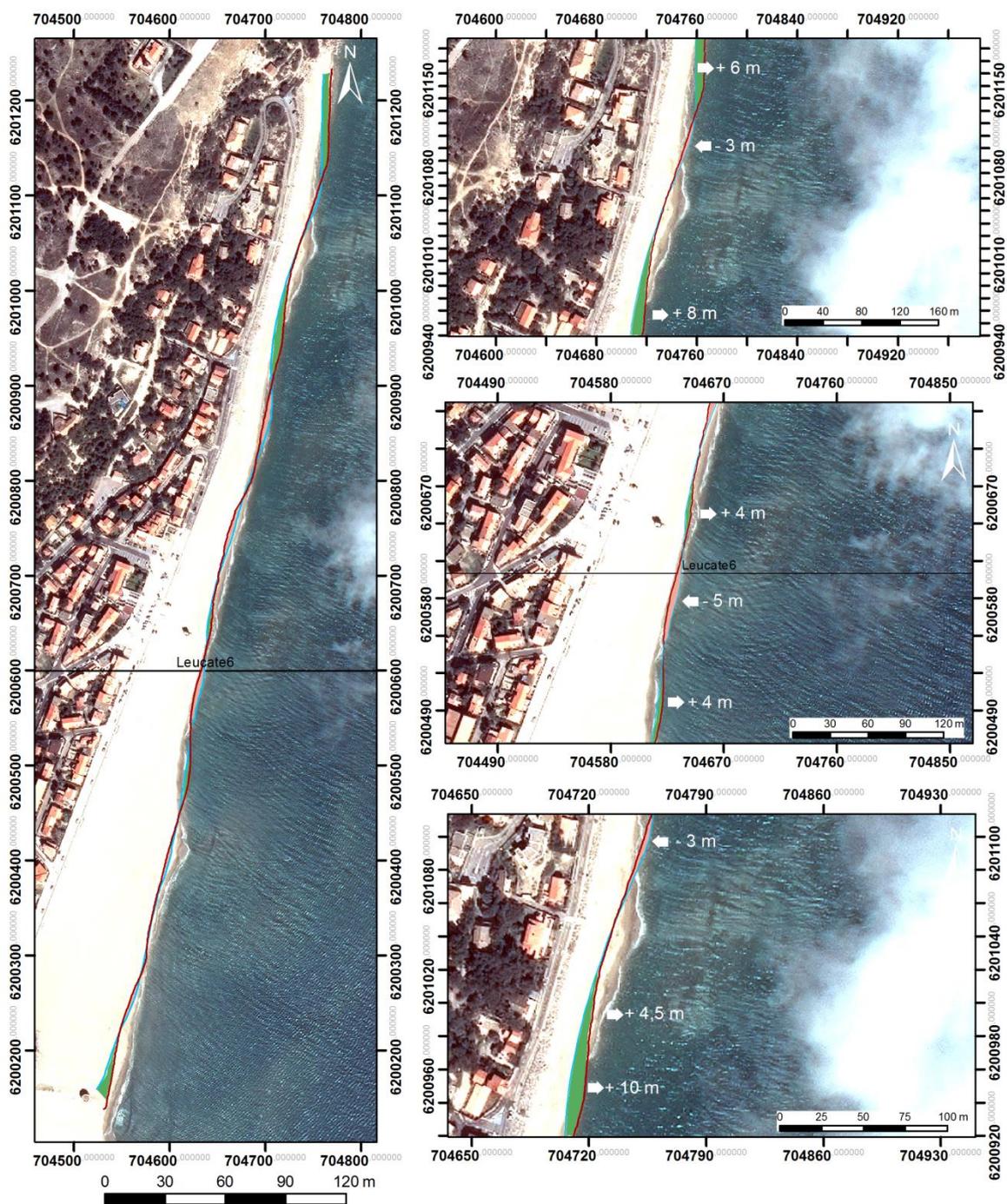
Illustration 56. Suivi photographique Leucate. Décembre 2015 à gauche (partie nord) et mai 2016 à droite (partie sud) (Obscat : campagne 2015/2016)

Evolution saisonnière du trait de côte

L'évolution du trait de côte entre décembre 2015 et mai 2016 alterne entre des secteurs en recul et d'autres qui avancent vers le large. La partie nord de Leucate-Plage est en accrétion avec des avancées observées jusqu'à 8 m (Illustration 57), tout comme la partie au sud du profil de référence (+10 m).

Les parties en érosion alternent avec les secteurs en accrétion. Pour les parties en érosion, les valeurs de recul sont relativement moins importantes avec, par exemple, un recul de – 5 m sur le profil Leucate 6. Cette érosion s'observe par un recul de la berme de bas de plage sur ce même profil de référence (Illustration 57).

Compte-tenu de la marge d'erreur à +/- 5 m sur les levées trait de côte, l'on peut considérer l'évolution du trait de côte sur l'hiver 2015/2016 comme relativement stable.



Source:
 Trait de côte 2015/2016: Observatoire de
 la côte sableuse catalane.
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

- Trait de côte mai 2016
- Trait de côte décembre 2015
- Profils de références
- Accrétion
- Erosion

Illustration 57. Carte des traits de côte entre décembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de Leucate-Plage

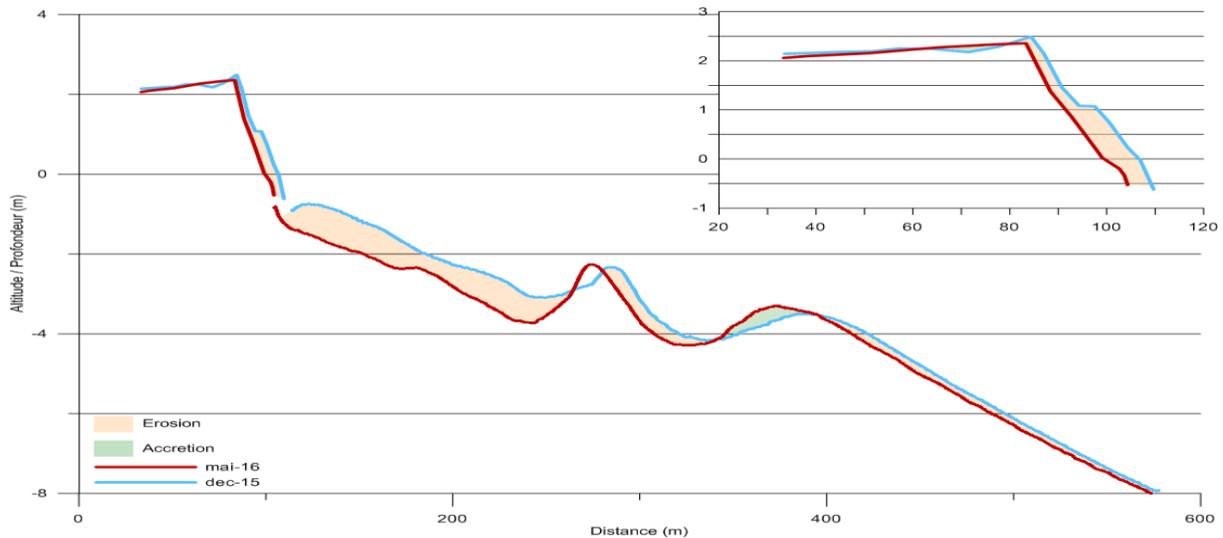


Illustration 58. Profil Leucate 6. Décembre 2015 et mai 2016. Secteur de Leucate-Plage

Déplacements sédimentaires saisonniers et annuels

La période décembre 2015/mai 2016 est déficitaire à $-44\,488\text{ m}^3$. La partie émergée reste relativement stable hormis une accrétion visible dans le nord du secteur (entre 0,5 m et 2 m). On retrouve également plusieurs points d'érosion au niveau du trait de côte (entre 0,5 m et 1,5 m selon les secteurs), même si une partie en accrétion est visible à la pointe sud du site. Le cap rocheux bloquant les sédiments déplacés par la dérive littorale (de direction nord), la partie nord du secteur a tendance à être en accrétion (Illustration 59). A cette échelle saisonnière, les points d'érosion visibles sur le trait de côte suivent les mouvements et les changements dans la morphologie de la barre interne.

Les parties en plus forte érosion sont dans le centre du secteur (Illustration 58). Au niveau du profil de référence, la partie entre la barre interne et la plage émergée s'érode d'environ -1 m en moyenne, tandis que la barre interne et la barre externe migrent vers la côte de 20 m, avec un transfert de sable de leur face externe vers leur face interne.

La partie émergée sur cette même période a un bilan relativement stable (-1996 m^3). Elle est caractérisée par une série plutôt régulière de points d'érosion sur le trait de côte, dessiné par le déplacement des sinuosités construites en reflet des barres d'avant-côte, et par une accrétion du haut de plage sur la partie nord (avec un exhaussement de 0,5 à 1 m). Les points d'érosion visibles sur le trait de côte sont également visibles sur les mêmes secteurs lorsque l'on observe l'évolution du trait de côte (Illustration 57).

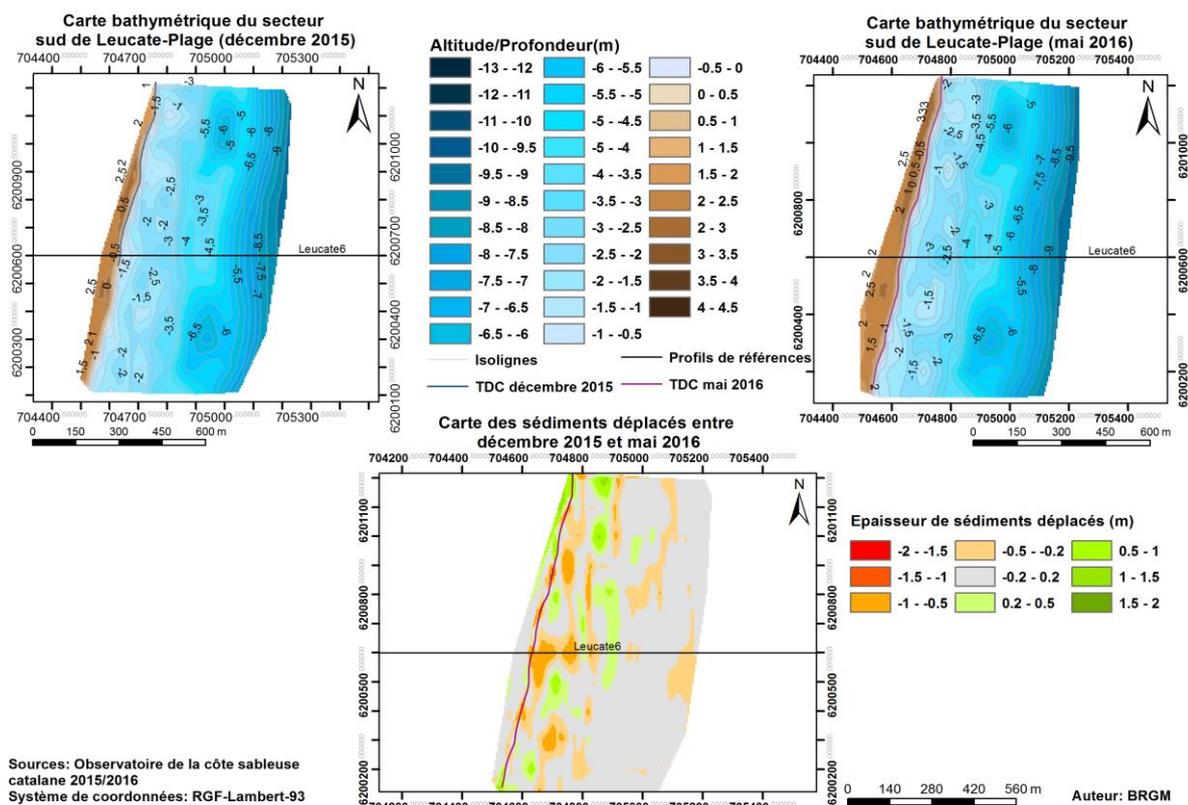


Illustration 59. Carte topobathymétrique de décembre 2015 et mai 2015 (en haut) ; carte des volumes sédimentaires déplacés entre novembre 2015 et mai 2016 (en bas) pour le secteur de Leucate-plage

Leucate-plage dec2015/mai2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	635512	36 070	-80 558	-44 488	5 418
Zone Immergée	563805	31 601	-74 092	-42 492	4 938
Zone émergée	71706	4470	-6466	-1996	490

Illustration 60. Tableaux des volumes sédimentaires déplacés entre décembre 2015 et juin 2016 pour le secteur de Leucate-Plage

Bilan sur la période 2015/2016

Cette période hivernale pour le site de Leucate est caractérisée par un fort remaniement des petits fonds (entre 0 et – 4m). On constate un déplacement transversal des barres vers la côte. Au vue de cette première période de suivi, l'évolution du trait de côte est impactée par la dynamique d'évolution des barres d'avant-côte. Même si les sinuosités de plage évoluent, le trait de côte apparait comme plutôt stable, avec des alternances avancées/reculs. Malgré cela,

le remaniement des barres sur les petits fonds est relativement important, et implique un bilan sédimentaire net négatif sur l'avant-côte.

4.3. CELLULE 11 - DE PORT-LEUCATE AU GRAU DE LEUCATE

Cette cellule est délimitée par le port de Leucate au sud et par le grau des pêcheurs de Leucate au nord qui est également endigué. Sa fréquentation importante et son urbanisation prononcée en font un secteur particulièrement artificialisé.

La cellule 11 est constituée de sables grossiers (AERMC, 2000). La granulométrie est de 0,26 mm en moyenne avec une augmentation au niveau du grau de Leucate (0,31 mm) et aux abords du port de Leucate (0,39 mm) (Aleman, 2013). Après une période d'accrétion au début du XX^{ème} siècle, cette cellule est dominée par l'érosion à partir de la construction du port de Leucate (1968), avec pour effet de bloquer la dérive littorale vers ce secteur (Aleman, 2013). On remarque malgré tout une stabilité de l'avant-côte à partir de – 5 m de profondeur. Les enrochements, de part et d'autre du grau, entraînent une accumulation de sédiment en amont-dérive, et un recul en aval-dérive.

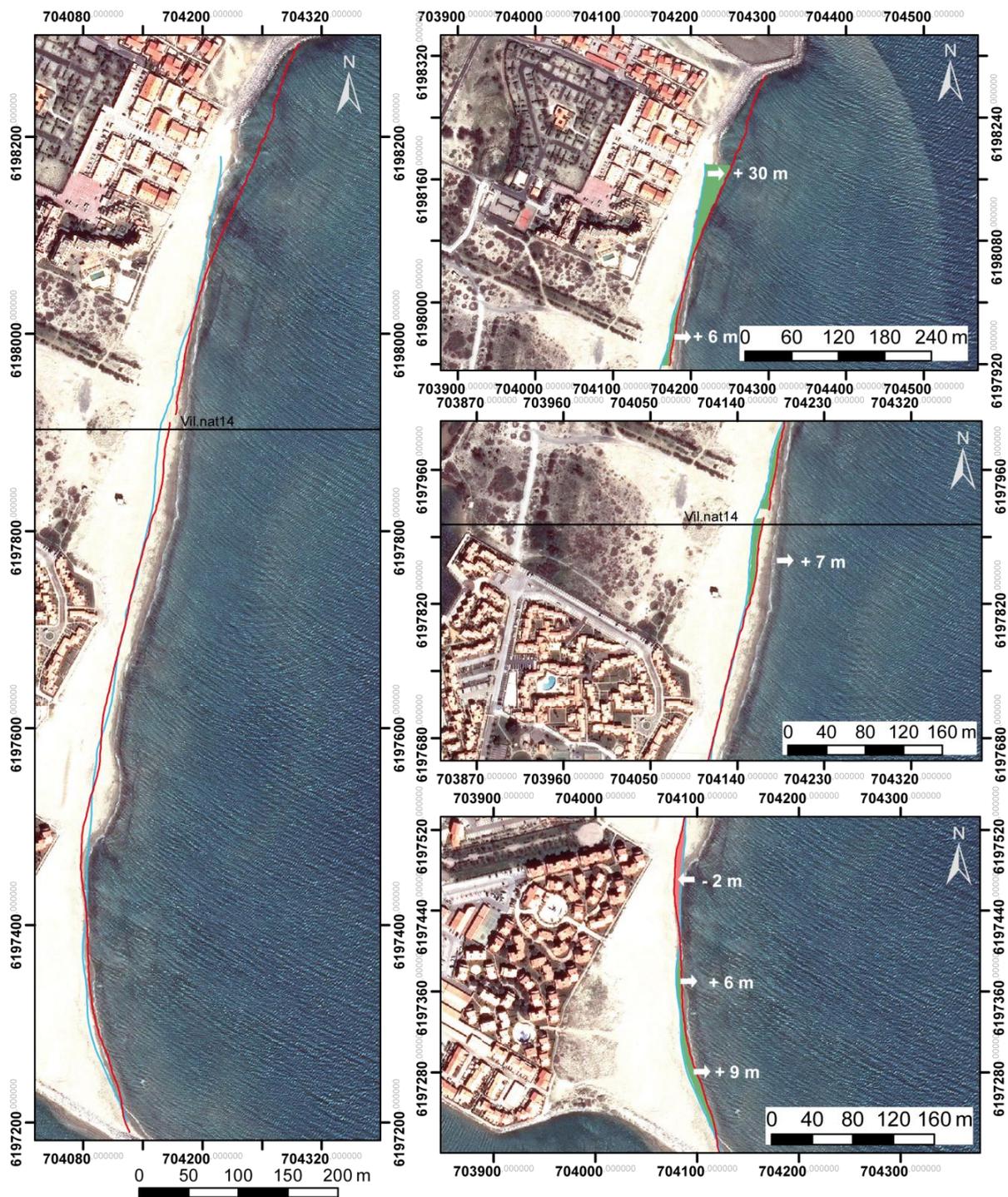
Le port déconnecte également le système de barre, hormis la barre externe qui a franchi l'ouvrage. L'avant-côte est composée d'une barre de bas de plage, d'une barre interne et d'une barre externe (Aleman, 2013).

4.3.1. Plage du village naturiste de Leucate

Evolution saisonnière du trait de côte

Sur la période hivernale 2015/2016, le trait de côte sur tout le secteur nord avance avec des valeurs d'avancée allant jusqu'à 30 m au niveau du grau (Illustration 61). Ces valeurs maximales au nord du secteur sont relatives aux rechargements sédimentaires réalisés avant le levé effectué en juin 2016. Au sud, on retrouve aussi un secteur en accrétion, dans des proportions plus faibles (+6 m/ 7 m). L'évolution du trait de côte reste ensuite relativement stable avant un point d'érosion modérée en face de l'enrochement de l'Aphrodite, puis de nouveau de l'accrétion sur la partie sud du secteur (+9 m).

Le déplacement du trait de côte vers le large s'accompagne d'un déplacement de la berme dans la même direction, de + 9 m par exemple pour le profil de référence (Illustration 63), soit dans les mêmes ordres de grandeur que le trait de côte.



Source:
 Trait de côte 2015/2016: Observatoire
 de la côte sableuse catalane.
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

- Profil de référence
- Trait de côte mai 2016
- Trait de côte novembre 2015
- Erosion
- Accrétion

Illustration 61. Carte des traits de côte entre novembre 2015 et mai 2016 pour le secteur du village naturaliste

Déplacements sédimentaires saisonniers et annuels

Tout comme la cellule précédente, le secteur du village naturiste est déficitaire sur la période décembre 2015 / mai 2016 avec un bilan sédimentaire négatif de $- 24\,938\text{ m}^3$. L'érosion se concentre quasi-uniquement sur l'avant-côte, le bilan étant relativement stable sur la plage aérienne ($+ 1115\text{ m}^3$).

L'accrétion observée sur la partie émergée est localisée sur l'extrémité nord du secteur, où a eu lieu un rechargement sédimentaire avant les levés effectués en juin 2016.

Sur l'avant-côte, une partie en érosion apparaît sur la barre de bas de plage dans la partie sud du secteur, malgré un trait de côte relativement stable sur cette partie.

Les mouvements sédimentaires observés sur le profil de référence (vil_nat14) indique la disparition de la petite barre intermédiaire qui s'est vraisemblablement accolée à la barre interne dont le volume augmente et dans une moindre mesure à la berme qui s'accrète également (Illustration 63). La barre externe, visible entre -6 et -7 m de profondeur reste stable.

On note un léger approfondissement de la fosse externe qui atteint des profondeurs de l'ordre de 8 m et une forte mobilité sédimentaire dans les petits fonds (0 à -3 m) où la petite barre apparue en décembre 2015 a été complètement remaniée.

Au total, le secteur est à l'érosion sur sa partie immergée avec un bilan sédimentaire de $- 26054\text{ m}^3$ (Illustration 64). Tandis que la plage aérienne est stable. Les mouvements du trait de côte restent compris dans des valeurs inférieures à $\pm 10\text{ m}$, hormis à l'extrémité nord où un rechargement a eu lieu.

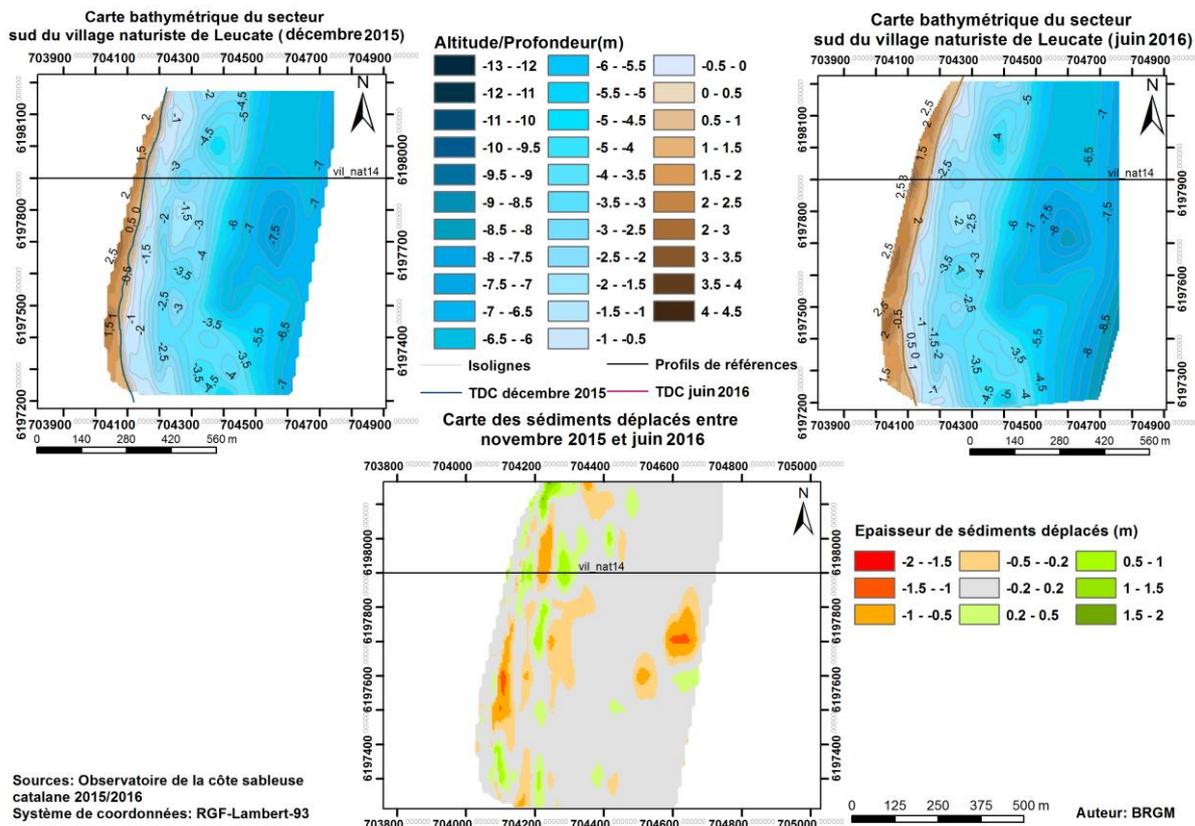


Illustration 62. Carte topobathymétrique de décembre 2015 et mai 2015 (en haut) ; carte des volumes sédimentaires déplacés entre novembre 2015 et mai 2016 (en bas) pour le secteur de Leucate-plage

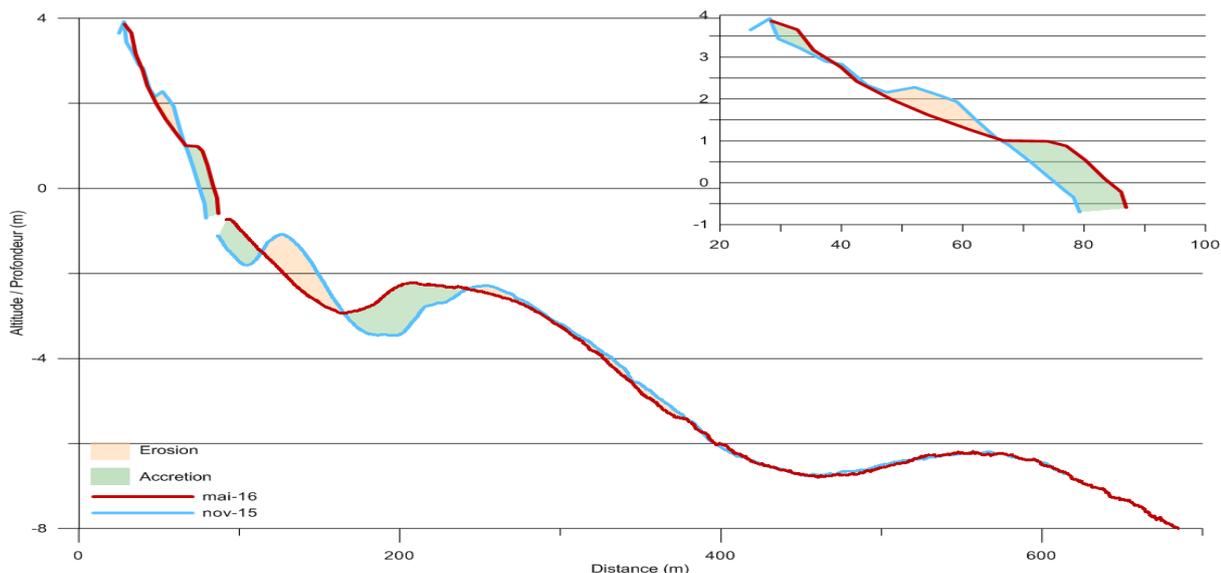


Illustration 63. Profil Village naturiste 14. Décembre 2015 et juin 2016. En haut, zoom sur la partie émergée du profil.

Village naturiste dec 2015/juin 2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	564517	32 418	-57 357	-24 938	6 468
Zone Immergée	520586	28 261	-54 314	-26 054	6 002
Zone émergée	43931	4158	-3042	1115	479

Illustration 64. Tableaux des volumes sédimentaires déplacés entre décembre 2015 et juin 2016 pour le secteur du village naturiste.

Bilan sur la période 2015/2016

L'accrétion de la plage aérienne reste limitée au nord du secteur où a eu lieu un rechargement artificiel. Sur le reste du secteur le trait de côte est globalement stable ou en avancée à l'extrémité sud.

L'avant côte est dominé par de forts remaniements des bancs sableux qui se déplacent vers le nord. La barre de bas de plage présente en décembre 2015 s'est soit décalée vers le large (partie sud) ou est venue engraisser la barre interne, et parfois la berme de bas de plage (au niveau du profil de référence). L'impact de la tramontane sur la largeur de la plage semble apparaître important au regard de l'avancée de la plage observée sur la partie sud du secteur après un évènement de tramontane.

4.4. CELLULE 10 – DE LEUCATE A PORT-BARCARÈS

Cette cellule comprend le littoral situé entre les ports du Barcarès et de Leucate, soit une grande partie du littoral de ces deux communes.

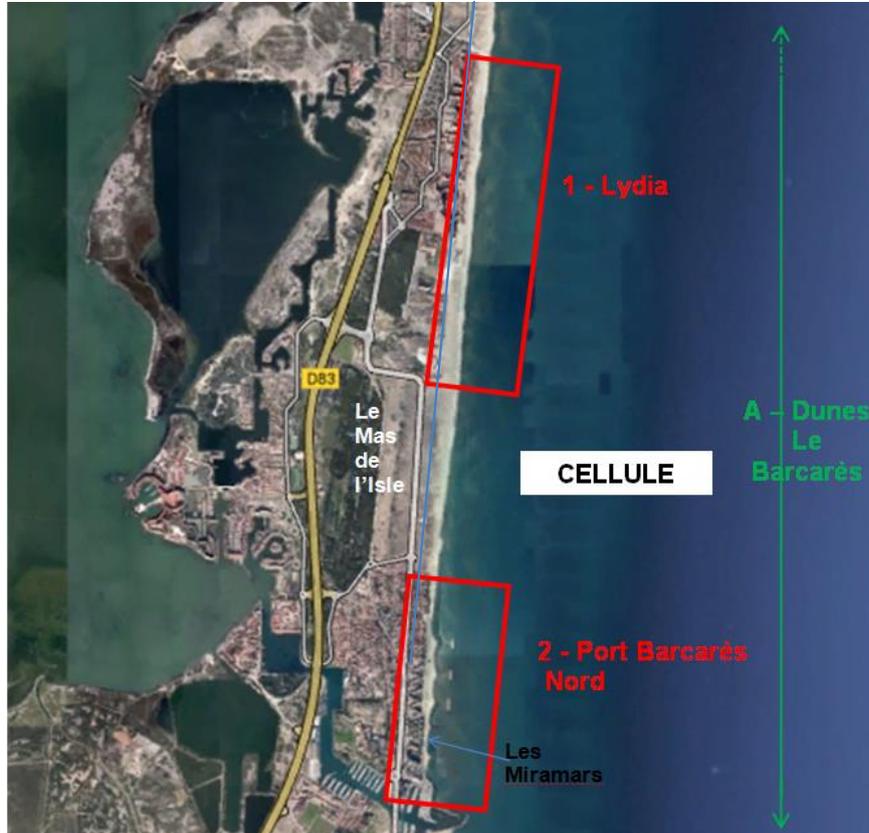


Illustration 65. Localisation des secteurs A ; 1 et 2 au sein de la cellule 10 (fond Google Earth)

La majeure partie du littoral de cette cellule est urbanisée, à l'exception des 47 ha du Mas de l'Isle (entre Port Barcarès et le Lydia) appartenant au Conservatoire du littoral. Ce secteur dunaire fait l'objet de mesures de protection depuis 2010. Les secteurs du Lydia et de Port Barcarès représentent à eux deux un important enjeu urbain et touristique.

Les plages de la cellule 10 sont constituées de sables grossiers (0,4 à 0,8 mm de diamètre), de graviers et de petits galets mélangés (AERMC, 2000). Les plages présentent une pente fortement inclinée au plus près du rivage, mais qui diminue vers le haut de plage, jusqu'à parfois s'inverser en arrière plage. Deux barres sont observables au niveau de l'avant-côte et les pentes sont faibles (Aleman, 2013). L'unité sableuse supérieure présente des épaisseurs comprises entre 2 et 6 m au niveau de Leucate.

Le cordon littoral de Port-Barcarès est caractérisé par une succession d'épis de plage et de brise-lames (3 brise-lames construits entre 1994, puis 3 de plus en 2014) en réponse à la forte érosion qui menace une zone urbanisée au nord du port. En parallèle de ces aménagements, des rechargements sont effectués sur la cellule depuis au moins 2006, ainsi que des opérations de nettoyage mécanique des plages, jusqu'à trois fois par jour de mi-juin à septembre (EID, 2010). Le déficit sédimentaire de cette zone est induit en grande partie par la jetée portuaire de Port Barcarès, qui bloque le transit au Sud de la jetée.

4.4.1. Le Lydia

Le secteur du Lydia s'étend des Portes du Roussillon au sud, jusqu'à la résidence les Marines au nord, soit 1,5km de linéaire étudié. Sa partie nord, longée par une promenade est fortement urbanisée. Il subsiste cependant des dunes reliques en voie de réhabilitation sur l'arrière-plage.

La plage émergée présente une forte pente même si cette caractéristique est moins visible dans le sud du secteur (Illustration 66) avec une largeur comprise entre 10 m et 50 m.

L'avant-côte est constituée d'un système à deux barres. La barre externe, bien marquée, est située à environ 400 m du trait de côte et à -4 m de profondeur au niveau des crêtes. Les festons de la barre externe ont une amplitude d'environ 450 m au nord et au centre du secteur, et de 200 m au sud du secteur.



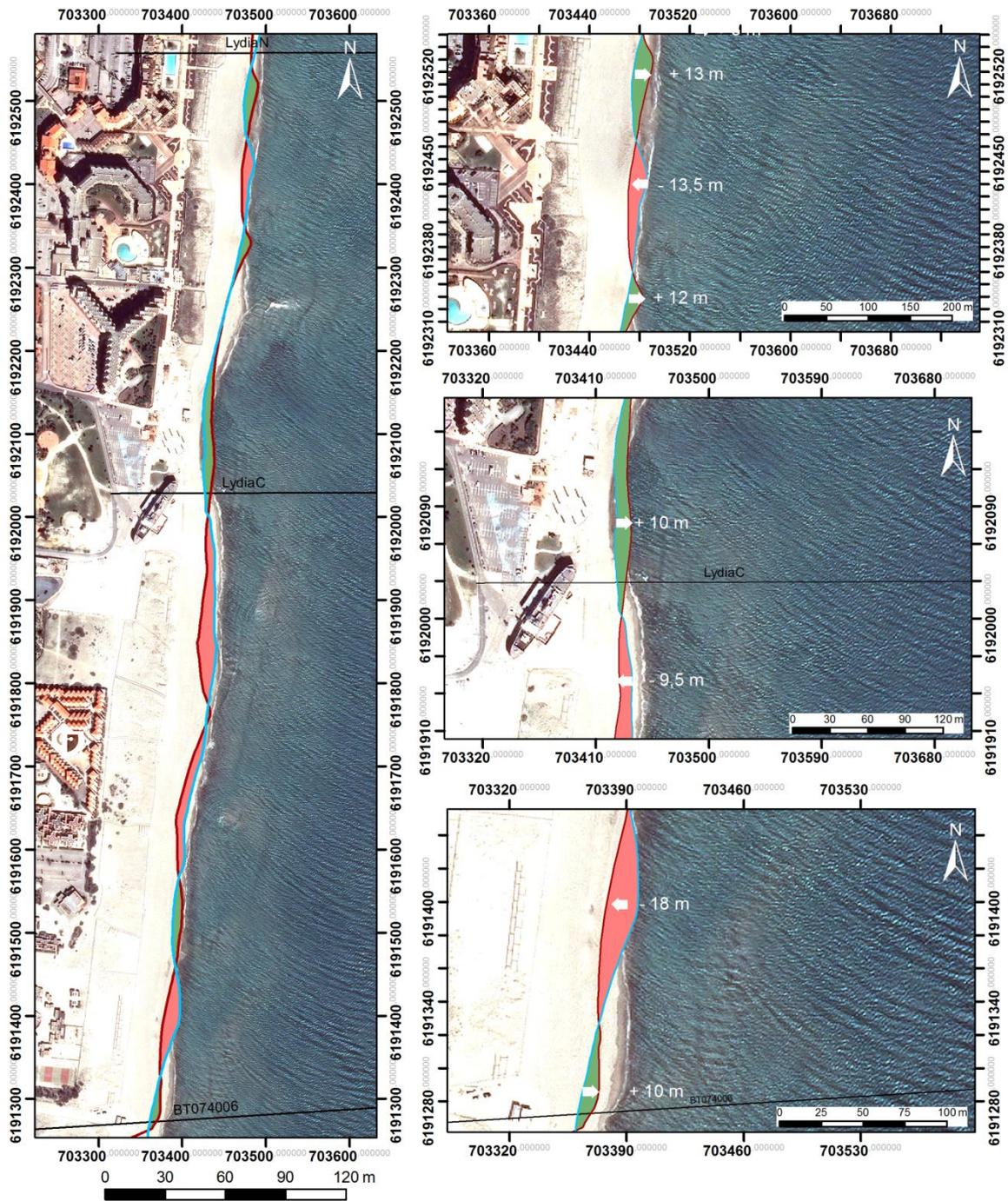
Illustration 66. Suivi photographique le Lydia (à gauche) profil de bas de plage en mai 2016 (OBSCAT) ; (à droite) haut de plage, en face du Lydia (OBSCAT)

Evolution saisonnière du trait de côte

L'évolution du trait de côte alterne entre des phases d'accrétion et d'érosion autour d'un profil d'équilibre (De la Torre et al, 2014). La géométrie curviligne (alternance de crêtes et de baies) du trait de côte est en lien avec la position de la barre externe.

L'évolution du trait de côte lors de l'hiver 2015-2016 est particulièrement fluctuante dans le secteur du Lydia. Les zones d'avancée et de recul alternent tout le long de la plage avec des ordres de grandeur d'une dizaine de mètre (Illustration 67). La partie sud enregistre les reculs les plus importants en terme de surface en érosion, et en terme de grandeur (jusqu'à - 20 m environ au sud du profil Lydia C). Seules deux portions au sud de cette partie avancent (de + 10 m par endroit), en parallèle avec un déplacement de la berme vers le large dans le même ordre de grandeur (Illustration 70).

Le trait de côte au droit du bateau Lydia constaté en érosion depuis 2008 est resté relativement stable entre 2015 et 2016 (Illustration 69). La partie en face de l'esplanade, au nord du bateau est quant à elle en accrétion, tandis que la partie située au sud est en érosion (Illustration 67) dans le même ordre de grandeur (+10 au nord, -10m au sud).



Source:
 Trait de côte 2015/2016: Observatoire de
 la côte sableuse catalane.
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

- Trait de côte novembre 2015
- Trait de côte mai 2016
- Profils de références
- Erosion
- Accrétion

Illustration 67. Carte des traits de côte entre novembre 2015 et mai 2016 du secteur du Lydia

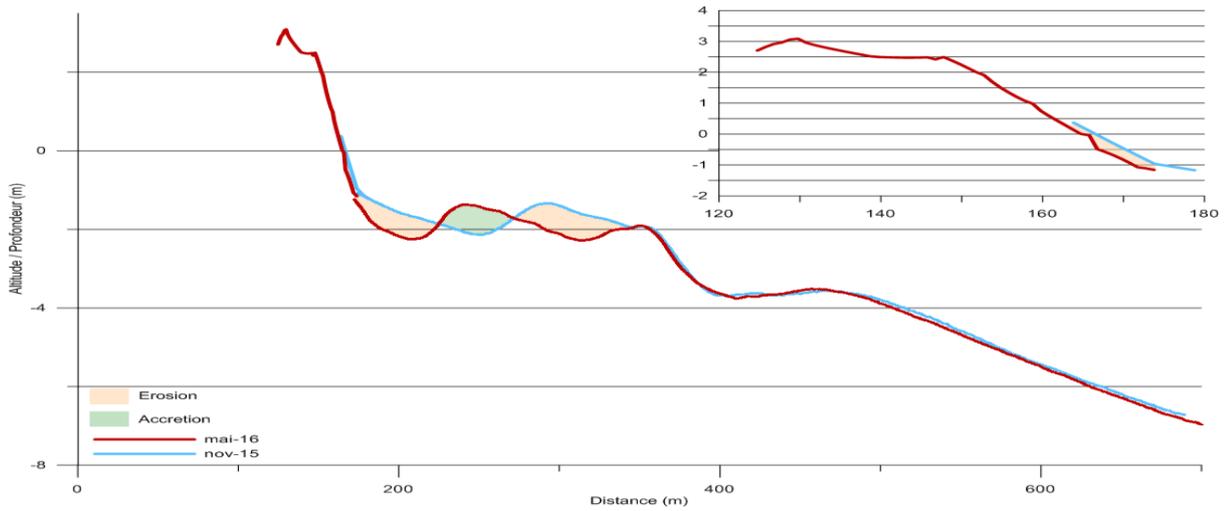


Illustration 68. Profil Lydia N, novembre 2015 à mai 2016. Secteur du Lydia

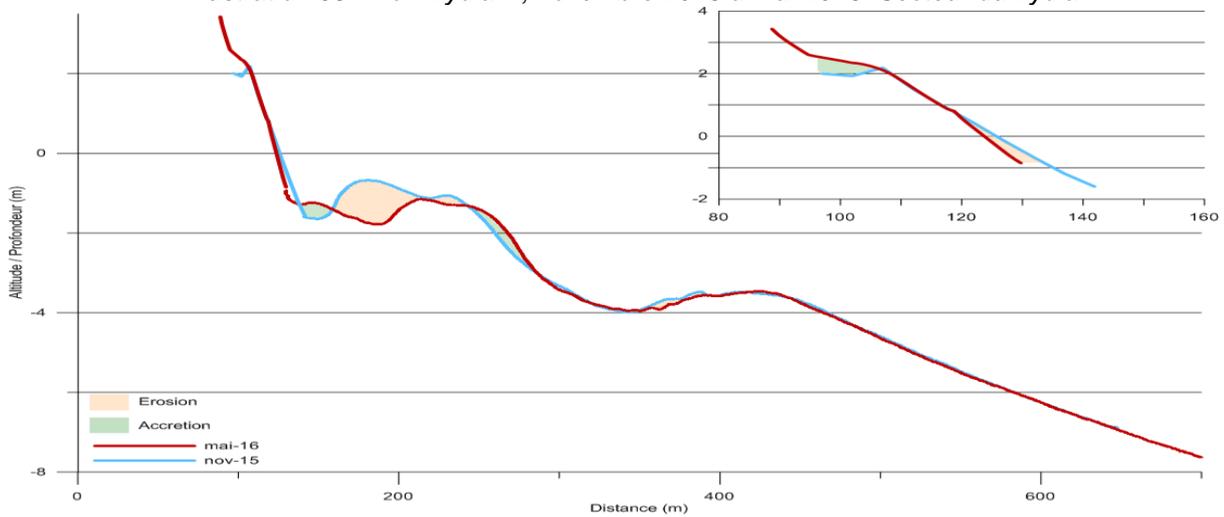


Illustration 69. Profil Lydia C, novembre 2015 à mai 2016. Secteur du Lydia

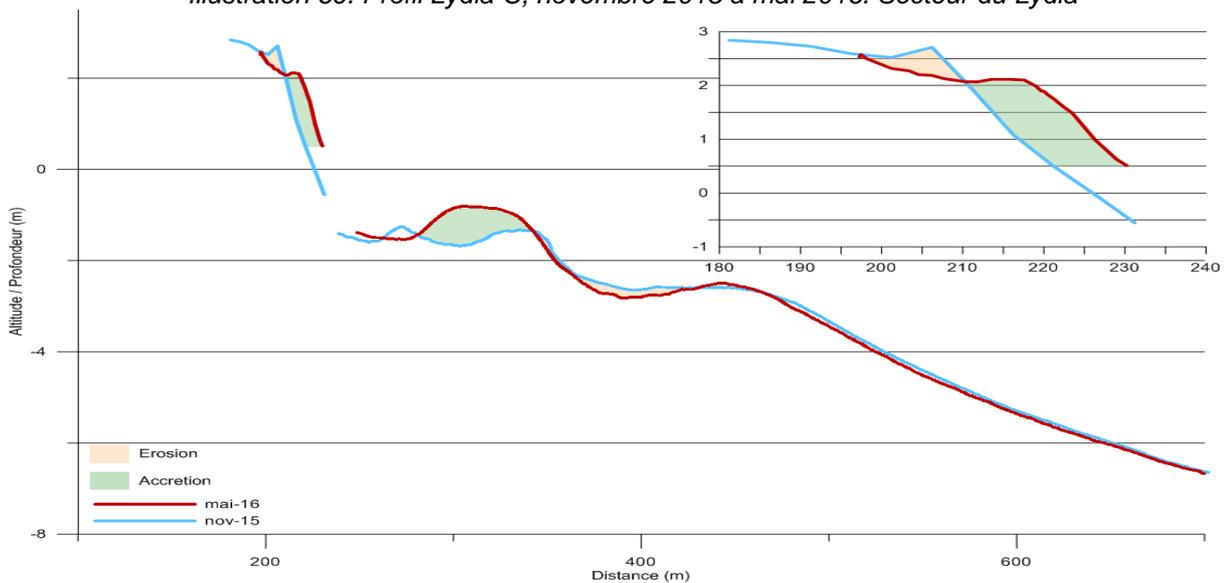


Illustration 70. Profil BT074006, novembre 2015 à mai 2016. Secteur du Lydia

Déplacements sédimentaires saisonniers et annuels

La dynamique sédimentaire annuelle et saisonnière est très importante et complexe. La barre externe, plutôt stable, est de longueur d'onde d'environ 400 m même si cette dernière a tendance à s'élargir vers le nord du secteur. La barre interne est plus mobile avec des échanges sédimentaires avec la barre externe et la plage émergée.

Les zones en érosion sur le bas de plage sont réparties de façons ponctuelles et entrecoupées de zones en accrétion (Illustration 71). Ces points d'érosion se déplacent dans le temps avec un rythme saisonnier et dans l'espace en suivant le mouvement des barres d'avant-côtes. Bien que le trait de côte ait tendance à suivre les mouvements de la barre externe, la barre interne peut également influencer la position des points d'érosion comme lors de l'hiver 2015/2016.

L'analyse de l'évolution des profils de référence (Illustration 68 à Illustration 70) met en évidence une bonne stabilité de la barre externe et une dynamique très importante de la barre interne. Sur la partie émergée de la plage, on note l'accrétion significative au niveau du profil Centre qui fait face au Lydia.

Concernant les bilans sédimentaires, sur la période avril 2015 / novembre 2015, le bilan est positif sur le secteur (+37 879 m³). La partie émergée, en particulier dans la partie sud, est en érosion durant cette période (-20462 m³) mais cette érosion est compensée par un bilan positif sur la période novembre 2015 / mai 2016 (+23577 m³) tandis que sur la partie immergée, le déficit constaté sur cette dernière période (-7 272 m³) ne suffit pas à éroder les apports massifs de la période estivale 2015 (+58 341 m³). A la sortie de l'hiver, le bilan sédimentaire est moins important que sur la période précédente même s'il reste positif (+16 306 m³) (Illustration 72). Les « hot spots » observés sur le trait de côte à cette période se situent en regard des fosses de la barre externe.

Sur la période avril 2015/mai 2016, les « hot spots » sur le bas de plage se situent en miroir des fosses internes, et suivent leur dynamique. Par exemple, sur la partie sud du secteur, une barre bien formée est accolée au trait de côte en avril 2015 (Illustration 71), ce dernier est alors relativement linéaire sur ce secteur. En novembre 2015, les tempêtes d'automne dont celle du 2 novembre 2015 au 4 novembre 2015 ont pu modifier l'avant-côte dont la géométrie et la position des barres. La morphologie de la barre interne est alors plus complexe, de même que le trait de côte qui devient plus ondulé. Ensuite, durant l'hiver 2015/2016, les bancs sableux, mobilisés par la dérive littorale sud-nord et les houles d'est-sud-est, suivent un mouvement longitudinal vers le nord.

Des mouvements apparaissent également au niveau de la barre externe. Cette accrétion observée sur la barre est localisée à la fois sur la crête (entre le profil Lydia Centre et BT074006) et sur le creux des festons (notamment entre le profil Lydia Nord et le Lydia Centre).

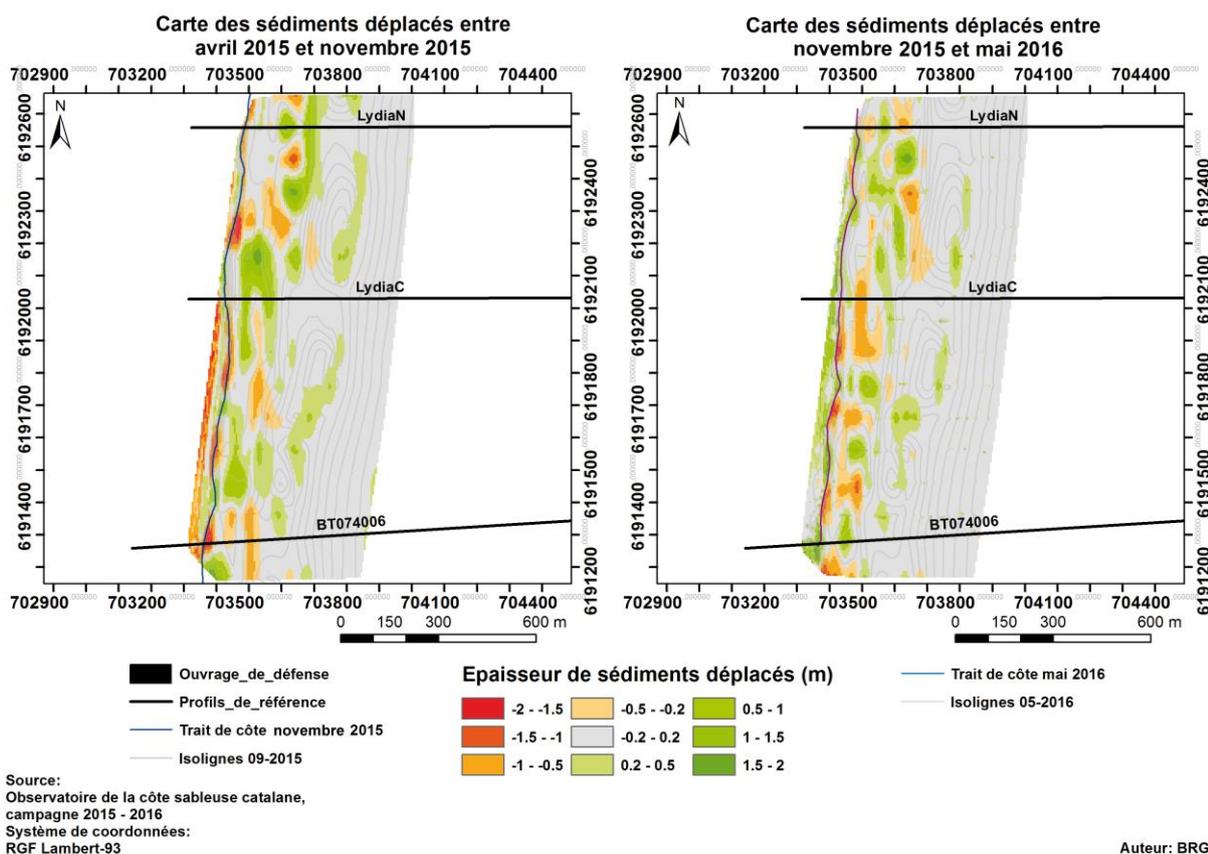


Illustration 71. Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/ novembre 2015 et novembre 2015/mai 2016 pour le secteur du Lydia

Lydia Avril 2015 / Nov 2015					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (+/- m ³)
Zone Complète	806263	115 848	-77 969	37 879	7 957
Zone Immergée	753225	111 016	-52 675	58 341	9 149
Zone émergée	53038	4832	-25294	-20462	1 192
Lydia Novembre 2015 / Mai 2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	801396	89 265	-72960	16 306	9 656
Zone Immergée	751877	64 512	-71 784	-7 272	9445
Zone émergée	49519	24753	-1176	23577	230

Illustration 72. Tableaux des volumes sédimentaires déplacés entre décembre 2015 et juin 2016 pour le secteur du Lydia

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

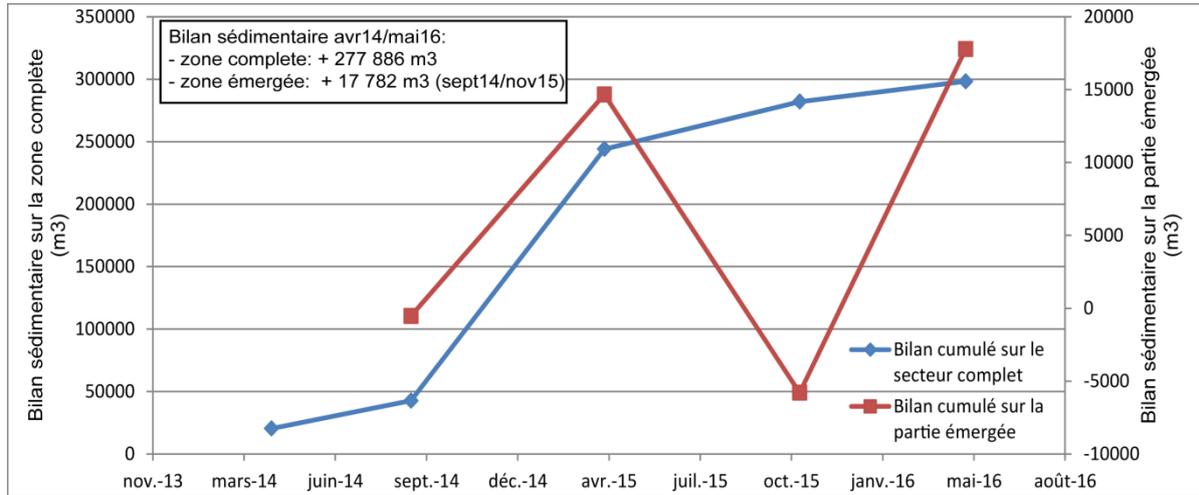


Illustration 73. Bilan sédimentaire entre avril 2014 et mai 2016 pour le secteur du Lydia

Sur la période octobre 2013/ mai 2016, le bilan sédimentaire est positif (+277 886 m³ sur la zone complète et + 17 782 m³ sur la partie émergée) (Illustration 73). On observe une forte accumulation lors de l'hiver 2014/2015, est une évolution relativement plus faible sur le reste du temps étudié. En effet, l'évolution observée entre avril 2015 et mai 2016 correspond à ¼ de l'accumulation constatée entre septembre 2014 et avril 2015 (Illustration 73). Cette forte accumulation s'observe également lorsque l'on rapporte les déplacements sédimentaires à la surface totale du secteur (Illustration 74). Les mouvements calculés sont de l'ordre de 15 cm/m² soit 3 fois plus que sur la période estivale de 2015.

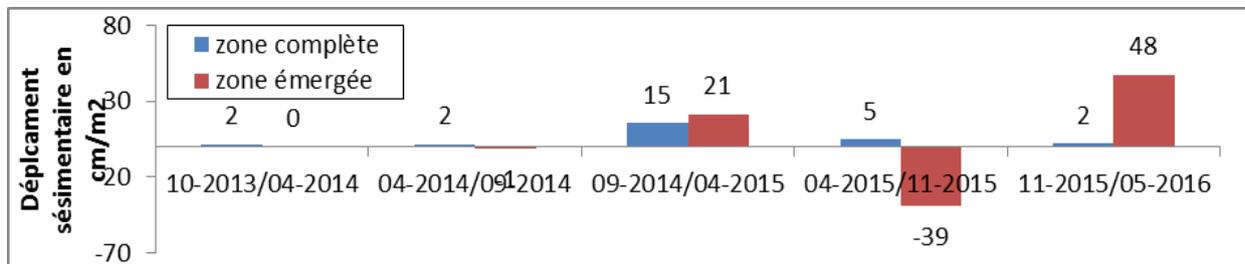


Illustration 74. Déplacements sédimentaires (en cm/m²) pour le secteur du Lydia

Les mouvements observés sur la partie émergée varient de façon saisonnière. Le bilan global est positif car si l'on observe une forte érosion lors de l'été-automne 2015 (-39 cm/m²), elle est compensée par un apport de +48 cm/m² sur la période suivante (Illustration 74).

L'évolution du trait de côte varie fortement entre avril 2014 et mai 2016. Le trait de côte a atteint un maximum d'avancée en avril 2014 sur la partie nord (Illustration 75). Le trait de côte était au plus proche du bateau « Lydia » en septembre 2014 avant d'effectuer une avancée vers le large de +13 m en avril 2015. Bien que l'on constate un recul entre avril 2015 et septembre 2015, le trait de côte est revenu au niveau atteint en avril 2015 à la fin de l'hiver 2015/2016. La variation évolution sur cette portion du secteur d'étude peut correspondre à l'évolution saisonnière des mouvements sédimentaires sur la plage émergée (Illustration 74), mais également au déplacement longitudinal des sinuosités du trait de côte vers le nord (Illustration 75, Illustration 77).

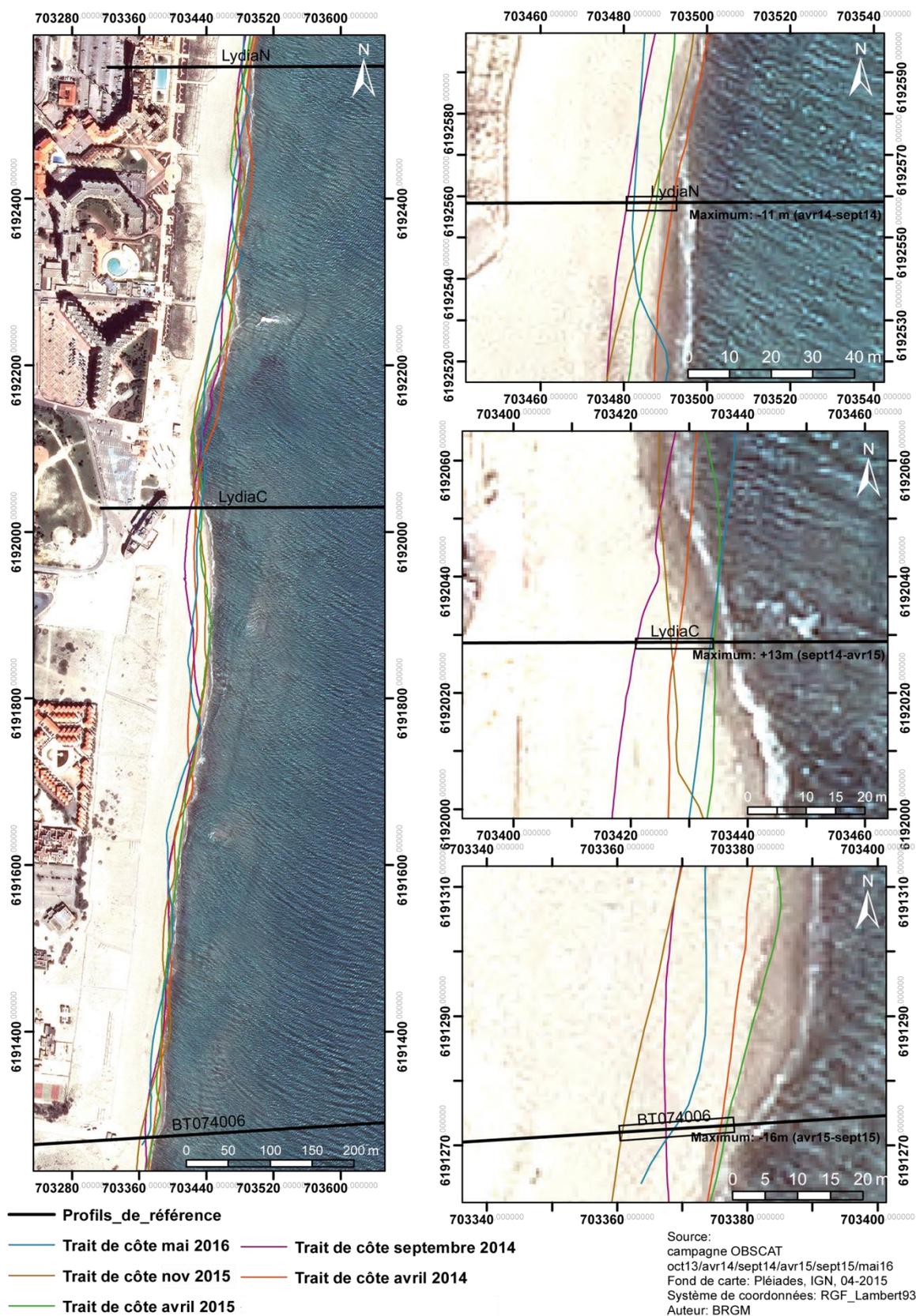


Illustration 75. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur du Lydia

Environnement dunaire

Le secteur du Lydia a bénéficié de deux campagnes drone, la première au printemps 2015 et la deuxième au printemps 2016. Ces campagnes ont permis la réalisation de modèles numériques de surface qui ont pu être comparés au modèle numérique de surface réalisé en 2010 via la technologie LIDAR.

Les évolutions observées entre 2015 et 2016 sont de faibles amplitudes et ne présentent pas d'évolutions significatives de l'environnement dunaire.

Par contre, les évolutions constatées entre 2010 et 2016 montrent deux tendances inversées entre le nord et le sud du Lydia. Le nord est caractérisé par une évolution morphologique favorable avec une reconstruction et consolidation du front dunaire. Le cordon s'est élargi d'une quinzaine de mètres et culmine à près de +4m NGF sur certains secteurs contre +3.4m NGF en 2010 (Illustration 76).

Le secteur sud n'ayant pas été couvert au printemps 2015, il n'est pas possible de quantifier les évolutions récentes du système dunaire. En revanche, par rapport à 2010, l'environnement dunaire s'est dégradé avec une perte altimétrique pouvant dépasser 0,5 m. Cette perte pourrait être due à une dégradation progressive de la végétation.

Evolution altimétrique de l'environnement dunaire du Lydia

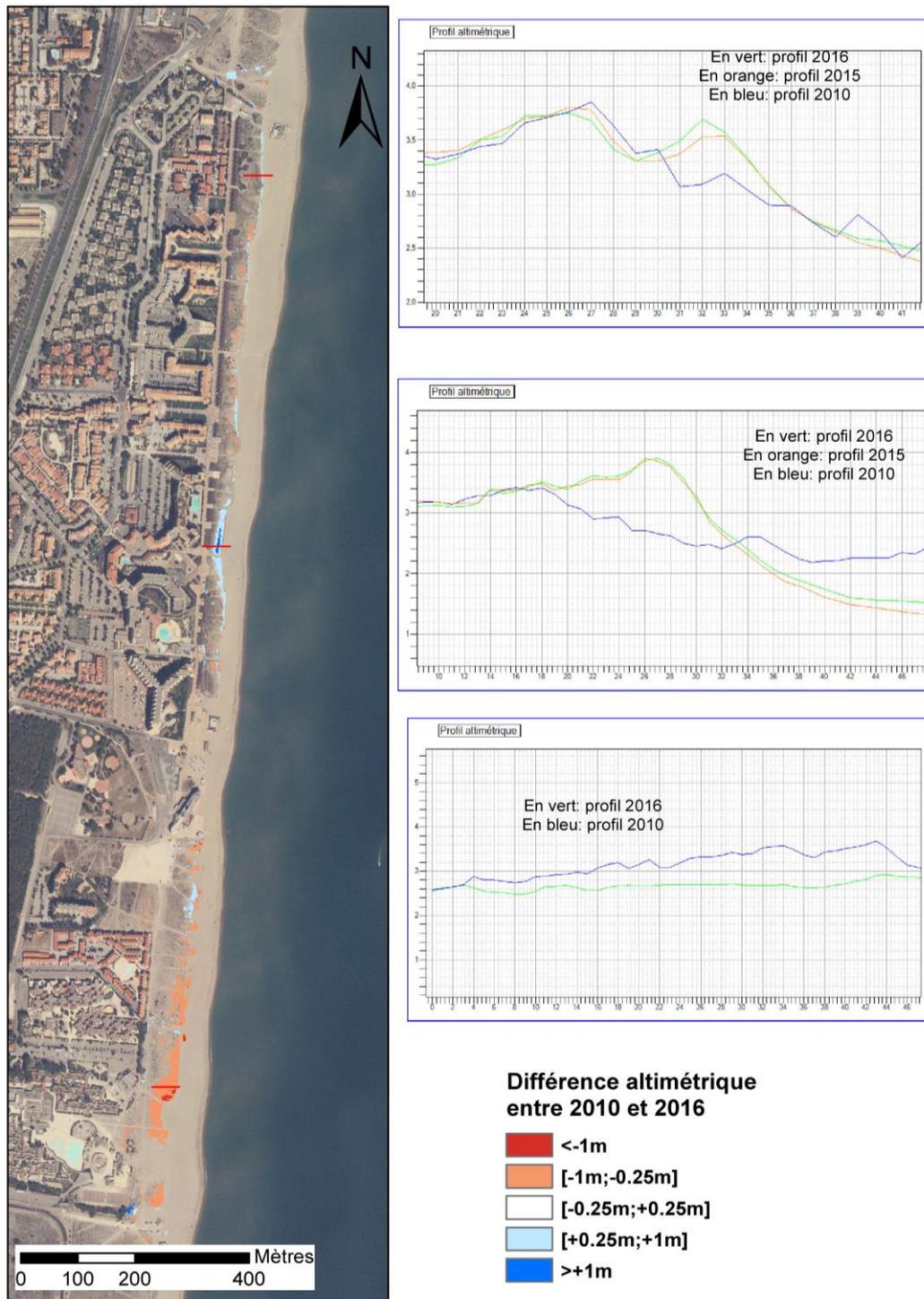


Illustration 76 - Evolution morphologique de l'environnement dunaire dans le secteur du Lydia entre 2010 et 2016.

Bilan

Au total, le secteur présente un bilan sédimentaire stable, mais ce constat n'ôte pas une mobilité saisonnière du trait de côte ainsi que des volumes de la plage émergée. On peut supposer que le recul de certaines portions de plage correspond au décalage vers le large des

racines de la barre interne. Les avancées peuvent quant à elles s'expliquer par l'accolement de ces mêmes racines. Aussi, le caractère asymétrique des mouvements du trait de côte peut être, selon les variations saisonnières, en lien avec la géométrie complexe de la barre interne, mais aussi de la position des crêtes de la barre externe. Ceci est également visible par la forme en croissant du trait de côte. Cette dynamique d'avant-côte diffère ainsi selon la prédominance de certaines conditions de forçage (prédominance de la tramontane ou des vents marins).

Schéma de compréhension morphodynamique

Les résultats établis à partir de trois ans de données de l'OBSCAT permettent de donner une première compréhension du fonctionnement morphodynamique du secteur du Lydia (Illustration 77). La forme en feston des barres d'avant-côte influence la forme sinueuse du trait de côte. Les points d'avancée du trait de côte correspondent aux cornes de la barre externe. La diffraction de la houle sur ces cornes (qui sont à plus faible profondeur) permettent de créer une accumulation sableuse sur le trait de côte. Tandis que dans les ventres, la houle, non atténuée, creuse le trait de côte par le biais de courants d'arrachement. On observe également, à certaines saisons, l'influence des bancs sableux qui constituent le système de barre interne. Ces bancs, proches de la côte, vont influencer le trait de côte par des échanges sédimentaires et augmenter sa sinuosité.

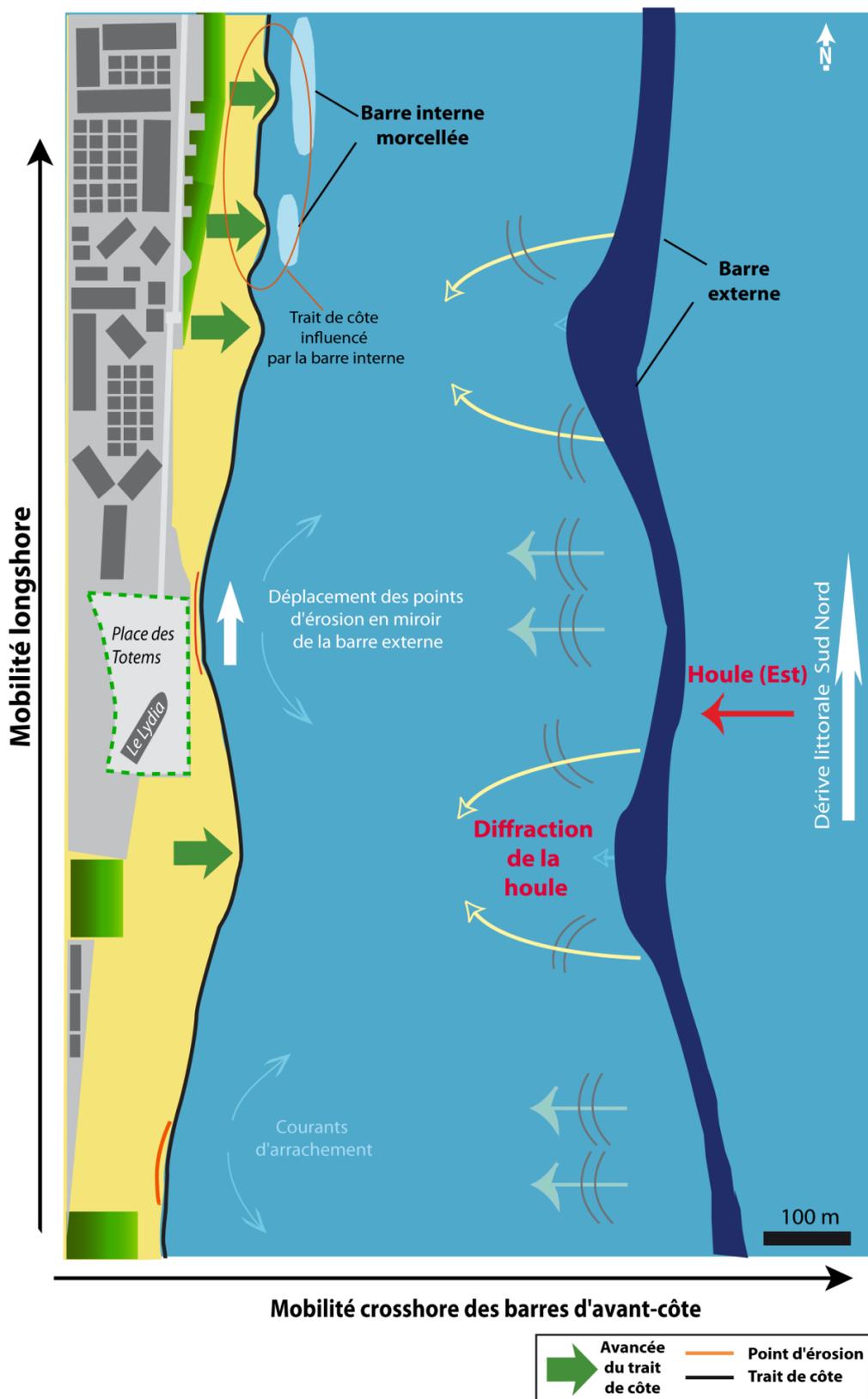


Illustration 77. Schéma des mouvements saisonniers de l'avant-côte et du trait de côte pour le secteur du Lydia

4.4.2. Dunes de Le Barcarès Secteur du Mas de l'Isle

Evolution morphologique de l'environnement dunaire du Mas de l'Isle

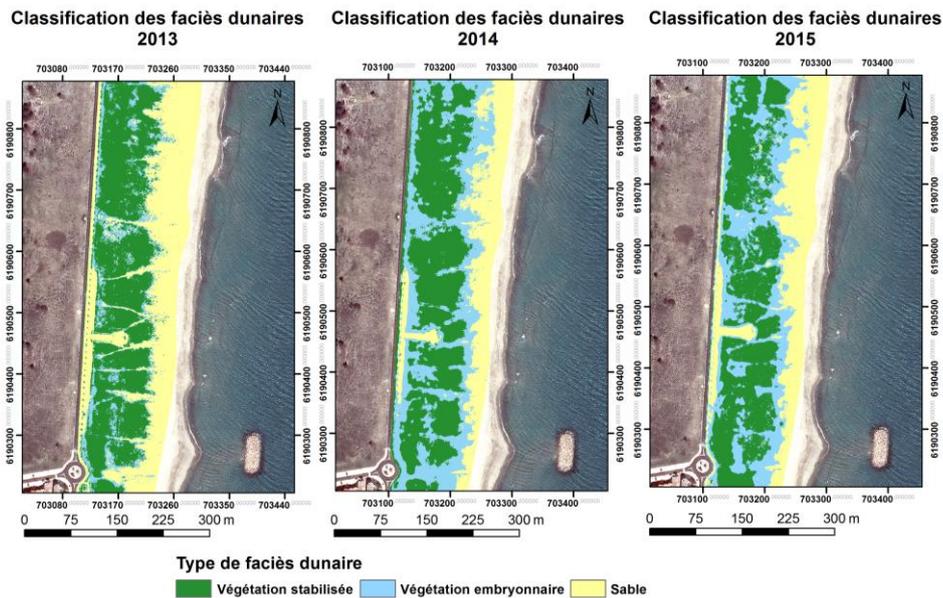
Le secteur du Mas de l'Isle a bénéficié de deux campagnes par drone en automne 2014 et automne 2015. Ces campagnes ont permis la réalisation de modèles numériques de surface qui ont pu être comparés au modèle numérique de surface réalisé en 2010 via la technologie LIDAR (Illustration 79).

La partie centrale reste globalement stable depuis 2010 contrairement aux extrémités de la zone qui ont subi une érosion du front dunaire entre 2010 et 2014 de près de 10m et dont la tendance semble se poursuivre en 2015 avec des reculs plus faibles de l'ordre de 2 mètres. Ces reculs sont particulièrement marqués à l'extrémité sud. Ce secteur est localisé entre le cinquième et le sixième brise-lame du sud au nord, au droit d'une zone où le trait de côte est en retrait. Il est probable que l'action des vagues atteigne plus facilement le haut de plage et le pied de dune, ce qui favoriserait cette érosion.

La mise en place de moyens de protection du haut de plage de type ganivelles pourrait éventuellement limiter ce phénomène en retenant le sable sur le haut de plage.

Evolution de la végétation

Depuis 2013, la végétation embryonnaire s'est développée entre les ensembles stabilisés (Illustration 78). Entre 2014 et 2015, la végétation stabilisée s'est étendue dans la partie sud du Mas de l'Isle alors que l'on observe un léger recul sur la partie nord. Les protections dunaires montrent tout de même un impact positif avec une progression de l'emprise de la végétation embryonnaire.



Source: Pléiades 2013/2014/2015

Auteur: BRGM

Illustration 78. Evolution de la végétation dunaire entre 2013 et 2015 par classification spectrale au Mas de l'isle.

Evolution altimétrique de l'environnement dunaire du Barcarès

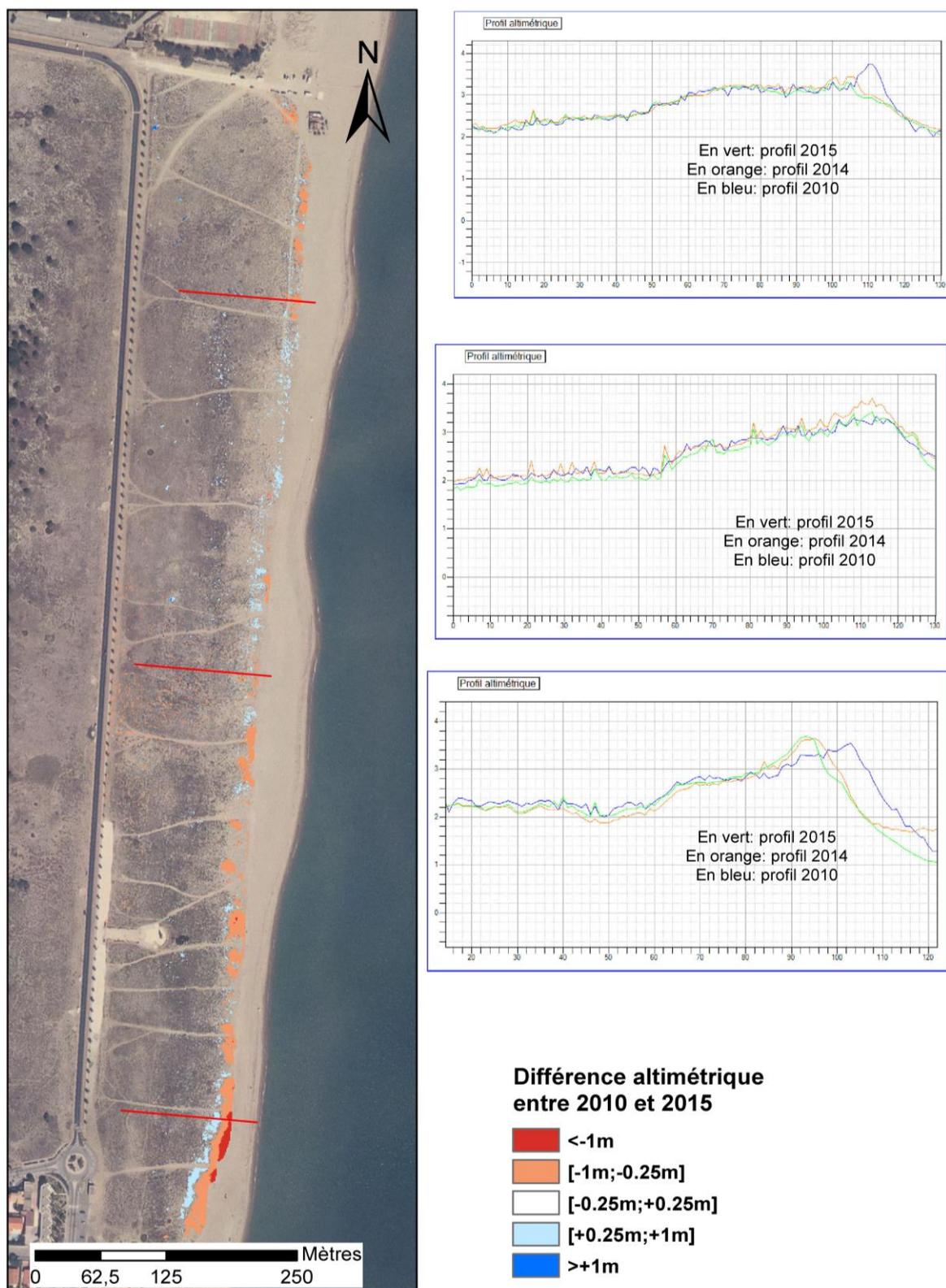


Illustration 79 - Evolution morphologique de l'environnement dunaire dans le secteur du Mas de L'Isle entre 2010 et 2016.

Le suivi de la végétation par les gardes littorales confirme cette reprise de la végétation. En effet, le pourcentage de recouvrement sur le site est en augmentation sur le profil du Mas de l'Isle Nord (cf. Illustration 80, Illustration 81, Illustration 82) et sur le profil du Mas de l'Isle Sud (cf. Illustration 83, Illustration 83).

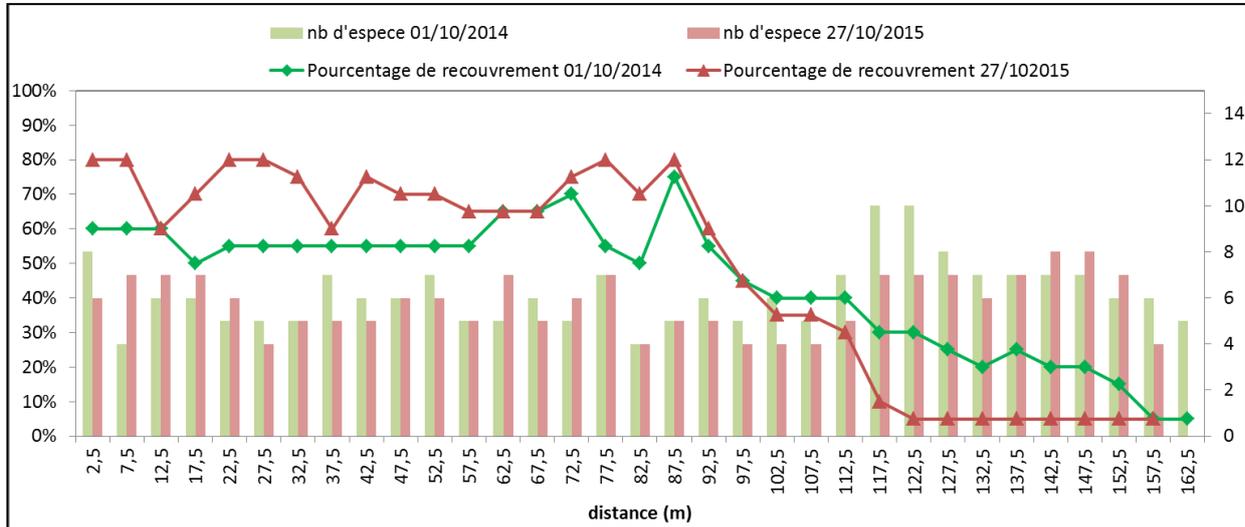


Illustration 80 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015.

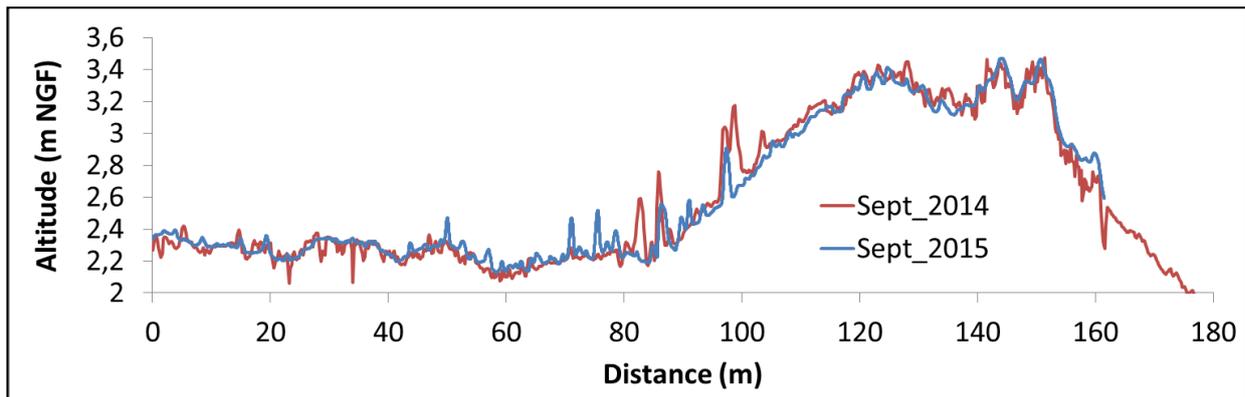


Illustration 81 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone).



Illustration 82 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en sept 2014 (à gauche) et sept 2015 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil.

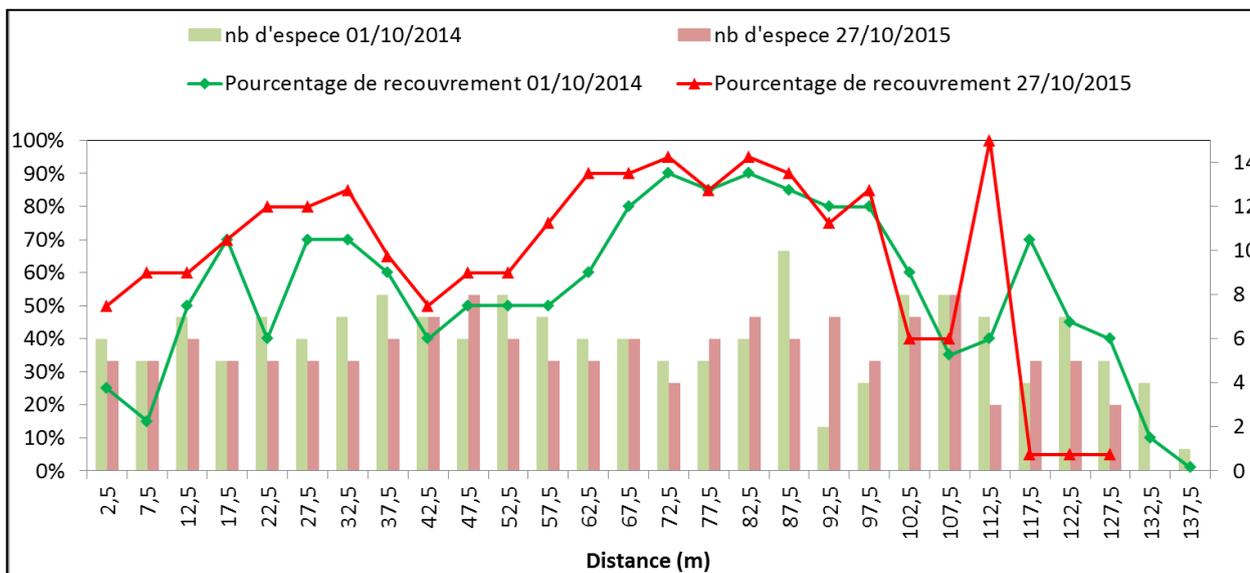


Illustration 83 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015.

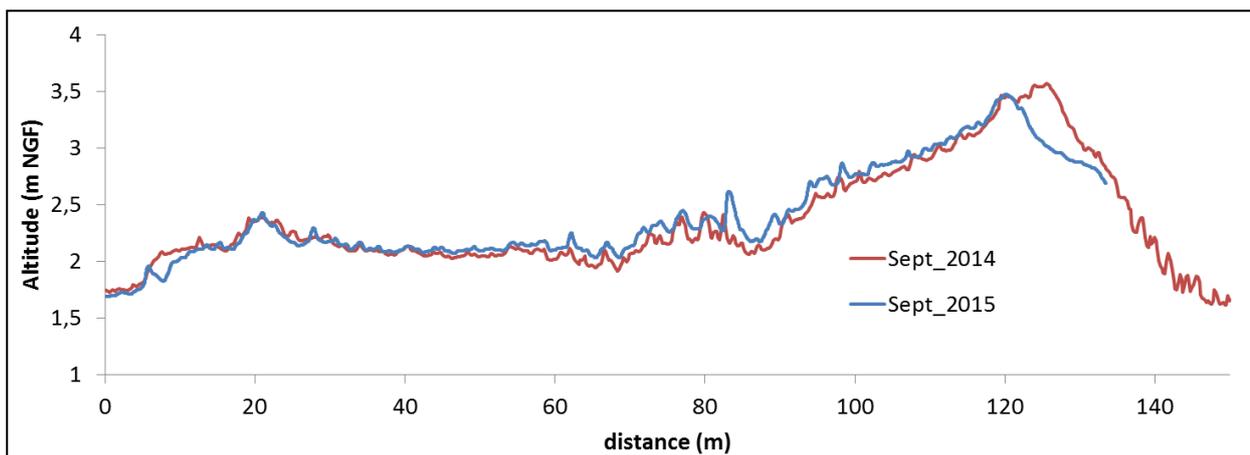


Illustration 84 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone).

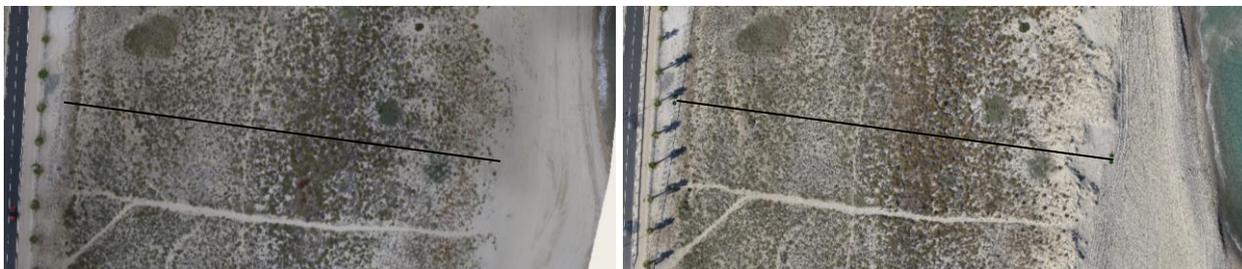


Illustration 85 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en sept 2014 (à gauche) et sept 2015 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil.

4.4.3. Port Barcarès Nord

La partie étudiée du secteur de Port Barcarès nord s'étend de la jetée portuaire au sud jusqu'au début du Mas de l'Isle au nord sur 1,3 km. Le secteur est fortement impacté par les ouvrages de défense (2 épis, 6 brise-lames, et une infrastructure portuaire) présents sur ce littoral. Les brise-lames, dont trois sont présents depuis 1994 et trois ont été ajoutés en 2014 (sur la partie nord du secteur), induisent un partitionnement de la cellule sédimentaire. Ces méthodes de défense sont complétées par des rechargements sédimentaires réguliers. Des travaux ont par ailleurs eu lieu avant les levés sur la plage située au niveau des brise-lames les plus récents (Illustration 86).

La plage a ainsi tendance à se creuser entre les ouvrages tandis que des tombolos se forment au droit de ces ouvrages. Les deux épis construits entre la jetée portuaire et les brise-lames induisent une accrétion de la plage en amont-dérive, et une érosion en aval-dérive. Pourtant, la plage présente un comportement similaire à celui observé derrière les brise-lames (avancée en pointe générant progressivement un tombolo, Illustration 86).

L'arrière-plage est bordée par une promenade et des résidences de bord de mer. On retrouve également des enrochements sur cette arrière-plage sur la partie sud, et des dunes reliques en réhabilitation (installation de ganivelles) en avant des habitations. La pente du profil de plage est douce avec une berme bien marquée au sud et sur les flancs de tombolo.

Sur l'avant-côte, la barre externe est relativement irrégulière, avec une forme en feston parfois particulièrement prononcée. Elle est située entre 150 m et 300 m de la côte avec une amplitude irrégulière. On observe que peu ou pas de barre interne sur ce secteur.



Illustration 86. Suivi photographique de Port Barcarès nord. A gauche, secteur avec rechargement sédimentaire; à droite secteur sud, au niveau des épis. OBSCAT, campagne 2016

Evolution saisonnière du trait de côte

Sur la période décembre 2015 / juin 2016, l'analyse des traits de côte issu des deux dernières campagnes de terrain mettent en évidence une avancée sur la partie nord du secteur (notamment dans les baies entre les deux derniers brise-lames, et entre le troisième et le quatrième brise-lame où l'avancée est la plus forte avec des valeurs pouvant atteindre + 25m). La baie située sur le profil Port Barcarès Centre est également en avancée (+ 10 m). Dans les baies situées entre le port et le premier épi, et entre les deux épis suivants, on note un recul plus ou moins important mais pouvant atteindre - 6 m (Illustration 87).

Les mouvements des tombolos sont plus complexes, avec des mouvements à la fois cross-shore et longshore. L'évolution des crêtes des pointes varie selon les secteurs pouvant être en recul fort notamment au niveau du 3^{ème} brise-lame (-9m).

Le déplacement du trait de côte est ici conditionné par les ouvrages de défense et les rechargements sédimentaires. Un rechargement a eu lieu en mai-juin 2016 avant le levé de juin 2016. Le dépôt artificiel de sédiment est concentré en face des trois derniers brise-lames, ce qui explique les avancées sur ce secteur ainsi que l'accrétion observée sur le haut de plage au niveau du profil Port Barcarès Nord (+ 0,50 m d'épaisseur sédimentaire environ). Les mouvements du trait de côte vers le large s'accompagnent d'une avancée de la berme de bas de plage allant de + 6 m (Illustration 90) à + 10 m (Illustration 91).

On dénote pourtant un abaissement du haut de plage sur le profil Port Barcarès sud (entre - 0,25 m et -0,5 m ; Illustration 92). La pente sur le haut de plage est de plus en plus forte du nord vers le sud du secteur (Illustration 90 ; Illustration 91 ; Illustration 92).

Déplacement sédimentaire saisonnier

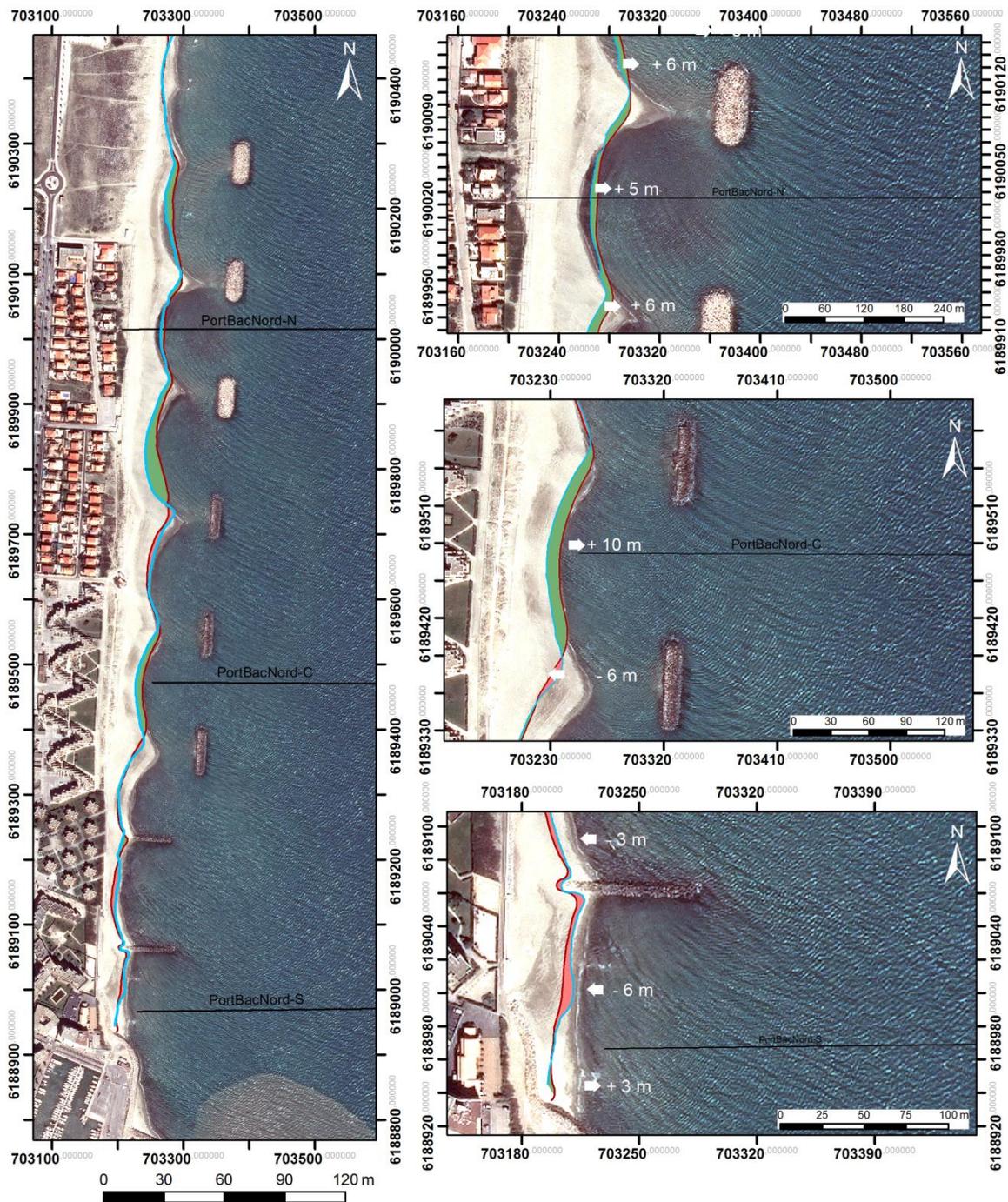
A partir de l'analyse des cartes de différentiels d'altitude, issues de la comparaison des topobathymétries, nous présentons une analyse de l'évolution des bilans sédimentaires et de la morphologie de la côte et de l'avant-côte. Les bilans sédimentaires sur la période avril 2015/ septembre 2015 varient selon les portions étudiées. On observe un bilan positif sur la partie immergée (+ 106 169 m³) alors que la plage aérienne présente un bilan négatif (- 9245 m³). Les mouvements sont les plus importants au niveau des brise-lames notamment par la remobilisation du sable entre les baies et les tombolos. Globalement, pour les secteurs en face des anciens brise-lames, les tombolos sont en accrétion et les baies s'érodent. Cette évolution peut être due à un remaniement des rechargements artificiels effectués en période printanière. L'érosion au droit des nouveaux brise-lames est importante avec un abaissement allant jusqu'à -1,5 m/-2 m (Illustration 88).

Lors de la période hivernale 2015/2016, la mobilité des barres est plus prononcée. La barre située au large des brise-lames a effectué un mouvement vers le large et un déplacement longitudinal vers le nord. La crête de barre s'est également engraisée (Illustration 91). Les mouvements au niveau de l'avant-côte sur le profil Port Barcarès Nord – Nord semblent relatifs à un déplacement longitudinal vers le nord de la barre (Illustration 88). Entre la jetée et le premier épi, la barre migre vers la côte (Illustration 88, Illustration 92).

Entre la côte et les ouvrages, les mouvements sont globalement à l'érosion notamment dans les baies entre la jetée et le premier épi, entre les deux épis, et entre le deuxième et troisième épi. Seule la baie située entre le premier et le deuxième épi s'est engraisée (Illustration 88).

Sur la plage aérienne, une large portion en accrétion est visible du troisième au dernier brise-lame. Cet exhaussement de la plage est principalement le fait du rechargement artificiel ayant eu lieu avant le levé de juin 2016 dont les apports ont été annoncés à 10 000 m³. On enregistre sur la partie émergée + 14 904 m³.

Au total le bilan sédimentaire est relativement stable pour l'hiver 2015/2016 par rapport notamment à l'hiver 2014/2015 (De la Torre *et al.*, 2015).



Source:
 Trait de côte 2015/2016: Observatoire de la côte sableuse catalane.
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées: RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

- Trait de côte septembre 2015
- Trait de côte juin 2016
- Profils de références
- Erosion
- Accrétion

Illustration 87. Carte des traits de côte entre septembre 2015 et juin 2016 pour le secteur de Port Barcarès Nord

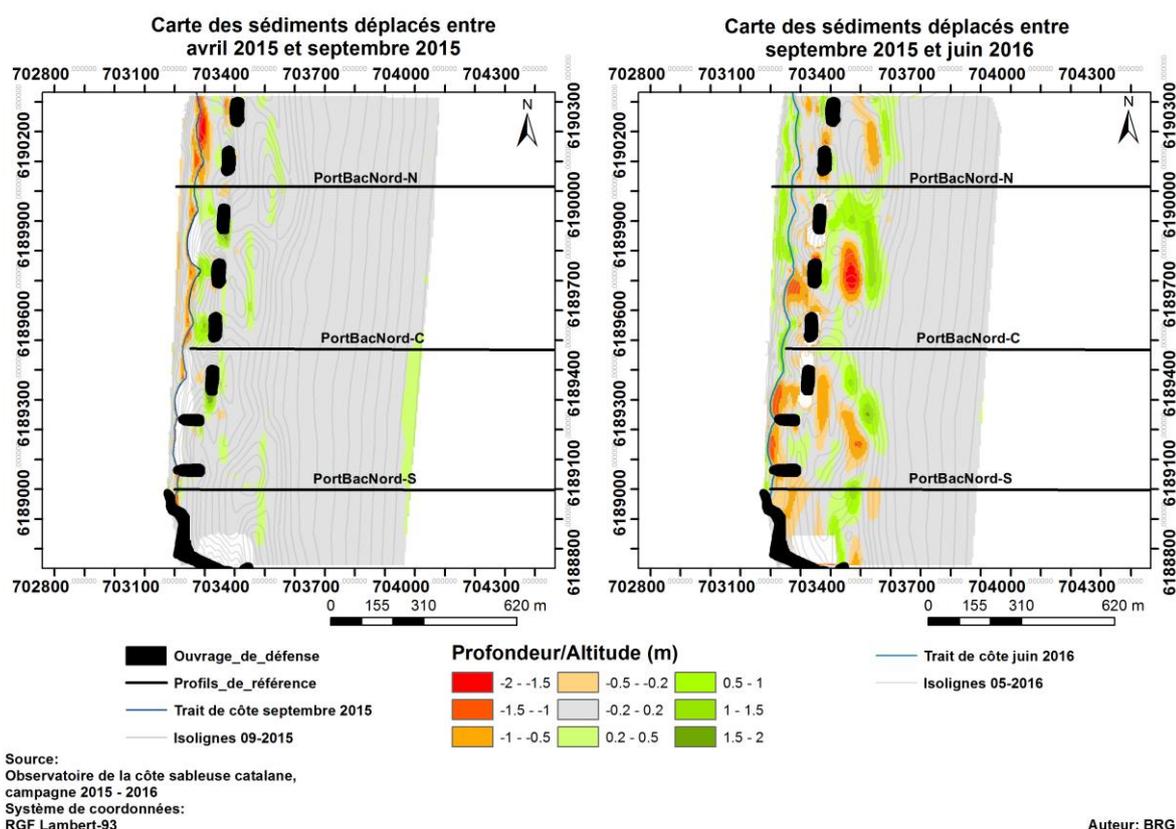


Illustration 88. Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacé entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur de Port Barcarès Sud

Port Barcarès Nord 04-2015/09-2015					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m3)	Erosion (m3)	Total (m3)	Marge d'erreur (m3)
Zone Complète	1248533	133 709	-36 786	96 923	21 778
Zone Immergée	1197149	132 102	-25 933	106 169	21 286
Zone émergée	51384	1607	-10852	-9245	736
Port Barcarès Nord 09-2015/06-2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m3)	Erosion (m3)	Total (m3)	Marge d'erreur (m3)
Zone Complète	1086134	105 654	-98 818	6 836	10 128
Zone Immergée	1023447	88 613	-96 681	-8 068	4 759
Zone émergée	62687	17041	-2137	14904	533

Illustration 89. Tableaux de synthèse des sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur nord de Port-Barcarès

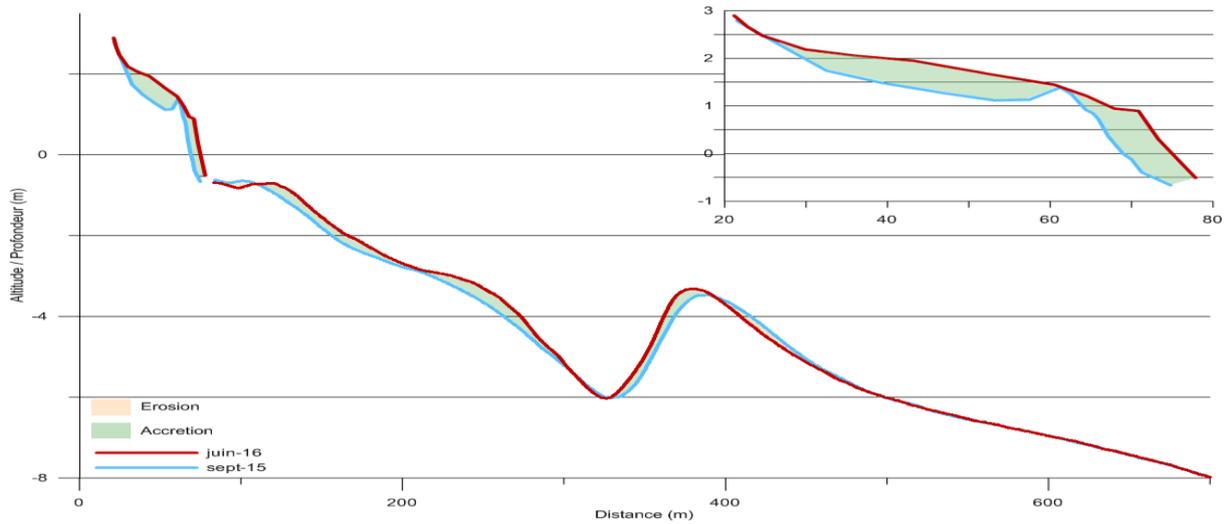


Illustration 90. Profil Port Barcarès Nord - Nord. Septembre 2015 et juin 2016

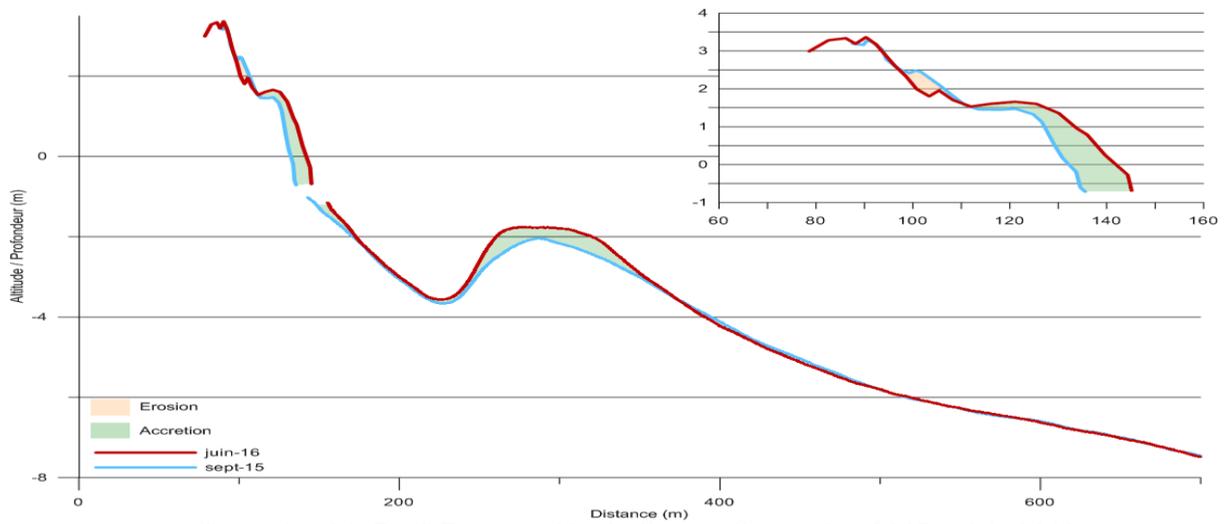


Illustration 91. Profil Barcarès Nord - Centre. Septembre 2015 et juin 2016

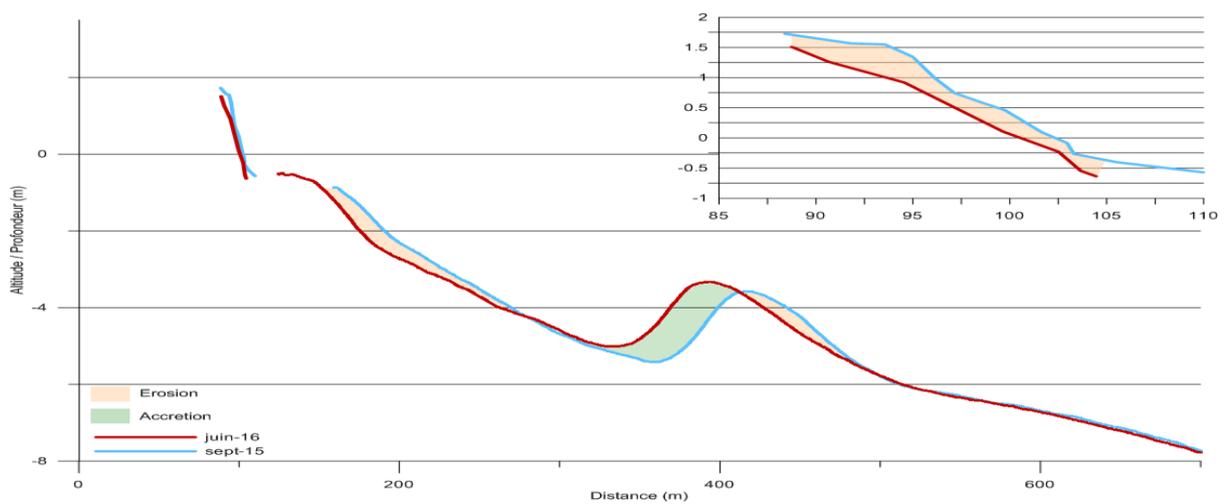


Illustration 92. Profil Barcarès Nord - Sud. septembre 2015 et juin 2016

Suivi à haute fréquence par vidéo de la plage du Barcarès

Le système d'imagerie vidéo permet de restituer la position du trait de côte sur la période d'Octobre 2014 à Juin 2016. Au cours de cette période, les conditions météo-marines ont été variables avec l'alternance de coups de mer, de forte tramontane et des tempêtes marines en novembre 2014 et 2015. Les paragraphes suivants présentent les évolutions du trait de côte observées en réponse à ces forçages.

Evolution du trait de côte de novembre 2014 à Juin 2016

Traits de côte sélectionnés

Afin de bien comprendre les évolutions du trait de côte en relation avec les conditions météo-marines, les dates d'observation ont été choisies pour refléter l'évolution à moyen terme de la plage, mais également les évolutions relatives aux tempêtes et aux fortes tramontanes. L'illustration 93 indique les 86 dates retenues pour l'analyse de l'évolution à moyen terme et du recul événementiel lors des tempêtes.

20/10/2014	14/01/2015	15/03/2015	17/05/2015	28/09/2015	26/02/2016
31/10/2014	22/01/2015	20/03/2015	30/05/2015	02/10/2015	16/03/2016
13/11/2014	25/01/2015	22/03/2015	04/06/2015	03/10/2015	01/04/2016
19/11/2014	29/01/2015	23/03/2015	05/06/2015	15/10/2015	19/04/2016
27/11/2014	01/02/2015	24/03/2015	10/06/2015	31/10/2015	29/04/2016
01/12/2014	03/02/2015	27/03/2015	15/06/2015	05/11/2015	06/05/2016
02/12/2014	06/02/2015	30/03/2015	16/06/2015	14/11/2015	12/05/2016
03/12/2014	09/02/2015	02/04/2015	20/06/2015	29/11/2015	16/05/2016
13/12/2014	15/02/2015	07/04/2015	30/06/2015	13/12/2015	29/05/2016
16/12/2014	23/02/2015	13/04/2015	14/07/2015	24/12/2015	14/06/2016
18/12/2014	24/02/2015	15/04/2015	01/08/2015	04/01/2016	20/06/2016
20/12/2014	26/02/2015	19/04/2015	17/08/2015	15/01/2016	
25/12/2014	01/03/2015	30/04/2015	01/09/2015	05/02/2016	
29/12/2014	04/03/2015	01/05/2015	17/09/2015	13/02/2016	
02/01/2015	07/03/2015	15/05/2015	27/09/2015	17/02/2016	

Illustration 93 – Dates des traits de côte retenus pour l'analyse des évolutions d'Octobre 2014 à juin 2016.

Description des évolutions du trait de côte

L'illustration 94 ci-dessous présente l'ensemble des traits de côtes analysés. La comparaison des différentes positions du trait de côte permet de dégager des grandes tendances d'évolution :

- On observe une plus grande variabilité au nord où l'équilibre suite à la mise en place des brise-lames n'est pas encore atteint. L'amplitude de la position du trait de côte est importante et atteint des valeurs de près de 60 m au niveau des tombolos et de l'ordre de 40 m dans les baies. Au sud, où les brise-lames sont plus anciens, l'amplitude maximale entre la situation hivernale et estivale est de l'ordre de 25 m. Ces amplitudes traduisent une forte variabilité saisonnière du site : en hiver, la plage atteint une largeur très limitée (quelques mètres) ; en été, suite à la reconstruction naturelle, la plage

regagne du sable et atteint en moyenne 40-50 m de large. Au sud, dans la zone située entre la digue du port et le premier épi, la variabilité est également forte, de l'ordre de 32 m, ce qui est important étant donné l'étroitesse de la plage dans ce secteur ;

- L'évolution saisonnière traduit également la plus forte variabilité au nord du site. Sur la partie sud (anciens brise-lames), l'évolution lors des deux hivers suivis est identique et le recul net de la plage sur l'ensemble de la période de mesure est faible. Dans la partie nord (nouveaux brise-lames), on note un recul plus modéré lors du 2^{ème} hiver, résultant probablement du rechargement de juin 2015 qui a permis de constituer un stock sableux plus important.

Cette évolution n'est toutefois pas linéaire, et l'analyse temporelle de la position du trait de côte (cf. Illustration 95) met en évidence un rôle significatif des tempêtes marines et des coups de tramontane sur l'évolution du site.

Les différents secteurs du littoral présentent une évolution assez contrastée (cf. Illustration 95-a) :

- Au nord (série temporelle bleue), on note une avancée progressive du trait de côte. Celle-ci résulte principalement des rechargements réalisés en juin 2015 et juin 2016 qui ont respectivement entraîné une avancée de l'ordre de 20 m pour le rechargement de 2015 et de 10-15m pour le rechargement de 2016. Les tempêtes marines entraînent un recul modéré à l'exception de la tempête d'est de fin septembre 2015 qui a entraîné un recul du trait de côte de l'ordre de 10 m. Pour ces événements, on observe une très bonne résilience puisque le trait de côte retrouve sa position initiale après quelques jours. De juin 2015 à fin 2015, on observe un recul progressif du trait de côte. Celui-ci traduit à la fois un phénomène érosif et la remobilisation naturelle du rechargement des baies vers les tombolos ;
- Dans la zone centrale (série temporelle rouge), l'évolution est beaucoup plus constante, et on note une avancée progressive du trait de côte, malgré des reculs temporaires lors des tempêtes. Ce secteur, non concerné par les rechargements, bénéficie probablement d'apports en provenance du nord lors des épisodes de tramontane ;
- Dans le secteur entre les deux épis (série temporelle verte), le trait de côte avance d'environ 20 m d'octobre à avril 2015, puis amorce un recul progressif modéré de 2015 à 2016.
- Dans le secteur entre le port et le premier épi (série temporelle violette), on observe une avancée significative du trait de côte lors de l'hiver 2014-2015, puis une oscillation autour d'une position moyenne. Ce secteur, comme le précédent, est plus ouvert aux tempêtes d'Est et montre un recul plus prononcé lors des différentes tempêtes marines, même si, là aussi, la reconstruction post-tempête est rapide et efficace.

L'évolution des tombolos (cf. Illustration 95 b et c) est également fortement associée aux forçages météo-marins. Les tempêtes marines entraînent un déplacement des tombolos vers le nord et un arasement de leur pointe dont les amplitudes augmentent avec l'obliquité de la houle (les tempêtes de sud générant logiquement un déplacement plus important vers le nord).

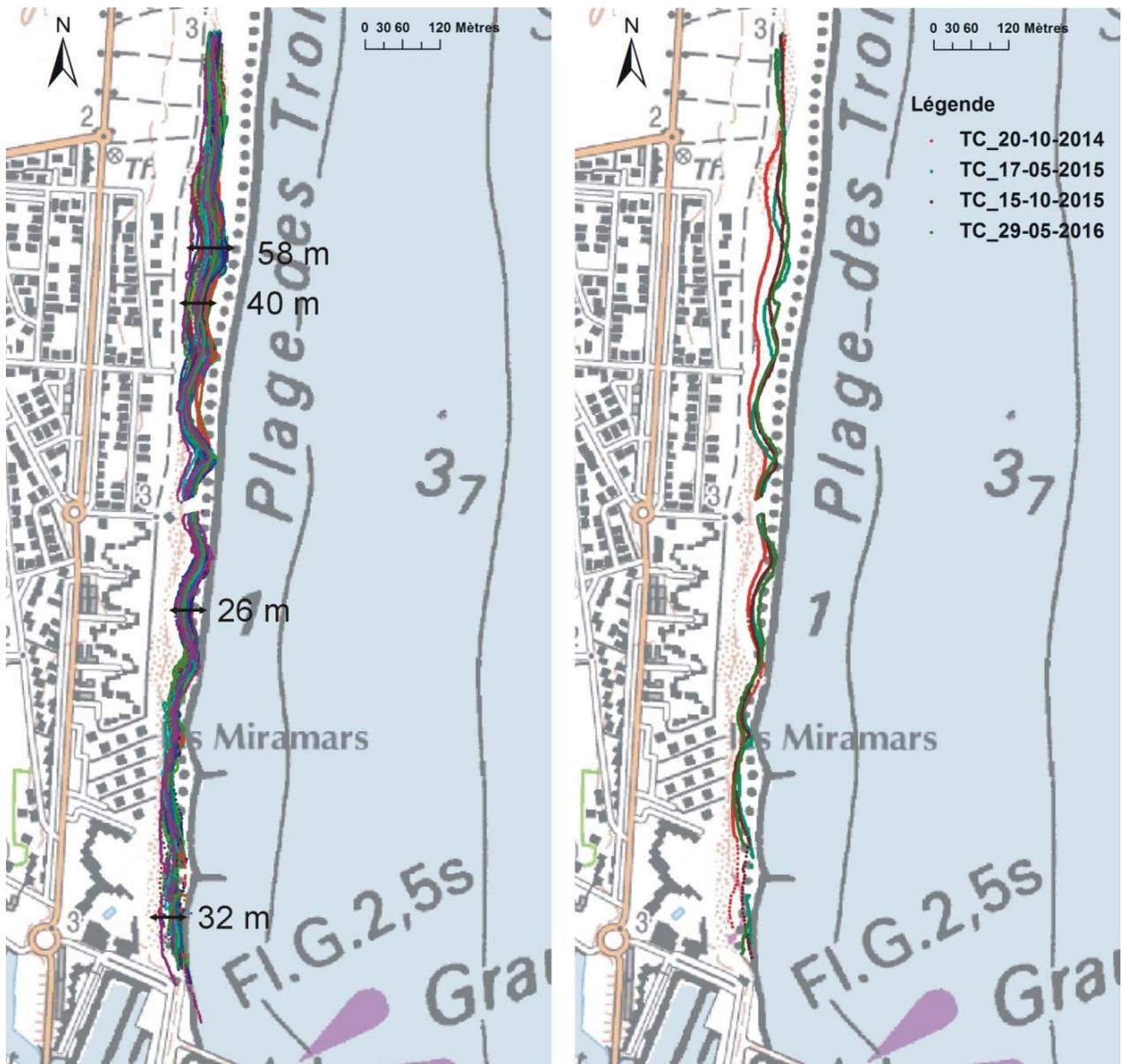


Illustration 94 – Evolution du trait de côte sur le littoral du Barcarès par suivi vidéo : à gauche, amplitude des mouvements d’Oct 2014 à Juin 2016 ; à droite, évolution saisonnière du trait de côte (en vert, traits de côte de mai, en rouge, traits de côtes d’octobre), fond OrthoLittoral©IGN.

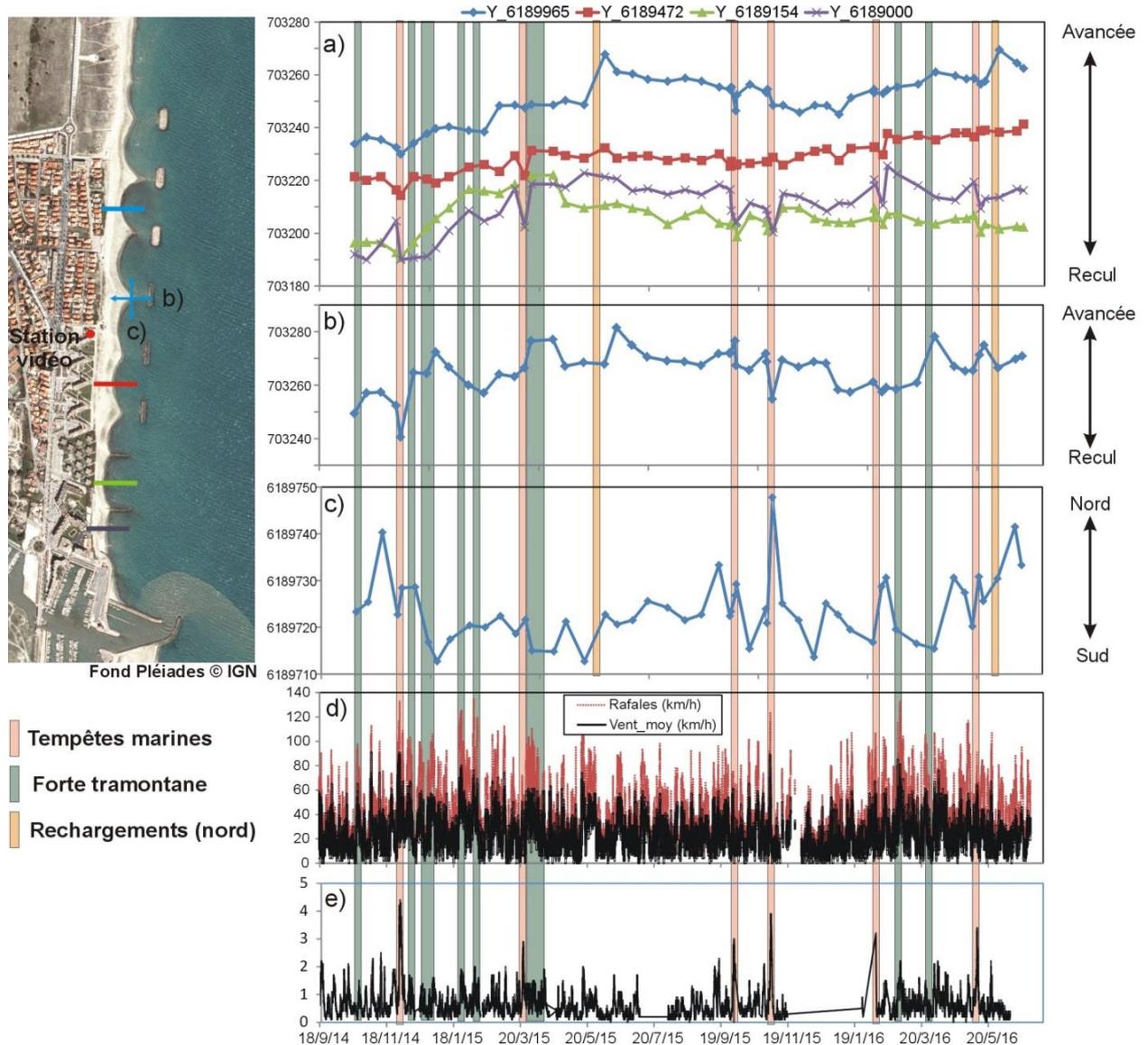


Illustration 95 – Suivi vidéo à haute fréquence sur la plage du Barcarès : a) mobilité du trait de côte en plusieurs points du littoral (localisés sur l'image satellite à gauche), b) mobilité Est-Ouest des tombolos, c) mobilité Nord-Sud des tombolos, d) vitesse du vent (moyen et rafales en km/h) et e) hauteurs significatives des vagues à la bouée de Leucate (en m).

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Le secteur nord de Port Barcarès a un bilan positif à la fois sur le site dans son ensemble (+ 411306 m³ entre avril 2014 et juin 2016) et sur la partie émergée (+70 790 m³ sur la même période) (Illustration 96). Alors que l'on constate une érosion relativement faible entre octobre 2013 et septembre 2014 sur la zone complète, une forte accumulation apparaît entre septembre 2014 et avril 2015 (+ 305961 m³) qui se poursuit par une érosion moindre voir une situation stable entre décembre 2015 et mai 2016 (Illustration 96 ; Illustration 97).

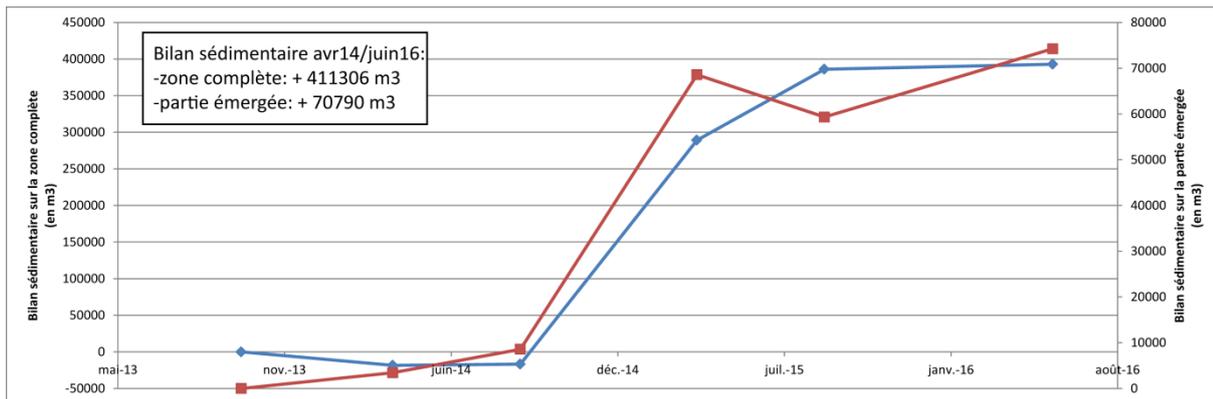


Illustration 96. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et juin 2016. zone complète en bleu, zone émergée en rouge

La période septembre 2014/avril 2015 avait amené également une forte accumulation de sédiment sur la partie émergée du secteur. L'accumulation, qui s'observe sur l'ensemble du site lors de l'hiver 2015/2016, peut être imputable à la crue de l'Agly en novembre 2014 (Illustration 55). L'érosion ayant eu lieu entre avril 2015 et décembre 2015 est compensée par l'accrétion constatée lors de l'hiver 2015/2016. On note que le rechargement de juin 2015 postérieur à la campagne de printemps a eu un effet limité sur le stock émergé et a permis une accumulation sur les petits fonds. Le rechargement de Juin 2016 (antérieur à la campagne) se traduit en revanche par une augmentation de volume sur la plage émergée. Les résultats de la campagne à venir en septembre 2016 permettront de regarder comment le sable apporté par le rechargement s'est réparti.

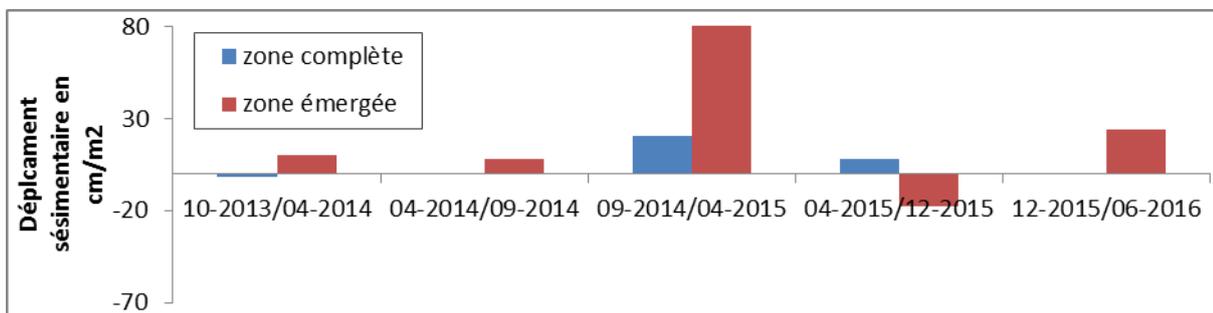


Illustration 97. Déplacements sédimentaires (en cm/m²) pour le secteur nord de Port Barcarès

La position du trait de côte relevée sur les différentes campagnes montre une évolution relative entre les différentes portions entrecoupées par les nouveaux et les anciens brise-lames, et la partie située au niveau des épis. La forme du trait de côte a évolué au droit des brise-lames installés en 2014. Par exemple, entre octobre 2013 et juin 2016, on observe une avancée de 50 m au droit de l'avant-dernier brise-lame en partant du sud. Cette avancée correspond à la formation du tombolo induit par la présence de cet ouvrage. L'avancée au niveau des baies est moindre, avec une évolution de + 30 m entre avril 2014 et juin 2016 sur le profil Port Barcarès Nord. Ceci est également relatif au fait que les mesures obtenues pour juin 2016 font suite à un apport sédimentaire artificiel réalisé avant les levées. On constate tout de même un maximum d'accrétion entre les brise-lames en juin 2016.

La largeur de la plage comprise entre la jetée du port et le premier épi mesurait environ 20 m en octobre 2013 et 35 m de largeur en juin 2016. Cette accrétion est liée aux apports sédimentaires particulièrement importants lors de l'hiver 2014/2015 (Illustration 96 ; Illustration 97).

La perte sédimentaire enregistrée entre avril 2015 et décembre 2015, semble avoir impacté la partie immédiatement en arrière des ouvrages (dernier brise-lame) où le trait de côte a reculé de -14 m entre avril 2014 et décembre 2015, avant de rester stable à la sortie de l'hiver 2015-2016 (Illustration 100). Les différents ouvrages en amont-dérive rendent plus fragiles cette partie nord du secteur.

Suivi de la végétation dunaire

Le suivi de la végétation dunaire sur le profil de Port-Barcarès (Cf. Illustration 98 et Illustration 99) n'a été réalisé qu'en 2010. Il présente un taux de recouvrement relativement faible dont il faudra évaluer l'évolution lors de la campagne de l'automne 2016.

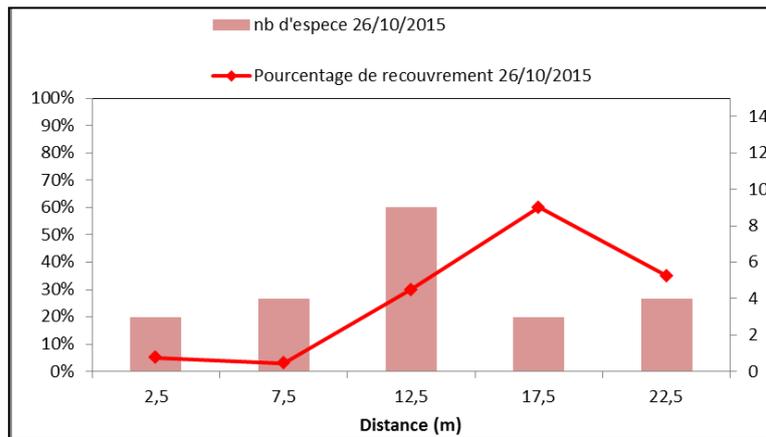


Illustration 98 – Etat de la végétation dunaire en Octobre 2015.



Illustration 99 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en Mai 2015. Les points verts indiquent les début/fin de profil.

Bilan

La dynamique sédimentaire du secteur de Port Barcarès nord est marquée pour la dernière campagne par :

- Un changement dans la morphologie de la barre externe avec un déplacement à la fois longitudinal vers le nord, et de façon transversale vers le large ;

- Une avancée du trait de côte au centre du secteur, notamment du fait des rechargements réalisés au printemps en 2015 et 2016 ;
- Une certaine stabilité au droit des anciens brise-lames ;
- Un recul du trait de côte et une érosion dans la partie située entre les épis et entre l'épi nord et le premier brise-lame,
- Un recul du trait de côte entre la jetée et le premier épi, même si la résilience sur ce secteur apparaît plutôt bonne (Illustration 95-a).

Entre 2013 et 2016, le bilan sédimentaire est globalement positif, avec une forte accumulation lors de l'hiver 2014 (rechargement sédimentaire, installation des nouveaux brise-lames). Les rechargements et les nouveaux brise-lames ont permis une avancée du trait de côte sur la partie nord du secteur. Toutefois, seules les pointes générant progressivement les tombolos avancent de façon significative. Un banc sableux se développe au large des « anciens » brise-lames qui peut permettre à la fois d'atténuer les houles mais également de servir de stock sableux redistribués ensuite dans le système. On ne constate pas de mouvements significatifs au droit des nouveaux brise-lames sur la barre d'avant côte, hormis un engraissement.

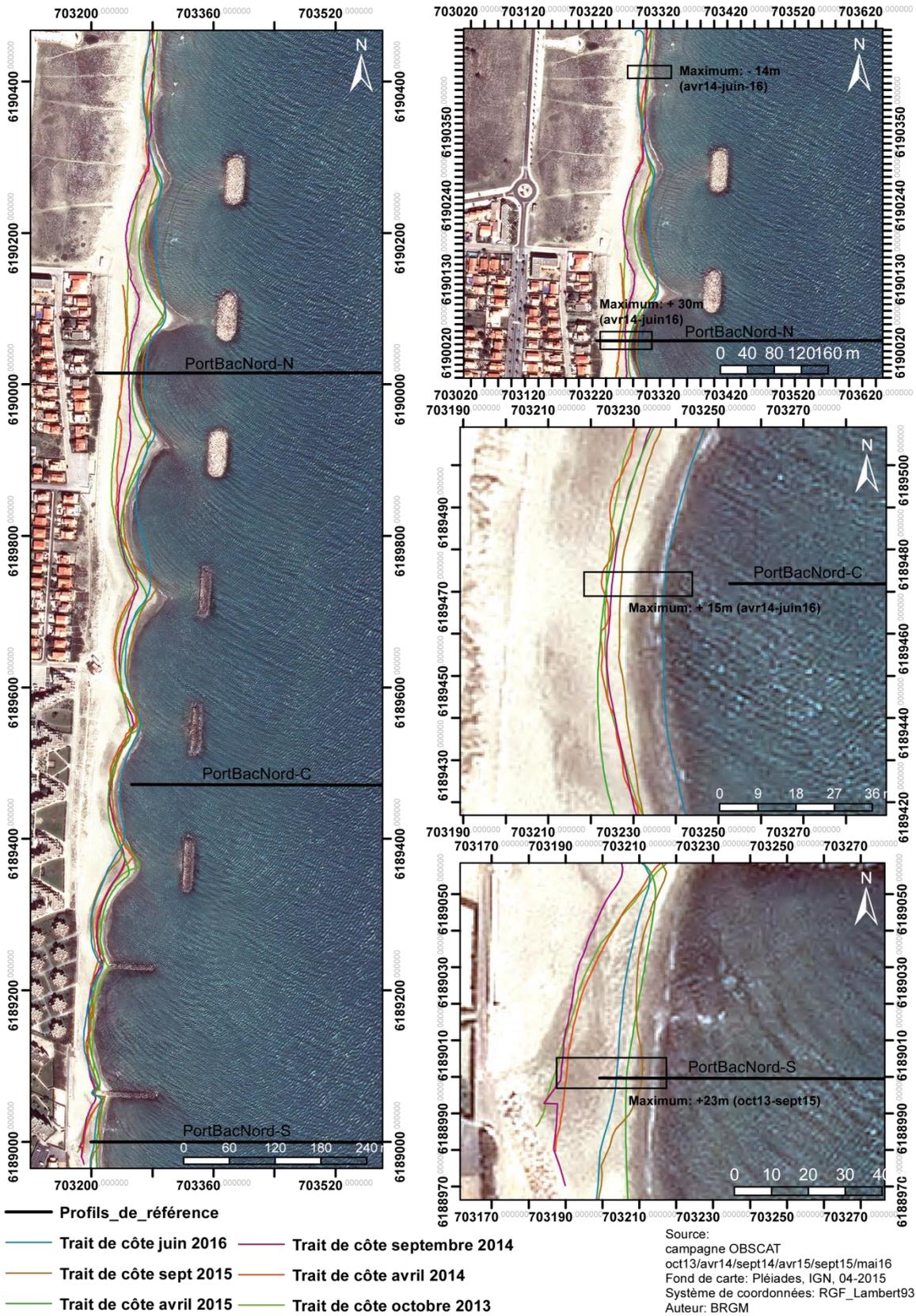


Illustration 100. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Port Barcarès Nord

4.5. CELLULE 9 – DE PORT BARCARÈS A L'AGLY

La cellule n°9 s'étend de l'embouchure de l'Agly jusqu'à Port-Barcarès, englobant les secteurs 3 et 4.



Illustration 101 : Localisation des secteurs 3 et 4 au sein de la cellule 09 (fond Google Earth)

Cette cellule apparaît fortement anthropisée. Au Sud, l'embouchure de l'Agly est endiguée par deux cordons d'enrochements situés de part et d'autre des berges afin d'en limiter la mobilité. Le Nord de la cellule est délimité par la jetée portuaire du port de Barcarès. Cet ouvrage participe au blocage du transit sédimentaire, favorisant une zone d'accumulation au droit de la jetée. Cette zone est régulièrement utilisée comme source d'extraction pour alimenter la plage au nord du port.

L'arrière-plage de l'ensemble du secteur abrite des formations dunaires résiduelles, mises en défens depuis 2014. Ce massif dunaire en reconquête, est bordé à l'Ouest par le centre-ville de la commune du Barcarès, comprenant du Sud au Nord, un important parking, suivi d'une succession de commerces et de résidences, le tout longé par une promenade.

D'un point de vue morphologique, la cellule 9 est caractérisée par des plages de sables grossiers, mélangés à des graviers et des petits galets (diamètre inférieur à 5 cm). Les pentes sont raides à proximité du rivage, puis diminuent dans la partie centrale, jusqu'à parfois

s'inverser à l'arrière (AERMC, 2000). L'avant-côte présente des pentes faibles s'amplifiant à l'approche du rivage et deux barres y sont présentes, à environ 250 m et 500 m.

4.5.1. Secteur 3 : Port Barcarès Sud

Ce secteur de l'OBSCAT est sous l'influence de la jetée portuaire en aval-transit et par les différents travaux de prélèvement de sédiment réalisés par *by-pass*. Ces prélèvements sont ensuite évacués sur la partie nord du port afin de compenser les perturbations liées aux ouvrages portuaires sur la dynamique sédimentaire. Les derniers prélèvements ont eu lieu après la campagne d'avril 2015 (fin des opérations au mois de juin 2015) et avant la campagne de juin 2016.

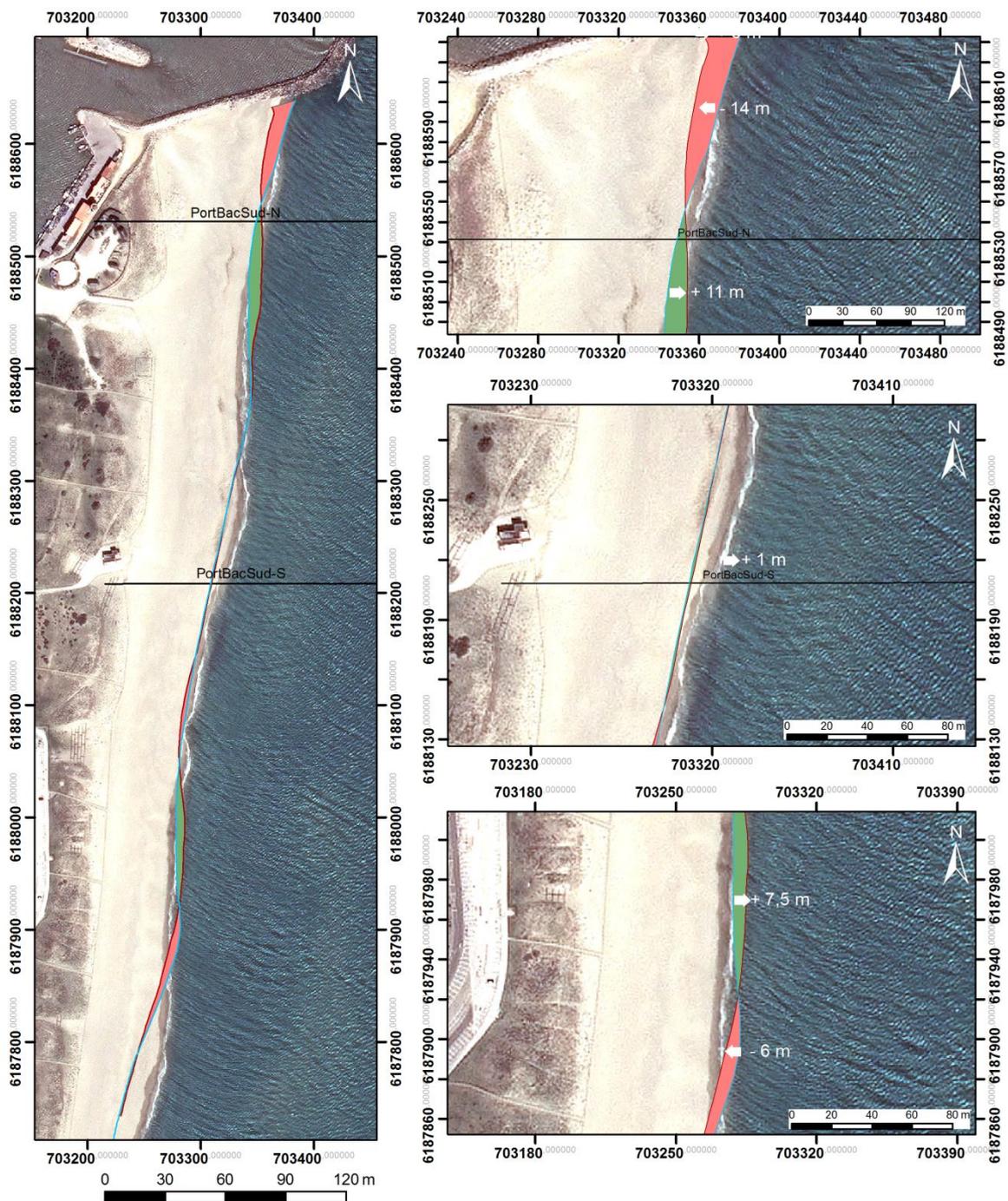


Illustration 102. Suivi photographique du secteur de Port Barcarès Sud

Le sud du Port Barcarès est un secteur relativement stable. La jetée bloque les sédiments apportée du sud par la dérive littorale. Ce secteur n'est donc pas sensible à l'érosion côtière.

Evolution saisonnière du trait de côte

L'évolution du trait de côte entre septembre 2015 et juin 2016 varie fortement spatialement sur cette période avec une alternance de secteurs en recul et d'autres en avancée. Les mouvements restent plus importants au nord du profil Port Barcarès Sud–Nord avec une zone en recul (jusqu'à – 14 m) et une zone en avancée au sud de ce profil (+ 11 m environ ; Illustration 103). Ce déplacement s'accompagne d'un mouvement de la berme vers le large (+ 5 m) avec un exhaussement de cette dernière de l'ordre du mètre (Illustration 105).



Source:
 Trait de côte 2015/2016: Observatoire de
 la côte sableuse catalane.
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

- Trait de côte septembre 2015
- Trait de côte juin 2016
- Profils de références
- Erosion
- Accrétion

Illustration 103. Carte des évolutions du trait de côte entre septembre 2015 et juin 2016 pour le secteur Port Barcarès Sud

Le trait de côte reste relativement stable aux abords du profil sud (Illustration 103) tandis que plus au sud il alterne entre reculs (jusqu'à - 6 m à l'extrémité sud) et une avancée (+ 7,5 m).

Au total l'évolution du trait de côte est plus important au nord du secteur, tandis que la partie centrale reste stable (au niveau du profil Port Barcarès Sud).

Déplacements sédimentaires saisonniers

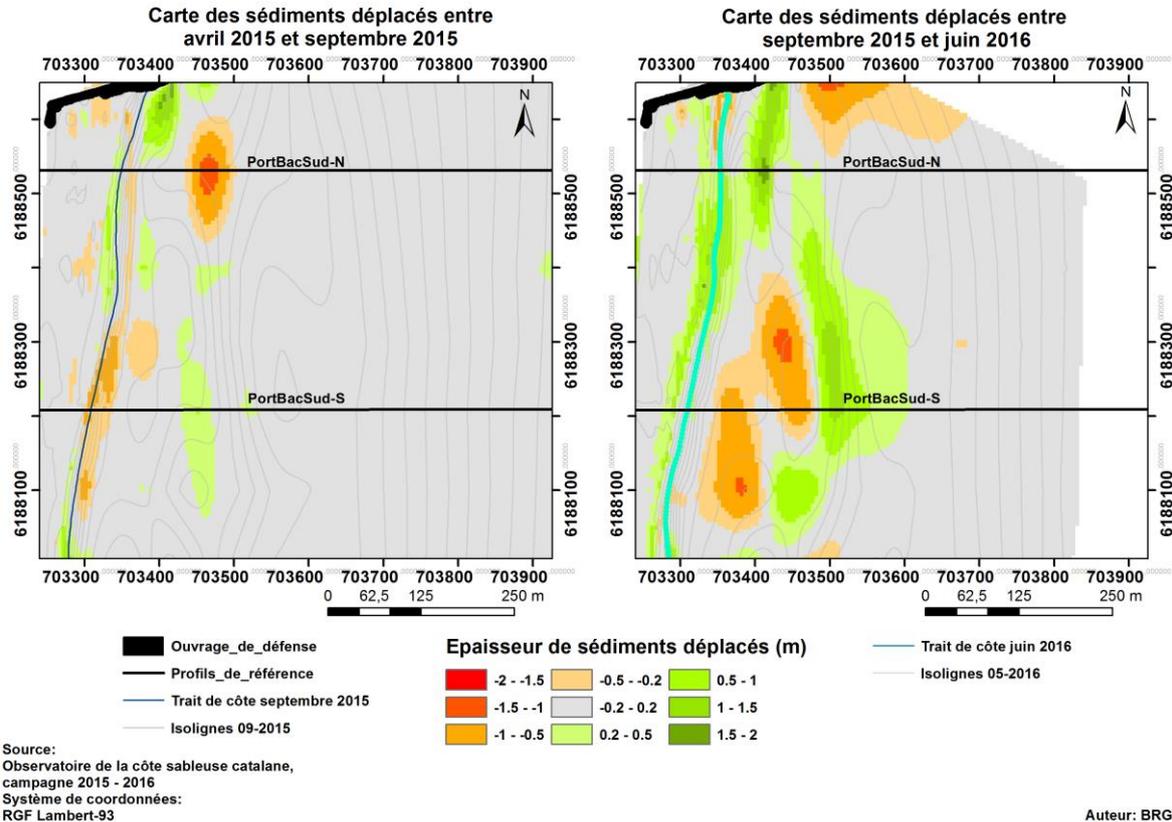


Illustration 104. Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre2015 et septembre2015/mai 2016 pour le secteur de Port Barcarès Sud

Le bilan sédimentaire annuel est positif (+ 28381 m³ sur la période estivale et + 17 818 m³ sur la période hivernale). Mais, tandis que la partie émergée reste relativement stable sur la période avril 2015/septembre 2015, celle-ci profite d'une accumulation plus forte que la partie immergée sur la période septembre 2015/juin 2016 (Illustration 107).

Les mouvements sédimentaires entre avril 2015 et septembre 2015 sont relativement faibles. Le trait de côte sur la partie du sud du secteur est en érosion avec un abaissement allant jusqu'à - 1 m. Le bas de plage est lui en accrétion relativement faible au centre du secteur. Les mouvements sur l'avant-côte sont concentrés sur la partie nord avec une partie en érosion au niveau de la barre interne sur le profil nord, ainsi qu'une partie en accrétion entre la jetée du port et le profil nord (Illustration 104).

Sur la période septembre 2015 / juin 2016, les mouvements sont plus marqués. Le trait de côte est en accrétion au sud du profil nord, ainsi que le bas de plage sur le reste du secteur. Des dynamiques d'abaissement de l'avant-côte apparaissent dans la partie sud. Ces zones en érosion correspondent au creusement de fosses dans le système de barre interne, tandis que cette dernière s'exhausse entre les deux profils de référence. On note sur le profil nord

(Illustration 105) une pente très abrupte sur le flanc externe de la barre. La comparaison des différents levés bathymétriques (Annexe 2) met en évidence une diminution importante de cette barre qui migre vers le nord depuis plusieurs mois. Cette modification brutale de la forme de barre est probablement à mettre en relation avec le prélèvement de sable réalisé en juin 2016. Une partie de l'avant-côte entre la jetée et le profil nord est également en érosion.

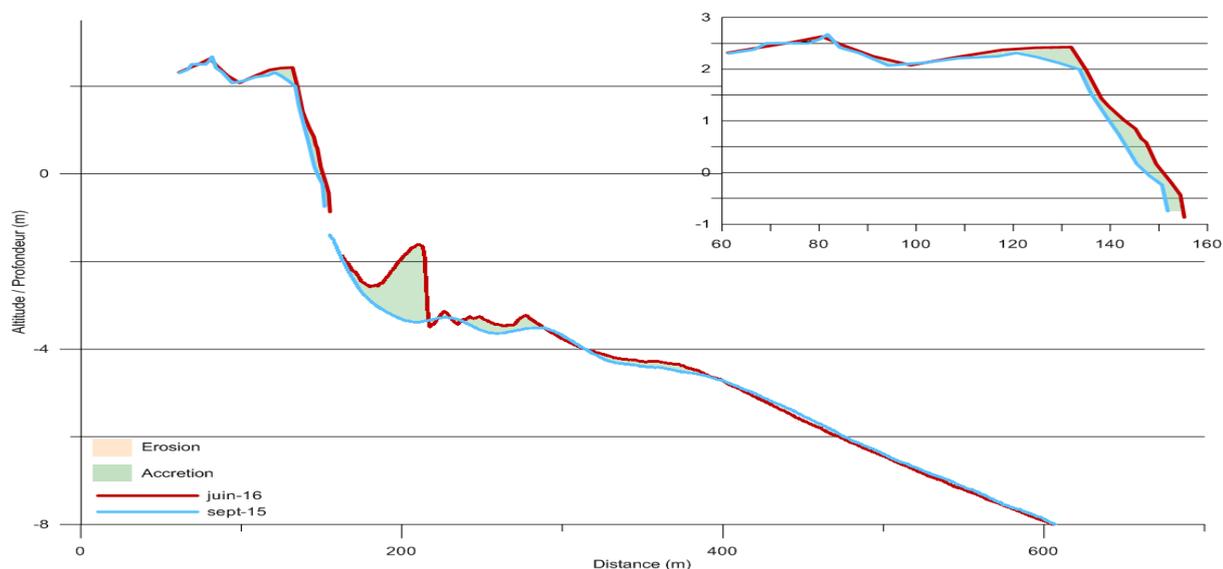


Illustration 105. Profil Port Barcarès Sud - profil nord. Septembre 2015 et juin 2016

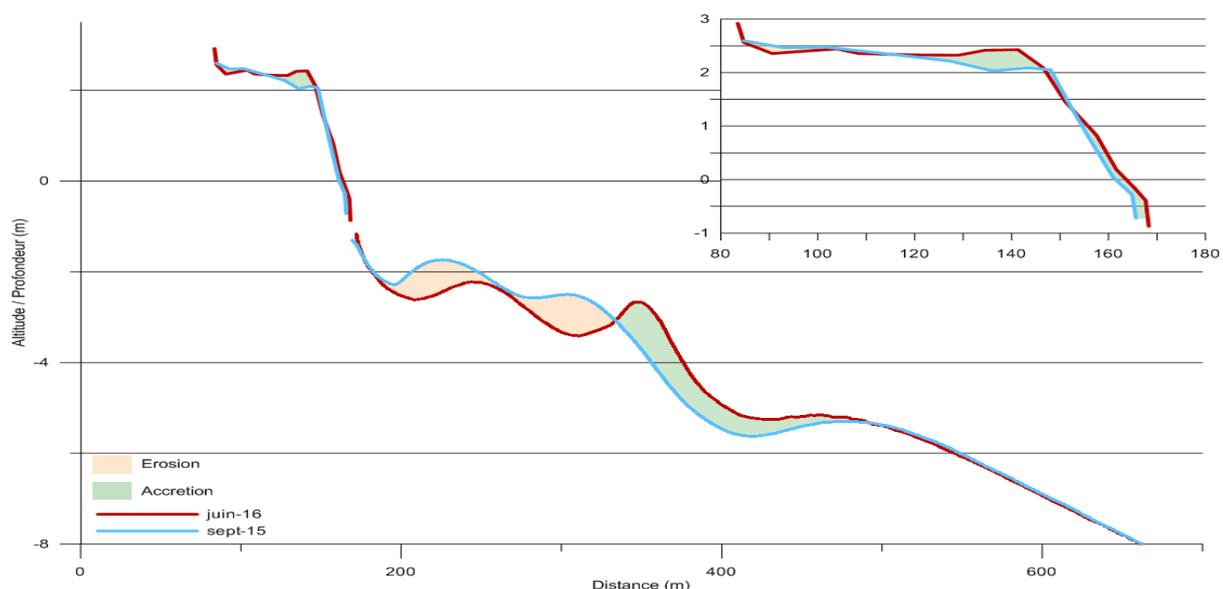


Illustration 106. Profil Port Barcarès Sud - profil Sud. Septembre 2015 et juin 2016

Port Barcarès Sud 04-2015/09-2015					
Zone	Surface(m²)	Accrétion (m3)	Erosion (m3)	Total (m3)	Marge d'erreur (m3)
Zone Complète	459809	45 016	-16 635	28 381	6 847
Zone Immergée	402233	42 383	-12 411	29 972	5 993
Zone émergée	57576	2633	-4224	-1591	853

Port Barcarès Sud 09-2015/05-2016					
Zone	Surface(m²)	Accrétion (m3)	Erosion (m3)	Total (m3)	Marge d'erreur (m3)
Zone Complète	382014	50 721	-32 903	17 818	4 088
Zone Immergée	321083	39 211	-31 975	7 236	3 400
Zone émergée	60932	11510	-927	10582	706

Illustration 107. Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015 /mai 2016 pour le secteur de Port Barcarès Sud

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Le secteur du sud de Port Barcarès est globalement à l'accrétion entre oct13 et juin 2016 (+ 133865 m³ entre octobre 2013 et septembre 2015), tandis que la partie émergée est en érosion (- 29473 m³ sur la période octobre 2013/ septembre 2015).

Cette perte sur la plage est en grande partie d'origine anthropique avec des travaux de prélèvement à la fois en mer et sur la plage pour des rechargements au niveau des brise-lames sur la partie nord de Port Barcarès (De la Torre et *al.*, 2015, Illustration 109,).

Le secteur dans son ensemble présente un bilan positif entre septembre 2014 et juin 2016. En dehors de la période de prélèvement pour le rechargement, la plage aérienne semble plutôt stable.

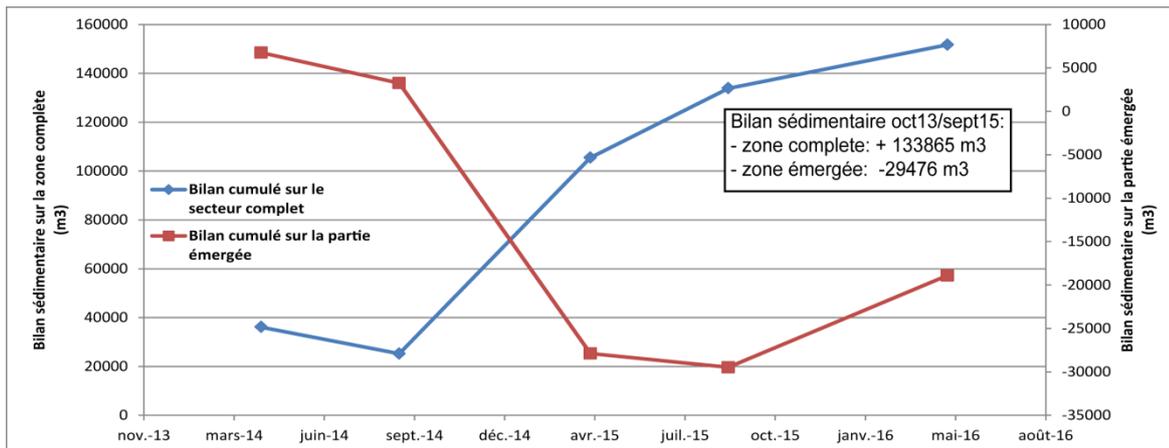


Illustration 108. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et juin 2016. Zone complète en bleu, zone émergée en rouge

Hormis lors de l'été 2014 où une faible érosion est enregistrée (-10897 m³), le secteur est constamment en accrétion sur sa zone complète. La période avec la plus forte érosion est enregistrée entre septembre 2014 et avril 2015 (Illustration 108). Mais cet abaissement de la plage est en grande partie d'origine anthropique avec des travaux de prélèvement à la fois en mer et sur la plage pour des rechargements au niveau des brise-lames sur la partie nord de Port Barcarès (De la Torre et al., 2015, Illustration 109).



Illustration 109. Photographie de la partie sud de Port-Barcarès montrant le volume de sable important stocké sur la plage émergée en 2013, utilisé lors des travaux au Nord du port (photographie ©OBSCAT 07/10/2013).

Bien que les mouvements du trait de côte varient spatialement, avec une mobilité plus importante au nord du secteur, et temporellement avec une évolution plus forte à partir d'avril 2015 sur la partie centrale, le trait de côte semble osciller autour d'un point d'équilibre (Illustration 110).

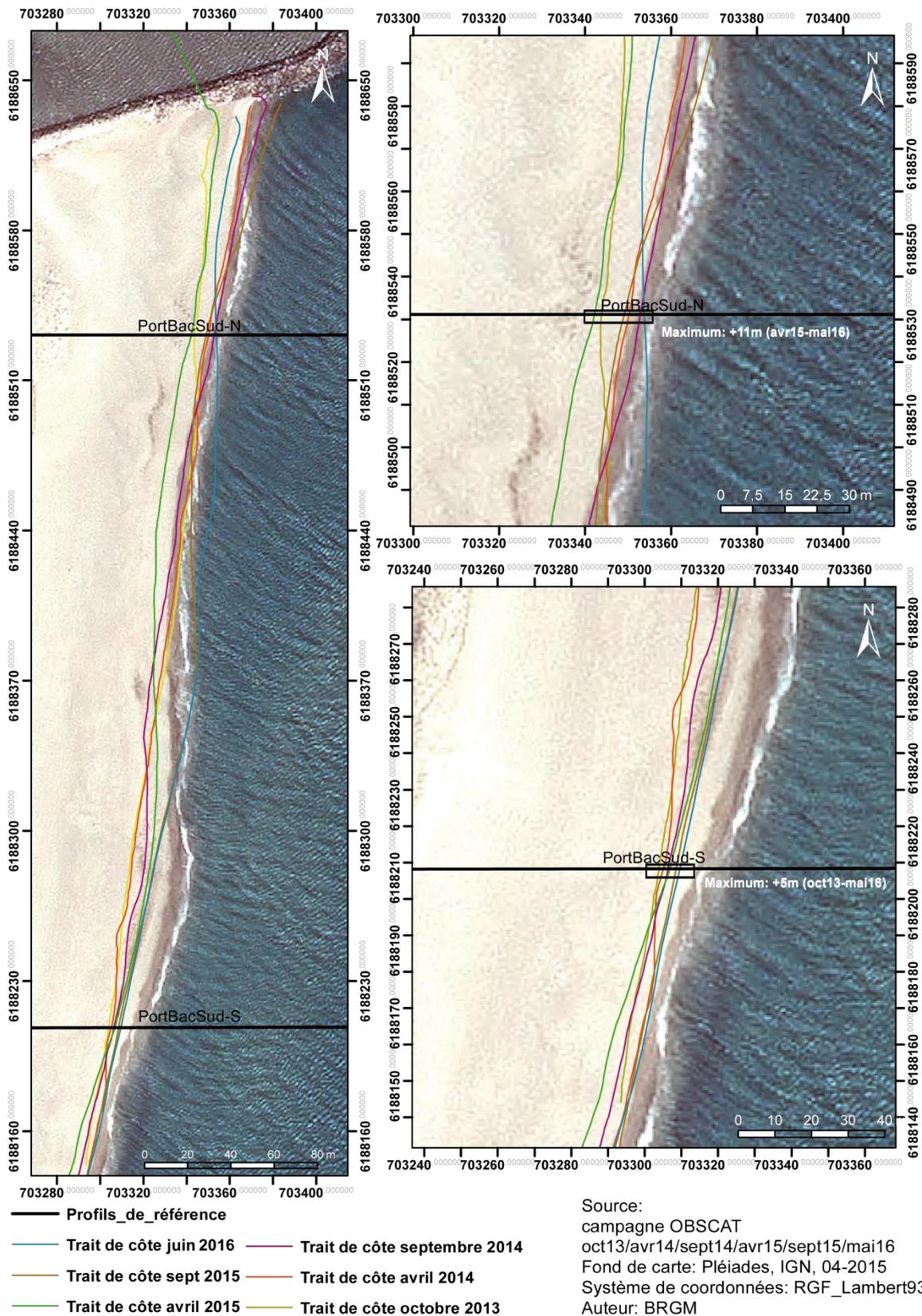


Illustration 110. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Port Barcarès Sud

Bilan

Sur la dernière campagne, le trait de côte au sud du profil nord avance notamment grâce au déplacement de la barre interne vers le nord, et notamment par la remobilisation de ces sédiments. Les travaux d'extraction ont un effet sur la morphologie de l'avant-côte.

Malgré une dynamique inverse observée lors de la campagne 2015/2016, la partie émergée est en érosion constante depuis octobre 2013. Mais ce bilan semble artificiel du fait d'un dépôt et d'un retrait de sable sur la plage aérienne (Illustration 109).

4.5.2. Embouchure de l'Agly

L'embouchure de l'Agly est endiguée de part et d'autres par des épis qui contraignent sa position, mais qui permet également une accumulation en amont-dérive des ouvrages et une érosion en aval-dérive.

L'avant-côte est caractérisée par une barre externe au droit de l'embouchure ainsi que par une barre interne qui est à une profondeur relativement faible (- 3 m). La berme des plages de part et d'autre de l'embouchure est bien marquée, mais avec une pente plus forte sur la partie sud (Illustration 114 ; Illustration 115).

Les crues de novembre 2014 et mars 2015 ont ouvert l'embouchure fermée auparavant par une flèche sableuse (De la Torre et *al.*, 2015).

Lors de la campagne 2015/2016, une flèche sableuse particulièrement importante vient refermer l'embouchure (Illustration 111). L'image satellite d'avril 2015 comparée aux levés du trait de côte réalisés par drone en septembre 2015 et mai 2016 montre la formation de la flèche sableuse lors de l'été 2015 (Illustration 112).



Illustration 111. Suivi photographique de l'embouchure de l'Agly entre septembre 2015 et mai 2016 (à gauche vue vers le sud, à droite vue vers le nord)

Evolution saisonnière du trait de côte

La flèche sableuse formée entre avril 2015 et septembre 2015 au niveau de l'embouchure s'est « appuyée » sur un banc de sable au nord, résidu de la flèche antérieure détruite par les crues de novembre 2014 et mars 2015. Ce développement estival a réduit la largeur de l'embouchure de plus de 100 m.

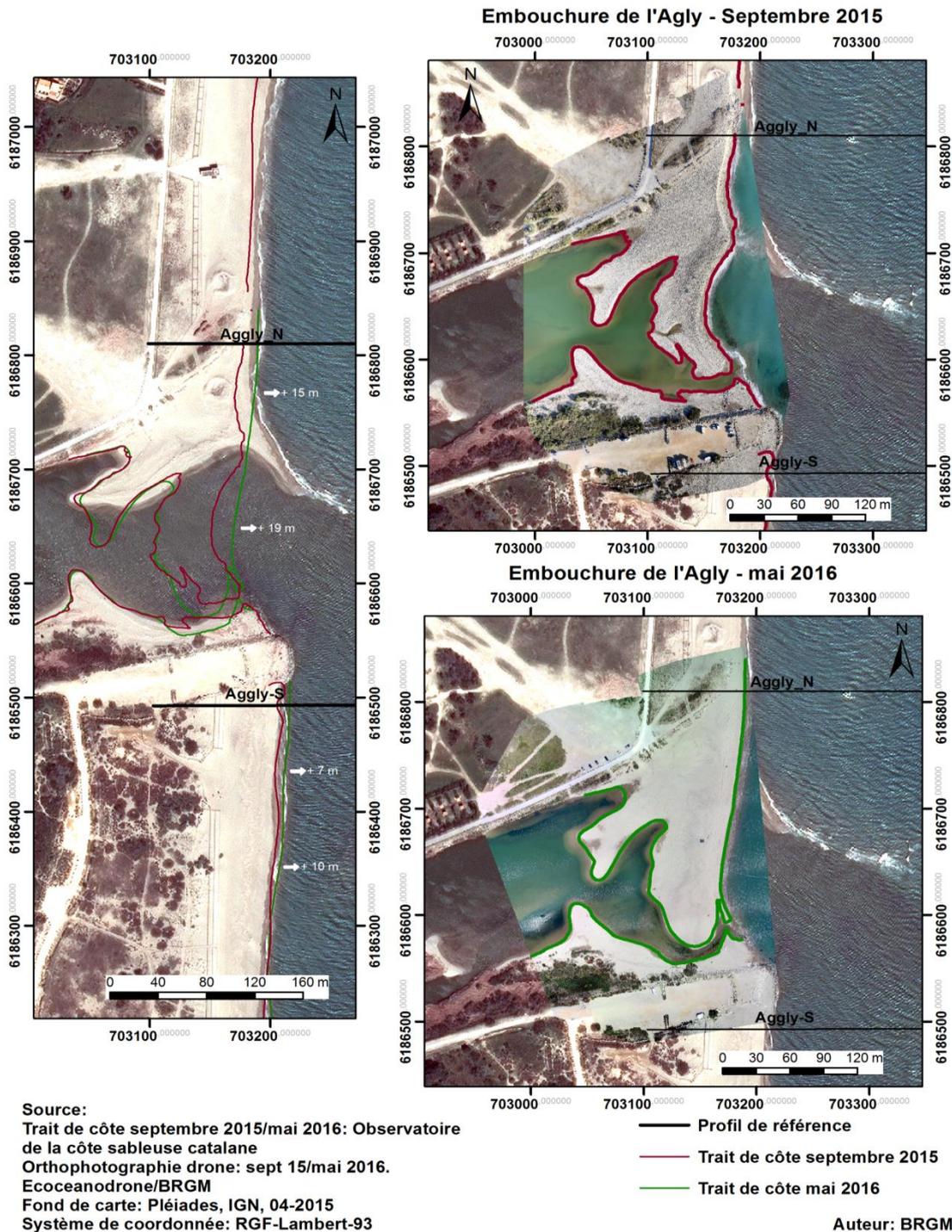


Illustration 112. Carte des évolutions morphologiques de l'embouchure de l'Agly entre septembre 2015 et mai 2016.

Entre septembre 2015 et mai 2016, la morphologie de la flèche sableuse a poursuivi son développement limitant l'embouchure à un petit ruisseau le long de la jetée sud. La flèche sableuse s'est déplacée vers le sud de quelques mètres mais a surtout gagné fortement en volume avec des variations altimétriques pouvant atteindre près de 2 m. La partie plus interne de l'embouchure ne présente pas de modification remarquable en ce qui concerne sa morphologie.

Le trait de côte est en accrétion sur l'ensemble du secteur notamment au niveau de l'embouchure même où l'on observe des valeurs de +19 m vers le large, et la plage sud avec des avancées jusqu'à + 10 m. Alors que la flèche sableuse présente, côte mer, une forme en creux, cette dernière est comblée par ce déplacement du trait de côte vers le large pour devenir plus linéaire. On constate toujours un décalage vers les terres entre le sud de l'épi sud (zone d'accumulation) et l'embouchure.

Déplacements sédimentaires saisonniers

Les mouvements sédimentaires pour l'hiver 2015/2016 ont été relativement importants à l'embouchure de l'Agly.

Les bancs sableux du delta de l'Agly, formés lors de la crue de 2014, se sont fortement érodés. La migration des sédiments de ce delta ont permis la reformation d'une barre longitudinale à environ 250 m de la côte à profondeur de -2 m à -3 m (Illustration 114). La barre a également profité d'une érosion de la fosse externe au profit de la barre interne par un déplacement crossshore vers la côte (Illustration 113, Illustration 114, Illustration 115). On enregistre ainsi un bilan sédimentaire négatif sur l'avant-côte avec $- 50\,114\text{ m}^3$ entre septembre 2015 et mai 2016 (Illustration 116).

Cette remobilisation du delta a également profité à la plage nord. Le transit sédimentaire vers le nord est favorisé par la réapparition d'une plage devant la jetée nord qui bloquait auparavant tout échange entre l'embouchure et la plage au nord. Le bilan sédimentaire est de $+ 8\,866\text{ m}^3$ sur l'ensemble de la plage aérienne et de la partie interne de l'embouchure (Illustration 113), imputable à la forte accrétion observée sur la partie émergée (Illustration 113, Illustration 116), malgré des points d'érosion dans le chenal

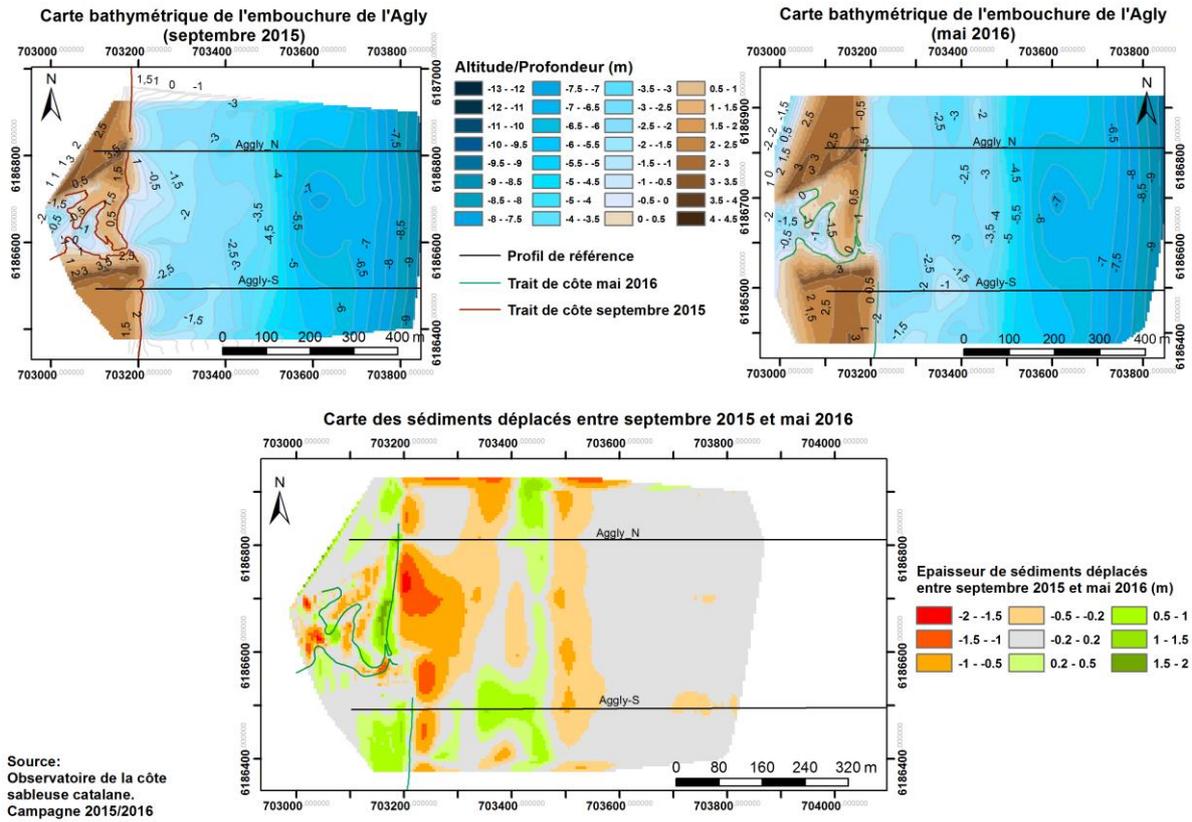
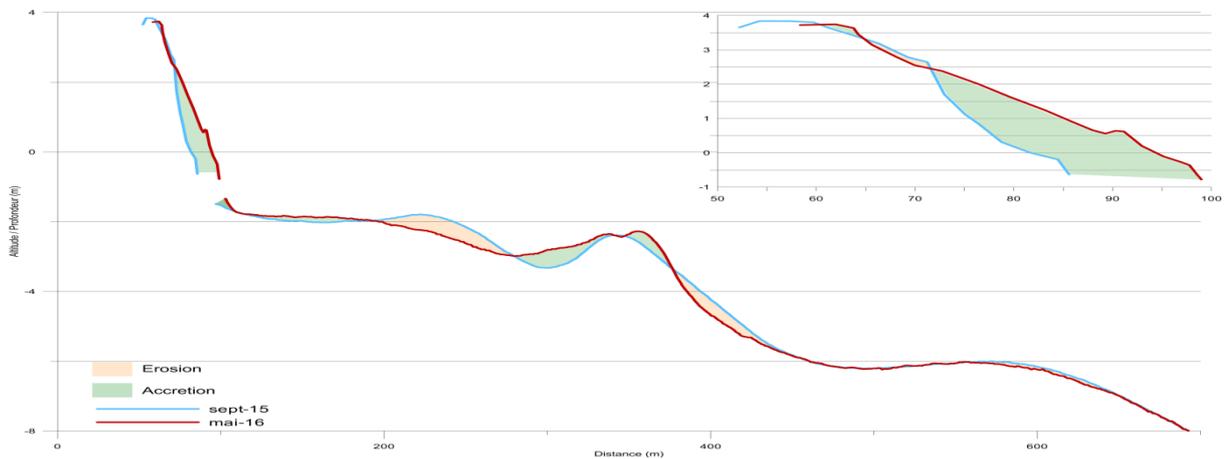


Illustration 113. Carte des volumes de sédiments déplacés entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de l'Agly



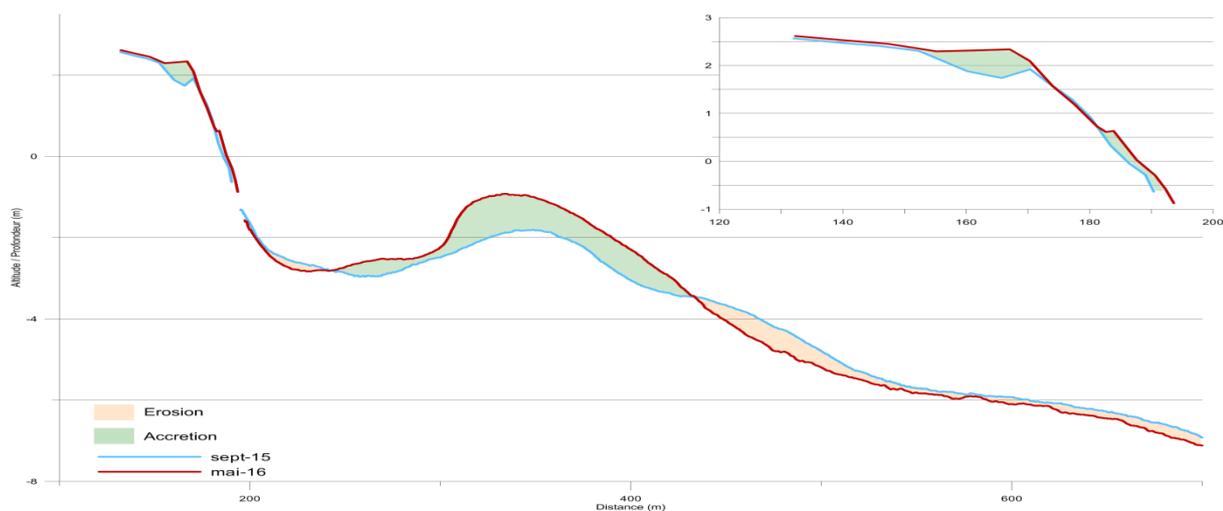


Illustration 115. Profil Agly S, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de l'Agly

Agly 09-2015/05-2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	419129	37 241	-78 489	-41 248	3 392
Zone Immergée	344435	20 813	-70 928	-50 114	2 940
Zone émergée + embouchure	74694	16428	-7562	8866	452

Illustration 116. Tableau des volumes sédimentaires déplacés entre septembre 2015 et mai 2016 sur l'embouchure de l'Agly

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

L'amplitude d'évolution du trait de côte reste autour de 20 m au nord et au sud de l'embouchure (Illustration 117). Au sud de l'embouchure, l'évolution tourne autour d'une ligne d'équilibre. Bien que l'on observe un recul du trait de côte entre avril 2014 et septembre 2014 ce dernier est revenu à son niveau initial à partir de mai 2016. Le trait de côte d'octobre 2013 était le plus en recul pour la partie nord de l'embouchure. Le trait de côte a ensuite progradé.

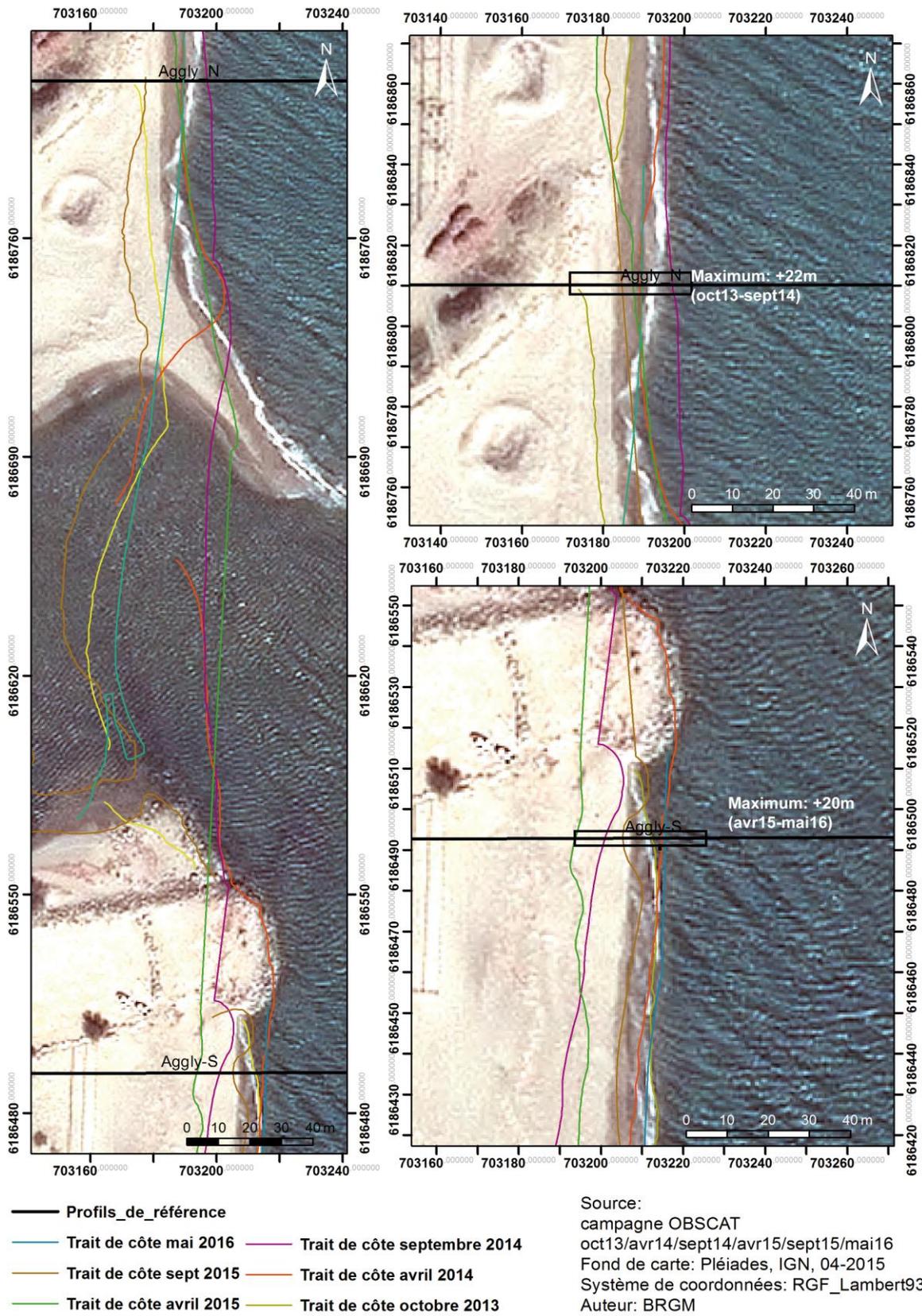


Illustration 117. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de l'Aggly

Bilan

Après une ouverture de l'embouchure lors de la crue de novembre 2014, l'embouchure s'est partiellement refermée avec la formation d'une flèche sableuse (Illustration 118). Aussi, ces apports fluviaux déposés sur l'avant-côte ont été remaniés par un transit sédimentaire longitudinal orienté vers le nord, mais également par une remobilisation de ces sédiments vers la barre interne et la flèche sableuse.

En septembre 2014, la flèche sableuse à l'embouchure est rectiligne. A la suite de la refermeture de l'embouchure en septembre 2015, le trait de côte est plus discontinu. La partie intérieure de l'embouchure a tendance à se combler. En mai 2016, le trait de côte (sur la flèche sableuse) est plus en retrait au sud, qu'au nord.

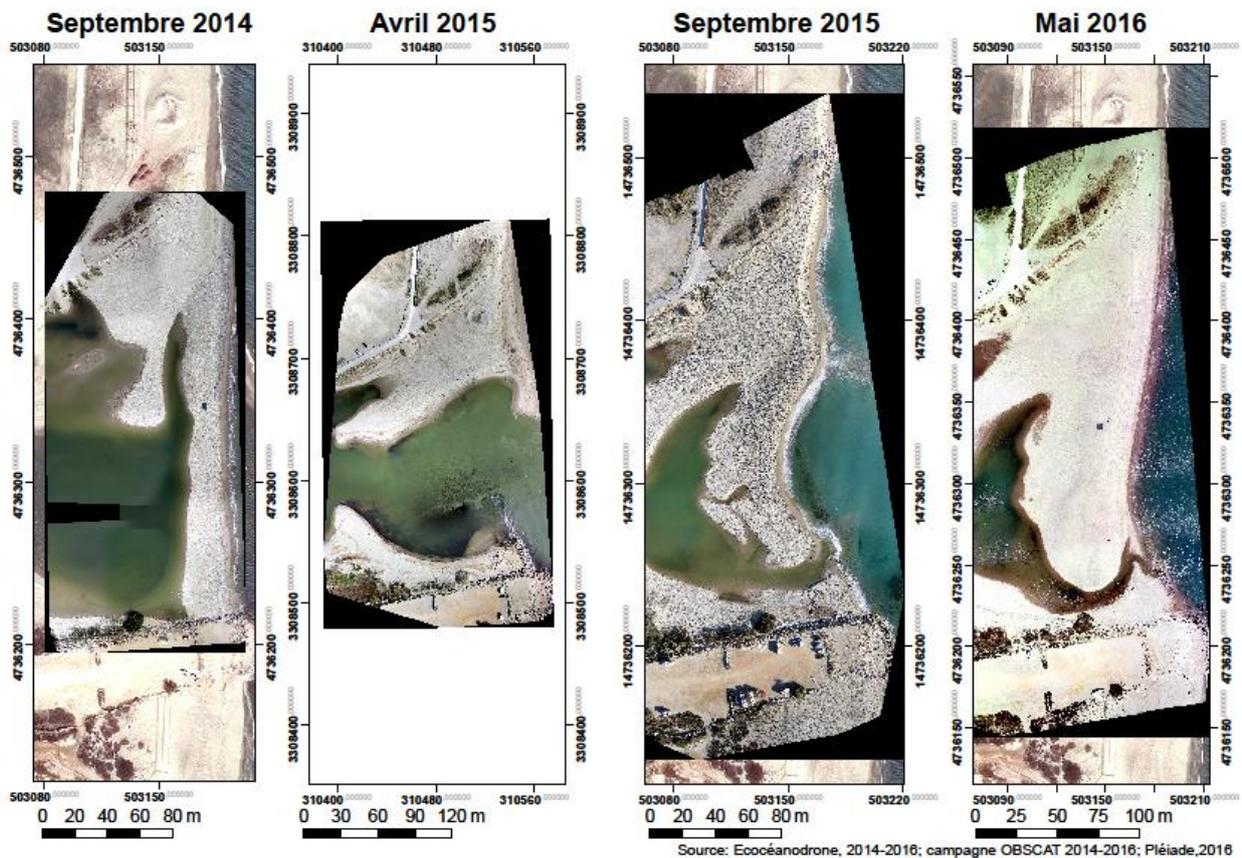


Illustration 118. Evolution de la morphologie de l'embouchure de l'Agly entre septembre 2014 et mai 2016

4.6. CELLULE 8 – DE L'AGLY AU BOURDIGOU

Cette cellule comprend les embouchures du Bourdigou et de l'Agly, ainsi que le littoral de la commune de Torreilles-Plage, soit les secteurs 5 et 6, ainsi que le secteur B.

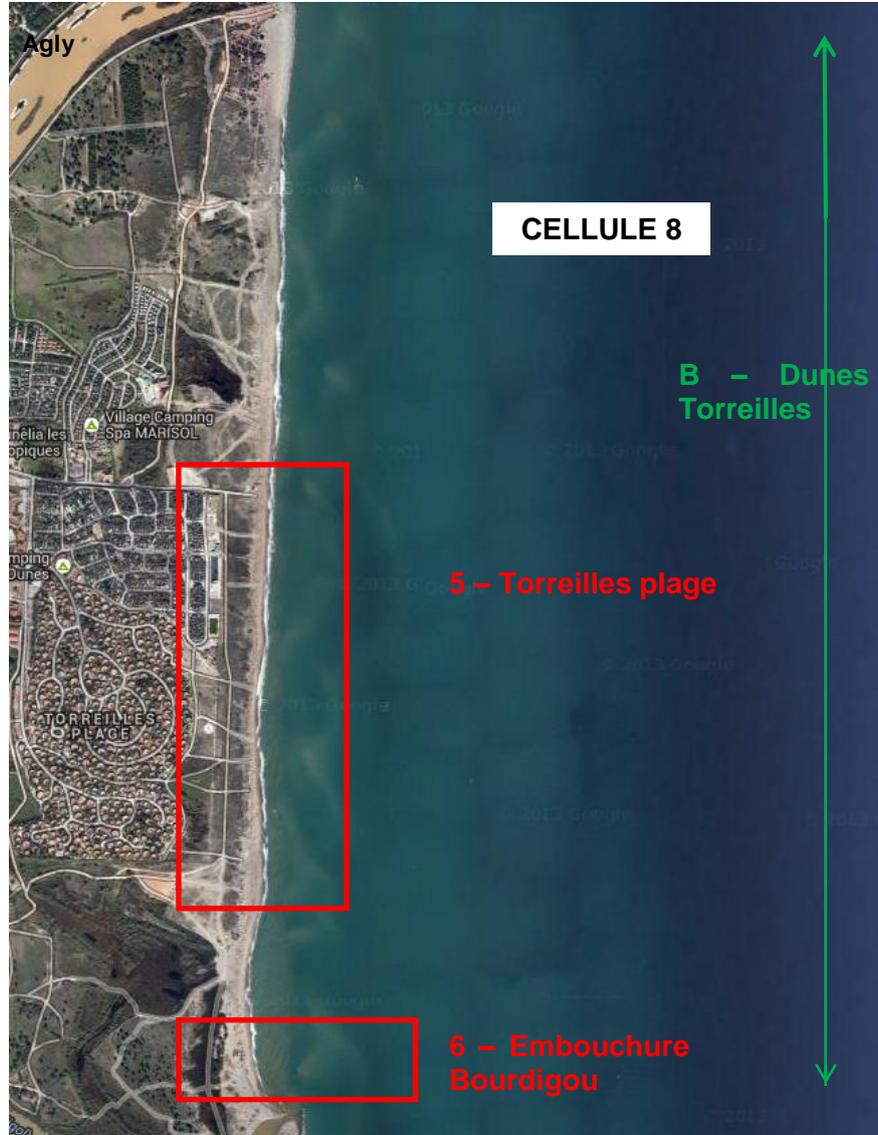


Illustration 119. Localisation des secteurs 4, 5 et 6 au sein de la cellule 8 (fond Google Earth)

Les plages de la cellule sont caractérisées par des sables grossiers de diamètre moyen supérieur à 0,8 mm. La pente moyenne de l'avant-côte est faible et deux à trois barres sont généralement observables entre 120 m et 300 m pour les deux premières et à environ 500 m pour la barre externe (AERM&C, 2000). D'après (SOGREAH, 2007), le recul du trait de côte dans ce secteur est continu et présente des valeurs de l'ordre de -0.7 m/an (sur la période 1980 à 2004). Depuis 2009, le trait de côte présente un recul important, de l'ordre de -2 m/an. Mais les levés réguliers réalisés dans le cadre de l'OBSCAT mettent en évidence une avancée depuis 2013.

L'avant-côte est assez dynamique, présentant une alternance de profils à une ou deux barres, dont les positions sont très variables. Le secteur est passé d'un système à deux barres en 2009

à un système à une barre interne très proche de la côte, et une barre externe discontinue à plus de 500 m du trait de côte.

Cette cellule peu urbanisée correspond à une « coupure » au sens de la Mission Racine. Seuls sont présents au niveau de Torreilles le « Village des sables » (résidence pavillonnaire) et des campings situés à plus de cent mètres en arrière de la plage. Aucune information sur des rechargements n'a été recensée. Les digues calibrant le Bourdigou et l'Agly sont les seuls ouvrages durs présents, la commune de Torreilles ayant privilégié l'installation de ganivelles pour conserver l'aspect naturel du site.

Cette cellule abrite un massif dunaire protégé par des ganivelles depuis 1998, dont la zone de protection s'est étoffée en 2009. Les plages de Torreilles sont soumises à des opérations de nettoyage mécanique deux à trois fois par semaine et tous les jours du 15 avril au 15 septembre.

4.6.1. Dunes de Torreilles

Evolution morphologique de l'environnement dunaire de Torreilles

Le secteur du Torreilles a bénéficié de deux campagnes drone en automne 2014 et automne 2015. Ces campagnes ont permis la réalisation de modèles numériques de surface qui ont pu être comparés au modèle numérique de surface réalisé en 2010 via la technologie LIDAR.

Les évolutions constatées entre 2010 et 2014 étaient majeures, avec des pertes altimétriques supérieures à 1 m dans la partie centrale en face camping des dunes. Entre l'automne 2014 et l'automne 2015, on note une accumulation de l'ordre de 50 cm dans ce secteur qui correspond vraisemblablement à la reprise de la végétation.

Dans la partie nord, où une accumulation significative avait été observée en 2014, le cordon semble se stabiliser avec une légère accumulation côté plage. Au sud, face au village des sables, une érosion importante avait été constatée en 2014. Fin 2015, le cordon semble là aussi stabilisé avec une très légère érosion sur la crête (de l'ordre de 10 cm), et une accumulation significative dans les ganivelles.

Evolution altimétrique de l'environnement dunaire de Toreilles

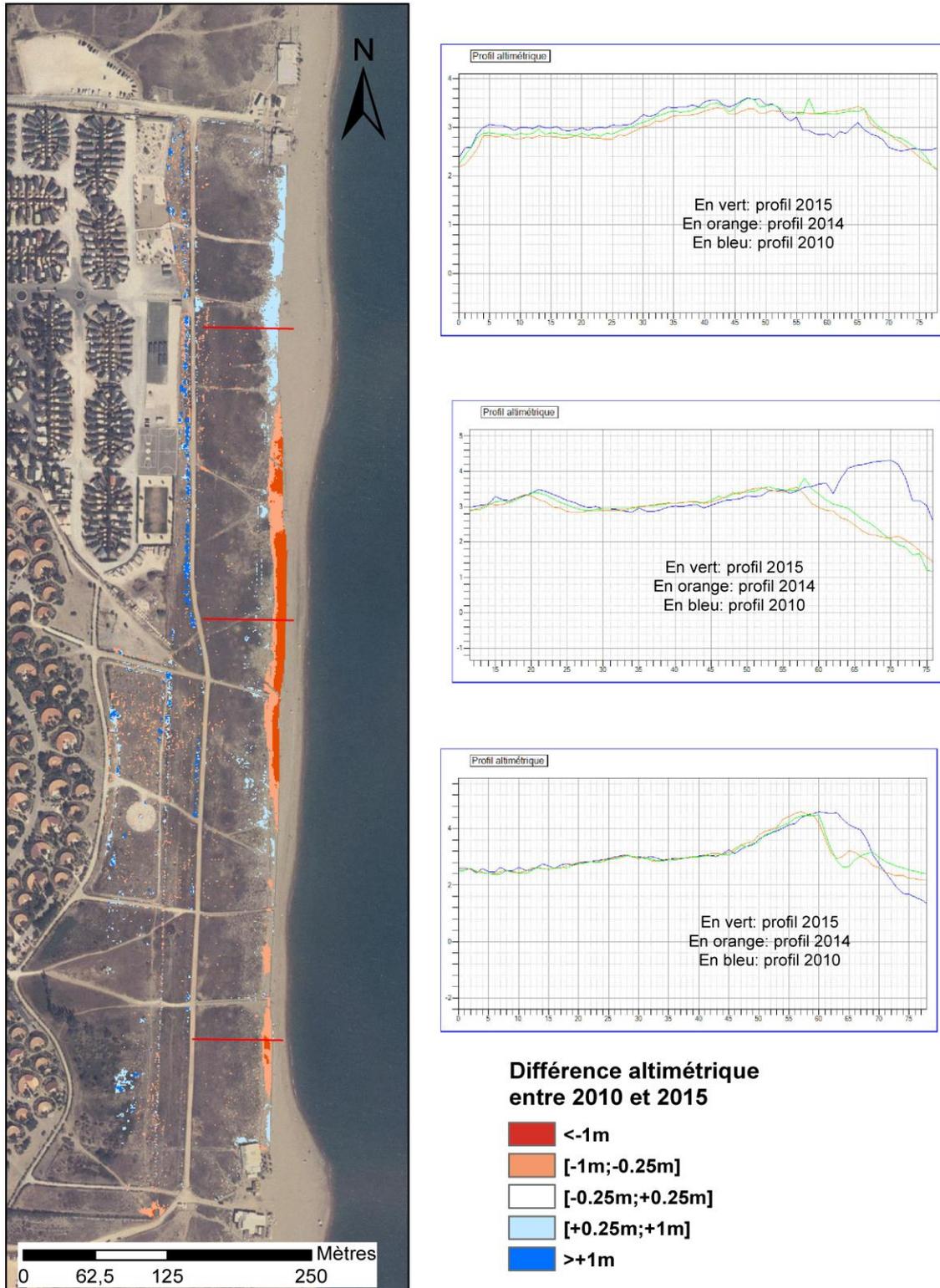
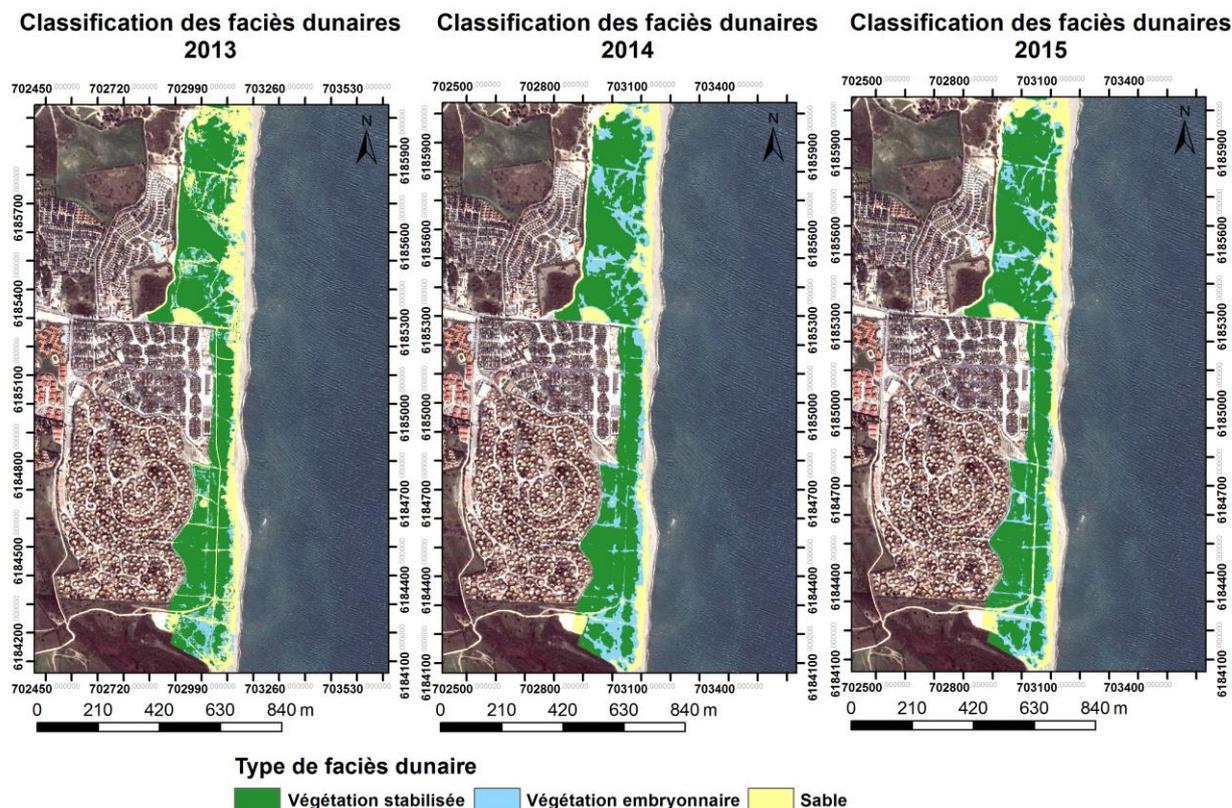


Illustration 120 - Evolution morphologique de l'environnement dunaire dans le secteur de Torreilles entre 2010 et 2016.

Evolution de la végétation

Au regard des trois années de suivi, l'emprise de la végétation dunaire est restée relativement stable. La végétation embryonnaire progresse au nord du secteur, entre les zones de végétation stabilisée. Les chemins d'accès entrecoupent la dune bien que les protections dunaires empêchent une déprise du couvert végétale. .



Source: Pléiades 2013/2014/2015

Auteur: BRGM

Illustration 121. Evolution de la végétation dunaire entre 2013 et 2015 par classification spectrale à Torreilles

Les suivis réalisés par les gardes littoraux confirment la stabilité de la végétation dunaire au niveau du Villages des Sables (Cf. Illustration 122, Illustration 123, Illustration 124). Le recouvrement est important sur la dune, atteignant 100%.

Sur le profil réalisé au Nord du Bourdigou (Cf. Illustration 138, Illustration 139, Illustration 140) en revanche, on note une évolution assez importante de la végétation avec un recouvrement en augmentation significative en 2015, même si le nombre d'espèces présentes reste faible.

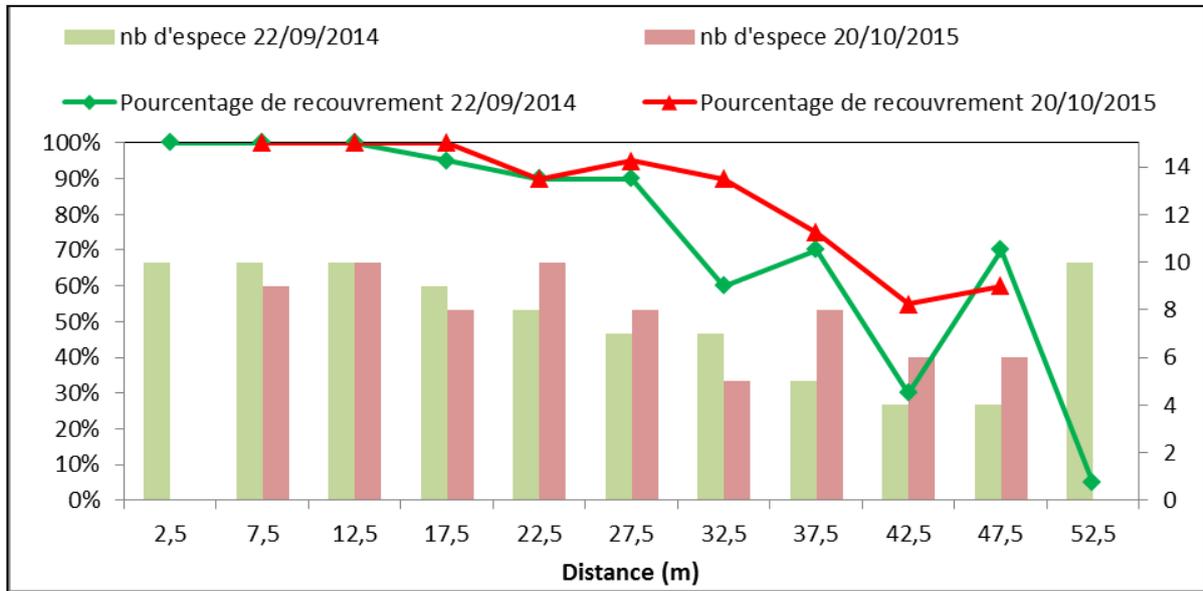


Illustration 122 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015.

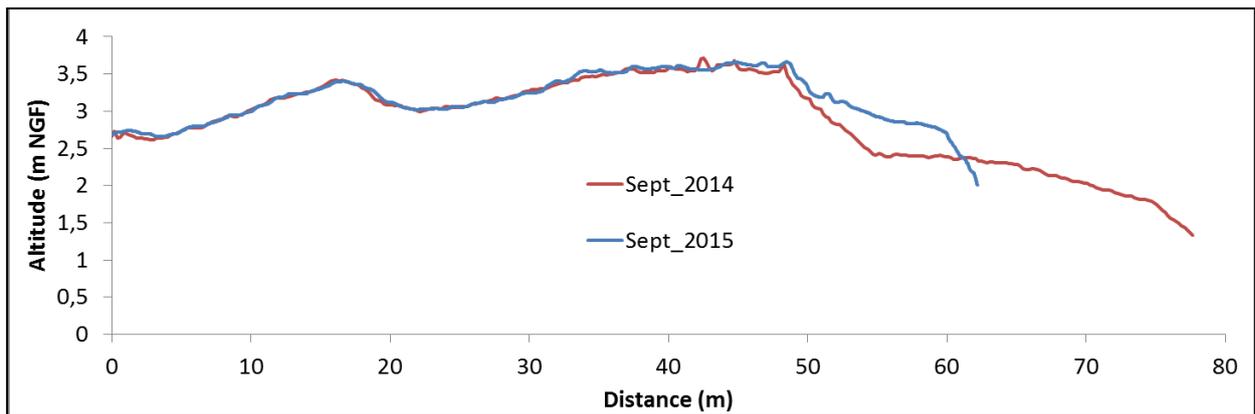


Illustration 123 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone).



Illustration 124 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en sept 2014 (à gauche) et sept 2015 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil.

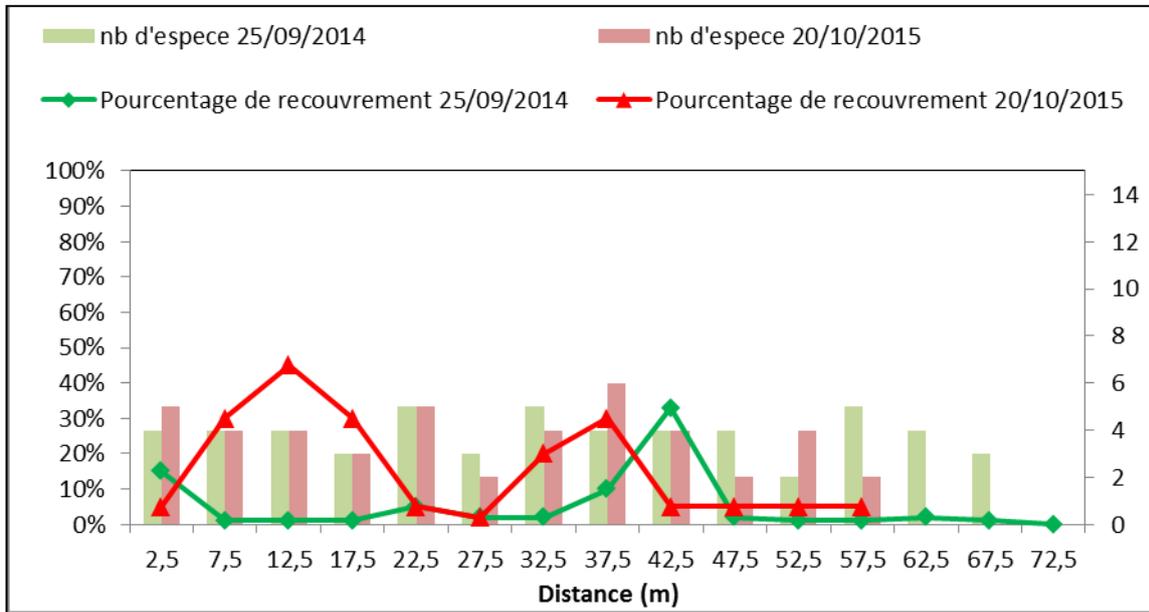


Illustration 125 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015.

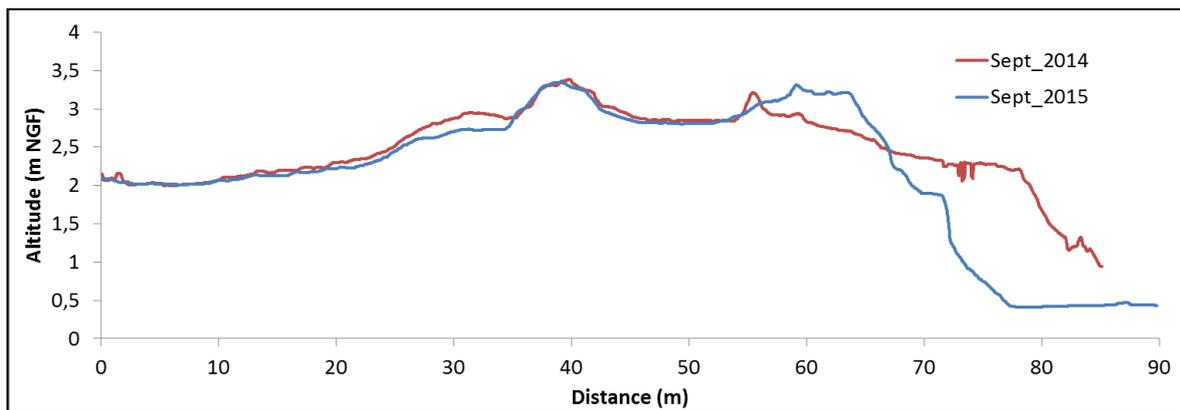


Illustration 126 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone).



Illustration 127 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en sept 2014 (à gauche) et sept 2015 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil.

4.6.2. Torreilles

La plage de Torreilles est un secteur où les conditions d'évolution de la morphologie des barres est relativement « naturelle » avec une variabilité saisonnière et interannuelle importante. Le haut de plage est marqué par une dune en voie de réhabilitation relativement large (environ 100 m). La plage est plutôt étroite au centre du secteur tandis qu'elle s'élargie au nord et au sud. Ces plages sont caractérisées par une pente relativement forte notamment sur le bas de plage par endroit.

Le système de barre interne est relativement complexe et fractionné avec selon les saisons 2 à 3 barres. Le système de barre suit un mouvement longitudinal vers le nord qui induit un déplacement des crêtes et des baies sur le trait de côte. La barre externe, située à 400 m du trait de côte et à une profondeur de -5,5 m environ. Elle forme un grand croissant dont les cornes s'approchent de la côte au nord et au sud du site.



Illustration 128. Photographie du secteur de Torreilles après le passage de la nettoyeuse mécanique, mai 2016, OBSCAT.

Ce secteur reste un enjeu touristique avec la présence de camping et de village de vacances en arrière des dunes qui sont entrecoupées de voies de passage (Illustration 129), ainsi que par l'installation de restaurant sur la plage (Illustration 128). Le littoral de Torreilles semble alors sensible aux risques d'érosion et de submersion marine comme le montre les franchissements et les brèches dans le cordon dunaire lors des différentes tempêtes. C'est pourquoi le cordon dunaire a été réhabilité et mise en défens.

Evolution saisonnière du trait de côte

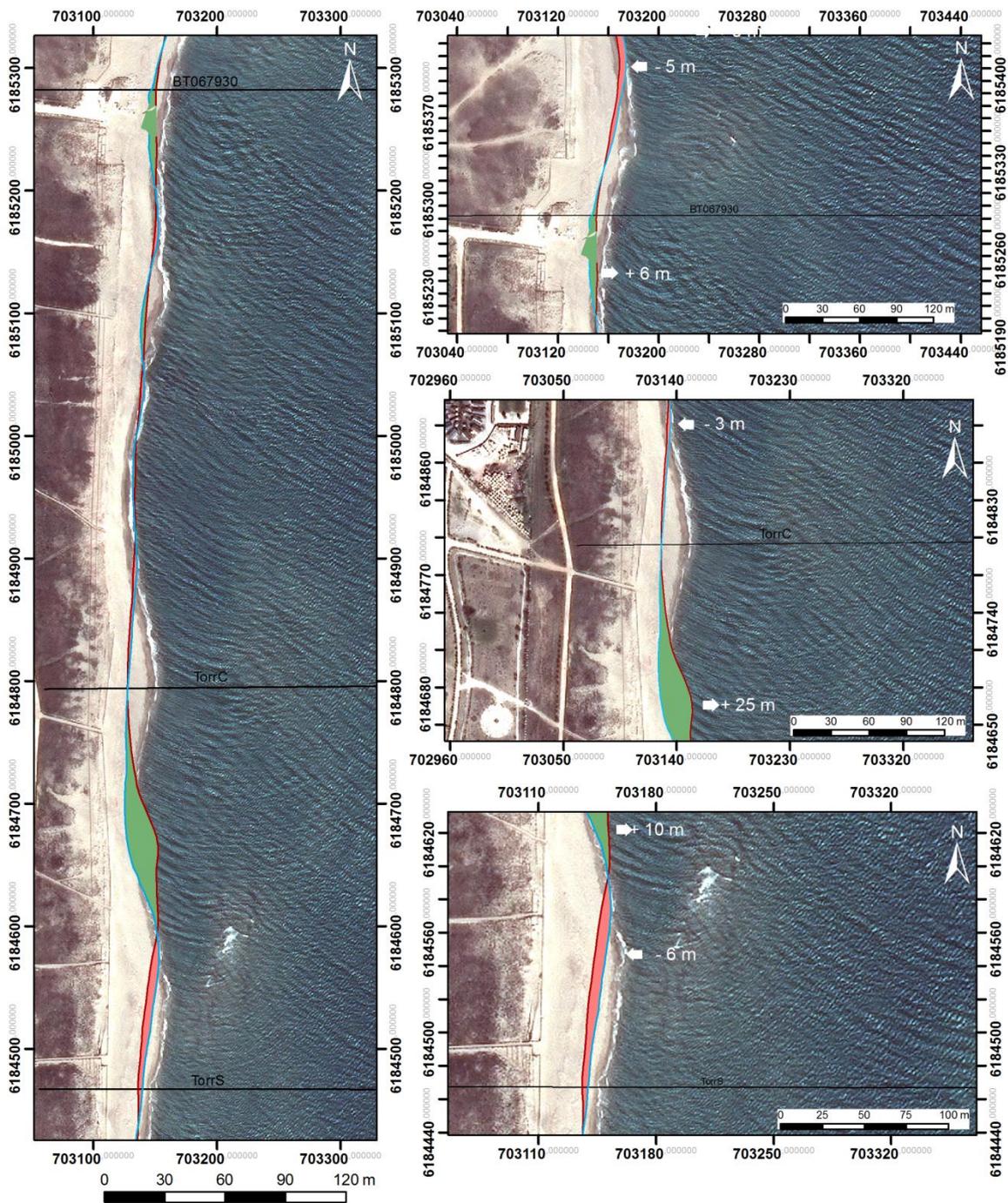
Sur la période septembre 2015/mai 2016, le trait de côte est plutôt stable. On note la présence de deux secteurs en recul modéré aux extrémités nord et sud du site. Le reste du trait de côte présente une position stable à l'exception d'une forte avancée (environ 25 m) en face du village des sables. Comme on peut le voir également sur les différentiels bathymétriques (Illustration 130), cette avancée compense la forte érosion observée sur la période précédente, et semble liée à la migration vers le nord des sinuosités du trait de côte.

Déplacements sédimentaires saisonniers

Dans la période avril 2015/septembre 2015, le bilan sédimentaire est excédentaire. Les gains se concentrent sur la partie immergée du secteur, tandis que les zones déficitaires se situent sur le trait de côte (Illustration 130). La partie émergée présente ainsi un déficit de $-7\,640\text{ m}^3$. Ce déficit s'explique en partie par un recul de la barre interne vers le large, hormis au centre de la partie nord où un point d'accrétion subsiste sur le trait de côte.

Durant la période hivernale 2015/2016, les mouvements sont plus importants. Ces mouvements sont généralement induits par le mouvement des barres. Au nord et au sud du secteur, les profils bathymétriques indiquent un déplacement cross-shore de la barre interne vers le large (Illustration 131, Illustration 132, Illustration 133) avec un creusement de la fosse interne au niveau du profil BT067930. Sur le profil Torreilles S, le mouvement des barres se traduit par un aplanissement des fonds avec des barres moins marquées (Illustration 131), et un comblement des fosses. De manière générale, le mouvement des barres internes est à la fois un mouvement transverse vers le large, et un mouvement longitudinal vers le nord en particulier pour les bancs sableux situés près du bas de plage (Illustration 130). Ce déplacement sédimentaire s'observe en particulier sur les trois profils de référence (Illustration 131 ; Illustration 132 ; Illustration 133) avec un mouvement vers le large allant jusqu'à plus de 100 m sur le profil central.

Le bilan sédimentaire bien que particulièrement stable ($+ 1\,844\text{ m}^3$ sur la zone complète) s'inverse par rapport à la période précédente. La partie immergée est déficitaire à $- 3\,192\text{ m}^3$, tandis que la zone émergée est en accrétion de $+ 5036\text{ m}^3$. La partie centrale du sud du secteur (face au village des sables) est le point le plus important d'accrétion sur la plage. Le trait de côte semble stable (-1m) dans les parties sud et centrale (Illustration 130) où la barre externe est quasi-inexistante.



Source:
 Trait de côte 2015/2016: Observatoire de
 la côte sableuse catalane.
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

- Trait de côte septembre 2015
- Trait de côte juin 2016
- Profils de références
- Erosion
- Accrétion

Illustration 129. Carte des traits de côte de septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de Torrelles

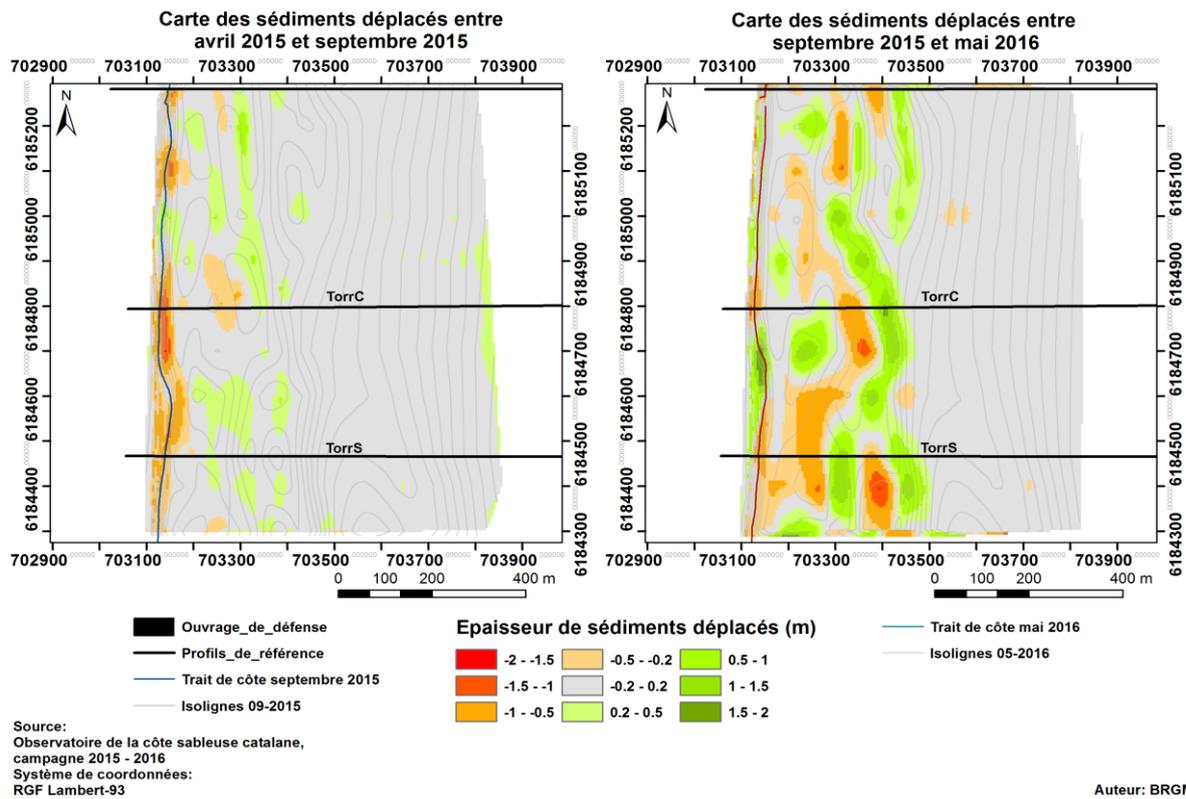


Illustration 130 - Carte des volumes de sédiments déplacés entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de Torrelles

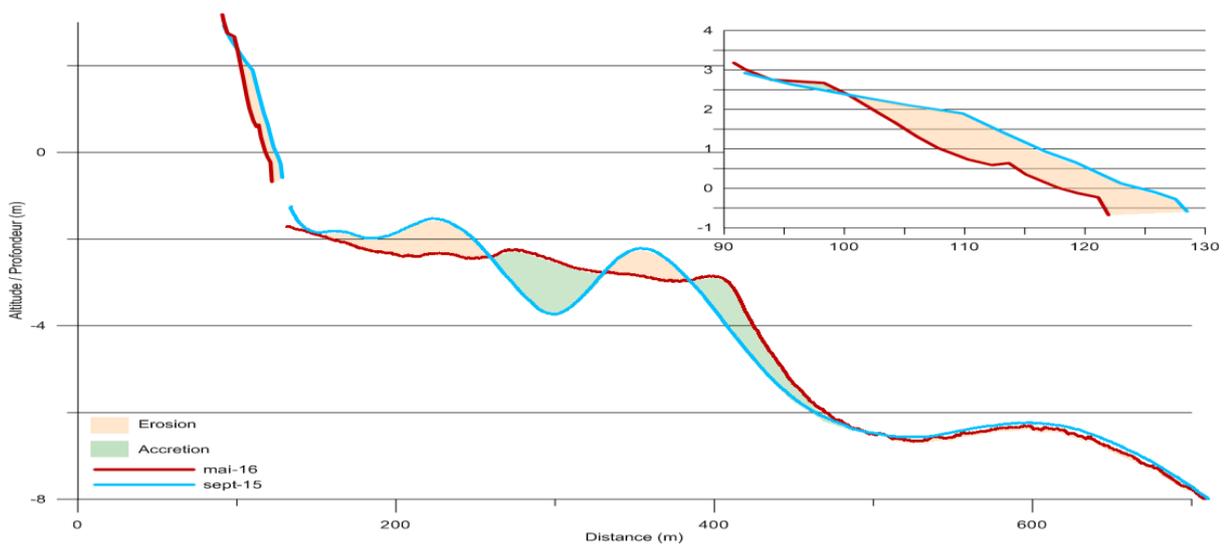


Illustration 131. Profil Torrelles S, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Torrelles

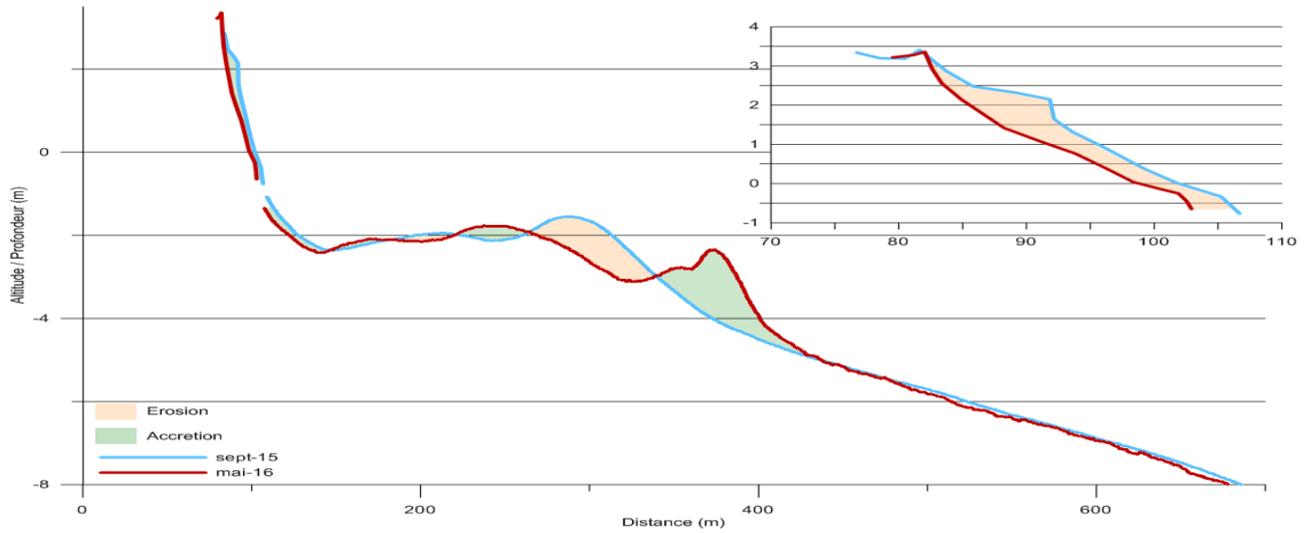


Illustration 132. Profil Torreilles C, septembre 2015 à mai 2016. Secteur de Torreilles

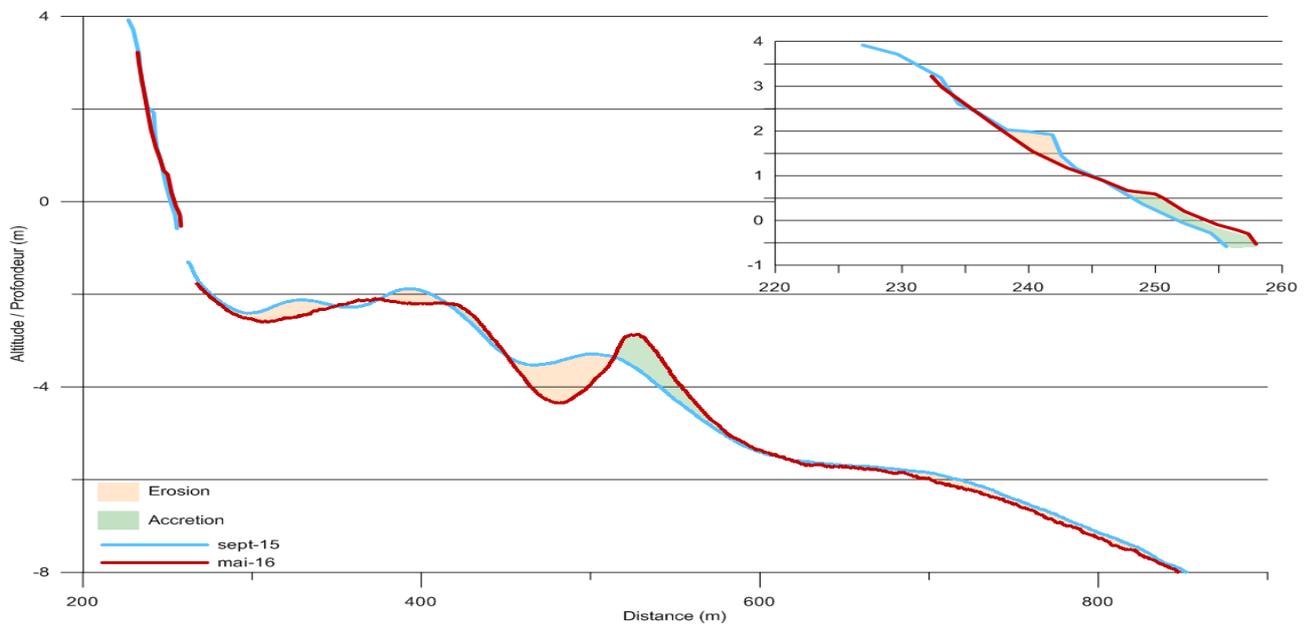


Illustration 133. Profil BT067930, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Torreilles

Torreilles 04-2015 /09-2015					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	706670	76309,73278	-30 390	45 920	8 681
Zone Immergée	677697	75 643	-22 083	53 560	8 519
Zone émergée	28973	667	-8 307	-7 640	161

Torreilles 09-2015/05-2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	734139	88 154	-86 309	1 844	8 643
Zone Immergée	703112	79 854	-83 047	-3 192	8 468
Zone émergée	31027	8299	-3263	5036	182

Illustration 134. Tableaux de synthèses des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur de Torreilles.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

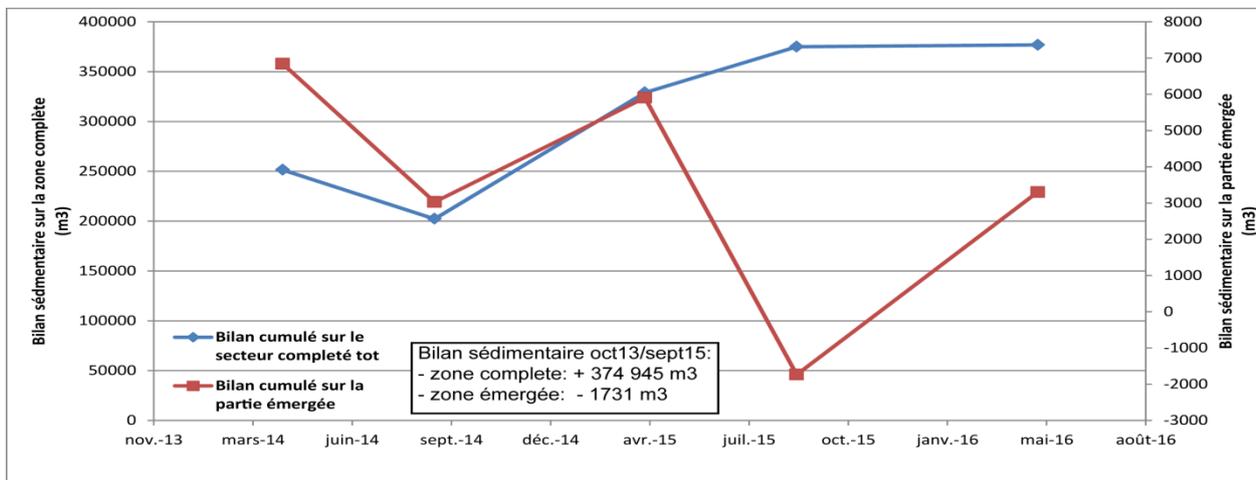


Illustration 135. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Torreilles. Zone complète en bleu, zone émergée en rouge

Entre octobre 2013 et septembre 2015, le secteur a gagné + 374 945 m³ (Illustration 135) de sédiments, mais enregistre une perte de -1 731 m³ sur la plage émergée pendant cette période. Si la zone complète semble présenter une augmentation progressive de son volume sableux depuis septembre 2014, la plage aérienne montre une évolution saisonnière très marquée (diminution de volume pendant les périodes estivales 2014 et 2015). On constate toutefois un regain entre septembre 2015 et juin 2016 qui amène le bilan cumulé à + 3 304 m³.

L'évolution du trait de côte varie selon les secteurs et dans le temps. Cette évolution dépend à la fois des déplacements transverses mais également des migrations longitudinales des sinuosités de plages. On observe ainsi le déplacement progressif des points d'érosion vers le nord sous l'action des houles dominantes de sud-est.

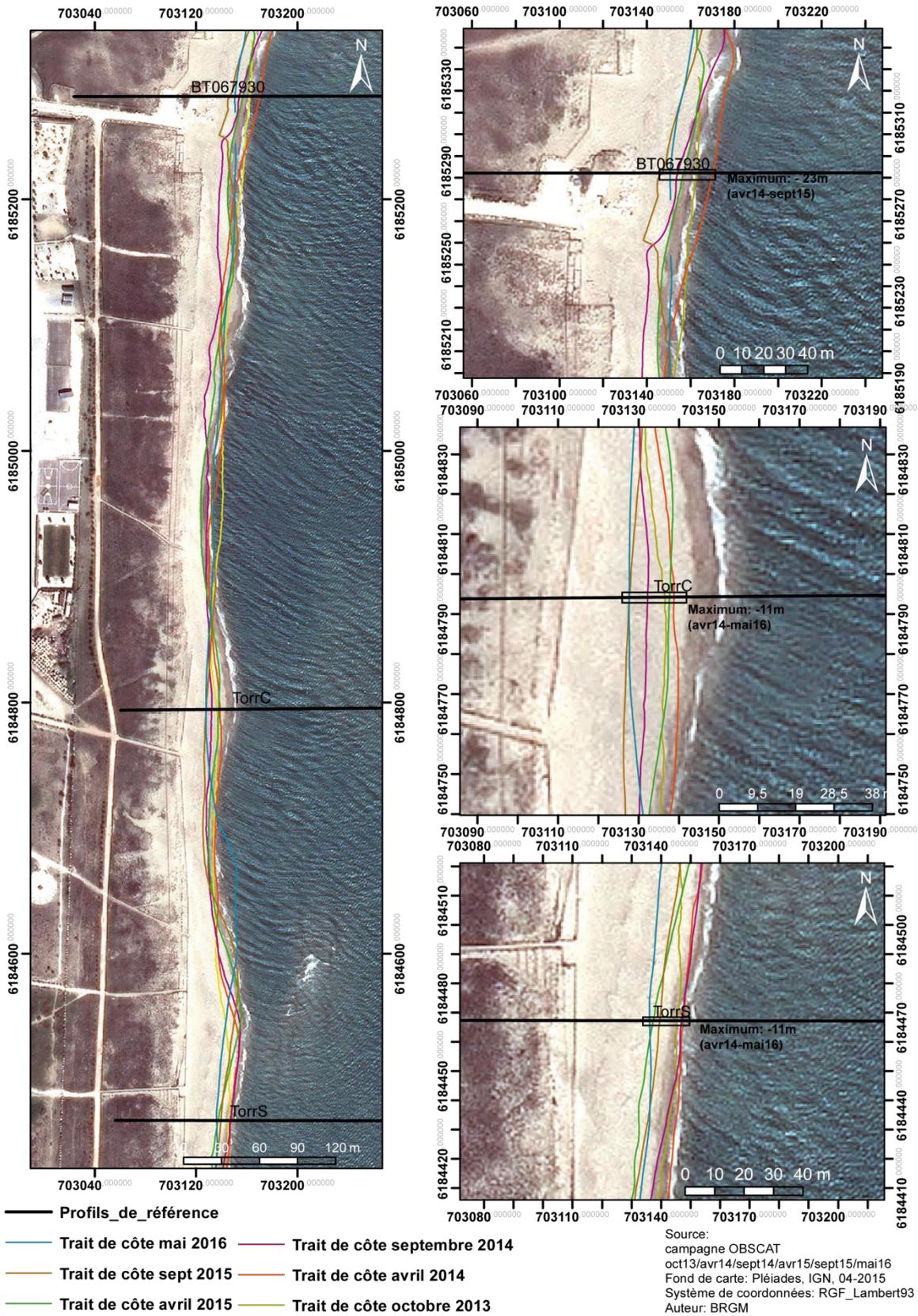


Illustration 136. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Torrelles

Quantification du déplacement longitudinal de la barre externe

La littérature sur la côte roussillonnaise indique un déplacement de la barre externe du sud vers le nord. Afin de vérifier et de quantifier cette affirmation le secteur de Torreilles a été étudié afin d'évaluer ce déplacement longitudinal. Le choix du secteur de Torreilles se justifie par l'absence d'ouvrages de défense, ou d'artificialisation du trait de côte en général sur cette plage. Ceci permet d'observer le comportement naturel du système d'avant-côte.

Les pointes des sinuosités de plage correspondent à la position des cornes de la barre. La position de ces pointes sur le trait de côte a été suivie pour chaque levé de l'OBSCAT. Ainsi nous avons pu avoir la migration saisonnière d'une pointe du trait de côte et donc de la barre externe pour le secteur de Torreilles.

On constate un déplacement d'environ 100 m vers le Nord sur la période octobre 2013/mai 2016 (Illustration 137). On a donc, sur cette période, une vitesse moyenne de migration longshore de 20 m tous les 6 mois vers le Nord.

Sur l'ensemble de la période étudiée, le déplacement saisonnier reste relativement linéaire. Seule la période septembre 2014 / avril 2015 indique un déplacement de +10 m. D'après les données de vent récupérées, l'hiver 2014/2015 a enregistré des épisodes plus fréquents de tramontane (Illustration 137). La tramontane, de direction opposée à la dérive littorale, aurait donc pour effet de freiner cette migration.

Nous avons encore assez peu de données pour évaluer avec assez de précision l'impact des tempêtes sur ce déplacement. Pourtant, le taux de migration de ces cornes dépend à la fois de l'obliquité des vagues et de l'énergie longitudinale des vagues (Balouin *et al*, 2013).

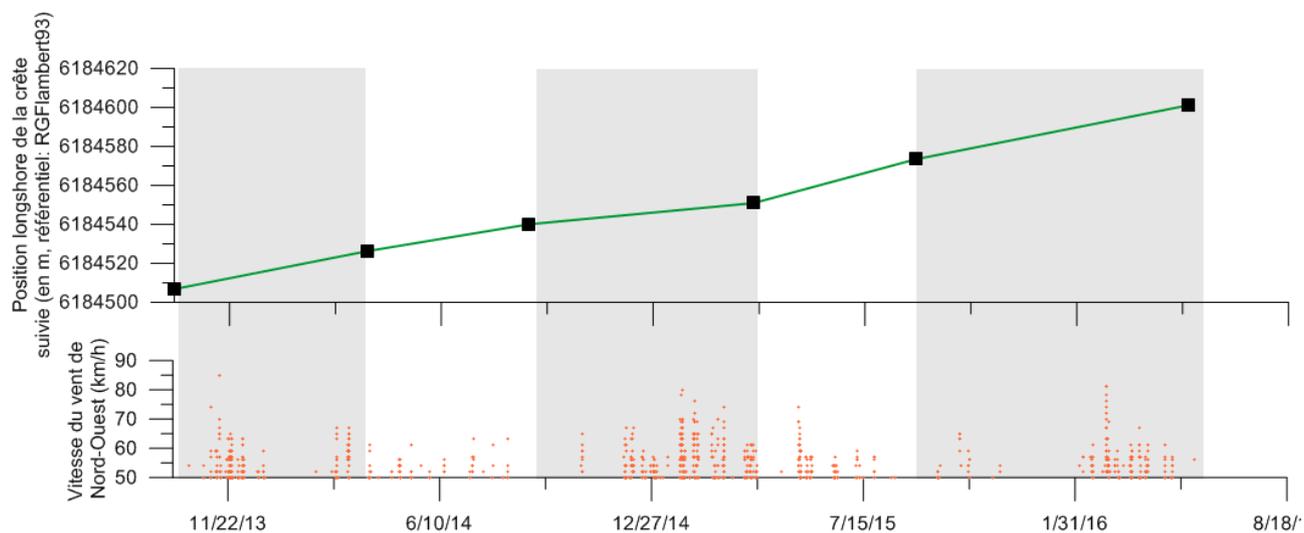


Illustration 137. Déplacement longshore de la crête de barre externe à Torreilles (en haut); épisodes de tramontane de plus de 50km/h (en orange) ; les séparations en gris et en blanc correspondent aux périodes comprises entre les campagnes OBSCAT.

Bilan

Entre septembre 2015 et mai 2016, le trait de côte a évolué sur la partie sud du secteur, notamment avec un déplacement de + 25 m vers le large entre le profil central et le profil sud. Cette forte avancée semble être le résultat du déplacement longitudinal d'un banc sableux vers le Nord. La barre interne a migré vers le large sur l'ensemble du secteur. Le bilan sédimentaire relativement stable semble indiquer que les mouvements sédimentaires sont plus largement dus au déplacement des barres qu'à une perte ou à un gain sédimentaire dans le bilan global du secteur.

Entre 2013 et 2016, bien que le bilan sédimentaire soit positif sur l'ensemble du secteur, la partie émergée a un rythme d'évolution saisonnier. L'évolution du trait de côte varie selon les secteurs et dans le temps. Elle dépend à la fois des déplacements transverses du trait de côte mais également des migrations longitudinales des sinuosités de plages qui sont couplées à la migration des cornes de barre externe. On observe ainsi un déplacement progressif de ces ondulations du trait de côte, qui se traduit par une alternance de recul/avancée du trait de côte.

4.6.3. Embouchure du Bourdigou

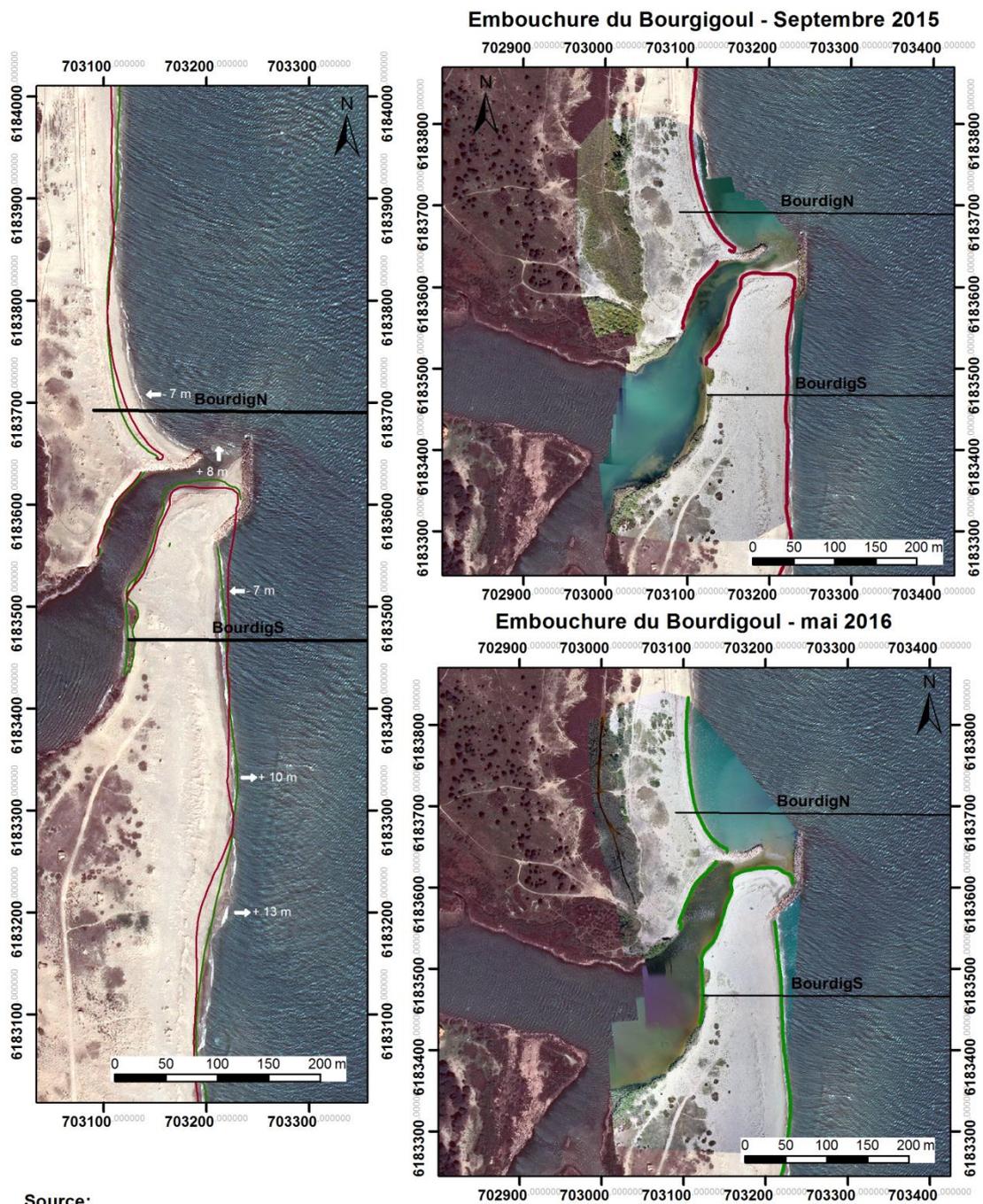
Les digues installées depuis 1976 ont stabilisé l'embouchure du Bourdigou tout en bloquant le transit sédimentaire. On constate pourtant, depuis 2013, une érosion de la plage au sud, et une certaine stabilisation sur la partie nord.

Le système de barre interne est complexe et irrégulier, tandis que la barre externe, bien formée au sud du secteur, s'estompe vers le nord. La berme de bas de plage est bien marquée et pentue. Le haut de plage possède une pente douce, qui s'inverse sur la plage sud.



Illustration 138. Suivi photographique de l'embouchure du Bourdigou (Source: campagne OBSCAT 2015/2016)

Sur la dernière période, l'embouchure poursuit son comblement par une avancée vers le nord de la flèche sud. Au-delà de ce comblement, immédiatement au nord et au sud des ouvrages, on enregistre une érosion du trait de côte de l'ordre de 7 m. Cette érosion apparaît également avec le recul de la berme (Illustration 140). Le trait de côte de la plage sud s'est linéarisé par un « comblement » des sinuosités de plage.



Source:
 Trait de côte septembre 2015/mai 2016: Observatoire
 de la côte sableuse catalane
 Orthophotographie drone: sept 15/mai 2016.
 Ecoceanodrone/BRGM
 Fond de carte: Pléiades, IGN, 04-2015
 Système de coordonnées: RGF-Lambert-93

— Profil de référence
 — Trait de côte septembre 2015
 — Trait de côte mai 2016

Auteur: BRGM

Illustration 139. Carte des évolutions morphologiques de l'embouchure du Bourdigou entre septembre 2015 et mai 2016

Déplacements sédimentaires saisonniers

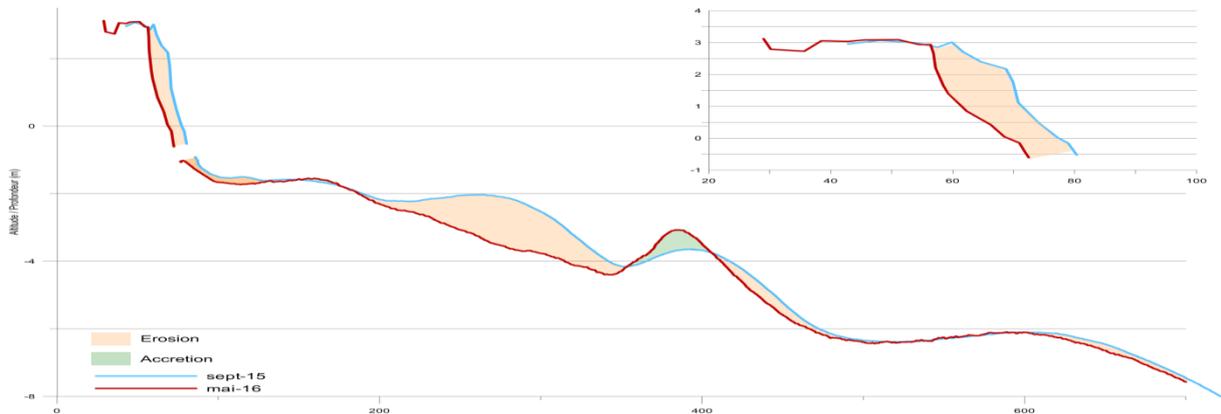


Illustration 140. Profil Bourdigou N, septembre 2015 et mai 2016. Secteur du Bourdigou

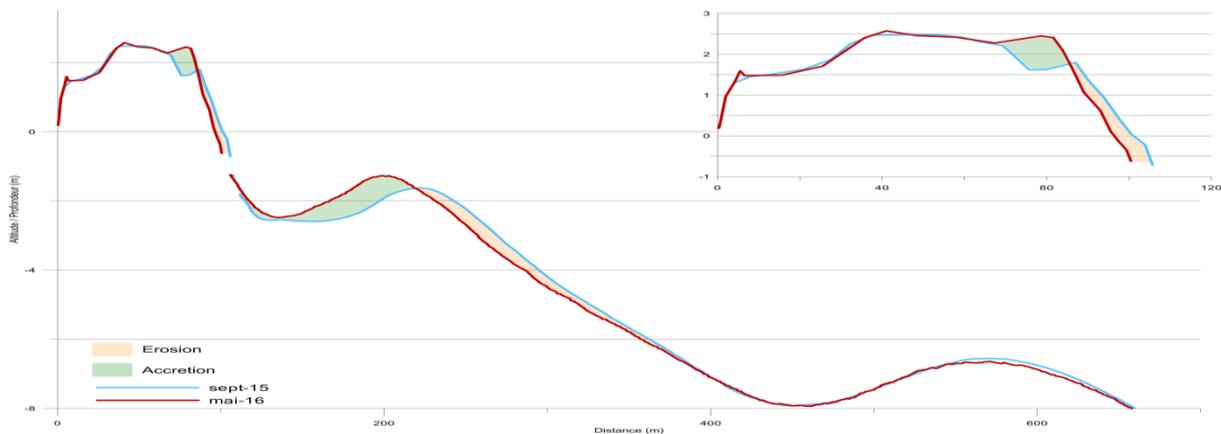


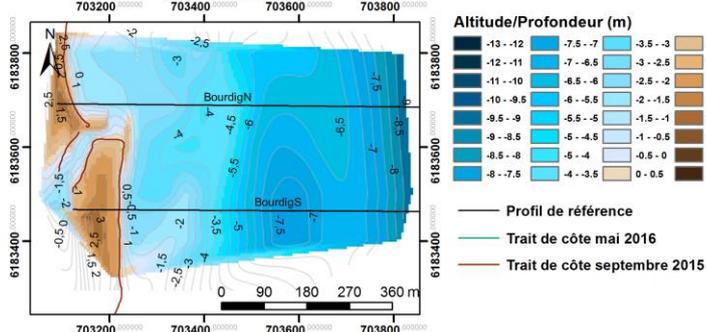
Illustration 141. Profil Bourdigou S, septembre 2015 et mai 2016. Secteur du Bourdigou

Sur l'année 2015/ 2016, l'embouchure et les plages attenantes se sont accrétées, tandis que la partie sous-marine est caractérisée par un bilan sédimentaire positif sur la période estivale et un bilan négatif lors de l'hiver 2015/2016 (Illustration 143). On note un déplacement significatifs des barres d'avant-côte vers le nord, la zone inter-barre étant située face à l'embouchure en mai 2016. Le by-pass sédimentaire semble ainsi être important à l'embouchure du Bourdigou, même si celui-ci ne bénéficie pas à la plage émergée située juste au nord de la jetée.

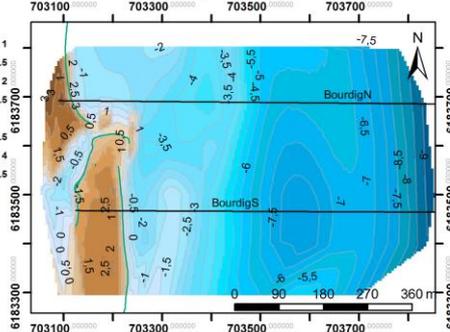
La haut de plage de la partie sud est en accrétion, ainsi que le nord de la flèche sud qui prograde vers le nord. La carte différentielle des altitudes montre une érosion au niveau du trait de côte au sud immédiat de la digue sud de l'embouchure, et au nord immédiat de la digue nord (Illustration 138 ; Illustration 142). Le recul du trait de côte sur la partie sud s'accompagne d'une accrétion du haut de la berme de bas de plage (Illustration 141).

Sur la partie immergée, un large secteur en érosion s'étend du sud de la digue sud vers le nord-est avec un secteur en accrétion au sud de cette zone. Ces évolutions semblent issues d'un fort déplacement longshore vers le nord lors d'une ou de plusieurs tempêtes. Mais les déplacements les plus au large peuvent également être dus à une translation vers la côte d'après les observations des mouvements enregistrés sur le profil bathymétrique nord (Illustration 140).

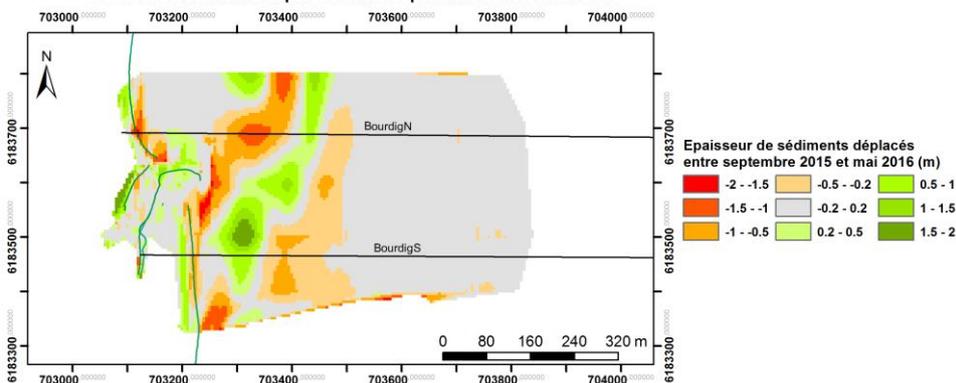
Carte bathymétrique de l'embouchure du Bourdigoul (septembre 2015)



Carte bathymétrique de l'embouchure du Bourdigoul (mai 2016)



Carte des sédiments déplacés entre septembre 2015 et mai 2016



Source:
Observatoire de la côte
sableuse catalane.
Campagne 2015/2016

Illustration 142. Carte des volumes de sédiments déplacés entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur du Bourdigoul

Bourdigoul 04-2015/09-2015					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	313190	38 195	-13 397	24 798	5 567
Zone Immergée	261701	26 600	-8 178	18 422	5 291
Zone émergée + embouchure	51489	11596	-5220	6 376	276
Bourdigoul 09-2015/05-2016					
Zone	Surface (m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	301406	30 633	-51 011	-20 378	2 919
Zone Immergée	304945	23 081	-48 822	-25 741	2 601
Zone émergée + embouchure	-3539	7552	-2189	5362	318

Illustration 143. Tableaux des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/ septembre 2015 et septembre 2015/ mai 2016 pour le secteur du Bourdigoul

Bilan interannuel : Bilan sédimentaire et trait de côte

L'évolution du trait de côte sur la partie nord montre un recul net du trait de côte entre octobre 2013 et mai 2016 (-30 m). Ce recul semble s'être amorcé en septembre 2014, car auparavant, la position du trait de côte semblait osciller autour d'une position moyenne (Illustration 144). Dans la partie sud, le trait de côte évolue saisonnièrement, la position la plus en retrait ayant été observée en sept 2014.

Dans la zone d'embouchure, on note une migration sableuse vers le nord qui réduit progressivement la largeur du chenal principal. Ce secteur étant déconnecté de la rive sud, on peut imaginer que les processus à l'origine de ce phénomène résulte de l'action combinée d'un transport éolien nord-sud (probablement limité), de la mobilité le long du méandre interne et de l'entrée de sable dans l'embouchure pendant les périodes de fortes vagues.

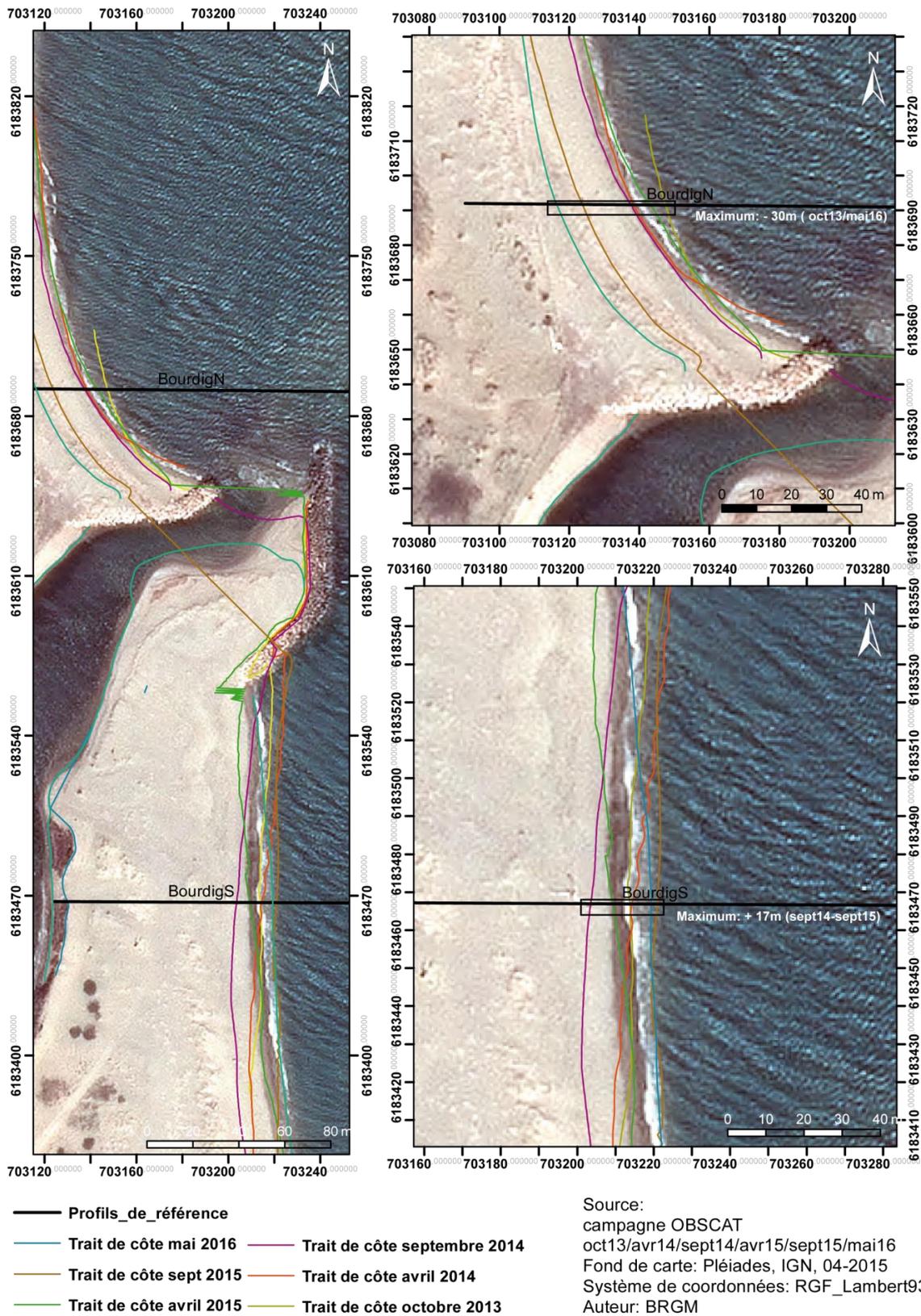


Illustration 144. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur du Bourdigou

Bilan

Les bancs sableux devant l'embouchure du Bourdigou semblent avoir transité vers le nord, et vers la barre interne qui a également migré vers la côte. Ce transit longitudinal amène un déficit sédimentaire sur ce dernier hiver sur la partie immergée.

La plage aérienne au nord est en érosion. On observe une accrétion localisée sur le haut de plage qui correspond au stockage de bois flotté (Illustration 145).

Endigué de part et d'autres de l'embouchure, et compte-tenu des faibles débits de cette rivière, la sortie de l'embouchure est très peu mobile (Illustration 146) au regard des autres embouchures de la côte catalane.

Les plages situées au sud et au nord de l'embouchure, ont un trait de côte relativement mobile avec des amplitudes parfois importantes (30 m de différence entre octobre 2013 et mai 2016 sur le profil nord).



Illustration 145. Photographie de la plage au nord du Bourdigou montrant l'accumulation artificielle de bois flottés et des formes d'érosion en mai 2016

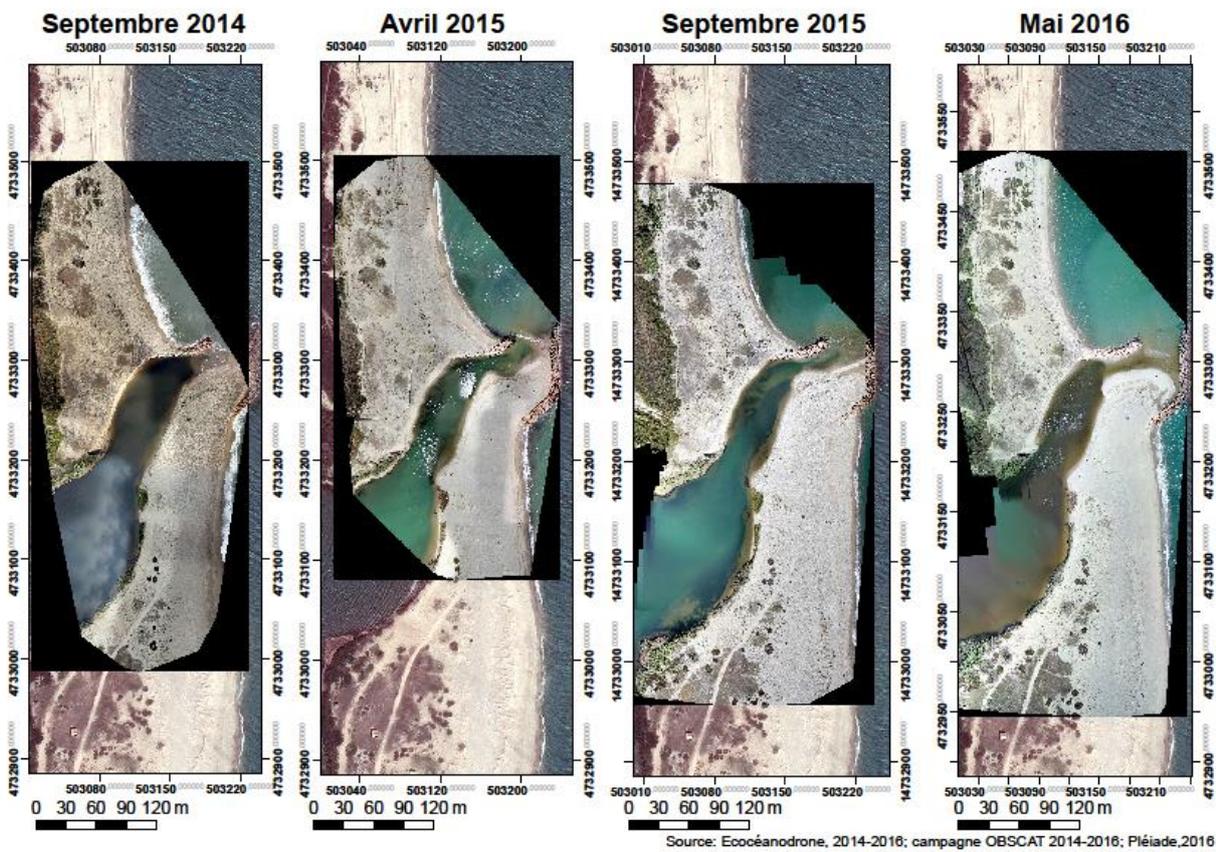


Illustration 146. Evolution de l'embouchure du Bourdigou entre septembre 2014 et mai 2016

4.7. CELLULE 7 - DU BOURDIGOU AU PORT DE CANET-EN-ROUSSILLON

Cette cellule comprend le secteur situé au nord du Port de Canet-en-Roussillon, le littoral de la commune de Sainte-Marie et les embouchures de la Têt et du Bourdigou, soit les secteurs 7, 8 et 9.



Illustration 147 : Localisation des secteurs 7, 8 et 9 au sein de la cellule 7 (Fond Google Earth)

Le littoral de cette cellule est caractérisé par des sables grossiers (diamètre moyen supérieur à 0,8 mm) et des plages de faible largeur qui s'élargissent à l'approche de l'embouchure du Bourdigou (Agence de l'eau et Université de Perpignan, 2000). L'avant côte de la cellule 7 présente deux à trois barres et des pentes faibles.

La cellule sédimentaire présente plusieurs niveaux d'anthropisation. Le nord du port de Canet est faiblement artificialisé, la commune ayant privilégié les rechargements en sable et la mise en place de protections types ganivelles afin de favoriser la reconstitution du cordon dunaire. L'embouchure de la Têt n'est pas endiguée contrairement à celles du Bourdigou et de l'Agly. De même, le secteur de La Crouste se présente comme une zone relativement préservée. La zone située au Nord du port de Sainte Marie La Mer, concentre la majorité des ouvrages de défense

de la cellule. Au Nord de Sainte Marie, s'étend une zone peu urbanisée et peu artificialisée jusqu'à l'embouchure du Bourdigou.

Les jetées portuaires de Canet, et de Sainte Marie perturbent le transit sédimentaire en le bloquant au droit des jetées. Ainsi, le Nord du port de Canet présente un déficit chronique en sable, de la même manière que Sainte Marie plage. A l'inverse, les zones situées au sud de ces ouvrages enregistrent une accumulation continue. Les passes des zones portuaires, le sud du port de Saint Marie, ainsi que les embouchures du Bourdigou et de la Têt constituent des secteurs potentiels de prélèvements en sables pour les opérations de rechargements.

4.7.1. Dunes de Sainte-Marie

Evolution morphologique de l'environnement dunaire de Sainte Marie

Le secteur de Sainte Marie a bénéficié de deux campagnes drone au printemps 2015 et printemps 2016. Ces campagnes ont permis la réalisation de modèles numériques de surface qui ont pu être comparés au modèle numérique de surface réalisé en 2010 via la technologie LIDAR.

Depuis 2010, l'arrière-dune se renforce à l'image de l'extrémité sud qui voit la zone dépressionnaire comprise entre l'arrière plage et la plage se combler de près de 80 cm et ainsi s'élever à plus de 2 m NGF contre 1.5 m en 2010.

Cependant, même si la situation reste globalement stable entre 2015 et 2016, le front dunaire a tout de même subi une forte érosion depuis 2010. Au nord le cordon qui culminait à +3.4 m NGF a totalement disparu laissant le sol à une altitude de l'ordre de 2.5 m NGF (*Illustration 148*).

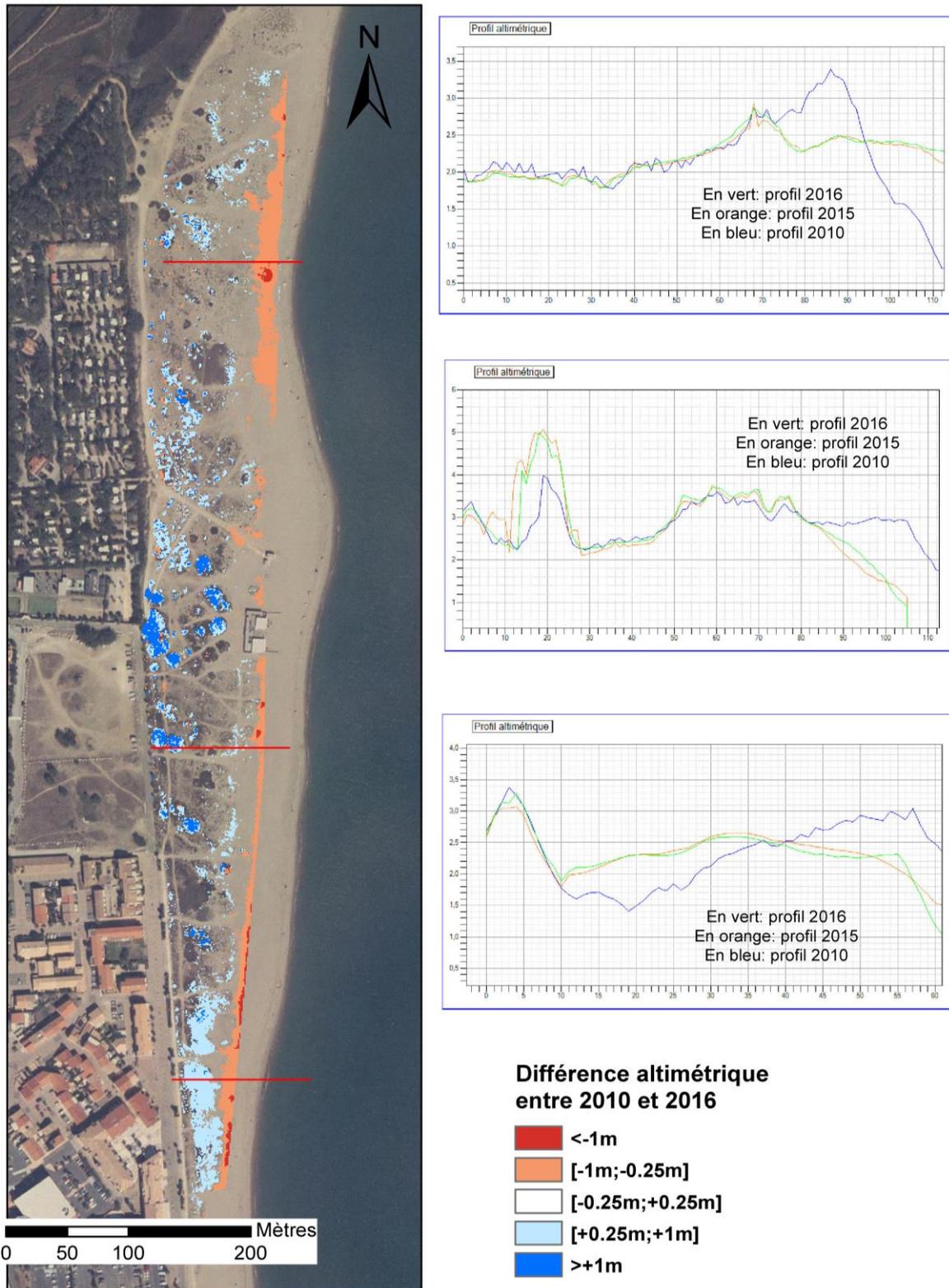
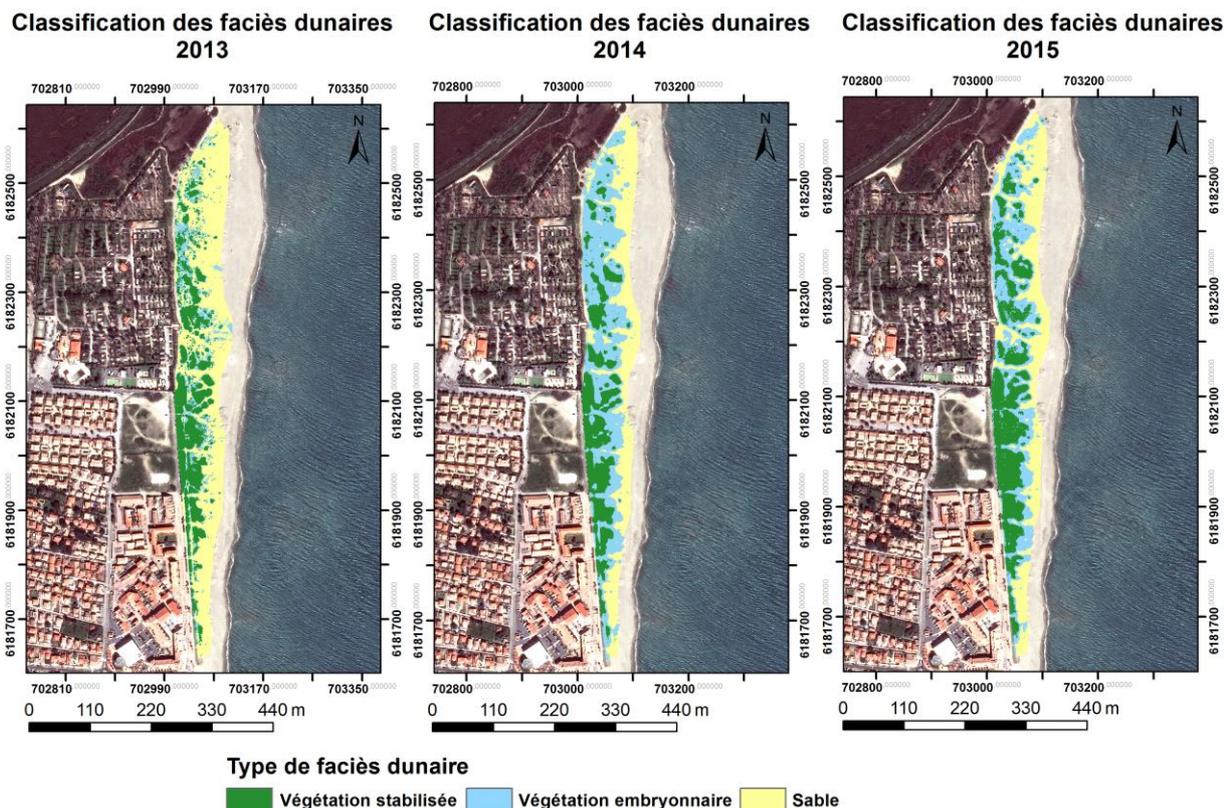


Illustration 148. Evolution morphologique de l'environnement dunaire dans le secteur de Sainte Marie entre 2010 et 2016.

Evolution de la végétation

Le couvert végétal s'étale de façon continue entre 2013 et 2015. La végétation embryonnaire colonise les espaces non végétalisés (entre 2013 et 2014) et se densifie, comme le montre la progression de la végétation stabilisée entre 2014 et 2015. Cette densification explique en partie le comblement observé sur l'arrière-dune (*Illustration 148*).



Source: Pléiades 2013/2014/2015

Auteur: BRGM

Illustration 149. Evolution de la végétation dunaire entre 2013 et 2015 par classification spectrale à Sainte Marie.

Les suivis par les gardes littoraux concernent trois secteurs : Sainte-Marie Nord (*Illustration 150*, *Illustration 151*) et Sainte-Marie centre (Cf. *Illustration 155*, *Illustration 156*, *Illustration 157*) suivis en 2014 et 2015, et Sainte-Marie Camping (*Illustration 152*, *Illustration 153*, *Illustration 154*) suivi uniquement en 2015.

Les évolutions à Sainte-Marie Nord, proche de l'embouchure, indiquent des variations importantes du recouvrement végétal. Ce profil recoupant plusieurs chemins dépourvus de végétation, on peut supposer des variations rapides. Toutefois, le déplacement le long du profil des zones sans végétation reste peu probable et est probablement lié au positionnement du profil dont les bornes ont pu disparaître d'une année à l'autre.

A Sainte-Marie Centre, on note une augmentation du recouvrement végétal, sur un cordon qui reste toutefois très étroit.

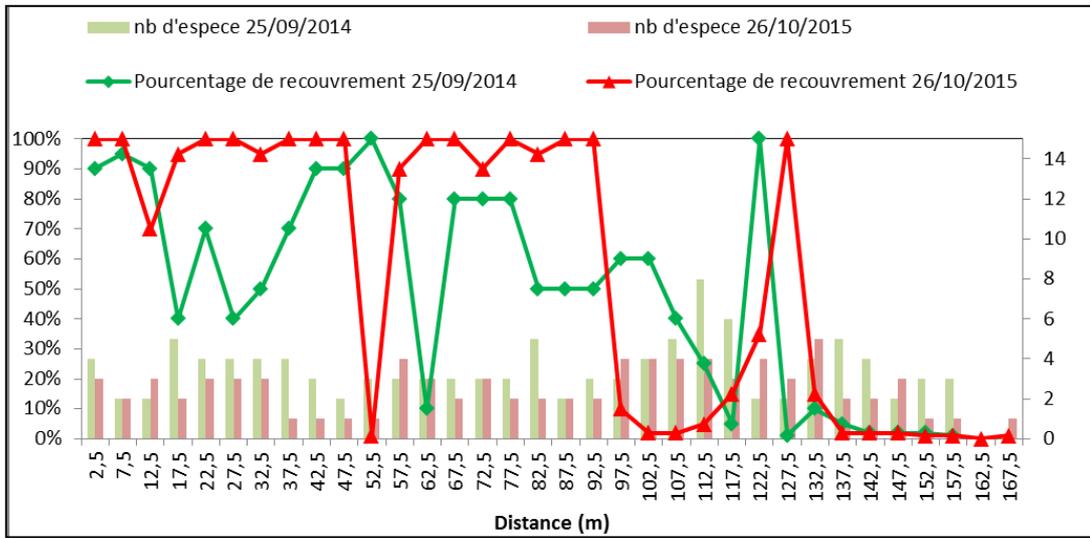


Illustration 150 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015, Sainte-Marie Nord.



Illustration 151 – Image satellitales Pléiades de la zone de suivi (mars 2015). Les points verts indiquent les début/fin de profil, Sainte-Marie Nord.

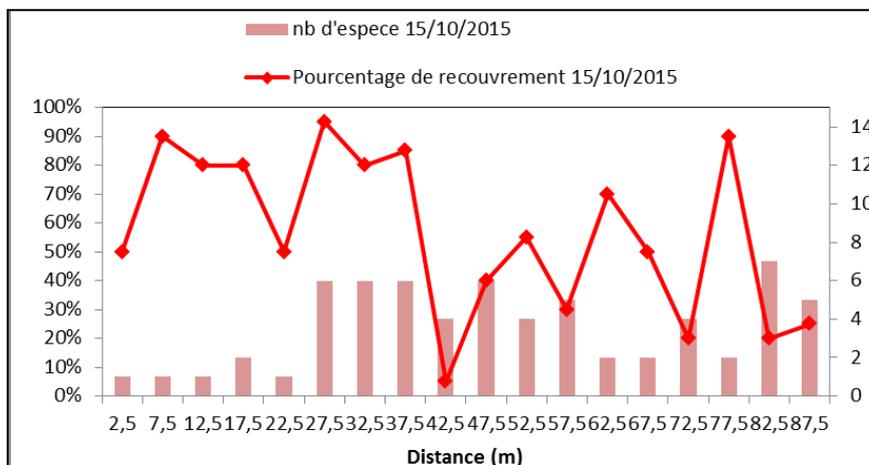


Illustration 152 – Etat de la végétation dunaire en Octobre 2015, Sainte-Marie Camping.

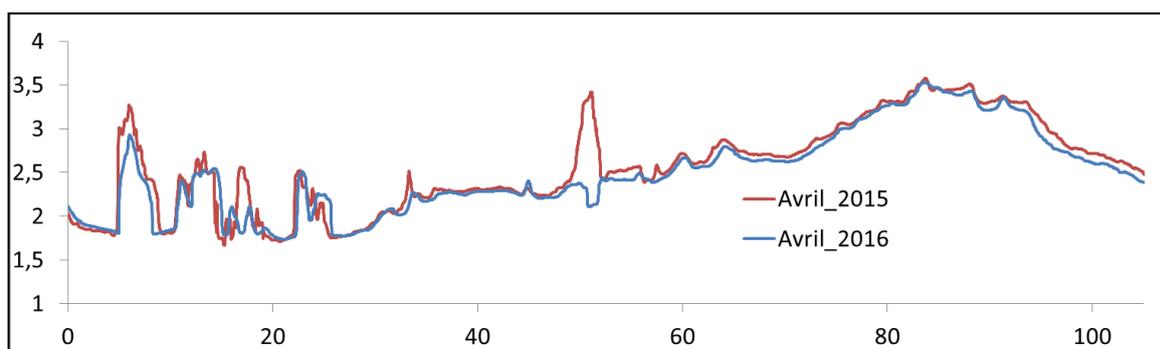


Illustration 153 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone), Sainte-Marie Camping.



Illustration 154 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en Avril 2015 (à gauche) et avril 2016 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil, Sainte-Marie Camping.

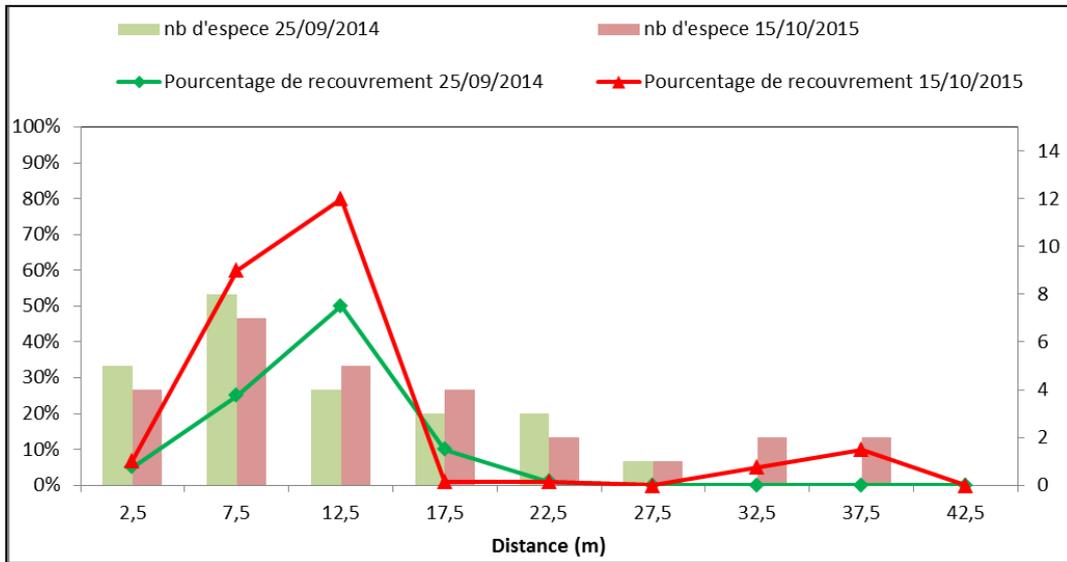


Illustration 155 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015, Sainte-Marie Centre.

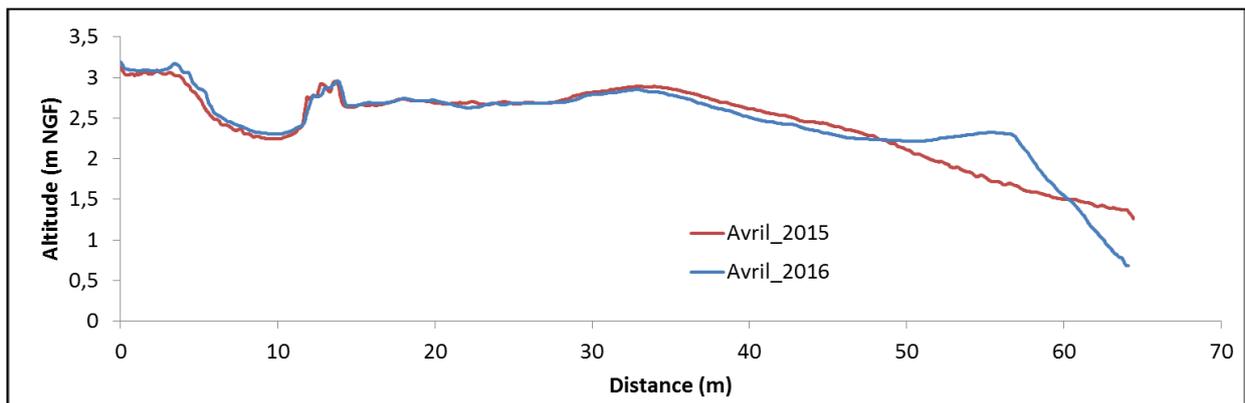


Illustration 156 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone), Sainte-Marie Centre.



Illustration 157 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en Avril 2015 (à gauche) et avril 2016 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil, Sainte-Marie Centre.

4.7.2. Plage de Sainte-Marie

Dans un but de protection des enjeux urbains en arrière de la plage, des ouvrages (4 épis et 2 brise-lames) ont été installés, artificialisant fortement cette portion de littoral. Le nord du secteur est moins urbanisé. L'érosion est toujours présente sur ce territoire malgré la présence d'un système de défense « dur ». La jetée du port bloque le transit sédimentaire en amont-dérive, et les ouvrages amplifient le phénomène d'érosion en aval-dérive.

La géomorphologie des plages et de l'avant-côte de ce secteur est fortement compartimentée. Le sud du port est caractérisé par une barre interne proche de la côte, et une barre externe à environ 400 m de la côte. La pente est plus forte sur le bas de plage que sur le haut de plage où la pente s'inverse.

Sur la portion où s'ont installés les ouvrages de défense, l'arrière-plage est caractérisée par une zone urbanisée. La plage est quant à elle fortement compartimentée par la présence des ouvrages, des baies se forment entre les ouvrages où la pente est plutôt forte, tandis que des tombolos se forment au droit des brise-lames. La barre interne se situe à 200 m au large par rapport à la côte, et la barre externe est plus éloignée (600 m de la côte) et moins marquée par endroit.

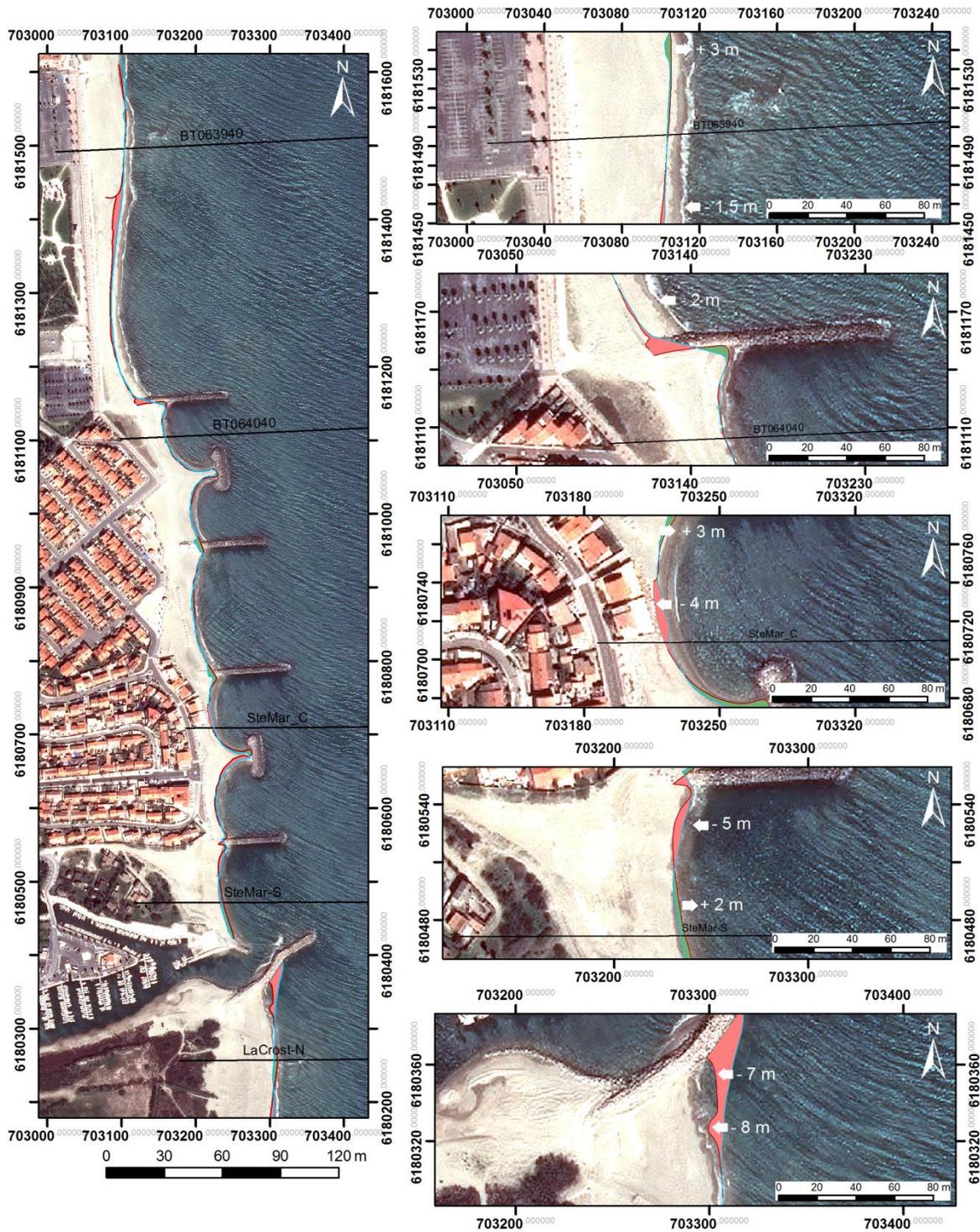
Au nord des ouvrages, la pente de haut de plage est relativement faible, et s'intensifie sur le bas de plage (Illustration 159).

Evolution saisonnière du trait de côte

Les mouvements du trait de côte sur la période septembre 2015/mai 2016 sont relativement faibles (avec des variations en majorité comprises entre -5 m et + 5 m. Plusieurs secteurs en érosion apparaissent pourtant :

- Au sud immédiat du premier épi (avec un recul de - 5 m), mais aussi, de manière plus apparente entre le premier brise-lame et le deuxième épi, où la plage avait disparu lors du levée de juin 2016 en face des enrochements.
- Des mouvements longitudinaux sont visibles sur les crêtes de tombolo en face des brise-lames.
- La partie située au nord des enrochements dénote d'un léger recul constaté notamment par suivi photographique (Illustration 164).

Au total, hormis le recul observé au sud immédiat du port, la position du trait de côte sur le secteur de Sainte-Marie-la-Mer semble relativement stable.



Source:
 Trait de côte 2015/2016: Observatoire de
 la côte sableuse catalane.
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

- Trait de côte septembre 2015
- Trait de côte mai 2016
- Profils de références
- Erosion
- Accrétion

Illustration 158. Carte des traits de côte entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de Sainte-Marie-La-Mer

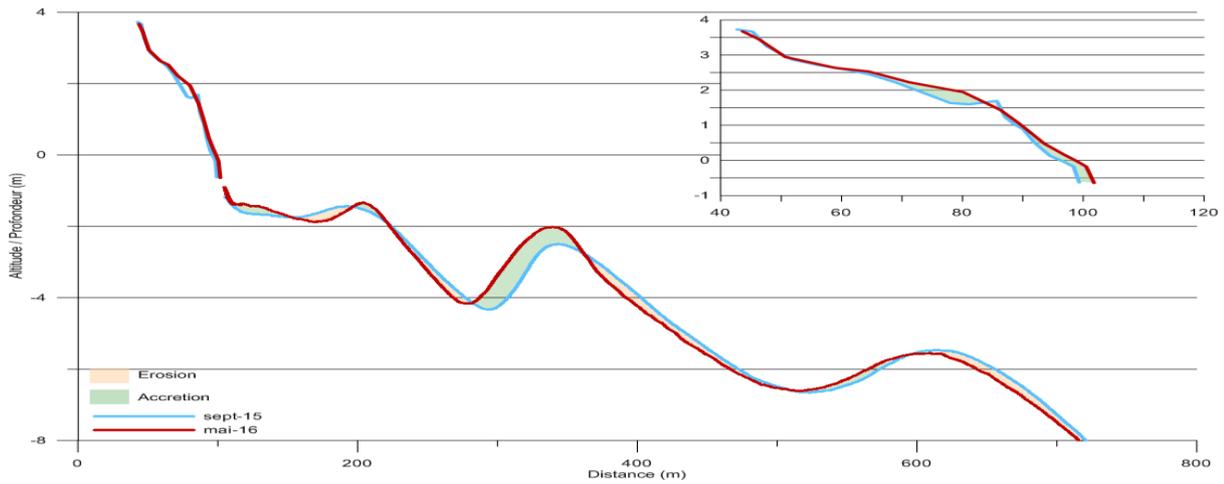


Illustration 159. Profil BT063940, septembre 2015 et mai 2016

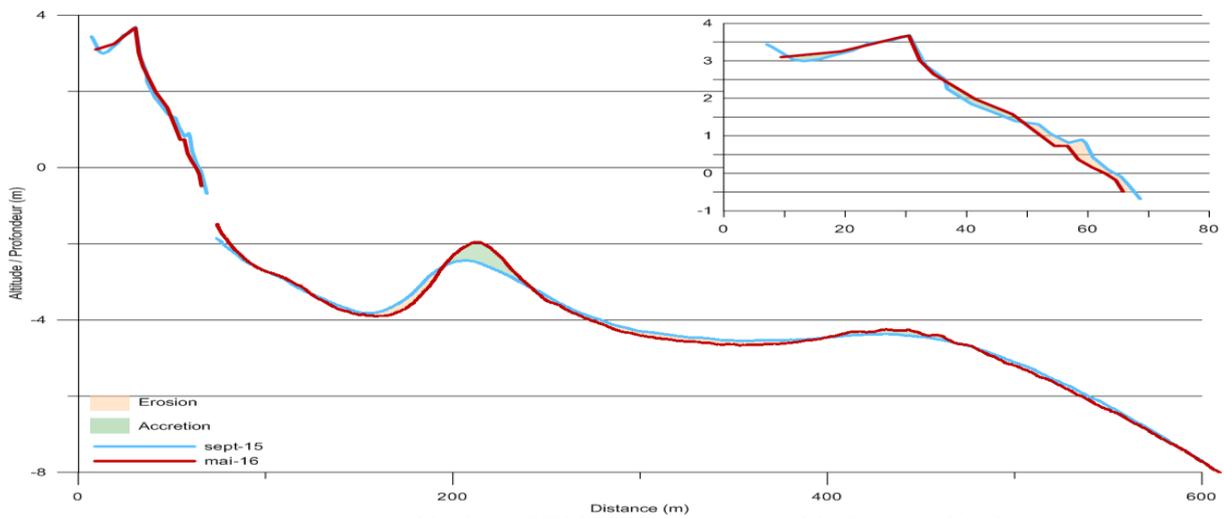


Illustration 160. Profil BT064040, septembre 2015 et mai 2016

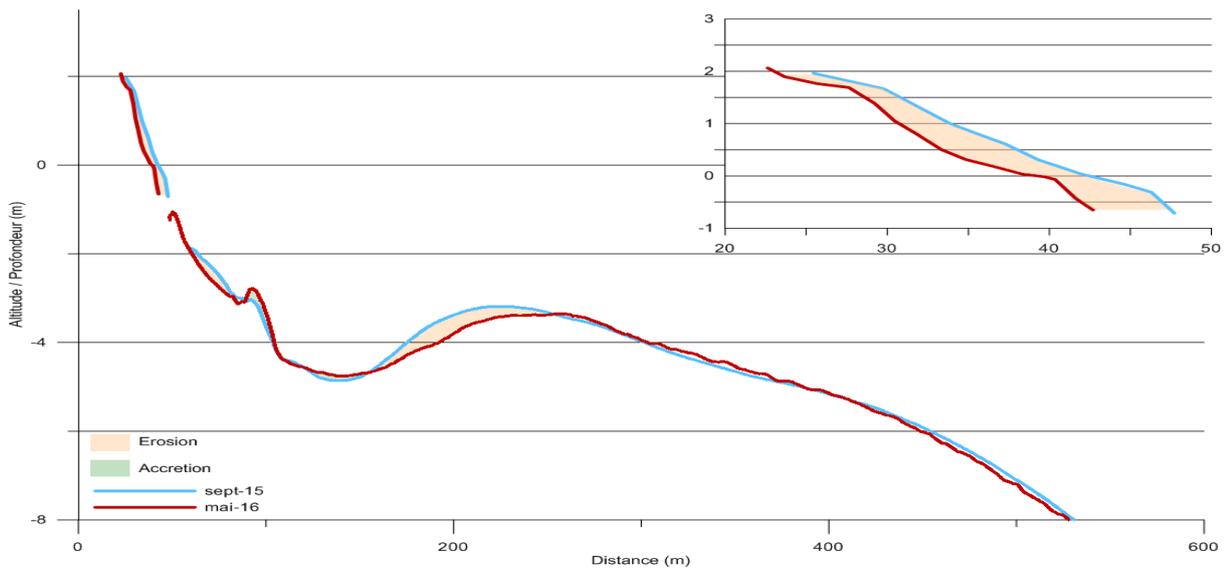


Illustration 161. Profil SteMar_C, septembre 2015 et mai 2016

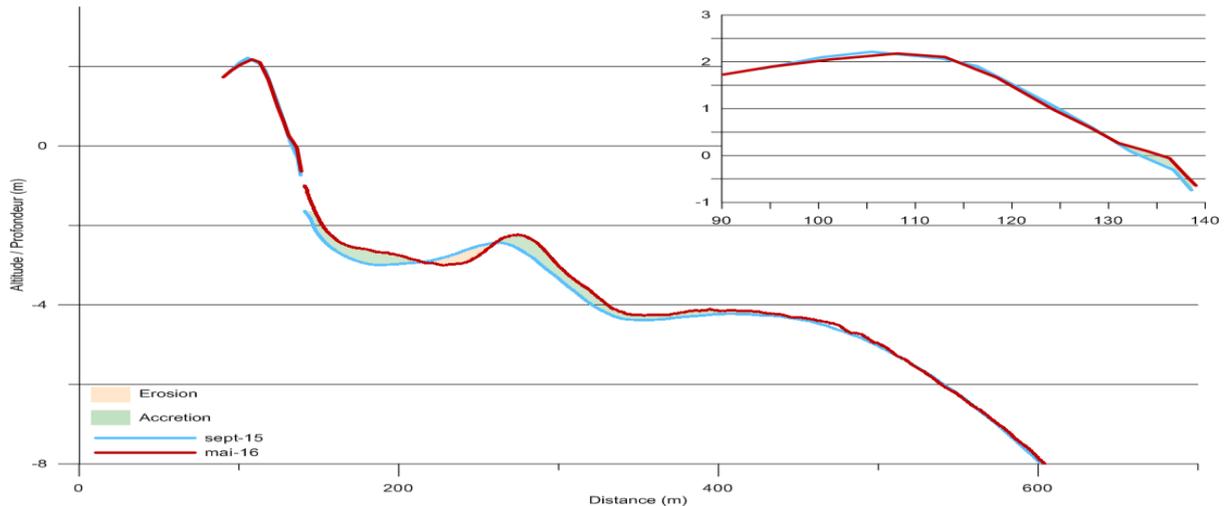


Illustration 162. Profil Ste_Mar_S, septembre 2015 et mai 2016

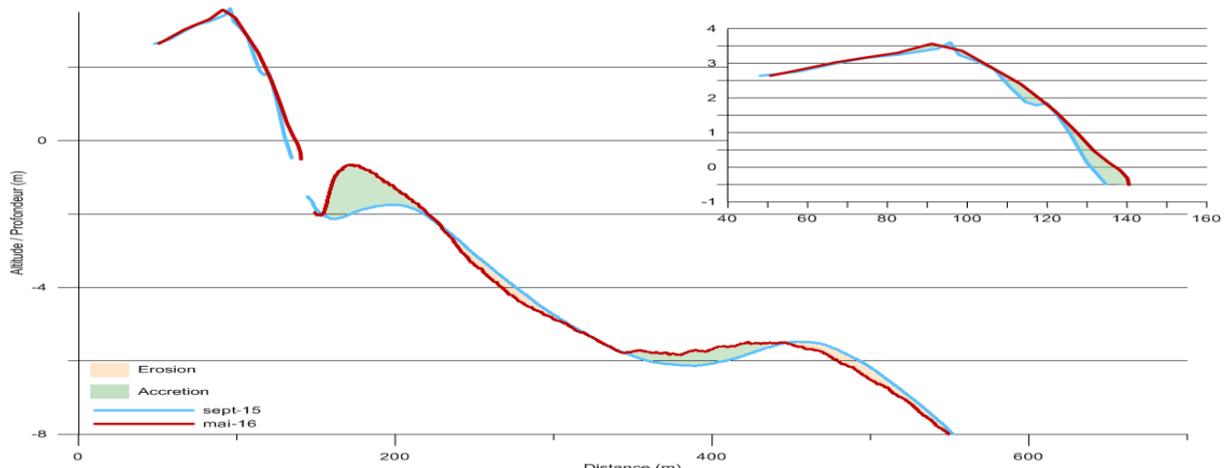


Illustration 163. Profil LaCrost-N, septembre 2015 et mai 2016

Déplacements sédimentaires saisonniers

Le bilan sédimentaire est fortement excédentaire entre avril et septembre 2015 soit + 118 024 m³ pour l'ensemble du secteur et + 1 818 m³ pour la partie émergée. Les apports sédimentaires sur l'avant-côte se concentrent aux secteurs situés entre les ouvrages de défenses, aux deux barres internes situées après les ouvrages de défense (au nord). Une accrétion est également observée au large, mais au regard de la profondeur de la zone en question (-10 m), ce résultat est à prendre avec précaution. En effet, elle correspond à une profondeur située au-delà de la zone de fermeture.

Au sud du port, le bas de plage est en accrétion, alors que le haut de plage s'érode. Ceci peut être d'origine artificiel, et faire suite à un reprofilage de la plage. Le trait de côte au nord des derniers ouvrages est également en érosion.

Entre septembre 2015 et mai 2016, les mouvements sédimentaires sur l'avant-côte sont plus importants. Au nord du site, on constate un déplacement crossshore vers la côte de la barre interne située avant la fosse externe, avec un exhaussement de sa crête de 80 cm environ (Illustration 159). On observe également une faible érosion sur la barre externe sur ce même secteur (Illustration 159 ; Illustration 165). Sur la plage émergée, on note une érosion marquée de la zone située juste au nord des ouvrages (Illustration 164). Ce secteur est particulièrement

sensible aux tempêtes. Des marques d'érosion sont observées après la tempête du 09 mai 2016 (Illustration 164).



Illustration 164 – photographie au nord des ouvrages de Sainte-Marie montrant la micro-falaise d'érosion (© Obscat, 11/05/2016).

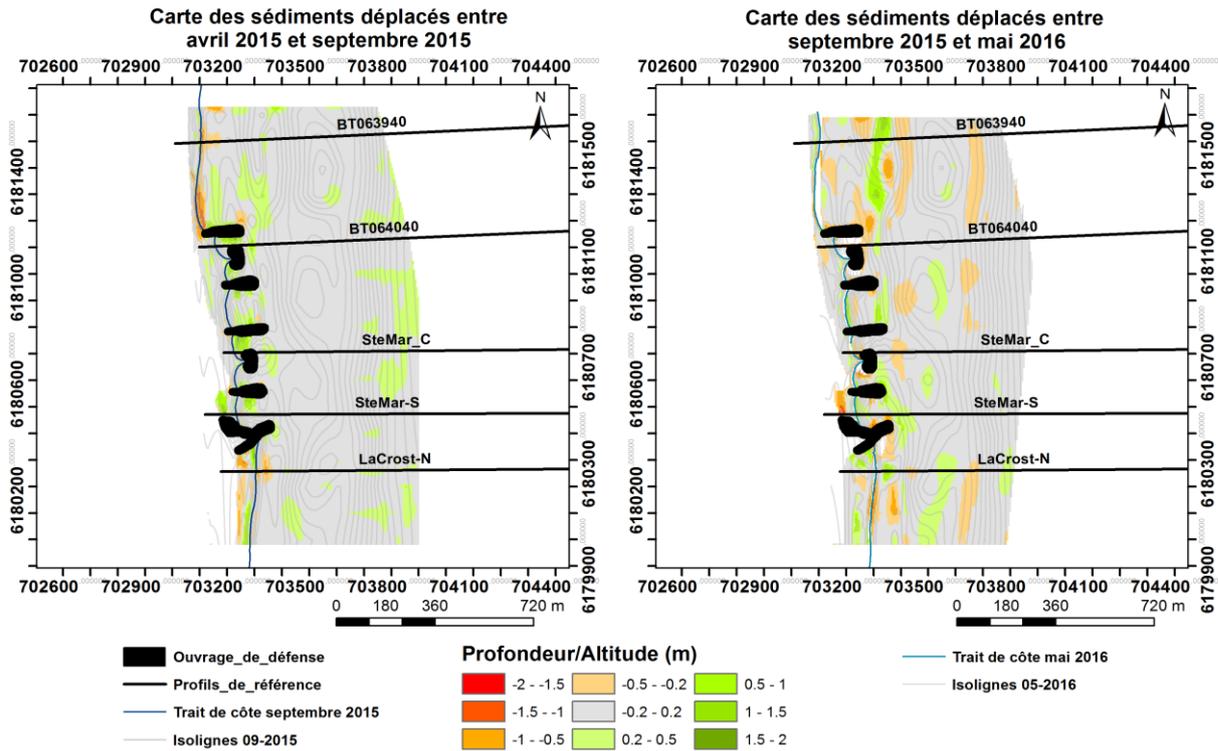


Illustration 165. Cartes des déplacements sédimentaires ss sur la période avril 2015/ septembre 2015 et septembre 2015/ mai 2016 pour le secteur de Sainte-Marie-la-Mer

Sainte Marie 04-2015/09-2015					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m3)	Erosion (m3)	Total (m3)	Marge d'erreur (m3)
Zone Complète	1185793	142 585	-24 561	118 024	14 276
Zone Immergée	1092610	132143	-15938	116 206	13 176
Zone émergée	93182	10441	-8623	1818	1 100
Sainte Marie 09-2015/05-2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m3)	Erosion (m3)	Total (m3)	Marge d'erreur (m3)
Zone Complète	1062208	74 791	-98 059	-23 268	11 597
Zone Immergée	979026	66117	-88396	-22280	10 730
Zone émergée	83181	8674	-9663	-988	867

Illustration 166. Tableaux des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015 et septembre 2015 et entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de Sainte-Marie-la-mer

Impact du rechargement de juin 2016 sur la partie nord du secteur de Sainte-Marie

Cette partie vise à mettre en évidence les effets d'un rechargement sédimentaire effectué au nord des ouvrages de Sainte-Marie en juin 2016 en comparant un levé effectué en mai 2016 et un levé de juillet 2016 sur ce secteur en particulier.

Le rechargement sableux est mis en évidence par un bilan positif sur l'ensemble du secteur avec un bilan net de + 22 171 m³, dont + 4 214 m³ sur la partie émergée (Illustration 168). Cette accrétion s'observe en particulier sur la partie sud de la plage aérienne où ont eu lieu les travaux de rechargements, ainsi que sur la partie immergée en bas de plage. Le trait de côte avance entre 20 et 30 m vers le large au niveau de cette zone de rechargement.

Plus au nord, on constate également un engraissement au niveau de la partie immergée du bas de plage (Illustration 167) avec volume accumulé de 2 733 m³. Cette accrétion peut être le résultat d'une remobilisation des apports artificiels du sud vers le nord du secteur, mais également des sédiments en suspension remobilisés pendant les travaux.

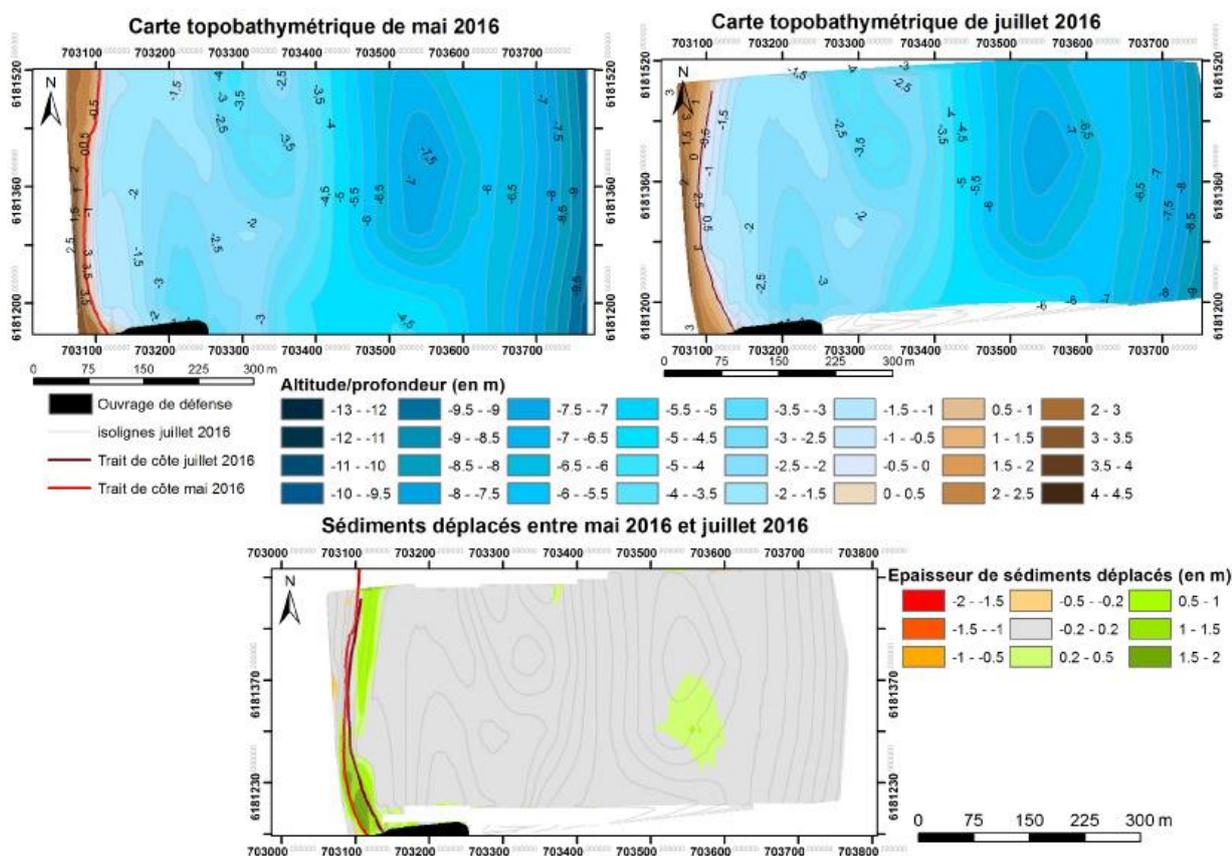


Illustration 167. Cartes des sédiments déplacés avant et après les travaux de rechargement sur la partie nord de Sainte-Marie

Sainte-Marie 05-2016 / 07-2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	226643	22834	-1092	21742	4388
Zone Immergée	215480	18112	-1530	17458	4263
Zone émergée	11163	4722	438	4284	97

Illustration 168. Tableaux des volumes sédimentaires déplacés entre mai 2016 et juillet 2016 au nord de Sainte-Marie

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

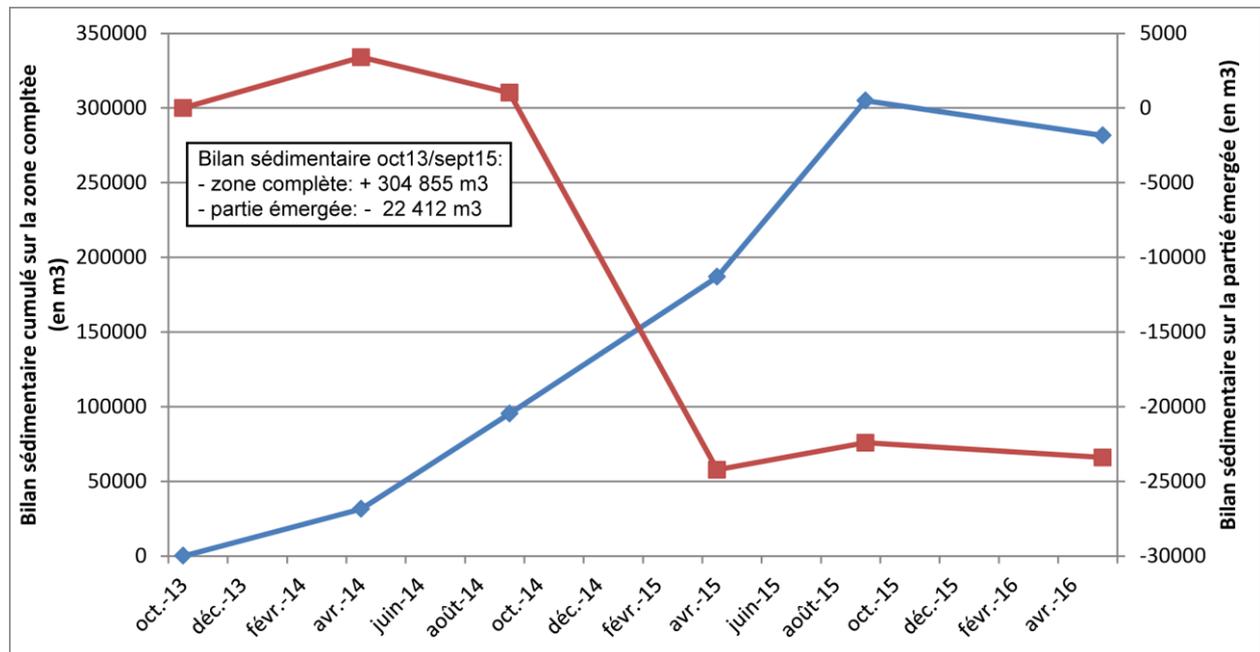


Illustration 169. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Sainte-Marie-la-Mer. Zone complète en bleu, zone émergée en rouge

Le site de Sainte-Marie est globalement en accrétion avec + 304 855 m³ entre octobre 2013 et septembre 2015 (Illustration 169). On remarque un bilan négatif entre septembre 2015 et juin 2016 qui vient freiner cette progression quasi-constante depuis le début des suivis. Le bilan sédimentaire sur la plage aérienne est globalement en érosion notamment du fait d'un fort déficit enregistré entre septembre 2014 et avril 2015 (- 22 412 m³ entre octobre 2013 et septembre 2015). Hormis cette période, les variations saisonnières restent relativement peu importantes.

Les variations du trait de côte les plus importantes sont situées au nord des ouvrages et au sud de la jetée du port. Au nord des ouvrages, le trait de côte est le plus avancé en octobre 2013 et avril 2015. Cette dernière date fait suite à un rechargement qui peut expliquer cette forte avancée.

Sur la partie de plage située au niveau des ouvrages de défense, le trait de côte semble plus stable. Un recul maximum est également constaté en septembre 2014.

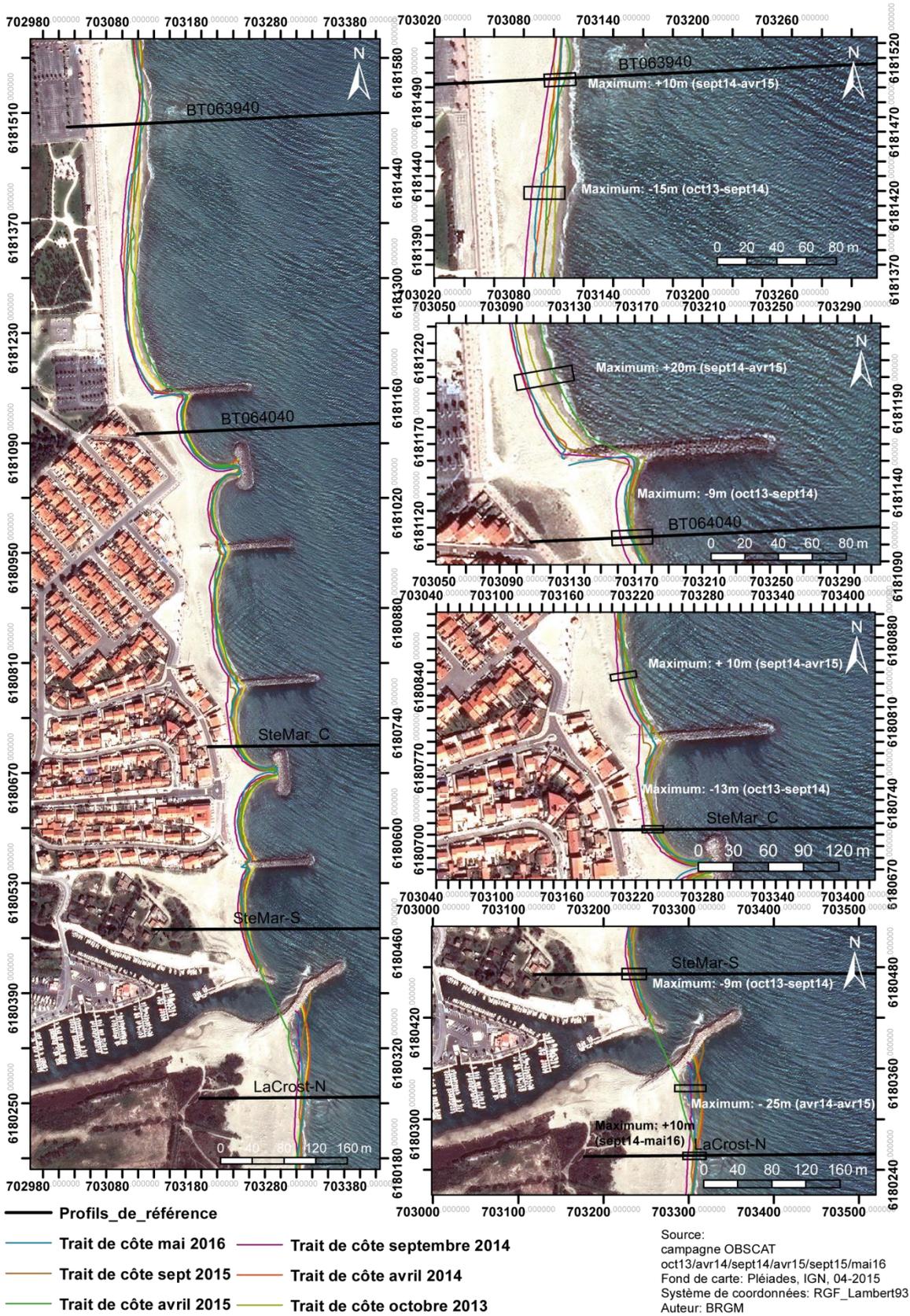


Illustration 170. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur du Sainte-Marie-la-Mer

Bilan et schéma conceptuel

Au total, lors de l'hiver 2015/2016, on observe :

- Un recul du trait de côte dans les baies situées entre les ouvrages, et au nord du secteur ;
- Le recul au nord des ouvrages est fortement compensé par le rechargement printanier. Il faudra par la suite mettre en évidence la façon dont ce sable sera remobilisé à la fin de la période estivale mais également à la fin du prochain hiver pour évaluer les effets saisonniers de ce bypassing en provenance du Sud du Port ;
- Une migration vers le large de la barre interne en face des ouvrages mais une migration vers la côte au nord du secteur.
- Une remobilisation de la barre interne vers le nord au sud de la jetée portuaire, accompagné d'une migration vers la côte de la barre externe.

A l'échelle interannuelle, les données acquises par l'OBSCAT entre 2013 et 2016 ont permis de projeter une première synthèse de l'évolution de la côte dans le secteur de Sainte-Marie (Illustration 171).

La présence de la jetée portuaire n'interrompt pas la continuité des barres d'avant-côte. La barre interne traverse la jetée portuaire en poursuivant son transit sédimentaire dans le sens de la dérive littoral (sud vers nord). Aussi, le transit qui se déroule au niveau de la barre externe a tendance à venir engraisser les cornes des festons de la barre externe. On retrouve ainsi un stock sableux relativement important au large du premier brise-lame. Les épis et les brise-lames ont tendance à éroder plus fortement les secteurs situés entre les ouvrages. Le sable circule dans les baies vers les tombolos, mais aussi se déplace vers le large et vient engraisser les barres d'avant-côte. Au nord du secteur, une barre se situe dans le prolongement de la barre interne discontinue présent au droit des ouvrages (Illustration 171) avant de venir s'accoler plus près de la plage au nord des ouvrages. Mais au nord immédiat de ces derniers, la barre marque un mouvement vers le large (Illustration 171). Une deuxième barre, plus au large, a elle tendance à s'approcher de la côte et vient s'accoler à la barre interne plus continue.

Schéma de synthèse d'évolution du secteur de Sainte-Marie entre octobre 2013 et mai 2016

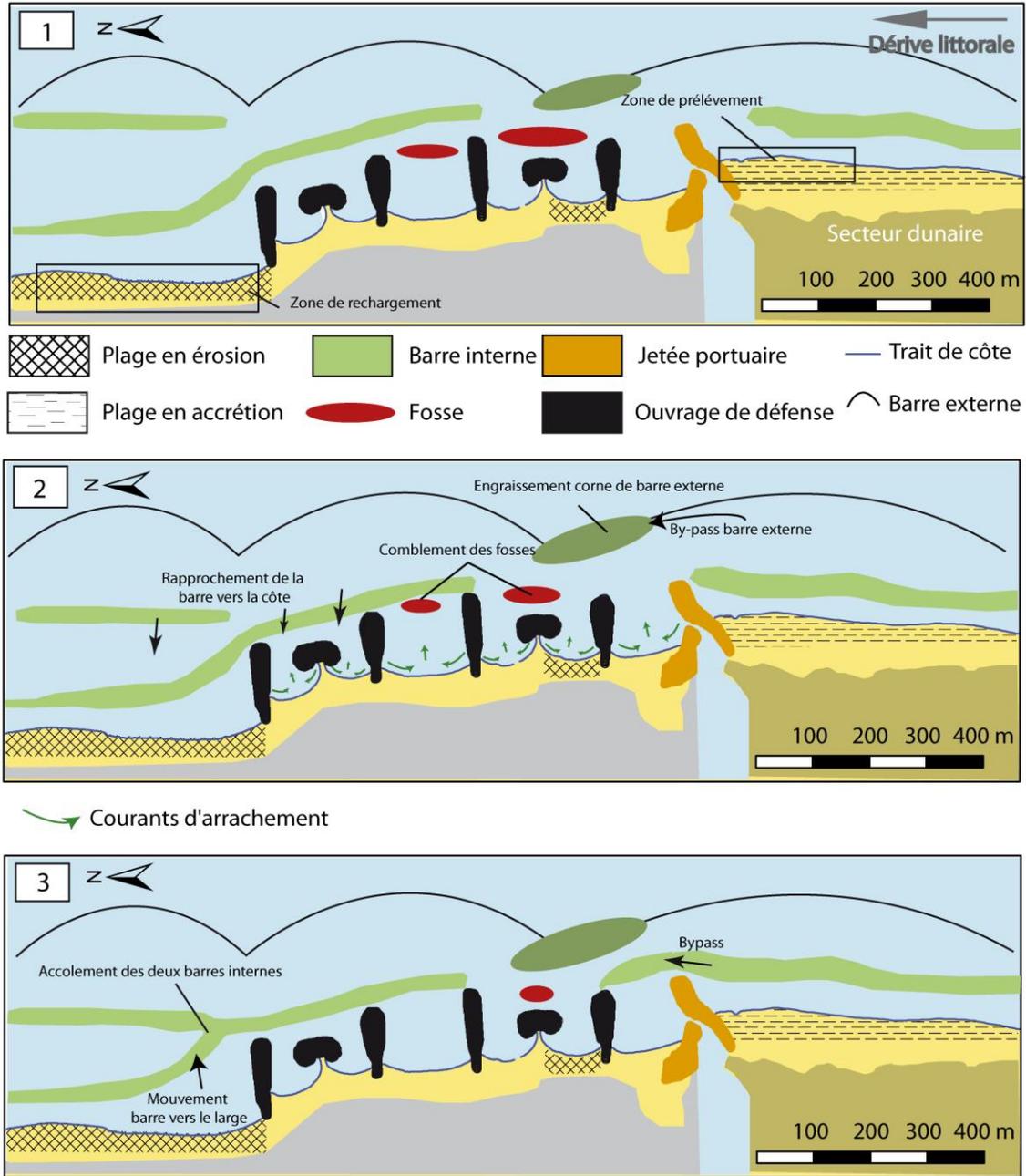


Illustration 171. Schéma de synthèse de l'évolution sédimentaire pour le secteur de Sainte-Marie lors des 3 années d'observation.

4.7.3. Embouchure de la Têt

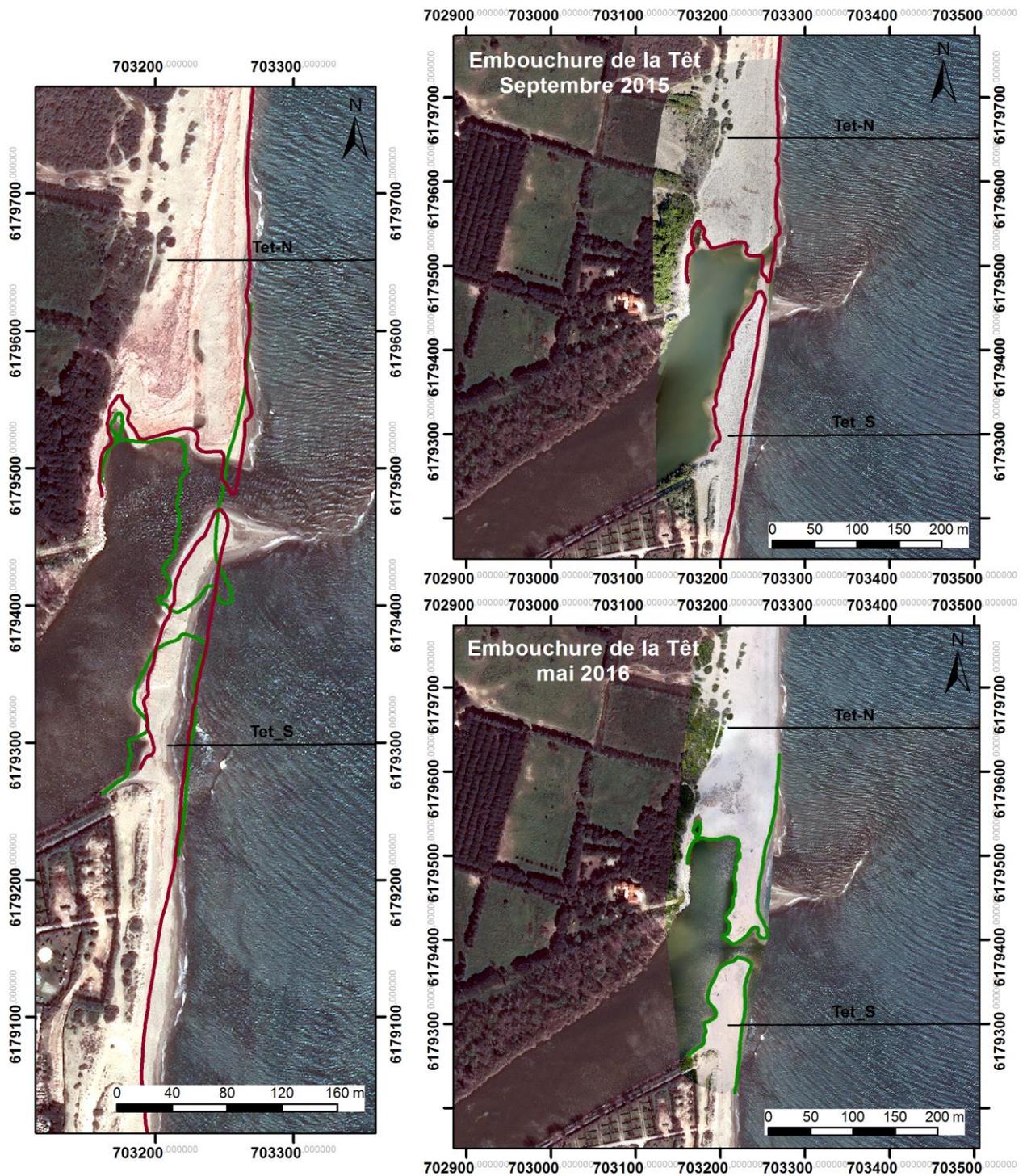
L'embouchure de la Têt est caractérisée par une forte variabilité, contrôlée à la fois par des dynamiques alluviales et marines. Cette embouchure, contrairement à l'Agly et au Bourdigou, n'est ni canalisée ni endiguée, ce qui entraîne d'importants déplacements annuels et saisonniers. Entre septembre 2014 et avril 2015, l'embouchure de la Têt s'est déplacée de plus de 200 m vers le sud.

D'un point de vue morphologique, cette embouchure se distingue par une longue flèche sableuse qui prend racine sur la rive sud, mesurant du Nord au Sud 250 m en septembre 2015 et environ 125 m en mai 2016. Une nouvelle brèche a déplacé la sortie de l'embouchure vers le sud pendant la période hivernale avec une fermeture de l'ancienne brèche.



Illustration 172. Suivi photographique de l'embouchure de la Têt. à gauche, en septembre 2015; à droite, en mai 2016

Ce secteur est caractérisé par une barre externe peu marquée au sud, disparaissant complètement au nord, ainsi que par une barre interne quasiment continue sur toute la longueur du secteur. Au sud, le bas de plage présente une pente importante, une berme bien marquée et un haut de plage en pente inversée. Au nord, du fait de l'embouchure, la plage présente des géométries très variables suivant les années.



Source:
 Trait de côte septembre 2015/mai 2016: Observatoire
 de la côte sableuse catalane
 Orthophotographie drone: sept 15/mai 2016.
 Ecoceanodrone/BRGM
 Fond de carte: Pléiades, IGN, 04-2015
 Système de coordonnées: RGF-Lambert-93

— Profil de référence
 — Trait de côte septembre 2015
 — Trait de côte mai 2016

Auteur: BRGM

Illustration 173. Carte des évolutions morphologiques de l'embouchure de la Têt entre septembre 2015 et mai 2016

Evolution saisonnière du trait de côte

La brèche créée par la crue de novembre 2014 s'est maintenue jusqu'en septembre 2015 avant de se déplacer de 100 m vers le sud au cours de l'hiver 2015/2016 (Illustration 173). Ce déplacement peut s'expliquer par l'apparition d'une nouvelle brèche lors d'une concomitance tempête/surcote/crue en novembre 2015 (Illustration 51, Illustration 53, Illustration 55). La flèche de la sortie jusqu'à la plage nord mesure environ 120 m.

Le trait de côte sur les plages sud et nord semble relativement stable sur cette période.

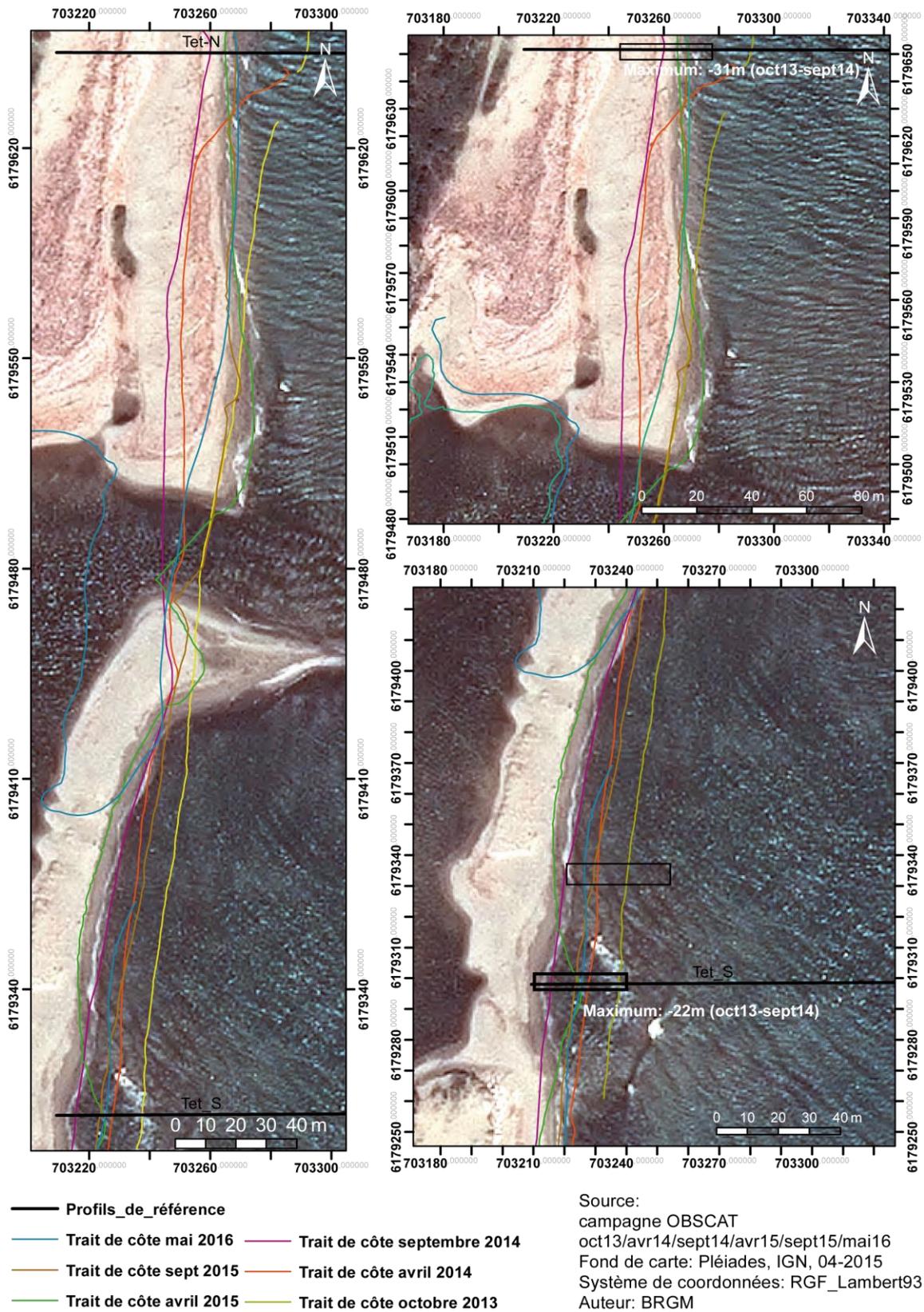


Illustration 174. Carte des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de la Têt

Déplacements sédimentaires saisonniers

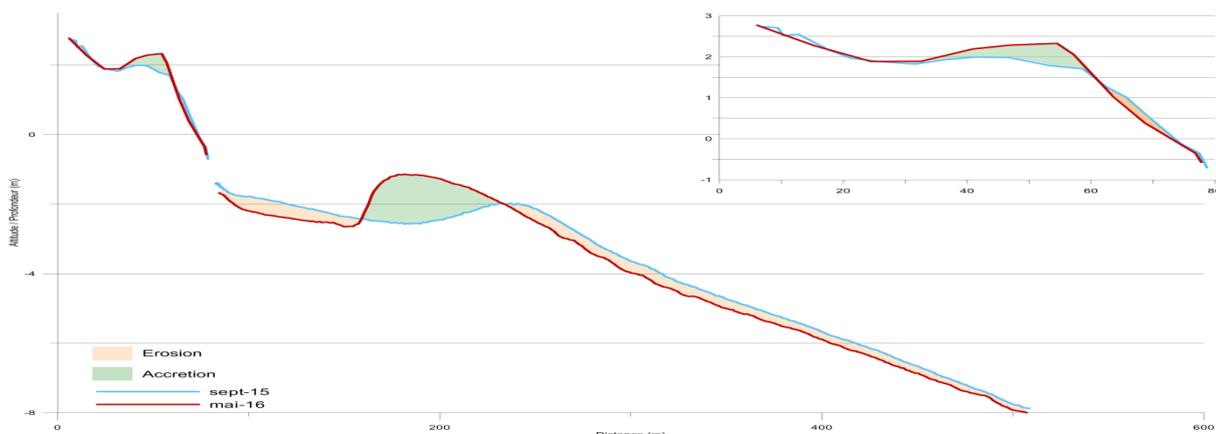


Illustration 175. Profil Têt N, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de la Têt

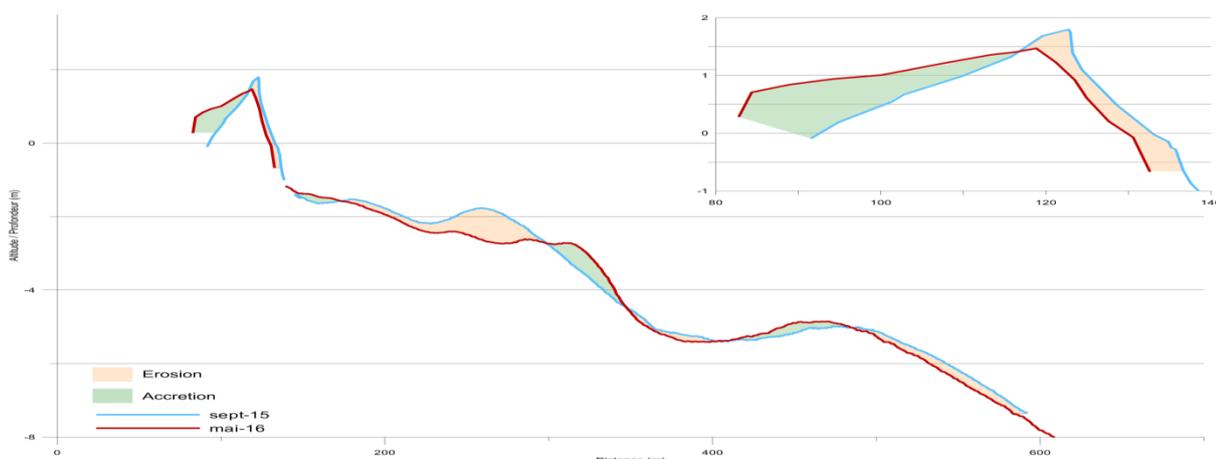


Illustration 176. Profil Têt S, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de la Têt

Une forte remobilisation sédimentaire apparaît entre septembre 2015 et mai 2016. En premier lieu, les bancs sableux accumulés sur le delta de la Têt lors de la crue de novembre 2014 ont migré au profit de la barre interne et des plages attenantes (Illustration 177), ce qui se traduit par une perte sédimentaire conséquente.

La barre interne s'est en effet redressée par une migration vers le large au niveau du profil de référence sud (Illustration 176), et une migration vers la côte observable sur le profil nord (Illustration 175). Sur le profil Têt Sud, la barre externe migre vers la côte avec une érosion de sa face externe au profit de sa face interne.

La flèche sud est en accrétion sur sa face interne parfois à plus + 50 cm d'élévation, tandis que la face externe s'est érodée avec un recul de 4 m. Au niveau de la plage nord, le profil Têt Nord indique une relative érosion de la berme. Le profil devient alors plus concave, alors que la crête de berme s'exhausse de + 1,25 m.

On enregistre également une accrétion sur la flèche nord formée au cours de l'hiver 2015/2016, ainsi qu'une forte érosion au niveau de la nouvelle sortie de l'embouchure.

Les bilans sédimentaires sont positifs lors de la période avril / septembre 2015, avec + 30 491 m³ dont + 24 500 m³ sur la partie immergée en mer (Illustration 178). Cette accrétion est suivie par une forte érosion sur la partie immergée entre septembre 2015 et mai 2016 avec un bilan

négatif de $- 54\,581\text{ m}^3$. Le bilan sur l'embouchure interne et la partie émergée ($+ 10\,770\text{ m}^3$) montre les gains issus de la remobilisation du delta au profit de la plage nord et de la formation de la flèche nord, et les apports fluviaux, notamment sur la face interne de la flèche sud.

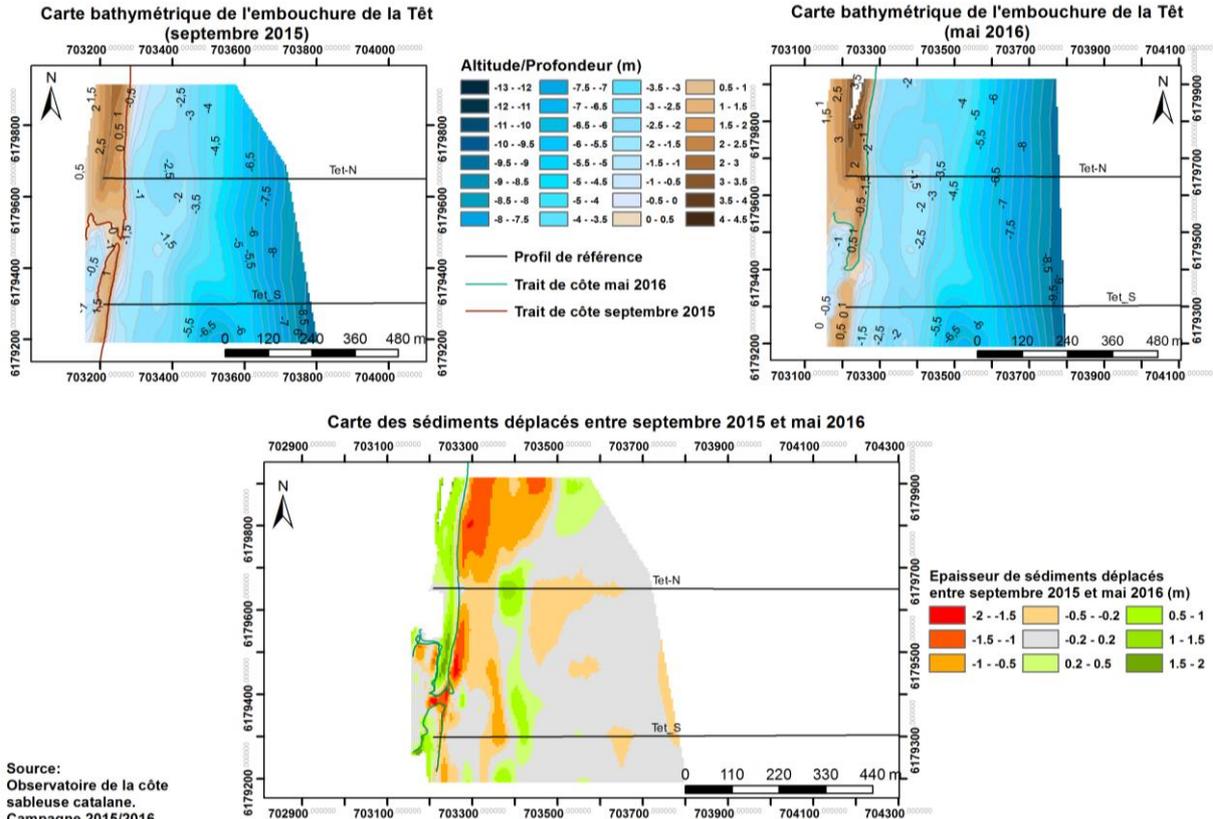


Illustration 177. Carte des volumes de sédiments déplacés entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur de la Têt

TET 04-2015/09-2015					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m3)	Erosion (m3)	Total (m3)	Marge d'erreur (m3)
Zone Complète	299139	45 539	-15 048	30 491	3 828
Zone Immergée	259634	34 604	-10 105	24 500	3569
Zone émergée et embouchure	39505	10934	-4943	5991	260
TET 09-2015/05-2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m3)	Erosion (m3)	Total (m3)	Marge d'erreur (m3)
Zone Complète	375476	37340	-81152	-43812	2 811
Zone Immergée	338205	20983	-75564	-54581	2 596
Zone émergée et embouchure	37271	16357	-5588	10770	215

Illustration 178. Tableaux des volumes de sédiments déplacés entre avril2015/septembre2015 et septembre2015/mai2016

Bilan

La concomitance d'une crue et d'une tempête en novembre 2015 a pu créer une nouvelle brèche sur l'embouchure de la Têt. La sortie est maintenant 120 m plus au sud. Les flèches de l'embouchure se sont exhausées. Les bancs sableux sur le delta ont été remobilisés à la fois vers le large en engraisant la barre interne, et vers la côte au profit des flèches sableuses.

Au regard des 3 années de suivi, l'embouchure de la Têt est relativement mobile. Alors que la sortie était située au nord du secteur en septembre 2014, celle-ci s'est comblée. Une brèche s'est créée lors de la crue de novembre 2014, environ 200 m plus au sud. Une brèche est ensuite de nouveau apparue entre septembre 2015 et Mai 2016 à une centaine de mètres au sud. La partie nord de la flèche s'est alors comblée.

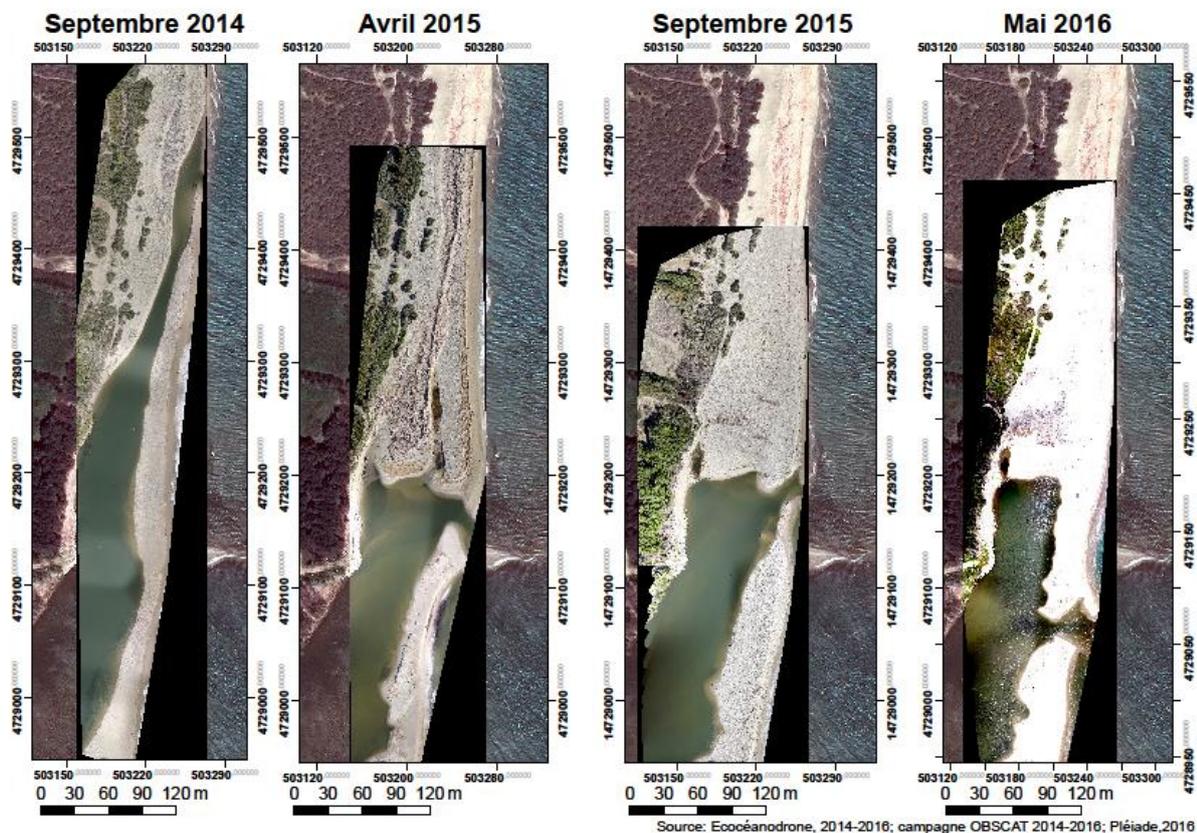


Illustration 179. Evolution de l'embouchure de la Têt entre septembre 2014 et mai 2016

4.7.4. Nord du Port de Canet-en-Roussillon

La jetée portuaire de Canet-en-Roussillon diminue les apports issus du transit sédimentaire longitudinal. Le secteur en aval –dérive du port est considéré comme en érosion (De la Torre, et al, 2014). Des reprofilages ont lieu certaines années afin de compenser cette perte occasionnée par la présence de la jetée.

L'avant-côte est caractérisée par une barre externe située entre 500 et 550 m de la côte à environ 7 m de profondeur. Le système de barres internes est plus complexe. On retrouve ainsi 1 à 3 barres internes selon les portions de littoral.



Illustration 180. Suivi photographique du nord de Canet-en-Roussillon : à gauche, sud du secteur depuis la jetée portuaire, mai 2016, OBSCAT; à droite, plage au nord du profil BT061140, mai 2016, OBSCAT

Entre avril 2015 et septembre 2015, le profil nord est marqué par une falaise d'érosion au niveau du haut de la berme de bas de plage tandis que la pente sur la partie sud est beaucoup plus douce (Illustration 181 ; Illustration 182). L'avant-côte est relativement stable et les évolutions se confinent à des déplacements au niveau de la barre interne.

A la fin de la période hivernale 2015/2016, le profil de la berme au Nord s'avance vers le large et le haut de plage s'est raidi. Au sud, à proximité du port, le profil est en érosion et la plage devient très étroite.

La barre, située à environ 100 m de la côte, s'est allongée parallèlement à la côte entre septembre 2015 et mai 2016 (**Annexe 2**).

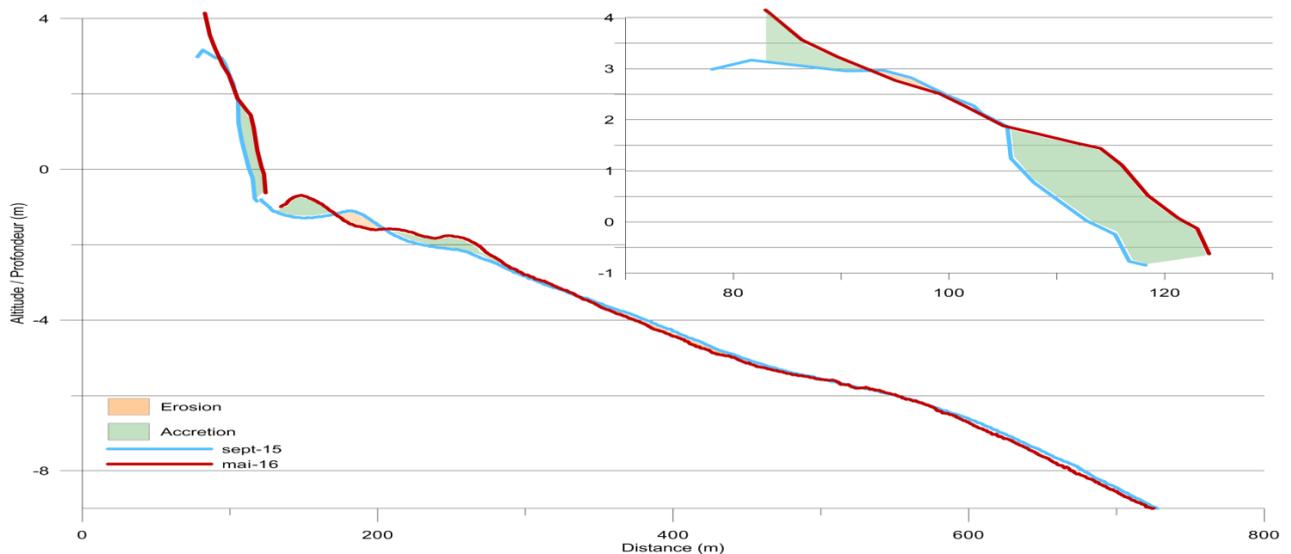


Illustration 181. Profil BT061140, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Canet Nord.

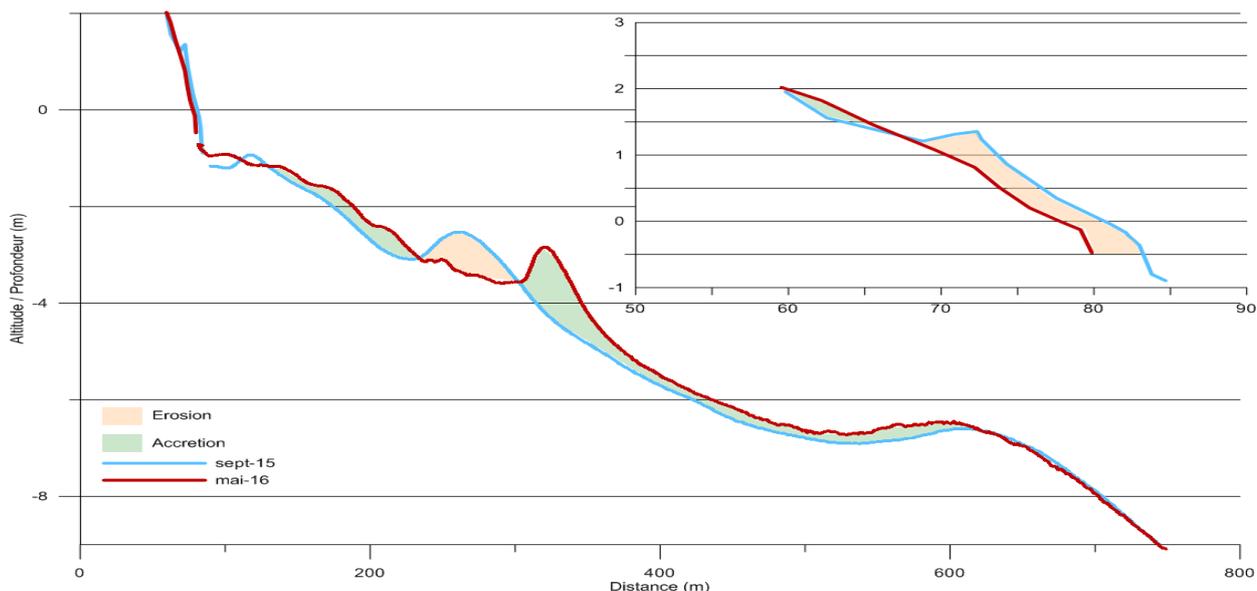


Illustration 182. Profil Port Canet Nord, Sud ; septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Canet Nord

Evolution saisonnière du trait de côte

L'analyse des profils de berme confirme bien une avancée du trait de côte accompagnée d'une progradation de la berme dans le secteur nord (Illustration 181; Illustration 182).

L'évolution du trait de côte varie selon les portions. En septembre 2015, sur la partie centrale, on notait une avancée significative vers le large. En mai 2016, celle-ci a reculé de 10 m environ, linéarisant le trait de côte. La formation de cette avancée peut avoir deux origines : l'accolement d'une barre qui s'est déplacée vers le nord (Illustration 184) et/ou les travaux de reprofilage printanier pour la saison touristique.

Le sud de ce secteur peut être considéré comme stable au vu des faibles déplacements enregistrés. Le trait de côte prograde au niveau du profil BT061140 avec des valeurs de 6 à 7 m.



Source:
 Trait de côte 2015/2016: Observatoire de
 la côte sableuse catalane.
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

- Trait de côte septembre 2015
- Trait de côte mai 2016
- Profils de références
- Accrétion
- Erosion

Illustration 183. Carte des traits de côte entre septembre 2015 et mai 2016 pour le secteur nord de Canet-en-Roussillon.

Déplacements sédimentaires saisonniers

La période allant d'avril 2015 à septembre 2015 enregistre un bilan positif de +25 764 m³ sur l'ensemble du secteur (Illustration 185). Les apports se concentrent principalement sur la partie centrale ainsi que sur les barres internes au sud et au nord du secteur (Illustration 184). Cette zone d'accrétion au centre du secteur correspond à un fort engraissement d'une barre, proche du trait de côte qui a pour effet une avancée du trait de côte au droit de cette barre. Notons que cette avancée peut, dans une moindre mesure, être également le résultat d'un reprofilage. On observe un point d'érosion au niveau du trait de côte sur le profil BT061140 avec un abaissement compris entre -1,5 et -2 m, ainsi qu'au sud du secteur sur le profil Port Canet N-S. Les déplacements sédimentaires sur la partie émergée restent relativement faibles.

De septembre 2015 à mai 2016, les mouvements sédimentaires au niveau des barres sont plus marqués. La morphologie des barres internes évolue, avec un déplacement vers le nord d'une barre accolée à la côte sur la partie centrale en septembre 2015 puis située ensuite au niveau du profil BT061140 en mai 2016. Sur cette zone, la barre interne semble s'étaler vers le large. Les deux autres barres observables sur le système de barre interne se sont linéarisées et engraisées notamment la barre située avant la fosse externe. Cette barre s'est déplacée vers le large.

Bien que les mouvements constatés soient plus importants que sur la période précédente (Illustration 184), les volumes sédimentaires sont relativement stables avec un bilan négatif modéré de -2 024 m³. La partie émergée est en accrétion et comble les pertes enregistrées entre avril 2015 et septembre 2015.

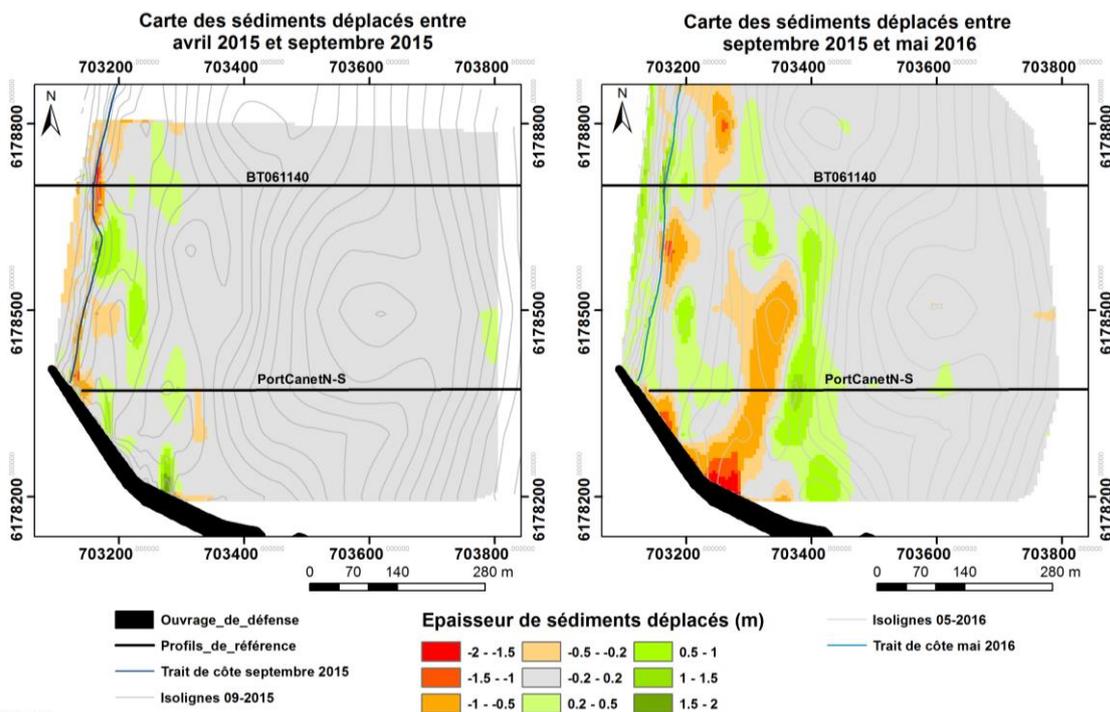


Illustration 184. Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur de Canet-en-Roussillon Nord

Canet Nord 04-2015/09-2015					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	398854	36 154	-10 390	25 764	8 052
Zone Immergée	384520	35 256	-8 102	27 155	7 957
Zone émergée	14334	898	-2 289	-1 391	94
Canet Nord 09-2015/05-2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	446891	42 082	-44 105	-2 024	5 145
Zone Immergée	424219	36 256	-43 117	-6 861	5 033
Zone émergée	22672	5826	-989	4837	119

Illustration 185. Tableau des volumes sédimentaires déplacées sur la période avril 2015/septembre 2015 et septembre/mai 2016 pour le secteur nord de Canet-En-Roussillon

Bilan interannuel: bilan sédimentaire et trait de côte

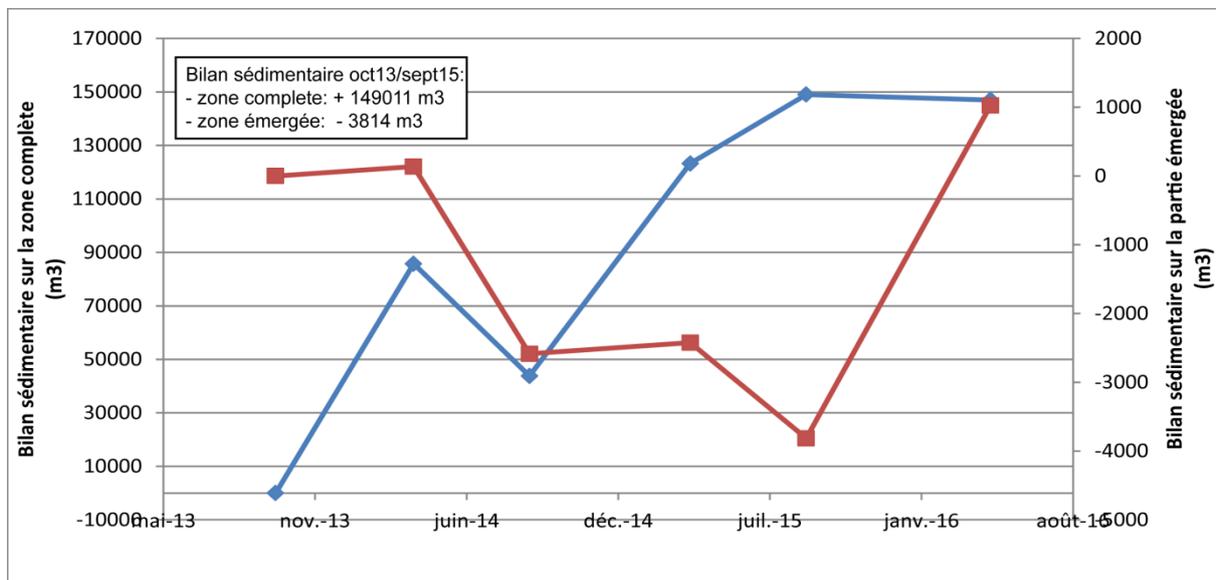


Illustration 186. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur nord de Canet-en-Roussillon. Zone complète en bleu, zone émergée en rouge

L'évolution sédimentaire sur la zone complète est en forte accrétion (+149 011 m³ entre octobre 2013 et septembre 2015). Seule la période avril 2014 à septembre 2014 a un bilan négatif. On constate également une érosion de la partie émergée sur cette période (Illustration 186). Le bilan sédimentaire émergé est négatif entre octobre 2013 et septembre 2015 (-3814 m³). Celui entre septembre 2015 et mai 2016 vient compenser cette perte constatée entre avril 2014

et septembre 2015 (Illustration 186) donnant un apport sédimentaire positif sur la période du suivi mené par l'OBSCAT.

D'octobre 2013 à septembre 2015, la partie émergée est caractérisée par une relative stabilité durant les périodes hivernales et une érosion en période estivale. Le lien entre bilan sédimentaire négatif à la fin de l'été et recul du trait de côte ne s'observe qu'au niveau du profil BT061140, mais il n'est pas observé une avancée systématique à la fin de la période estivale comme le montre le recul du trait de côte entre octobre 2013 et avril 2014.

L'évolution des bilans sédimentaires indique un bilan négatif sur la période avril 2014/septembre 2014 (Illustration 186). Ce bilan semble se répercuter sur la position du trait de côte tout particulièrement sur la partie centrale et nord du secteur en septembre 2014 (Illustration 187). Le trait de côte évolue avec une amplitude maximale de 20 m (partie centrale du secteur; Illustration 187).

Bilan

Le trait de côte semble avoir évolué par le biais d'une translation d'une sinuosité de plage vers le nord d'origine anthropique ou lié à un remaniement des barres. Le bilan sédimentaire est pourtant stable à la fois sur la plage aérienne et sur la partie immergée.

Bien que des déplacements soient constatés sur l'avant-côte (Illustration 184), ceci n'est que le résultat d'un remaniement du système de barre interne (notamment une migration vers le large) et non d'une perte en sédiment sur le secteur.

Après avoir atteint un recul maximal en septembre 2014, le trait de côte semble osciller autour d'une position d'équilibre. Des sinuosités de plages apparaissent cependant, liées à l'influence des barres d'avant-côte sur le trait de côte.

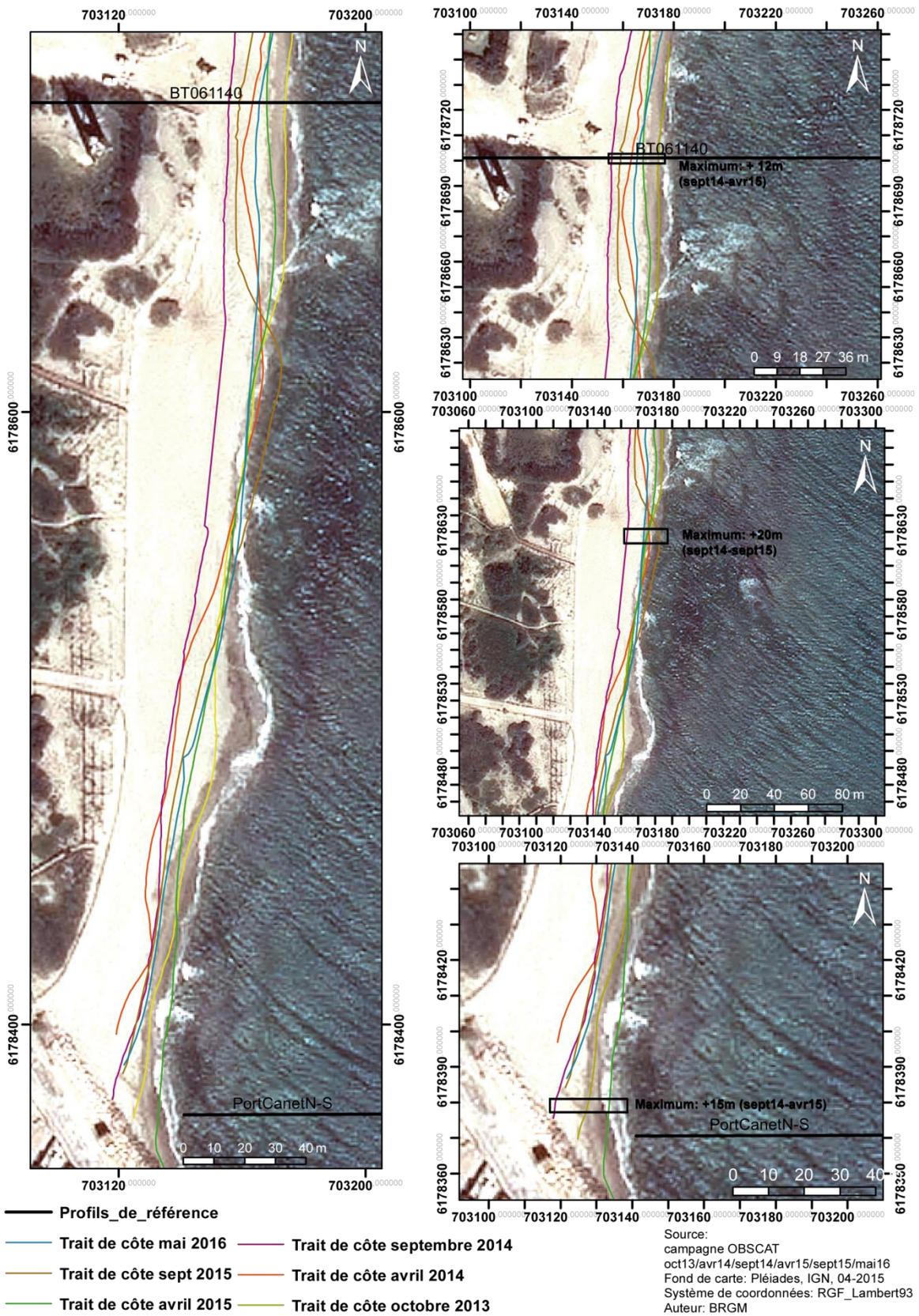


Illustration 187. Position des traits de côte entre octobre 2013 et mai 2016 pour le secteur de Port Canet Nord

4.8. CELLULE 6 – DU PORT DE CANET-EN-ROUSSILLON A ST-CYPRIEN

La cellule 6 est délimitée au Nord par la jetée sud du port de Canet, et au Sud par le grau de l'étang de Canet-Saint Nazaire. Cette cellule est caractérisée par une zone très urbanisée au Nord, correspondant à la commune de Canet-en-Roussillon, faisant place au Sud à un lido constitué d'un cordon dunaire végétalisé. Ce cordon dunaire fait l'objet d'une réhabilitation par des ganivelles depuis 2009. Le lido, ainsi qu'une partie de l'étang sont la propriété du Conservatoire du Littoral, sur une surface de 894 ha (Barneoud, 2009).

La plage est constituée de sables grossiers de diamètre moyen supérieur à 0,8 mm. Les principaux apports sédimentaires de la cellule sont issus du Tech et de l'étang de Canet-Saint Nazaire, où débouche le Réart.

Le nord de la cellule se distingue par la zone d'accumulation engendrée par la jetée portuaire. La plage émergée est homogène et présente un profil relativement plan. L'avant-côte est constituée de deux barres. La barre externe située à environ 450 m de la côte forme de larges croissants relativement réguliers, de 300 m de longueur d'onde, au Sud, devenant moins marqués et plus irréguliers au Nord de la cellule. De la même manière, la barre interne est plus marquée et régulière au Sud qu'au nord de la cellule.

Le sable y étant largement excédentaire du fait du blocage opéré par la digue du port, cette cellule ne fait pas l'objet d'un suivi ancien (Raynal et Certain, 2011).



Illustration 188 : Localisation du secteur 10 au sein de la cellule 6 (fond Google Earth)

4.8.1. Sud du port de Canet-en-Roussillon

Le secteur Sud du port de Canet-en-Roussillon, dont la partie émergée s'étend sur 500 m de longueur à partir de la jetée portuaire, est particulièrement aménagé, notamment par un front urbain qui s'étend sur toute l'arrière plage.

La largeur de la plage décroît du Nord vers le sud du fait de la présence de la jetée sud du port qui bloque la dérive littorale (150 m au Nord et 110 m au Sud en mai 2016). Le haut de plage est caractérisé par une pente douce et la berme est moins marquée que sur la partie nord du port de Canet-en-Roussillon.

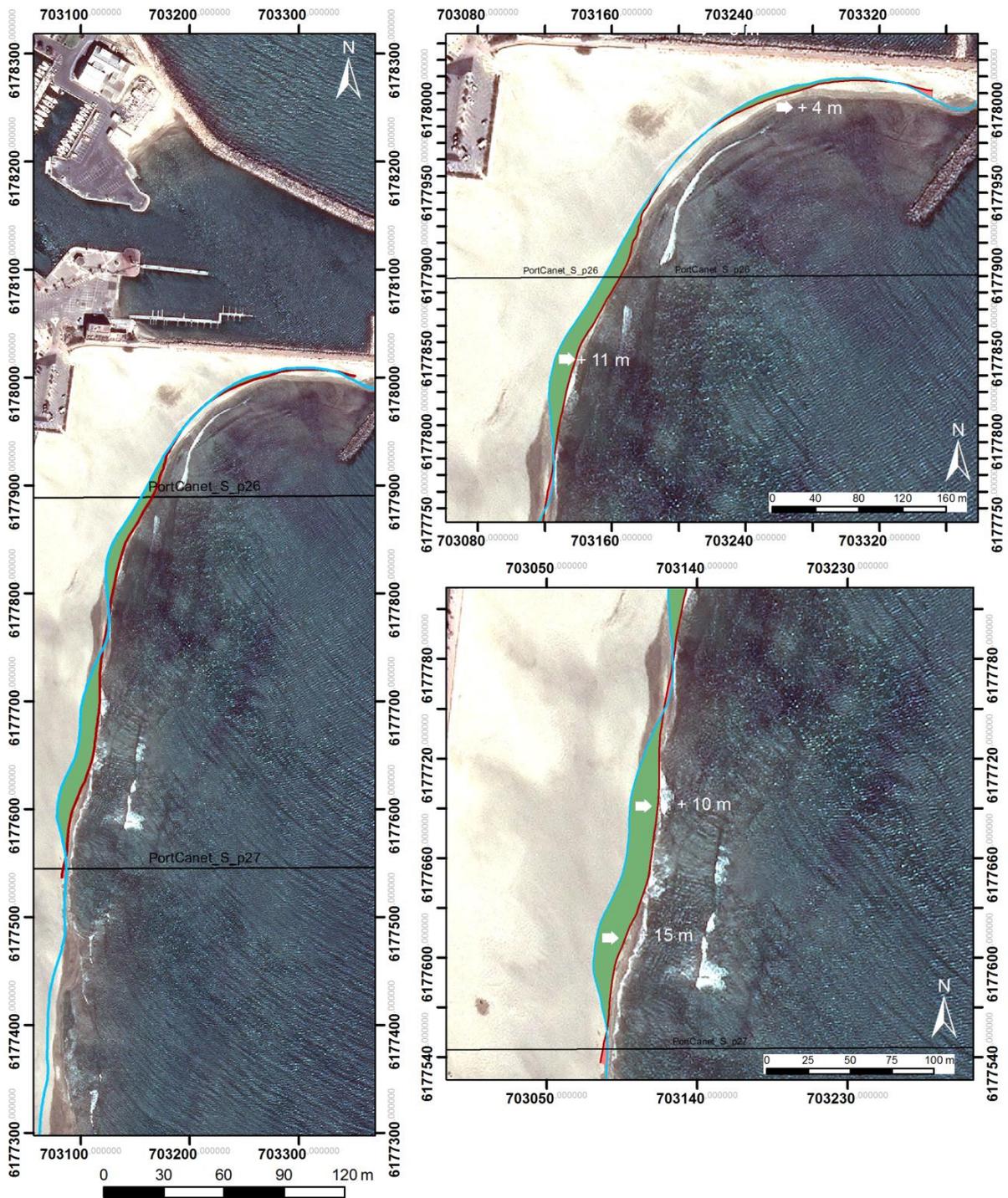


Illustration 189. Suivi photographique Canet Sud A) Profil Canet Sud, profil Sud (image de gauche), mai 2016, OBSCAT; B) Port Canet Sud, Profil Nord (image de droite), mai 2016, OBSCAT.

Evolution saisonnière du trait de côte

Les sédiments déplacés par la dérive littorale sont bloqués par la jetée du port de Canet-en-Roussillon. Cette situation se traduit par une accrétion quasi-générale du trait de côte entre septembre 2015 et mai 2016. On observe les avancées les plus importantes au nord du profil PortCanet_Sud (+15 m) et sur le profil PortCanet_Nord (+11 m). La partie de la plage appuyée contre la jetée portuaire avance également + 4 m.

Deux points plus stables se situent sur le profil Sud, et un autre entre les deux profils de références (cf. Illustration 190).



Source:
 Trait de côte 2015/2016: Observatoire de
 la côte sableuse catalane.
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

- Trait de côte septembre 2015
- Trait de côte mai 2016
- Profils de références
- Erosion
- Accrétion

Illustration 190. Carte des traits de côte de septembre 2015 et mai 2016 pour le sud de Canet-en-Roussillon

Déplacements sédimentaires saisonniers

Le bilan sédimentaire est positif pour ce secteur avec +21 560 m³ pour avril 2015/septembre 2015, et +25 071 m³ sur la période septembre 2015/mai 2016 (Illustration 194). Seule la partie émergée subit une faible érosion (- 2 241 m³) lors de l'hiver 2015/2016 mais qui est compensée par les apports obtenus lors de l'été 2015 (+ 3 898 m³).

Entre avril 2015 et septembre 2015, le bilan sédimentaire est positif pour tout le secteur. Deux secteurs en érosion situés entre la barre interne et le trait de côte sont observés au sud immédiat du profil de référence Nord, et au nord du profil sud, avec un abaissement de la barre interne. Une zone de relativement forte accrétion s'étend du profil nord jusqu'à la partie située entre les deux profils de références. L'exhaussement constaté sur cette zone est comprise entre +0,5 et 1 m.

Entre septembre 2015 et mai 2016, le bilan est également positif (+ 25071 m³). Trois « points » d'érosion apparaissent sur le trait de côte, sur la partie sud et nord du profil nord, et sur le profil sud. Ces secteurs d'érosion correspondent aux parties en recul, ou en relative stabilité, sur le trait de côte (Illustration 190).

Le profil nord montre une relative accrétion au niveau de la barre externe (Illustration 191). Sur le profil sud, la fosse externe se creuse, tandis la barre externe migre vers le large par un engraissement de sa face externe. La barre située sur le bas de plage se décale vers la côte (Illustration 192). La berme de bas de plage prograde vers le large sur le profil nord, tandis que l'on constate une accrétion verticale de cette dernière sur la partie sud.

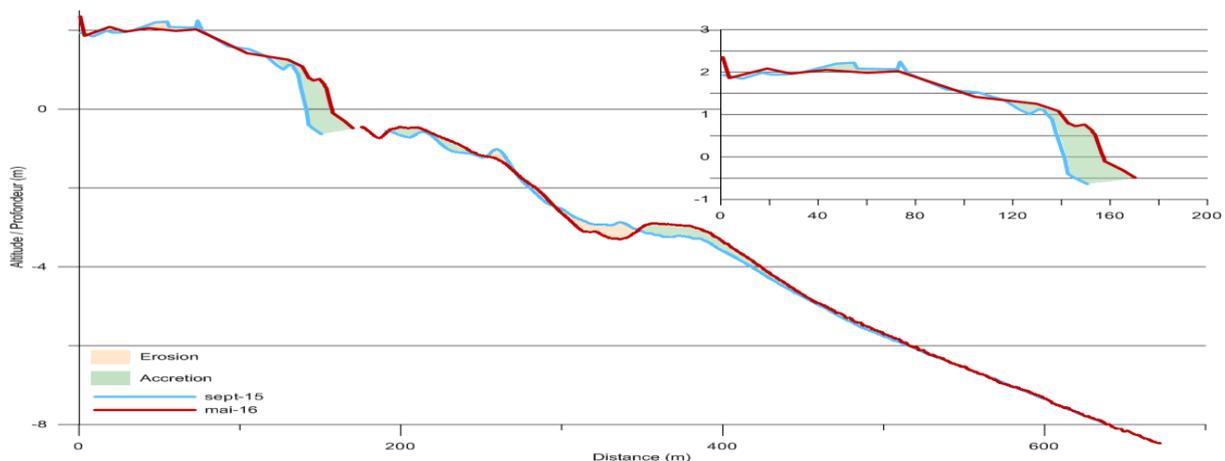


Illustration 191. Profil Canet Sud N, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Canet Sud

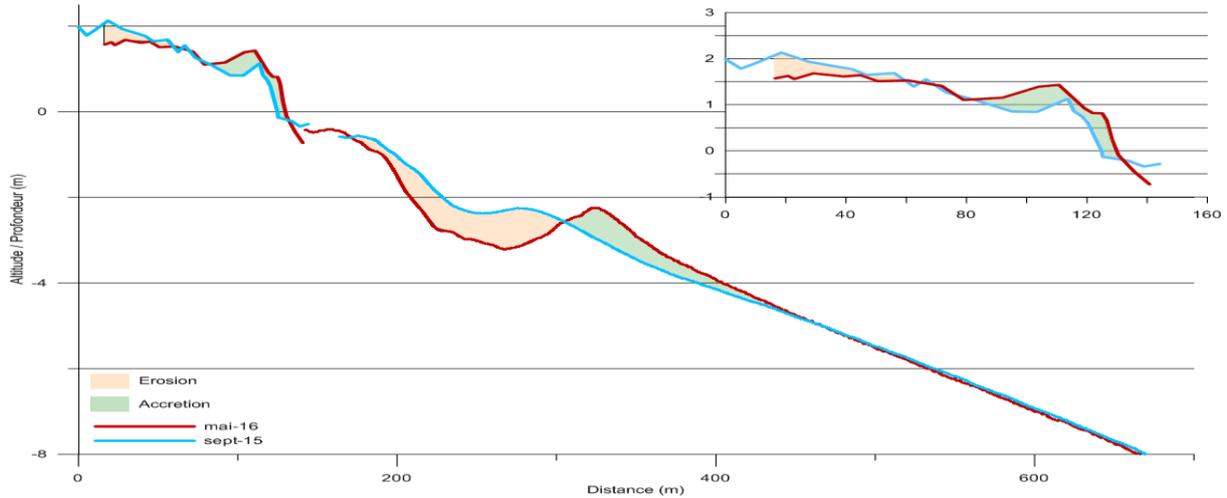
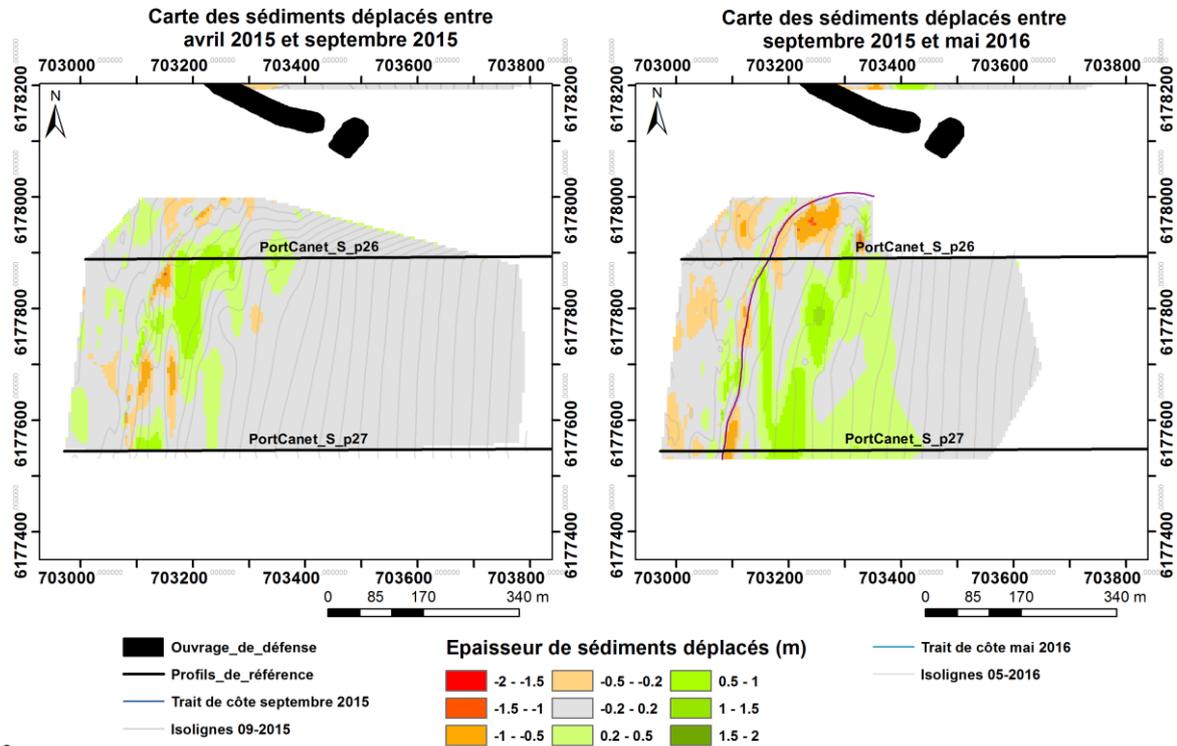


Illustration 192. Profil Canet Sud S, septembre 2015 et mai 2016. Secteur de Canet Sud



Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2015 - 2016
Système de coordonnées:
RGF Lambert-93

Auteur: BRGM

Illustration 193. Cartes saisonnières des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur de Canet-en-Roussillon Sud

Canet Sud 04-2015/09-2015					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)

Zone Complète	315324	30800	-9241	21560	4 203
Zone Immergée	260886	24 932	-7 270	17 662	3 652
Zone émergée	54438	5 868	-1 971	3 898	551
Canet Sud 09-2015/05-2016					
Zone	Surface(m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Zone Complète	253200	40 036	-14 965	25 071	2 085
Zone Immergée	193918	36 094	-8 583	27 511	1 545
Zone émergée	59282	3941	-6382	-2441	554

Illustration 194. Tableau de synthèse des volumes de sédiments déplacés entre avril 2015/septembre 2015 et septembre 2015/mai 2016 pour le secteur de Canet Sud

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Le suivi du secteur sud du port de Canet-en-Roussillon ayant démarré en septembre 2014, les données ne sont disponibles que sur 1,5 ans (4 levés).

On remarque tout d'abord l'accrétion quasi linéaire dans le temps sur ce secteur. Sur la zone complète, le bilan sédimentaire est de + 62576 m³ en un an (soit entre septembre 2014 et septembre 2015).

La plage aérienne suit une variation saisonnière avec un bilan négatif lors des périodes hivernales et positifs lors des périodes estivales. Mais le bilan global entre 2014 et 2015 est de - 2660 m³. La partie émergée du secteur n'a pas récupéré de la forte érosion enregistrée entre septembre 2014 et avril 2015.

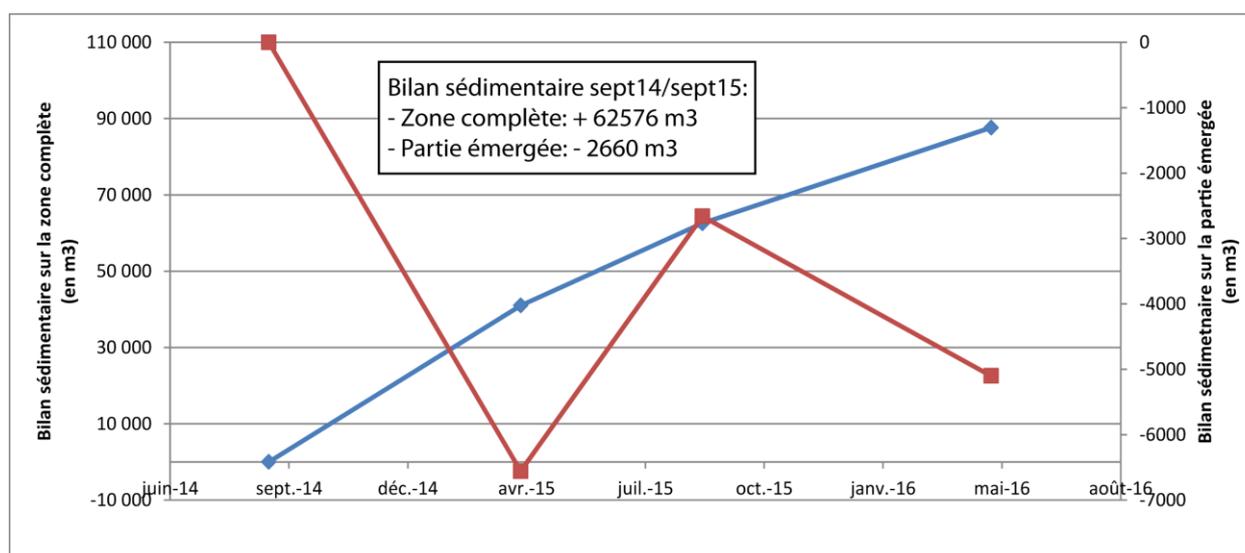


Illustration 195. Bilan sédimentaire cumulé entre avril 2015 et mai 2016. zone complète en bleu, zone émergée en rouge.

Sur le profil nord du secteur, le trait de côte a avancé progressivement entre septembre 2014 et mai 2016 avec un déplacement global vers le large de + 14 m. Sur ce secteur nord, le trait de côte suit un mouvement curviligne plutôt régulier jusqu'à la jetée du port, tandis que sur la partie sud, des sinuosités apparaissent et complexifient la lecture de l'évolution du trait de côte. Toutefois, l'évolution entre septembre 2015 et mai 2016 montre une avancée du trait de côte, atteignant localement jusqu'à + 30 m entre les deux profils de référence.

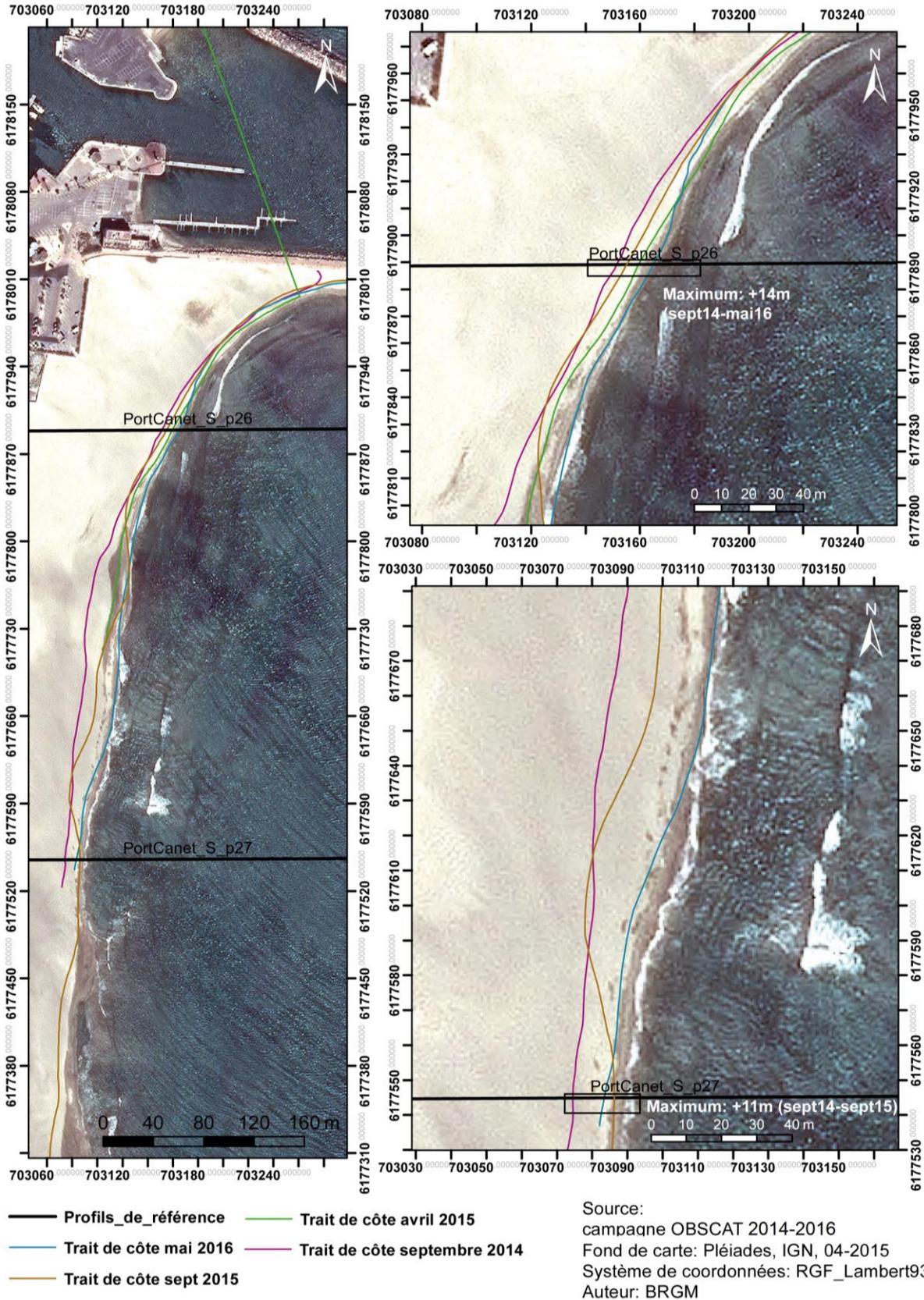


Illustration 196. Position des traits de côte entre Septembre 2014 et mai 2016 pour le secteur de Port Canet Sud

Bilan

Le secteur sud de Canet-en-Roussillon poursuit une avancée du trait de côte vers le large entre septembre 2015 et mai 2016 (de + 10 à + 15 m par secteur). La partie immergée continue de s'engraisser entre 2015 et 2016. La plage aérienne semble stable au regard du bilan sur les deux années.

4.8.2. Dunes de Canet-en-Roussillon

Evolution morphologique de l'environnement dunaire de Canet-en-Roussillon

Le massif dunaire situé au sud du port de Canet en face de l'étang a bénéficié de deux campagnes drone en automne 2014 et automne 2015. Ces campagnes ont permis la réalisation de modèles numériques de surface qui ont pu être comparés au modèle numérique de surface réalisé en 2010 via la technologie LIDAR.

Cet environnement dunaire présente globalement une tendance d'évolution positive avec un rehaussement altimétrique en arrière-dune. Ce rehaussement est certainement dû à une densification de la végétation permise grâce aux aménagements limitant les effets de piétinement. Le front dunaire est majoritairement stable avec une avancée de l'ordre de 5 à 10 mètres du pied de dune au nord.

On note le bon maintien en état du massif sur la période 2010-2015 (*Illustration 197*). Localement et principalement au centre de la zone d'étude, il est tout de même possible d'observer la disparition de certaines morphologies.

Evolution altimétrique de l'environnement dunaire de Canet

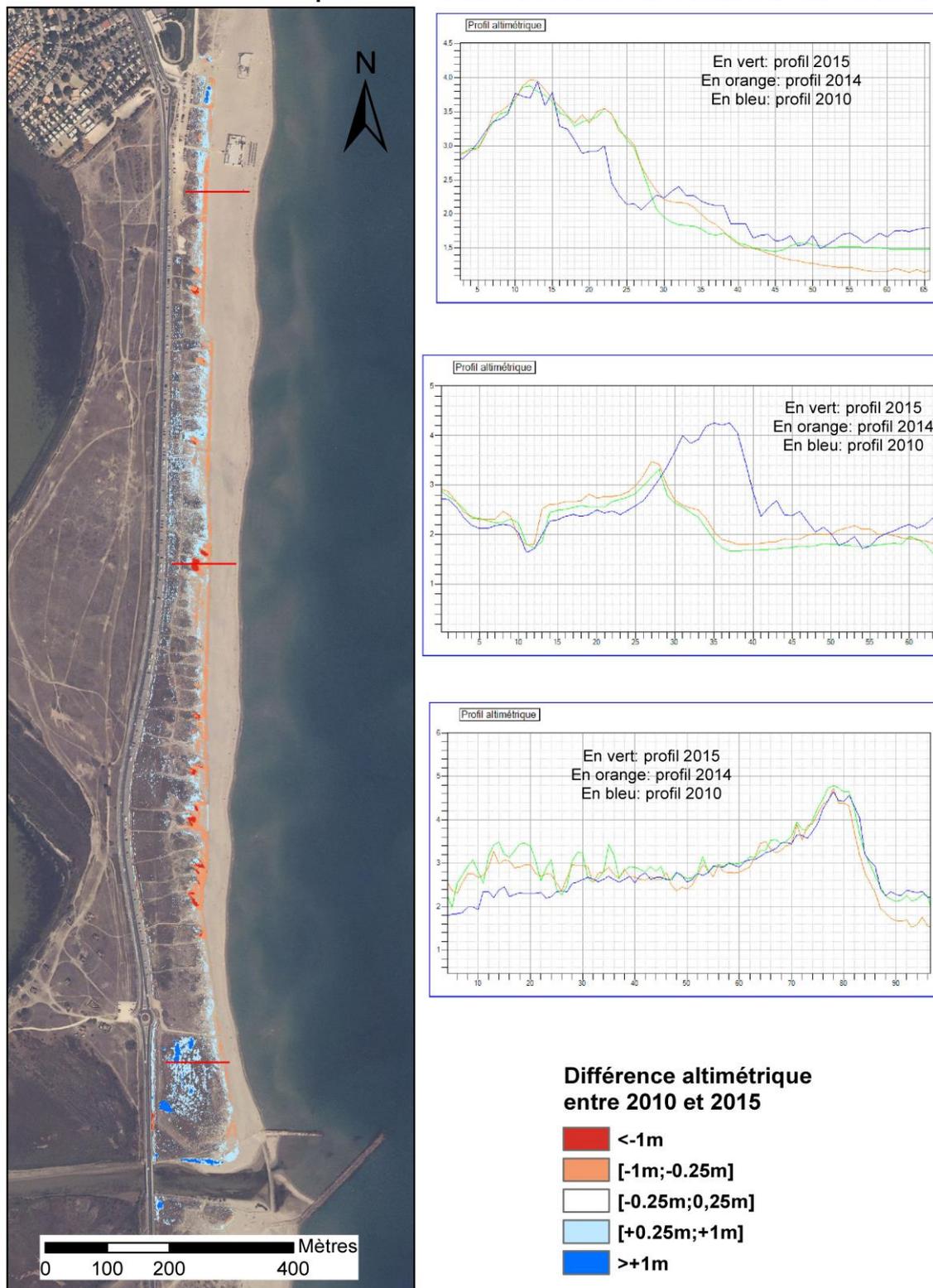
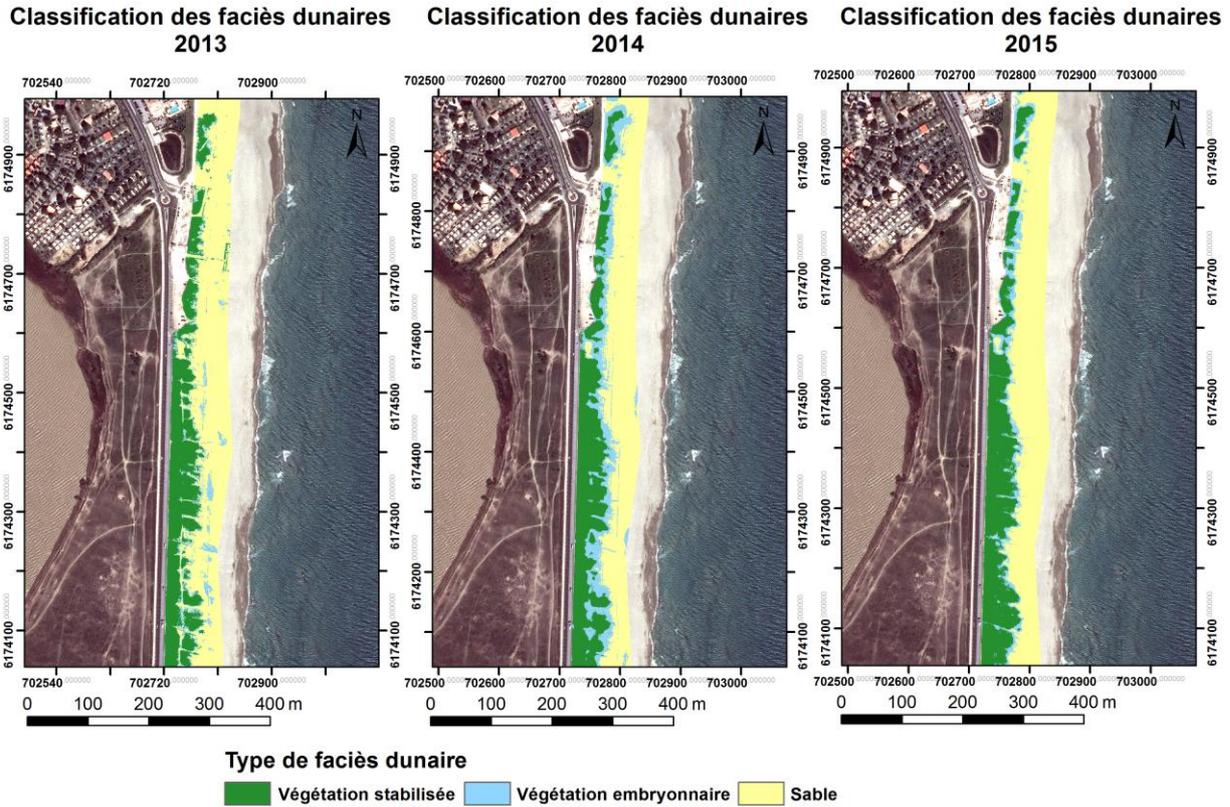


Illustration 197. Evolution morphologique de l'environnement dunaire dans le secteur de Canet-en-Roussillon entre 2010 et 2015.

Evolution de la végétation

L'emprise de la végétation dunaire entre 2013 et 2015 montre une progression de la végétation stabilisée. Cette progression s'observe en particulier au sud du secteur. La partie nord où la largeur du cordon dunaire végétalisé est plus réduite voit sa végétation embryonnaire augmenter.



Source: Pléiades 2013/2014/2015

Auteur: BRGM

Illustration 198. Evolution de la végétation dunaire entre 2013 et 2015 par classification spectrale à Canet

Le suivi de la végétation est réalisé par les gardes littoraux au nord (Cf. Illustration 199, Illustration 200, Illustration 201) et au sud (Cf. Illustration 202, Illustration 203) du grau.

Les levés sur ce site ayant débuté en 2015, une analyse de l'évolution du couvert végétal n'est pas possible. Toutefois, les données recueillies indiquent un bon état de ce cordon.

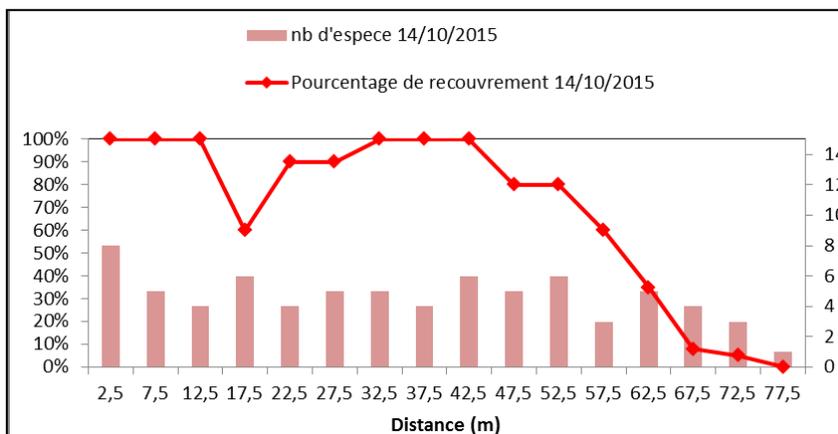


Illustration 199 – Etat de la végétation dunaire en Octobre 2015 (Nord du grau).

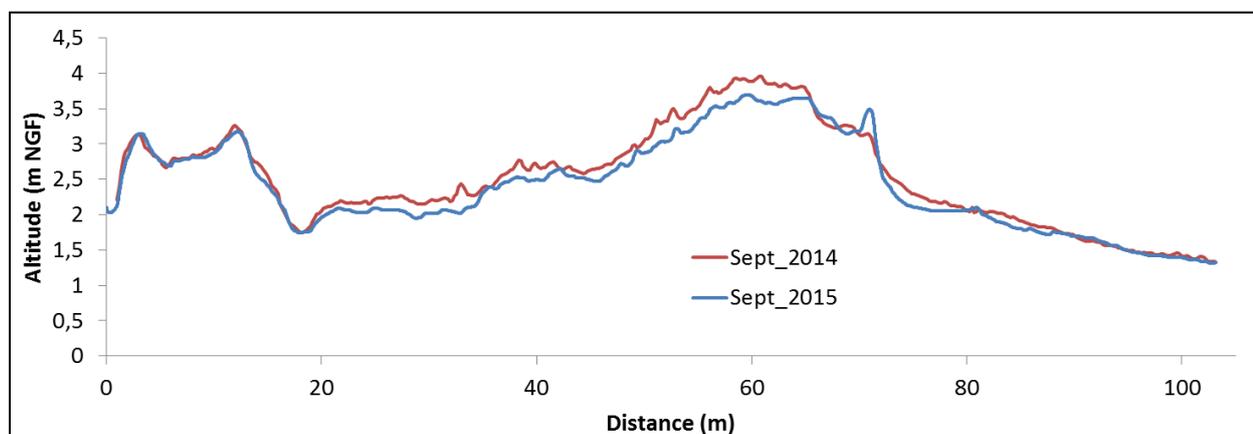


Illustration 200 – Profil topographique de surface de la zone de suivi de la végétation en 2014 et 2015 (données drone) (Nord du grau).

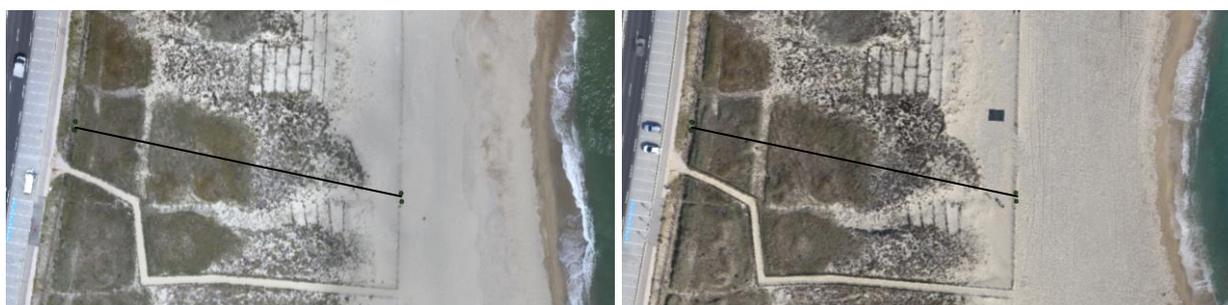


Illustration 201 – Photographies aériennes par drone de la zone de suivi en Sept 2014 (à gauche) et Sept 2015 (à droite). Les points verts indiquent les début/fin de profil (Nord du grau).

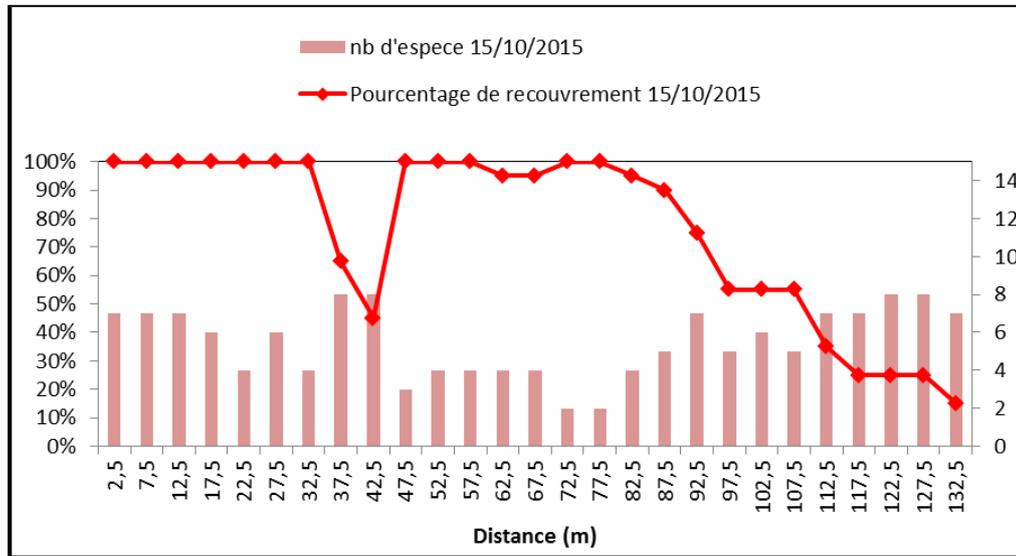


Illustration 202 – Evolution de la végétation dunaire entre Octobre 2014 et Octobre 2015 (Sud du grau).



Illustration 203 – Image satellitale Pléiades de la zone de suivi (mars 2015). Les points verts indiquent les début/fin de profil (Sud du grau).

5. Bilan des trois premières années de l'OBSCAT

L'issue de la troisième année de l'OBSCAT est l'occasion d'établir un retour d'expérience sur l'état de santé du littoral suivi, mais également sur les observations mises en œuvre et leur pertinence.

5.1. BILAN SEDIMENTAIRE SUR LES TROIS ANNEES DE L'OBSCAT

Les graphiques ci-dessous (Illustration 205 ; Illustration 204) visent à illustrer l'évolution des déplacements sédimentaires sur les trois années de suivi pour différents sites de l'OBSCAT.

Les bilans sédimentaires ont été rapportés à la surface afin de permettre une comparaison entre les différents sites.

En ce qui concerne les bilans sédimentaires des zones complètes (émergées et immergées, Illustration 204), les évolutions au cours des trois dernières années indiquent que:

- Les bilans sont globalement positifs pour la quasi-totalité des sites, à l'exception des zones d'embouchures où d'importantes variations du stock sableux liées au crues sont observées ;
- Certains sites présentent une variation saisonnière marquée. C'est le cas de Canet Sud et du Barcarès Sud (où la variation de volume est probablement à mettre en relation avec les prélèvements réalisés pour les rechargements). C'est également le cas à Torrelles où la période d'avril à septembre 2014 a été fortement déficitaire avec un abaissement de l'avant-côte et une érosion prononcée sur la plage.

Lorsque l'on considère la plage émergée uniquement (Illustration 205), le bilan sédimentaire est plus contrasté. On note que :

- Certains sites présentent des variations saisonnières marquées. C'est le cas notamment du site du Lydia et de Torrelles qui présentent des morphologies et des évolutions très similaires avec alternance de phases d'érosion et d'accrétion mettant en jeu des volumes conséquents. D'autres sites comme Sainte-Marie et Canet présentent des alternances similaires et en antiphasse. Alors que les érosions sont plutôt observées durant l'été à Torrelles et au Lydia, elles sont plutôt observées durant l'hiver à Canet et Sainte-Marie ;
- Certains sites présentent des évolutions très importantes qui sont à mettre en relation avec les actions de rechargement. C'est le cas du Barcarès où l'on note une accrétion très importante au nord en 2015, à mettre en relation avec le rechargement de plage, et une érosion au sud, où le prélèvement de sable est réalisé.

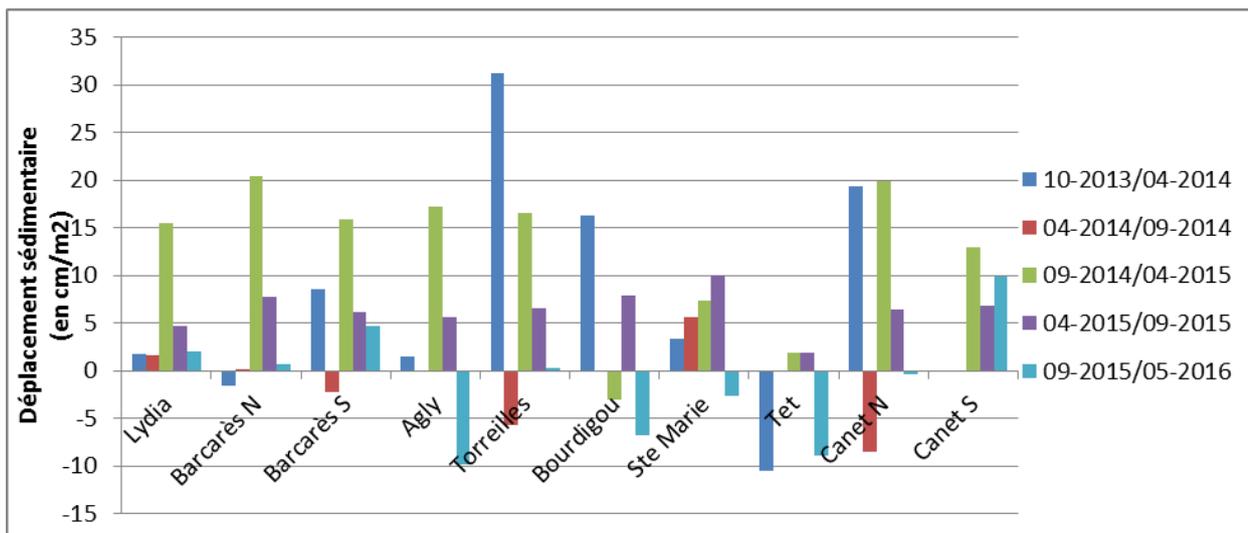


Illustration 204. Déplacements sédimentaires (en cm/m^2) sur les secteurs complets pour tous les sites de l'OBSCAT (Hors Leucate-plage et zone naturiste)



Illustration 205. Déplacements sédimentaires (en cm/m^2) sur la partie émergée pour tous les secteurs de l'OBSCAT (hors embouchures et Leucate)

Afin d'appréhender l'évolution temporelle des sites, les bilans sédimentaires cumulés ont été calculés sur les zones complètes d'une part et sur les plages émergées d'autre part (Illustration 206 et Illustration 207). Ces bilans cumulés indiquent que :

- Sur la zone complète, l'ensemble des sites présente un comportement similaire qui se traduit par une augmentation progressive du volume sableux, à l'exception de deux périodes : printemps à automne 2014 et hiver 2015-2016 qui présentent des baisses de volume ou restent globalement stables. Les secteurs d'embouchures ont un comportement différent, avec des périodes ponctuelles d'accrétion/érosion, et un comportement globalement stable le reste du temps. Ceci est probablement à mettre en relation avec les crues importantes qui demeurent le facteur d'évolution prédominant ;

- Sur les zones de plages émergées, on note :
 - o Une très forte variabilité sur les plages du Barcarès, liée aux rechargements de la plage nord ;
 - o Une variabilité saisonnière contrastée pour les autres sites, mais qui se traduit par un bilan sédimentaire légèrement positif sur la période de suivi pour les plages du Lydia, de Canet Nord et de Torrellas, et légèrement négatif pour les plages de Sainte-Marie et Canet Sud.

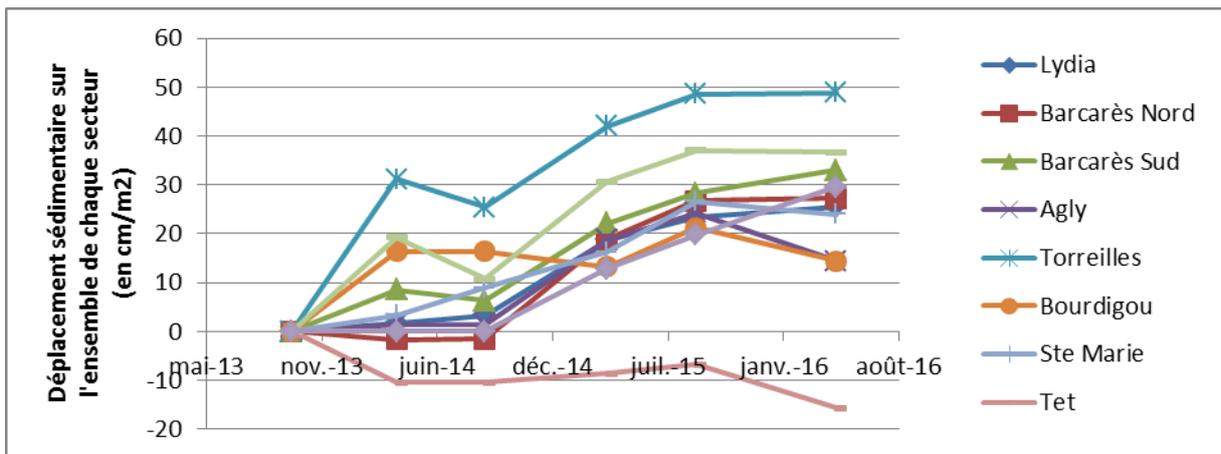


Illustration 206. Déplacements sédimentaires cumulés entre octobre 2013 et mai 2016 sur les secteurs complets de tous les sites de l'OBSCAT (hors Leucate-plage et zone naturiste)

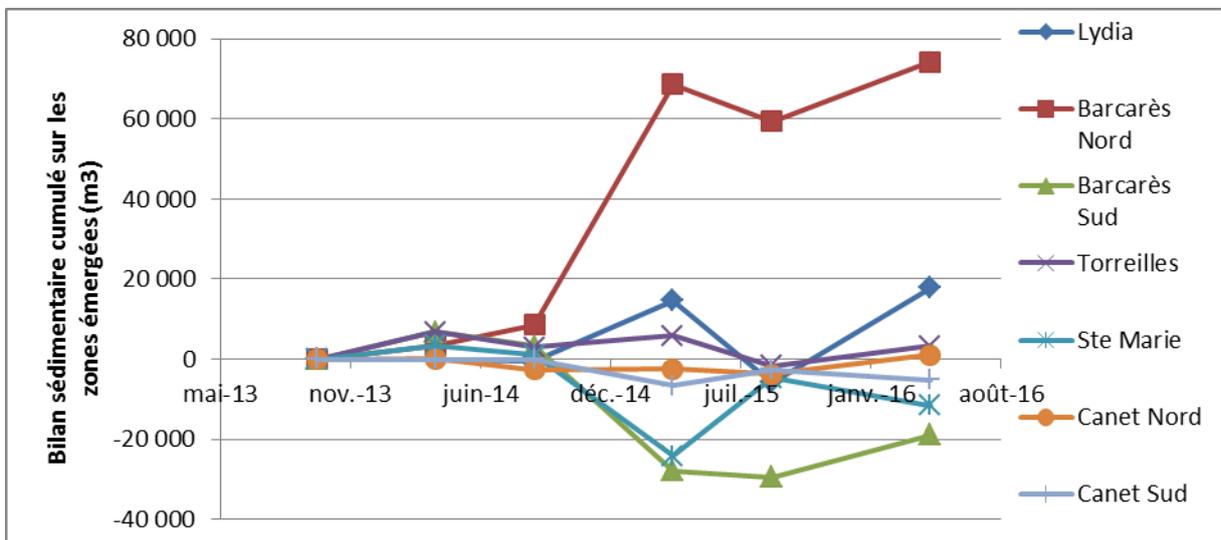


Illustration 207. Bilan sédimentaire cumulé entre octobre 2013 et mai 2016 sur les parties émergées des plages de tous les sites de l'OBSCAT (hors embouchures, Leucate-plage et zone naturiste)

5.2. RETOUR D'EXPERIENCE SUR LES OBSERVATIONS REALISEES ENTRE 2013 ET 2016

Les données acquises à une fréquence saisonnière sur trois ans (trait de côte, topo-bathymétrie, morphologie dunaire) par l'OBSCAT permettent à partir de différents indicateurs morphologiques de proposer les premiers éléments de compréhension du fonctionnement de la côte sableuse roussillonnaise.

Les apports de l'observatoire dans la connaissance de la côte catalane sont multiples:

- Des éléments de compréhension des phénomènes d'érosion en prenant notamment en compte les interactions naturelles avant-côte/plage, mais également les effets des aménagements et des ouvrages de défense ont été proposés. Des préconisations d'aménagement ont été faites en année 2 et seront actualisées tous les 2-3 ans si cela s'avère nécessaire
- Des développements méthodologiques, tests et mise en œuvre de nouvelles technologies ont été réalisés pour améliorer et optimiser les outils d'acquisition et de traitement ;
- Constitution d'une base de données pluri-thématique (trait de côte, volumes déplacés, végétation dunaire);
- Pour les opérateurs, les missions régulières permettent d'acquérir une expérience du terrain nécessaire à l'interprétation de ce milieu ;

Les indicateurs pluri-thématiques sont autant de paramètres pouvant conduire à une compréhension du littoral dans une vision systémique. L'observatoire doit bien être un outil d'acquisition de données à moyen-long terme, mais doit également contribuer à accroître la connaissance du fonctionnement des différents secteurs étudiés. Pour parvenir à ce résultat, des indicateurs complémentaires et une amélioration des indicateurs existants peuvent permettre d'arriver à cette vision globale. La question de la qualité des indicateurs utilisés, leur représentativité et leur fréquence d'acquisition est donc importante pour la poursuite de l'observatoire.

Les types d'informations choisis dans l'observatoire ont montré leurs complémentarités. A titre d'exemple, le trait de côte relevé à haute fréquence par un suivi vidéo à Port-Barcarès, et les cartes topo-bathymétriques sont à même de donner une vision globale de l'évolution morphologique des fonds en lien avec la partie émergée. Le couplage de ces informations avec les forçages météo-marins fournissent une interprétation globale et saisonnière sur un même secteur.

La saisonnalité des suivis (un levé en fin d'été, un levé en fin d'hiver) reste cohérente par rapport aux caractéristiques de cette côte. Toutefois, les périodes des campagnes devront être précisées pour garder une cohérence dans les comparaisons d'évolution saisonnière. Ainsi, certaines campagnes de printemps ont eu lieu au début du mois avril, juste après les dernières tempêtes, mais d'autres se sont parfois étalées jusqu'au mois de juin, soit pour des raisons météorologiques, soit pour des raisons de travaux sur les sites (principalement les rechargements au Barcarès, Leucate et Sainte-Marie, mais également les ramassages de bois flottés sur certains sites utilisant des engins remaniant fortement la surface de la plage). Les mesures restent dépendantes des conditions météo-marines, et les travaux utilisant des moyens en mer également, mais une meilleure anticipation des calendriers respectifs est possible pour mieux anticiper ces contraintes d'observation.

La consolidation des méthodes d'acquisition se poursuit au fur-et-à-mesure des campagnes. Les transects utilisés pour les relevés bathymétriques ont été complétés pour la dernière campagne par des transects longitudinaux entre les ouvrages de défense (épis, brise-lames et jetées portuaires). Ces levés longitudinaux sont là pour améliorer la précision du levé, mais aussi pour avoir une meilleure information sur la morphologie des fonds sur ces secteurs, et pour permettre une meilleure interpolation des points levés.

Les levés de l'altimétrie des cordons dunaires ont été réalisés depuis l'automne 2014, et nous ne disposons pas encore d'une comparaison inter-suivis pour tous les sites. Il apparaît toutefois que les évolutions des cordons dunaires d'une année à l'autre restent souvent de faible amplitude (à l'exception du front maritime de la dune), et souvent très proches de la résolution des mesures (souvent de l'ordre d'une dizaine de cm). Aussi, il conviendra probablement, lorsque tous les sites auront été levés deux fois de s'interroger sur l'extension et la fréquence de ces levés. Une fréquence annuelle sur la partie la plus mobile des cordons reste très pertinente, notamment dans les secteurs mis en défends pour évaluer les effets des aménagements, mais les zones plus en retrait où les évolutions sont plus lentes ne nécessitent probablement pas toutes un levé annuel.

Dans les zones d'embouchures, les évolutions sont souvent rapides et événementielles, qu'elles correspondent à un épisode de crue ou à une ouverture artificielle de la flèche sableuse. De manière à mieux prendre en compte ces évolutions dans l'analyse globale des mouvements sableux sur le littoral, des levés complémentaires spécifiques par drone pourraient être envisagés suite à ces événements, pour pouvoir mieux quantifier les volumes apportés au littoral par les bassins versants.

Dans un objectif d'amélioration de l'interprétation de l'effet des forçages sur les dynamiques côtières (évolution du trait de côte, déplacement des barres...) un suivi complémentaire visant à mieux quantifier l'impact et les processus au cours des tempêtes peut être mise en place. Ce type d'information sur les effets des tempêtes est aujourd'hui disponible au Barcarès grâce au dispositif vidéo et le sera très prochainement sur la plage de Leucate. Ce suivi pourrait être complété par une observation qualitative, par acquisition d'images satellitales par exemple, en complément des observations faites par les agents des collectivités lors de tempêtes. L'acquisition de ce type de données doit faire l'objet de la future convention entre l'OBSCAT et le Parc Marin du Golfe du Lion qui s'intéresse également à ces problématiques. Pour les événements les plus extrêmes et sur les sites les plus sensibles, un suivi quantitatif post-tempêtes, permettrait, au-delà de la compréhension des mécanismes d'évolution, d'évaluer la vulnérabilité du site et les réponses éventuelles à apporter, ce qui entre totalement dans les missions d'expertise de l'observatoire.

L'évaluation des stocks sédimentaires présents sur le littoral de l'OBSCAT était prévue dans les travaux de l'année 3. La synthèse de l'existant présentée dans ce rapport souligne à la fois la grande quantité de données sur la partie maritime des sites, et parfois au sein des systèmes lagunaires, et la quasi-absence d'information à terre pour faire le bilan exhaustif des ressources présentes. Avec la nouvelle convention des partenaires de l'OBSCAT, ces levés vont être programmés dans les futures observations. Ils concernent deux types d'informations : la structure interne des cordons qui peut être obtenue par des mesures de type géo-radar, et l'épaisseur des stocks présents obtenus par des levés sismiques. La collaboration avec l'Université de Perpignan Via Domitia qui possède un géo-radar permettra donc d'évaluer plus finement les ressources en sable disponibles.

La poursuite des campagnes d'acquisition, avec une méthodologie améliorée grâce aux retours d'expériences du terrain et des traitements, ainsi que des suivis complémentaires permettront à terme de proposer des modèles de fonctionnements globaux des secteurs de l'OBSCAT. Par la

suite, il sera possible d'adapter les indicateurs suivis (types et quantité) et les fréquences des levées au regard des progrès apportés dans la connaissance du fonctionnement de ce littoral. L'Observatoire pourra ainsi se poursuivre dans un objectif de suivi à moyen/long terme grâce à une optimisation de ses suivis.

6. Bibliographie

AERMC (Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse), 2000. Définition et cartographie des unités sédimentaires du littoral méditerranéen français, synthèse bibliographique.

Aleman N. (2013) - Morphodynamique à l'échelle régionale d'une avant-cote microtidale à barres sédimentaires : le cas du Languedoc-Roussillon à l'aide de la technologie LIDAR. Thèse de doctorat Université de Perpignan Via Domitia, 240 p. + annexes.

BCEOM (2002) - Etude générale pour la protection du littoral de l'Agly au Cap Leucate. SIVOM Leucate-Barcarès et le SMLRN LR.

Certain R. (2002) - Morphodynamique d'une côte sableuse microtidale à barres : Le Golfe du Lion (Languedoc-Roussillon). Thèse de doctorat. Université de Perpignan Via Domitia, 209 p. + annexes.

De la Torre Y., De Santis C., Balouin Y., Belon R., coll. Maldan F. 2014. Observatoire de la côte sableuse catalane - OBSCAT: rapport technique d'année 1. Rapport final. BRGM/RP-63774-FR, 251 p.

De la Torre Y., Balouin Y., Mouroux X., Belon R., coll. Maldan F., Bodéré G., Longueville F., Sibert V., Dailloux D. et Sabarich, L. 2015. Observatoire de la côte sableuse catalane - OBSCAT: rapport technique d'année 2. Rapport final. BRGM/RP- 64945-FR, 140 p.

Durand, Paul. 1999. « L'évolution des plages de l'ouest du Golfe du Lion au XXème siècle: cinématique du trait de côte, dynamique sédimentaire, analyse prévisionnelle ». Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2, 461 p.

Duvail C. (2008) - Expression des facteurs régionaux et locaux dans l'enregistrement sédimentaire d'une marge passive. Exemple de la marge du Golfe du Lion étudiée selon un continuum terre-mer. Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 295 p.

Ferrer P. (2010) - Morphodynamique à multi-échelles du trait de côte (prisme sableux) du golfe du Lion depuis le dernier optimum climatique. Thèse de doctorat, Université de Perpignan Via Domitia, 255 p. + annexes.

Labaune C. (2005) - Architecture, genèse et évolution du littoral du Languedoc-Roussillon: Impact des facteurs physiques au cours du Quaternaire terminal. Thèse de doctorat, Université de Perpignan Via Domitia, 303 p. + Annexes.

Labaune C., Tesson M., Gensous B., Parize O., Imbert P., Delhaye-Prat V. (2010). Detailed architecture of a compound incised valley system and correlation with forced regressive wedges: Example of Late Quaternary T1 t and Agly rivers, western Gulf of Lions, Mediterranean Sea, France. *Sedimentary Geology*, Volume 223, Issues 3-4, 15, p. 360-379.

Labaune C., Tesson M., Gensous B. (2008). Variability of the transgressive stacking pattern under environmental changes control: Example from the Post-Glacial deposits of the Gulf of Lions inner-shelf, Mediterranean, France. *Continental Shelf Research*, Volume 28, Issue 9, 30, p. 1138-1152.

Labaune C., Jouet G., Bernis S., Gensous B., Tesson M., Delpeint A. (2005). Seismic stratigraphy of the Deglacial deposits of the Rhône prodelta and of the adjacent shelf. *Marine Geology*, Volumes 222-223, p. 299-311.

Lafon, V., Dehouck, A., Robinet, A., Marieu, V., Curti, C. et Durou, N. (2014). Détection d'indicateurs géomorphologiques littoraux par télédétection à très haute résolution spatiale. XIIIèmes journées nationales Génie Côtier – Génie Civil.

Mallet, C., Lafon, V. et Desprat, J-F. (2007). Cartographie des faciès géomorphologiques du littoral aquitain à partir des données FORMOSAT-2. Rapport BRGM/RP-53101-FR, 69 p.

Raynal O., Certain R., Brunel C., Aleman N., Robin N., Guérinel B. et Montel L. (2015) - LITTOSIS - Analyse volumétrique et granulométrique du prisme sableux littoral du Languedoc-Roussillon. Rapport final LITTOSIS, pp. 46.

SAFEGE (2010) - Recherche de gisements sableux. Perpignan-Méditerranée Communauté d'agglomération. Rapport provisoire 10MEN039 N° 1, 99 p.

SOGREAH (2007). Protection du littoral de la Têt à l'Agly – phase 1 : Bilan de l'évolution du trait de côte. N°1711612 R1-rev2, 103 p.

Tesson M., Labaune C., Gensous B. (2005). Small rivers contribution to the Quaternary evolution of a Mediterranean littoral system: The western gulf of Lion, France. *Marine Geology*, Volumes 222-223, p. 313-334.

Annexe 1

Principe de prospection sismique par ondes de surface (MASW)

Les ondes de surface, se propagent parallèlement à la surface du sol, dans sa partie superficielle. Environ deux tiers de l'énergie transmise par une source sismique se propage sous forme d'ondes de surface. De plus, l'atténuation par expansion géométrique de ces ondes est proportionnelle à $1/\sqrt{r}$, r étant la distance à la source. Par conséquent, à partir d'une certaine distance de la source, le champ d'onde est essentiellement constitué d'ondes de surface.

Dans les milieux stratifiés où chaque couche de sous-sol est caractérisée par des propriétés mécaniques différentes, l'onde de surface est dispersive : la vitesse de propagation varie avec la fréquence. Chaque composante fréquentielle de l'onde se propage dans une épaisseur de terrain différente, les plus hautes fréquences se retrouvent dans les parties les plus superficielles. C'est cette propriété qui va être exploitée dans la méthode MASW.

Les principales étapes de cette méthode sont les suivantes (Illustration 208):

- acquisition d'un tir sismique, la source et la série de capteurs étant alignées le long du profil,
- calcul des diagrammes de dispersion et extraction des courbes de dispersion et les barres d'erreur résultats. La courbe de dispersion représente les variations de la vitesse de phase en fonction de la fréquence
- inversion mathématique de la courbe de dispersion afin d'obtenir un modèle de vitesse de cisaillement en fonction de la profondeur.
- interpolation des courbes $V_s(z)$ obtenues pour chacun des tirs afin d'obtenir une section $V_s(x,z)$ représentant les variations de V_s en fonction de la profondeur le long du tracé. Dans ce cas, nous faisons l'approximation que le milieu est tabulaire à l'échelle de chaque tir sismique, mais qu'il offre des variations latérales à l'échelle du profil.

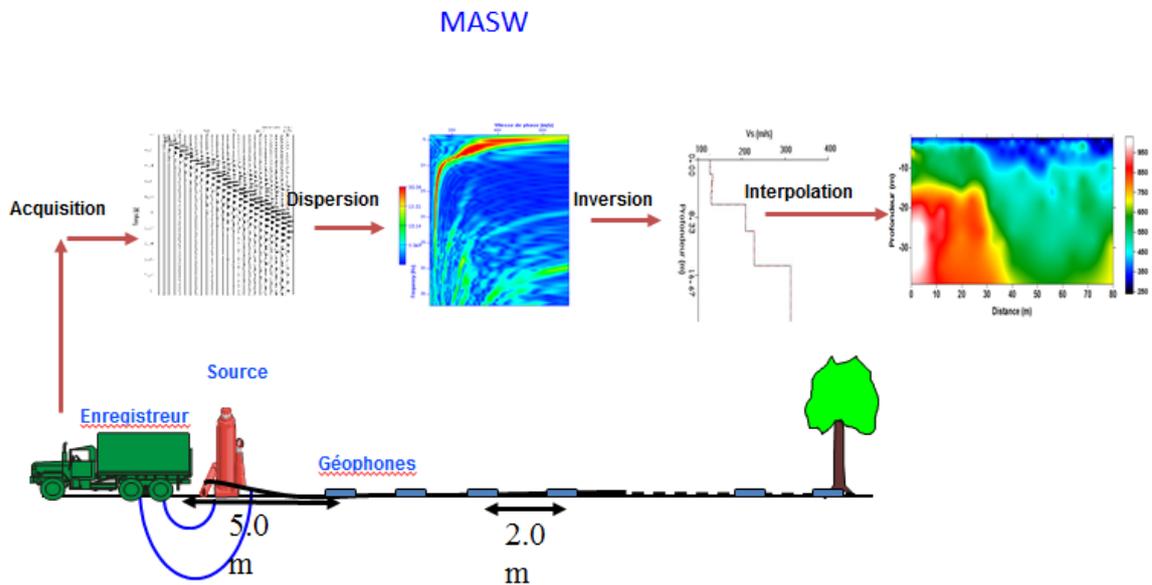
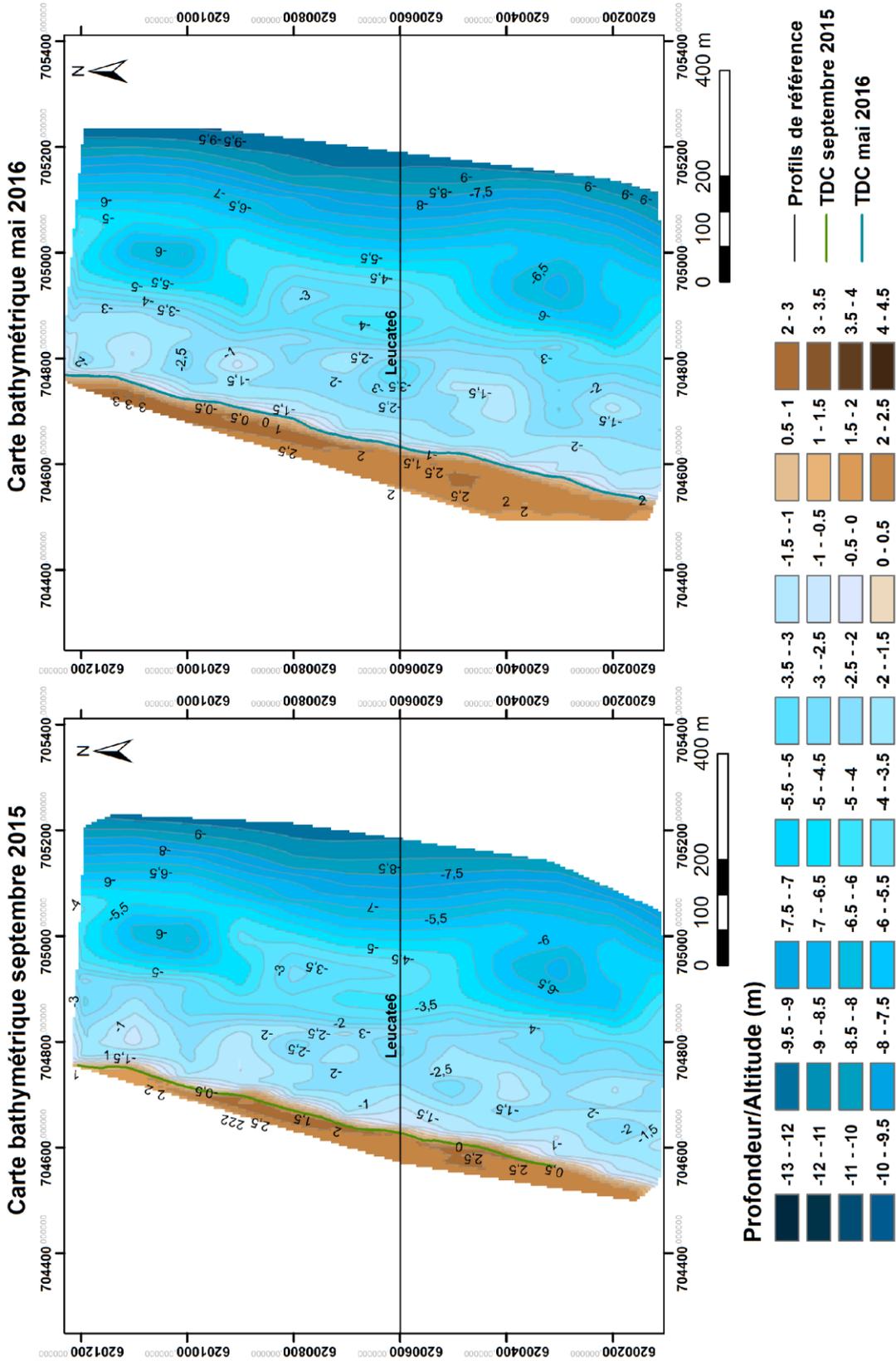


Illustration 208 - Principe de la méthode des ondes de surface

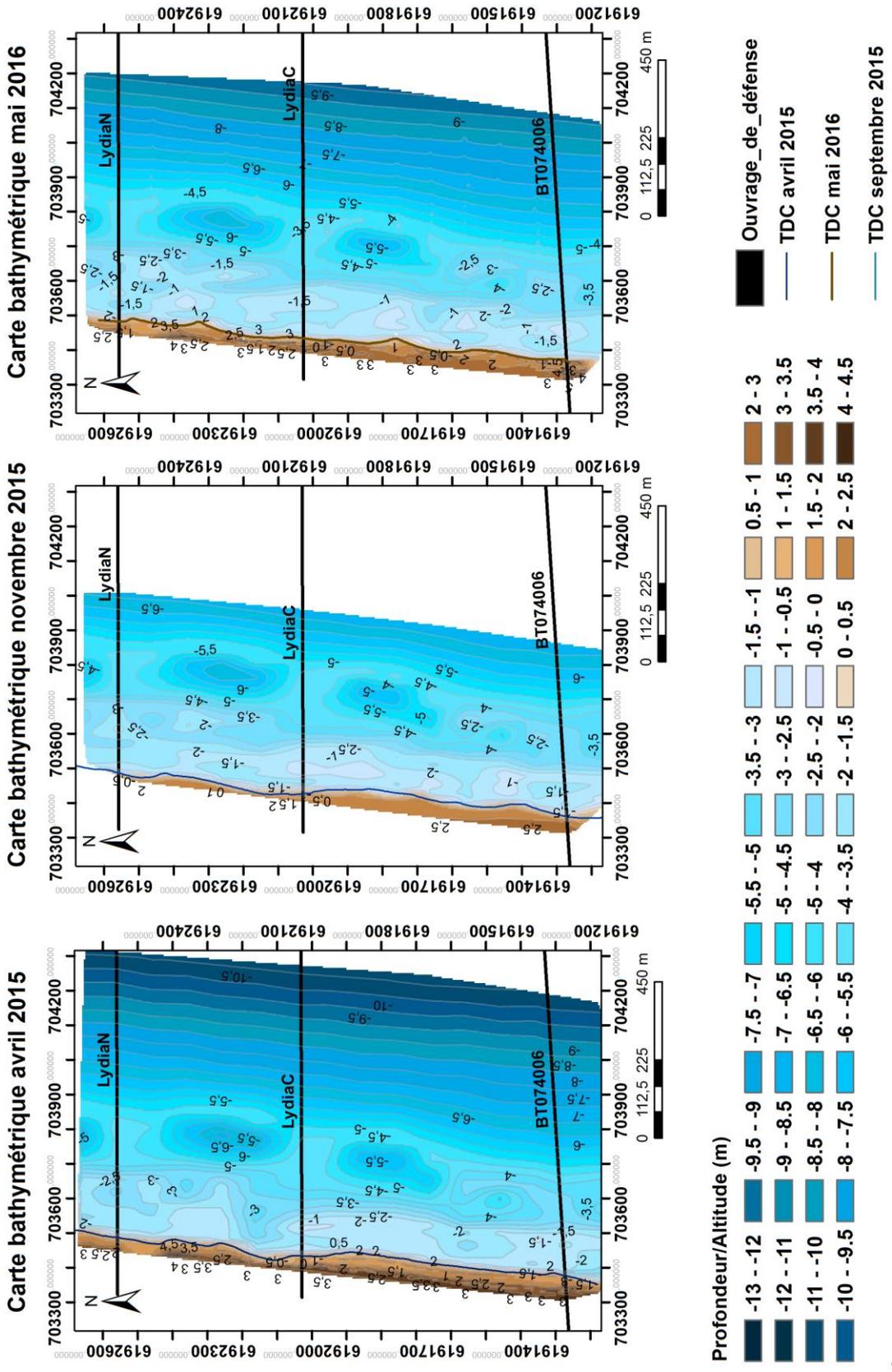
Annexe 2

Carte topobathymétriques avril 2015, septembre 2015 et mai 2016

LEUCATE



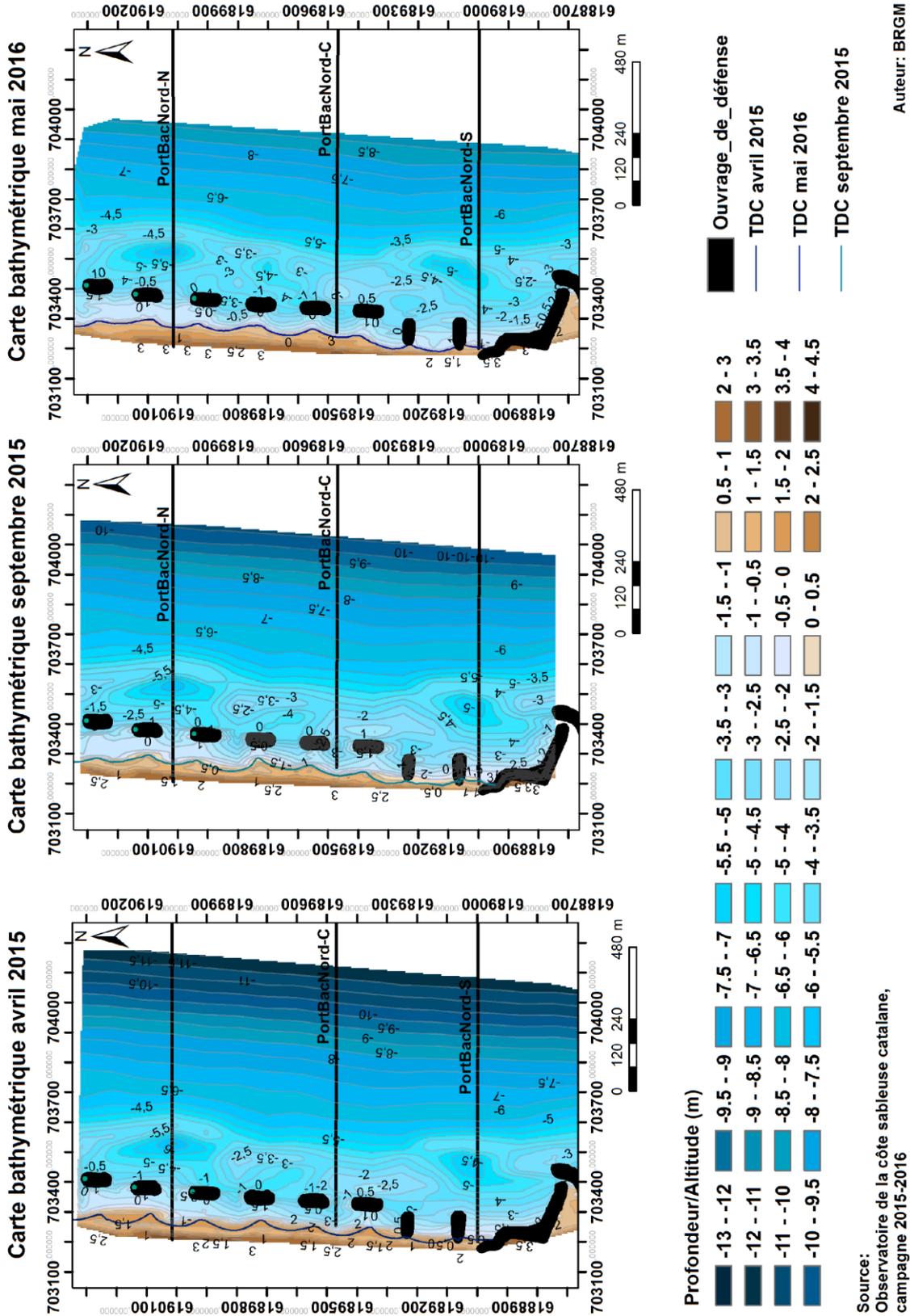
LYDIA



Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2015-2016

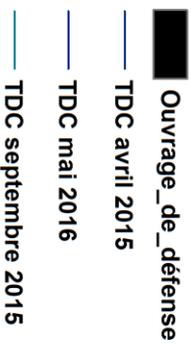
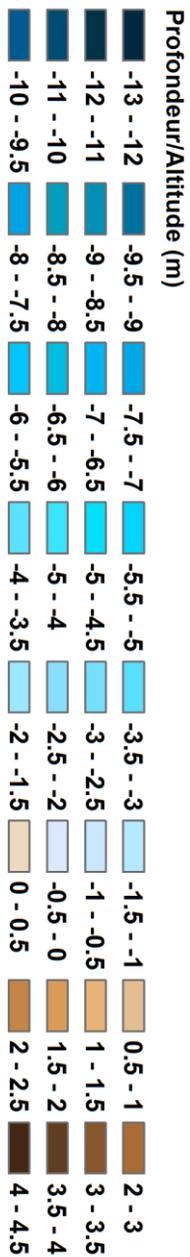
Auteur: BRGM

PORT BARCARES NORD

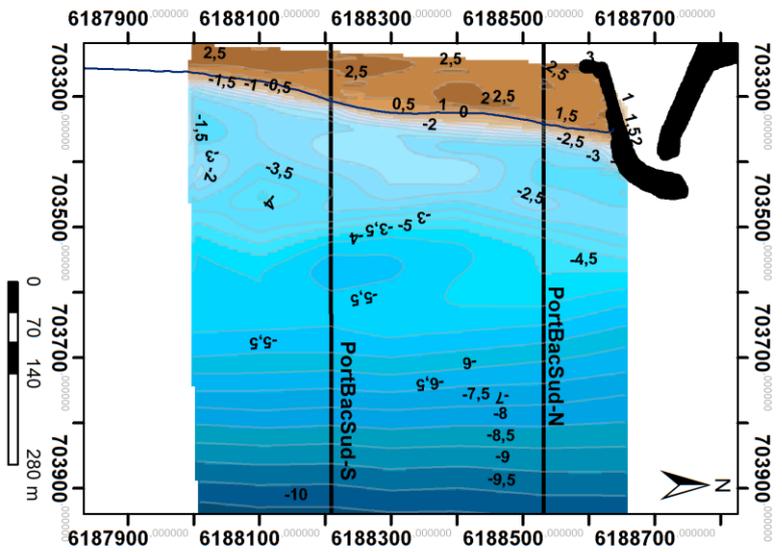


PORT BACARES SUD

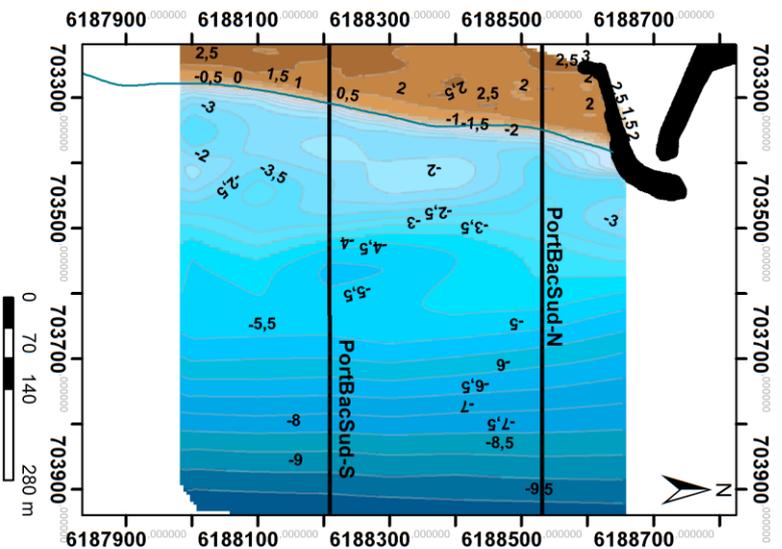
Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2015-2016



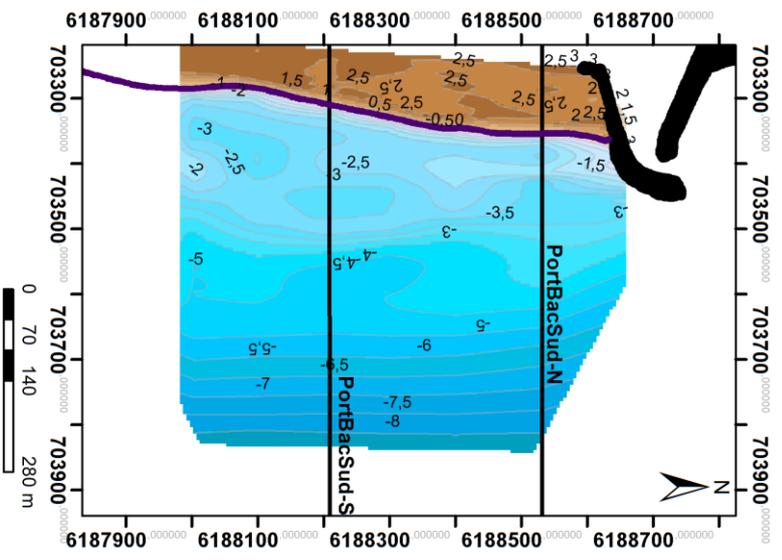
Auteur: BRGM



Carte bathymétrique avril 2015

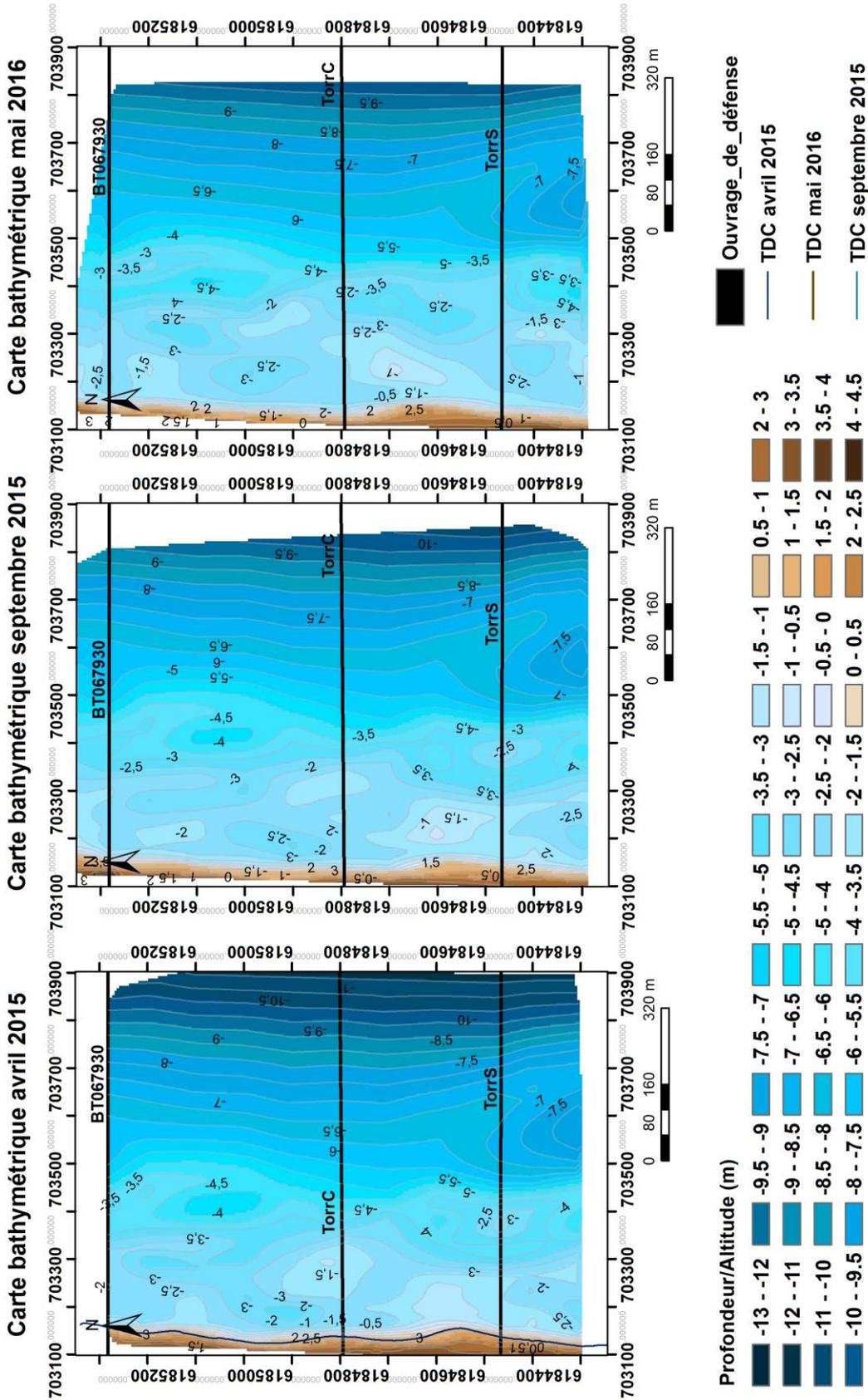


Carte bathymétrique septembre 2015



Carte bathymétrique mai 2016

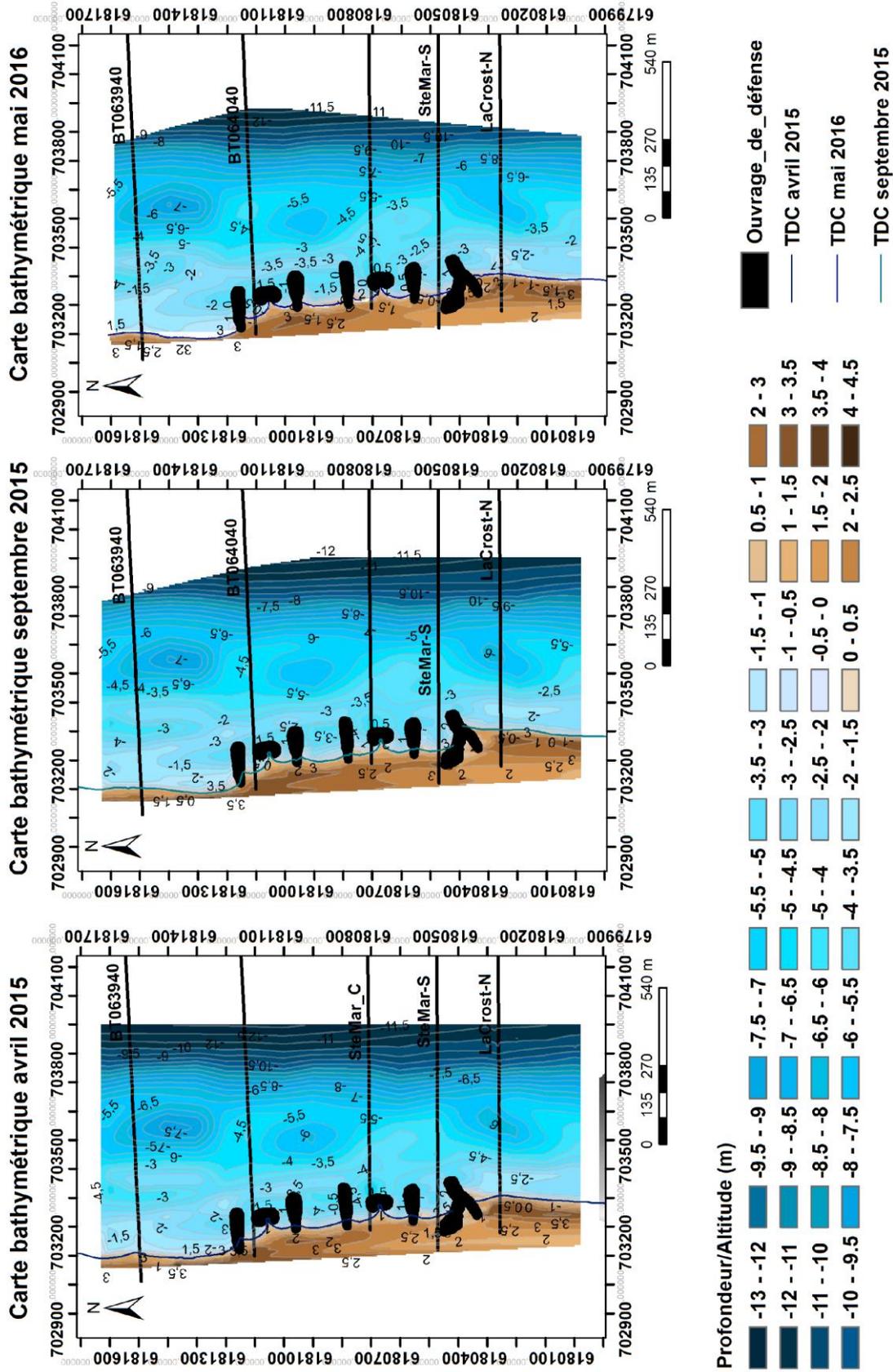
TORREILLES



Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2015-2016

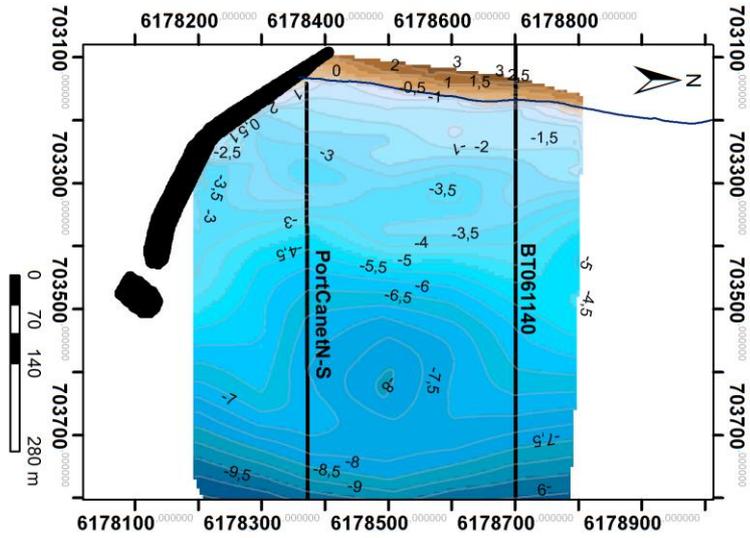
Auteur: BRGM

SAINTE-MARIE

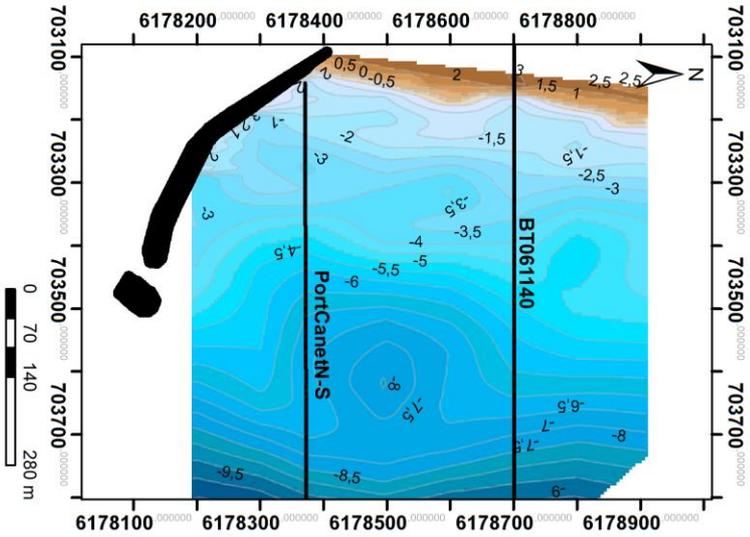


CANET-EN-ROUSSILLON – SECTEUR NORD

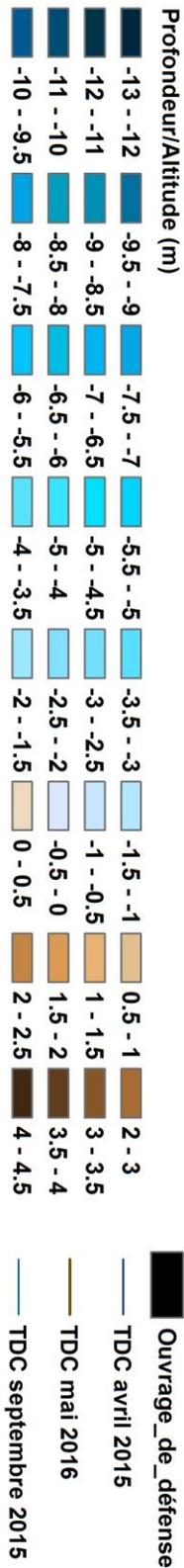
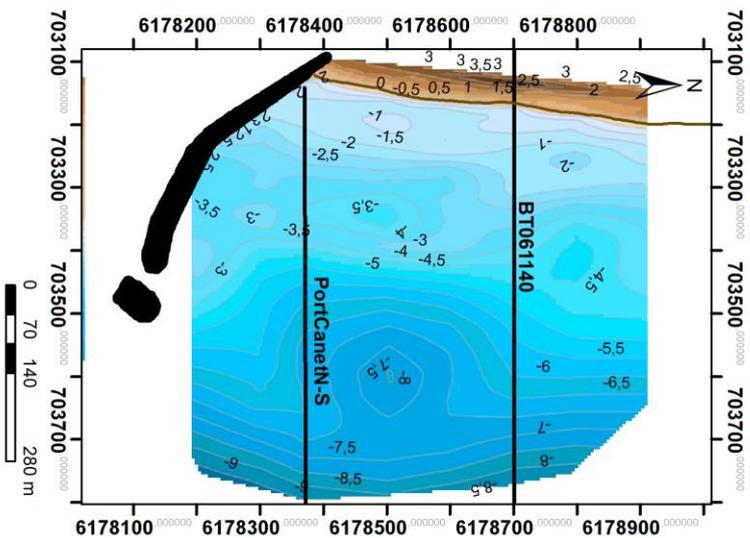
Carte bathymétrique avril 2015



Carte bathymétrique septembre 2015



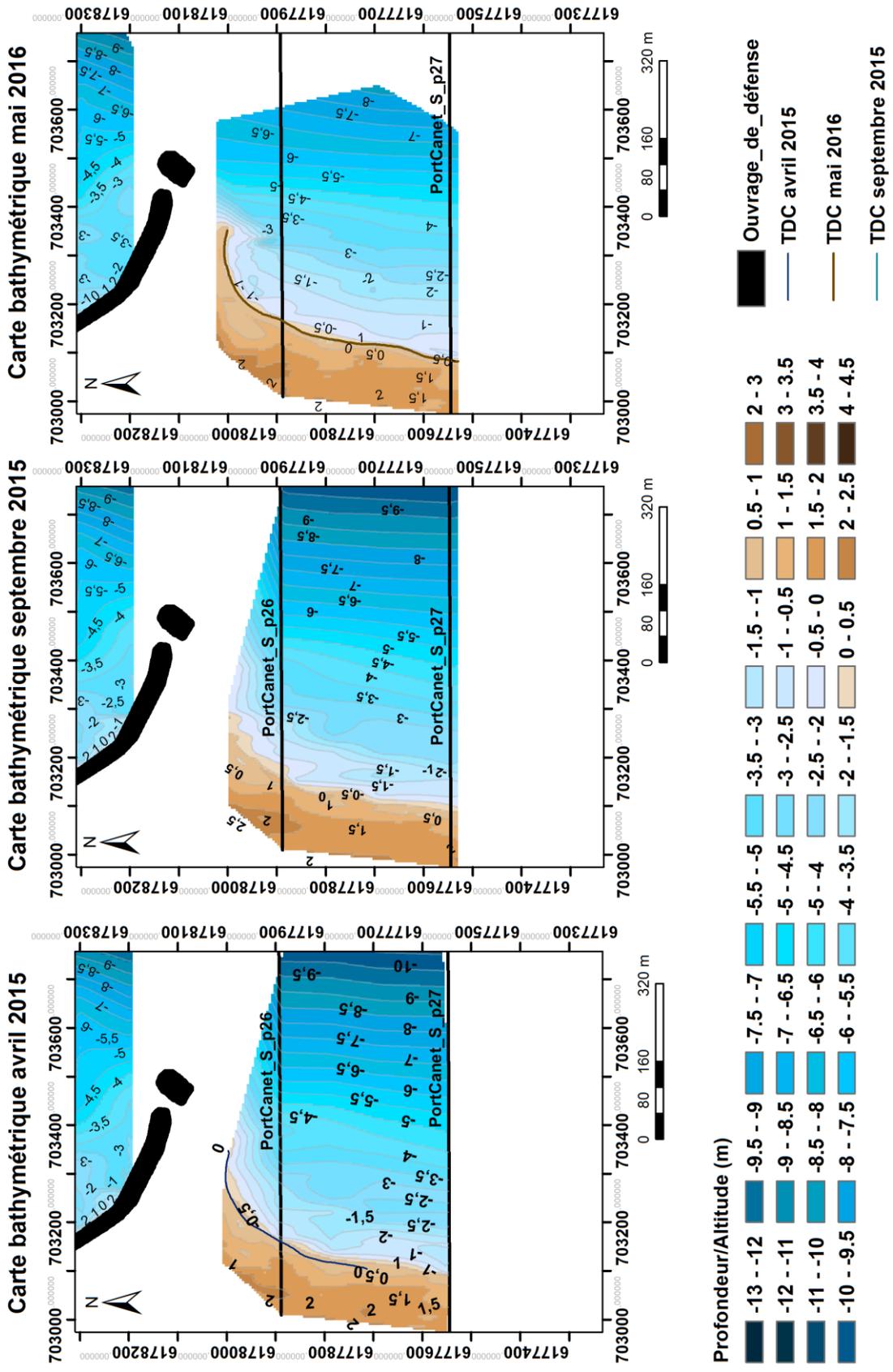
Carte bathymétrique mai 2016



Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2015-2016

Auteur: BRGM

CANET-EN-ROUSSILLON – SECTEUR SUD



Auteur: BRGM

Source: Observatoire de la côte sableuse catalane, campagne 2015-2016



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Occitanie
1039 rue de Pinville
34000 – Montpellier – France
Tél. : 04.67.15.79.80