



Observatoire de la côte sableuse catalane – OBSCAT : rapport technique d'année 5

Rapport final

BRGM/RP-68515-FR
Octobre 2018



Observatoire de la côte sableuse catalane – OBSCAT : rapport technique d'année 5

Rapport final

BRGM/RP-68515-FR

Octobre 2018

Étude réalisée dans le cadre des opérations (projets)
de Service public (Recherche) du BRGM 2018 - AP16LRO012

G. Bossennec et E. Palvadeau

Avec la collaboration de

Y. Balouin, F. Maldan, B. Vignerot, M. Guebba, S. Hureau, P. Lanzellotti, V. Sibert, D. Dailloux

Vérificateur :

Nom : A. STEPANIAN

Chef de projet Littoral

Date : 15/02/2019



Approbateur :

Nom : A. BLUM

Directrice régionale Occitanie

Date : 19/02/2019



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

Contact : qualite@brgm.fr



Mots-clés : aménagement littoral, trait de côte, milieu littoral, côte sableuse, observatoire, bilan sédimentaire, stock sédimentaire, cellule sédimentaire, barre d'avant-côte, embouchure, dune côtière, bathymétrie, topographie, photogrammétrie, méthode sismique, MASW, onde de surface, profil, drone, Roussillon, Canet-en-Roussillon, Le Barcarès, Torreilles, Leucate, Sainte-Marie-La-Mer.

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

Bossennec G. et Palvadeau E. (2018) – Observatoire de la côte sableuse catalane – OBSCAT : rapport technique d'année 5. Rapport final. BRGM/BRGM/RP-68515-FR, 238 p., 215 ill., 3 ann.

Synthèse

L'ObsCat, Observatoire de la côte sableuse catalane est entré dans sa 5^{ème} année de suivi. 15 secteurs ont été analysés, dont 12 secteurs de plage (suivis topo-bathymétrie et trait de côte) et 8 environnements dunaires (suivis altimétrique et/ou de la végétation). L'analyse des évolutions observées permet de dresser les bilans suivants :

Evolutions morpho-sédimentaires

Sur les 12 secteurs de plage suivis, **7 présentent un bilan sédimentaire positif**. Les plus importants (hors zones d'embouchures) sont : **Barcarès Nord, Sainte-Marie et Torrelles**. **3 secteurs présentent un bilan négatif** (hors zones d'embouchures) : **Leucate-plage, Canet-Nord-du-port et Canet-Sud-du-port**.

Le secteur de **Barcarès Nord** est celui qui enregistre le plus fort bilan positif sur cette année de suivi (+148 224 m³). D'une manière générale, ce site présente une certaine tendance à l'engraissement depuis septembre 2016. On peut y voir les effets favorables des opérations régulières de rechargement en sable associées au système de défense contre la mer et à la réhabilitation du cordon dunaire.

L'analyse des données obtenues depuis 2014 par le suivi haute fréquence du trait de côte par caméra vidéo apporte les précisions suivantes :

- La zone nord (au droit des 3 brise-lames les plus récents) tarde à se stabiliser au niveau des tombolos, mais présente une résilience importante face aux épisodes de fortes tempêtes (octobre 2016 et mars 2018) ;
- La zone sud quant à elle, stable depuis le début des suivis de l'ObsCat, a enregistré un léger recul depuis la tempête d'octobre 2016 avec des variations qui sont aussi plus fortes qu'auparavant lors des coups de mer et tempêtes, ce qui suggère une conséquence probable des rechargements annuels moins fréquents qu'à l'accoutumée sur ce secteur.

Pour **Sainte-Marie**, le bilan fortement positif observé (+129 478 m³) est en partie influencé par l'opération de rechargement qui s'est déroulée en avril 2017. Malgré un hiver 2017/2018 érosif sur la plage émergée, l'été 2017 permet au secteur d'emmagasiner une quantité de sable importante sur la zone émergée comme sur la zone immergée. Sur ce secteur l'évolution du trait de côte sur l'année 5 est relativement stable au niveau des profils de référence. En revanche les secteurs au sud du port et au nord immédiat du système de défense contre l'érosion (épis et brises-lames) enregistrent des variations importantes et récurrentes. Au nord immédiat du dernier épi, on observe de manière récurrente la formation d'une encoche d'érosion malgré les rechargements réguliers effectués pour y palier.

Pour le secteur de **Torrelles**, on observe un bilan positif (+42 071 m³) en lien avec un engraissement modéré de la plage immergée, la plage émergée restant elle en bilan légèrement négatif (-2 887 m³). La dynamique de cette dernière est forte se traduisant par des variations saisonnières et inter saisonnières importantes de sa largeur, en relation avec le déplacement des barres d'avant-côte.

Le secteur du **Lydia** bien que présentant un bilan positif (+15 496 m³) reste à surveiller en raison des fortes variations interannuelles voire saisonnières de la largeur de plage au droit d'un secteur fortement urbanisé.

Le bilan négatif du secteur de **Leucate-plage** (-45 133 m³) est lié à d'importants mouvements sédimentaires durant l'hiver 2017/2018 avec très probablement un effet prépondérant de la tempête de fin février-début mars 2018.

Le secteur de **Canet-Nord-du-Port** enregistre pour la deuxième année consécutive (cf. année 4) un bilan déficitaire (-30 688 m³), avec une tendance au recul qui semble se concentrer dans la partie centrale. Mais les interprétations de la position du trait de côte sont assez difficiles en raison des opérations de reprofilage qui y sont réalisées chaque année.

C'est la première fois depuis le début des suivis de l'ObsCat que le secteur de **Canet-Sud-du-Port** présente un bilan annuel négatif (-77 386 m³). Ce sont les mouvements sédimentaires importants de l'hiver 2017/2018 qui sont à l'origine de ce déficit, alors que l'été 2017 a été stable. Un recul modéré du trait de côte est observé dans la partie nord du secteur depuis l'année 4 (2016-2017 ??). On ne peut parler à ce stade de tendance, mais la position actuelle du trait de côte est cependant la plus reculée depuis le début des levés de l'ObsCat (2014). Le recul le long de la jetée du port, est plus modéré mais pourrait potentiellement favoriser des désordres sur cet aménagement.

Les embouchures de l'**Agly** et du **Bourdigou** en léger déficit sédimentaire en sortie d'année 4 (-4 017 m³ et -3 370 m³) sont cette année en net bénéficière (+48 245 m³ et +45 640 m³). L'embouchure de la **Têt** est au contraire en net déficit au printemps 2018 (-34 748 m³) par rapport à l'année 4 (+11 568 m³).

Comparativement à l'année 4 à l'issue de laquelle de nombreux secteurs présentaient un déficit sédimentaire, cette année 5 est globalement positive. L'hiver 2017/2018 a globalement été moins énergétique comparativement à l'hiver 2016/2017. La tempête majeure du 28 février au 2 mars 2018 a cependant été particulièrement marquante sur le littoral de l'Occitanie provoquant d'importants impacts érosifs et des submersions marines en de nombreux secteurs de la côte sableuse de la région. Son intensité, en terme de période de retour, a été estimée autour de 10 ans pour la houle (estimation CEREMA) et entre 20 et 30 ans en combinant hauteur de houle et niveau d'eau (estimation BRGM). Mais au demeurant sur le plan du bilan sédimentaire, peu de secteurs en ont subi des conséquences néfastes, à l'exception de Leucate-plage, Canet-Nord-du-Port et Canet-Sud-du-Port.

On retiendra pour cette année 5, les points sensibles suivants :

- La vulnérabilité des secteurs du Lydia et de Torreilles en raison des fluctuations importantes de la largeur de ces plages ;
- Le déficit sédimentaire répété du secteur de Canet-Nord-du-Port ;
- Le déficit notable du secteur du Canet-Sud-du-Port et un recul du trait de côte à surveiller dans la partie nord.

Qualité des environnements dunaires

La qualité des environnements dunaires suivis sur le territoire de l'ObsCat a été appréciée au regard de comparaisons altimétriques et de suivi *in-situ* de la végétation.

4 secteurs de dune présentent une **qualité satisfaisante voire très satisfaisante** :

- Barcarès – Port Barcarès : bon état sur le plan morpho-sédimentaire comme sur le plan biologique malgré une situation en bordure d'un secteur très urbanisé ;
- Torreilles – village des sables : il s'agit de l'environnement dunaire présentant l'état le plus satisfaisant tant du point de vue morpho-sédimentaire que biologique. Les mises en défens sont efficaces notamment vis-à-vis de la fréquentation ;
- Canet Lido : c'est l'environnement dunaire le plus riche sur le plan biologique mais les mises en défens mériteraient d'être plus régulièrement entretenues ;
- Lydia : bon état morpho-sédimentaire en lien avec des mises en défens efficaces.

2 secteurs sont de **qualité satisfaisante avec un potentiel de restauration insuffisamment exploité** :

- Torreilles sud (rive sud du Bourdigou) : taux de recouvrement satisfaisants et en progression mais impact encore important des cheminements d'arrière-dune et présence fréquente d'espèces invasives ;
- Barcarès – Mas de l'Isle : cordon dunaire large mais peu élevé, remplissant cependant bien son rôle tampon lors des tempêtes. Satisfaisant sur le plan biologique mais moins bon que pour d'autres environnements similaires (Canet lido par exemple).

1 secteur présente une **qualité médiocre** :

- Sainte-Marie Nord (centre et camping) : une forte fréquentation et le défaut de mise en défens contribuent à un état biologique médiocre. Mais le potentiel de conservation y est fort en raison de la largeur du cordon dunaire (notamment au droit du camping) et les travaux de restauration permettront d'améliorer la situation.

1 secteur en en **dégradation** :

- Torreilles – Bourdigou (rive nord du Bourdigou) : ce secteur est situé dans une zone exposée à des phénomènes d'érosion récurrents en raison de sa position en aval dérive par rapport aux enrochements du Bourdigou. Le recul de la végétation y est notable malgré les travaux de mise en défens réalisés en 2015 inefficaces face à l'action des houles de tempête.

L'impact érosif de la tempête majeure du 28 février au 2 mars 2018 a été relativement peu important au regard de son énergie. En revanche de nombreux franchissements dunaires ont eu lieu pendant l'événement sur toute la façade sableuse catalane, impactant les taux de recouvrement sur les secteurs de Barcarès – Port Barcarès notamment. En contrepartie cet épisode a engendré un apport de sable sur le haut de plage et la dune proprement dite qui, à relativement court terme, pourra être bénéfique à la croissance de l'environnement dunaire.

Perspectives

Les suivis à venir de l'année 6, levés de l'automne 2018 et du printemps 2019, permettront de :

- Mettre en évidence les effets du rechargement en sédiment sur le site de Canet Nord (Sardinal) réalisé au printemps 2018, sur la santé morphologique du secteur ;
- Vérifier la poursuite ou non du recul observé sur le nord du secteur de Canet Sud-du-port ;
- Les effets des apports sédimentaires importants de la tempête du 28/02 au 2/03/2018 en de nombreux points des cordons dunaires suivis, sur leur santé biologique (reprise de la végétation et des taux de recouvrement).

Sommaire

1. Introduction	21
2. Méthodes d'observation mises en œuvre	23
2.1. LE SUIVI TOPO-BATHYMETRIQUE	24
2.1.1. Acquisition des données	24
2.1.2. Traitements des données.....	31
2.2. LE SUIVI VIDEO	34
2.3. LE SUIVI DE L'ALTIMETRIE DUNAIRE PAR COMPARAISON DE LEVES PHOTOGRAMMETRIQUES REALISES PAR DRONE ET AUTOGIRE	37
2.3.1. Acquisition des données	37
2.4. LE SUIVI SATELLITAIRE : L'IMAGERIE PLEIADES	37
2.5. LE SUIVI IN-SITU DE LA VEGETATION DUNAIRE.....	38
2.6. LE SUIVI PHOTOGRAPHIQUE	43
3. Evaluation des stocks sédimentaires sur le littoral de l'ObsCat - Etude méthodologique expérimentale géophysique : résultats conjoints de l'étude ESTER (levés Géo-radar CEFREM) et du levé sismique par onde de surface (MASW - BRGM) sur le cordon dunaire de Torreilles.....	45
3.1. RAPPEL DE L'OBJECTIF	45
3.2. SITE D'ETUDE	45
3.3. METHODE.....	46
3.4. RESULTATS.....	47
3.5. DISCUSSION ET PERSPECTIVES	49
4. Exemple d'analyse cartographique des impacts de la tempête du 1^{er} Mars 2018 sur le littoral de l'ObsCat par levé autogire photogrammétrique	51
4.1. PRESENTATION	51
4.2. EXEMPLES D'UTILISATIONS DU LEVE	55
4.2.1. Utilisation de l'orthophotographie	55
4.2.2. Utilisation du Modèle numérique de surface (MNS) pour l'analyse de la topographie.....	59
4.3. INTERETS ET AMELIORATIONS POTENTIELLES DU LEVE PHOTOGRAMMETRIQUE GLOBAL.....	62

5. Synthèse des évolutions par cellule sédimentaire	64
5.1. CONDITIONS DE FORÇAGE SUR LA PERIODE D'ETUDE	64
5.1.1. Données disponibles	64
5.1.2. Conditions météorologiques	64
5.1.3. Conditions de houle.....	65
5.1.4. Niveaux d'eau.....	68
5.1.5. Débits fluviaux	68
5.1.6. Conclusions sur les conditions de forçage de l'hiver 2017-2018.....	69
5.2. CELLULE 12 - DU GRAU DE LEUCATE A LEUCATE-PLAGE	69
5.2.1. Leucate-Plage	70
5.2.2. Leucate-Mourets	82
5.3. CELLULE 11 - DE PORT-LEUCATE AU GRAU DE LEUCATE	84
5.3.1. Plage du Village naturiste de Leucate	85
5.4. CELLULE 10 - DE LEUCATE A PORT-BARCARES	93
5.4.1. Le Lydia.....	94
5.4.2. Mas de l'Isle	107
5.4.3. Port Barcarès Nord.....	111
5.5. CELLULE 9 - DE PORT BARCARES A L'AGLY	133
5.5.1. Port-Barcarès Sud.....	134
5.5.2. Embouchure de l'Agly.....	143
5.6. CELLULE 8 - DE L'AGLY AU BOURDIGOU.....	151
5.6.1. Torrelles	152
5.6.2. Embouchure du Bourdigou	165
5.7. CELLULE 7 - DU BOURDIGOU AU PORT DE CANET-EN-ROUSSILLON ...	176
5.7.1. Plage de Sainte-Marie nord.....	177
5.7.2. Plage de Sainte-Marie centre	179
5.7.3. Embouchure de la Têt	193
5.7.4. Nord du port de Canet-en-Roussillon ou Canet Nord.....	202
5.8. CELLULE 6 - DU PORT DE CANET-EN-ROUSSILLON A ST-CYPRIEN	211
5.8.1. Sud du port de Canet-en-Roussillon ou Canet Sud	212
6. Bilan global des évolutions observées – Année 5.....	225
6.1. BILAN MORPHO-SEDIMENTAIRE	225
6.2. ENVIRONNEMENTS DUNAIRES	230
7. Conclusion	233
8. Bibliographie.....	237

Liste des figures

Illustration 1 - Localisation de la zone d'étude et des secteurs de suivi - fond de carte IGN.....	22
Illustration 2 - Tableau de synthèse des données collectées au cours de l'année 5 de l'OBSCAT.	23
Illustration 3 - Carte de localisation des secteurs d'étude et des profils de référence.	26
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.....	27
Illustration 5 - Plateforme de vol autogire. A gauche : modèle d'autogire (source wikipédia) similaire à celui utilisé pour le levé du cordon dunaire de Leucate-Plage ; à droite photographie de l'appareil en action (source equipe terrain Obscat 2017).	28
Illustration 6 - Exemple du positionnement des cibles pour les levés photogrammétriques.	29
Illustration 7 - Modes d'acquisition des données bathymétriques. A). Acquisitions bathymétriques en mer ; B) Transects bathymétriques ; C) Acquisition bathymétriques dans les embouchures.	31
Illustration 8 - Rimouski, drone radiocommandé mis en oeuvre par la société Ecoceanodrone pour l'acquisition bathymétrique des embouchures. Exemple sur l'embouchure de la Têt.	31
Illustration 9 - Chaîne de traitement des données ObsCat pour l'année 5.	33
Illustration 10 - Implantation de la webcam du Barcarès et délimitation des 5 prises de vue.....	34
Illustration 11 - Exemples de prises de vue de la caméra C4. A gauche, image instantanée, à droite image moyennée Timex.	35
Illustration 12 - 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).	35
Illustration 13 - Résolution de l'image ortho-rectifiée dans la direction perpendiculaire (cross-shore, en haut) et parallèle (longshore, en bas) au trait de côte.	36
Illustration 14 - 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.	36
Illustration 15 - Dates de levé et caractéristiques des transects de végétation.	40
Illustration 16 – Dispositif mis en place pour les levés le long des transects.....	41
Illustration 17 – Collecte des observations par casier et report sur une fiche de relevé de terrain	41
Illustration 18 - Classes d'estimation du recouvrement végétal (EID-Med, 2010)	42
Illustration 19 - Localisation de la zone d'étude et plan de position des profils géo-radar et de sismique en ondes de surface (source LIDAR : LITTO 3D 2011).	46
Illustration 20 - Illustration d'un profil géo-radar à l'aide de l'antenne 250 MHz (A. géo-radar traité, B. géo-radar interprété). Les réflecteurs de la plage fossile sont projetés avec similitude sous la plage actuelle (source LIDAR : LITTO 3D 2011).	48
Illustration 21 - Illustration des profils sismiques MASW. La description lithologique du forage "archive" est indiquée sur le zoom du profil 5 (modifiée d'après Christmann et al., 2017).	49

Illustration 22 - Avantages et biais de l'utilisation du géo-radar et de la sismique MASW.....	49
Illustration 23 - Conditions hydrodynamiques lors de la tempête du 1 ^{er} Mars 2018. De bas en haut ; Niveau marin NGF à Port-la-Nouvelle ; Hauteur significative (Hs) et Hauteur maximale (Hmax) de la houle ; Orientation de la Houle. Sources des données : SHOM REFMAR ; CANDHIS (Cerema-DREAL Occitanie).	51
Illustration 24 - Exemples d'impacts de la tempête du 28 février au 2 mars 2018 sur différents secteurs de l'ObsCat.....	52
Illustration 25 - Exemple d'autogire utilisé par la société ECOCEANODRONE pour le levé photogrammétrique post-tempête.....	52
Illustration 26 - Tableau des caractéristiques du levé photogrammetrique post-tempête en autogire.	53
Illustration 27 - Carte de découpage du levé photogrammetrique post-tempête selon 3 secteurs (Nord,Central et Sud).	54
Illustration 28 - Impacts notables de la tempête du 1er Mars 2018 sur le secteur central de l'ObsCat. Vue générale.....	56
Illustration 29 - Impacts notables de la tempête du 1er Mars 2018 sur le secteur central de l'ObsCat. Exemples sur le secteur de Barcarès Nord.	57
Illustration 30 - Impacts notables de la tempête du 1er Mars 2018 sur le secteur central de l'ObsCat. Exemples sur le secteur de Torreilles.....	58
Illustration 31 – (A) Altimétrie dunaire ; (B) Run-up ; (C) dégâts sur le secteur central. Image de fond :Orthophotographie Ecoceanodrone mars 2018.....	60
Illustration 32 - traces de recouvrement du cordon dunaire par le sable à Torreilles le 02 Mars 2018 suite à la tempête.....	61
Illustration 33 - Impacts de la tempête sur le front de mer au Barcarès le 02 Mars 2018.....	62
Illustration 34 - Roses vents à la station de Leucate :vents moyens sur les 5 années d'observation de l'ObsCat (à droite) et vents moyen lors de la dernière saison d'observation (à gauche). Source des données : Meteociel.com.....	64
Illustration 35 - Vitesse du vent (km/h) à la station de Leucate, de Janvier 2017 à Juin 2018. Source des données : Meteociel.com	65
Illustration 36 - Vitesse des vents marins (km/h) à la station de Leucate, de Janvier 2017 à Juin 2018. Source des données : Meteociel.com.....	65
Illustration 37 - Rose des houles à la bouée de Leucate : houles moyennées sur les 5 premières années d'observations de l'ObsCat (à gauche) et durant la dernière saison d'observation (à droite). Source des données : CANDHIS (Cerema-DREAL Occitanie).	66
Illustration 38 - Analyse des conditions de houles durant l'année 5; hauteur significative (Hs), hauteur maximale enregistrée (Hmax), période et direction. Les traits rouges indiquent les évènements de tempête et les traits noirs les évènements énergétiques. Sources des données : CANDHIS (Cerema-DREAL Occitanie)	68
Illustration 39 - Niveaux d'eau enregistrés à Port-la-Nouvelle entre Juillet 2017 et Juin 2018 (source des données REFMAR-SHOM).....	68
Illustration 40 - Débits journaliers (m ³ /j) des fleuves Têt (station Perpignan) et Agly (Station Rivesaltes) depuis Août 2013. Source des données : SPC Méditerranée Ouest.....	69
Illustration 41 - Débits journaliers (m ³ /j) des fleuves Têt (station Perpignan) et Agly (Station Rivesaltes) entre Août 2017 et Juin 2018. Source des données : SPC Méditerranée Ouest.....	69

Illustration 42 – Localisation de la cellule hydro-sédimentaire 12 et des secteurs Leucate plage et Village naturistes.....	70
Illustration 43 – Secteur de Leucate plage, profil de référence Leucate6 et prises de vues.	71
Illustration 44 – Suivi photographique de Leucate plage, au niveau du profil de référence Leucate6. Prises de vue vers le Nord en haut et vers le Sud en bas, Avril 2017 à gauche et avril 2018 à droite.	72
Illustration 45 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale pour le secteur de Leucate-Plage.....	73
Illustration 46 - travaux de reprofilage de plage dans la moitié nord du secteur de Leucate.....	74
Illustration 47 - Cartes topobathymétriques et de déplacements sédimentaires pour la période estivale d'avril à septembre 2017, secteur de Leucate Plage.	75
Illustration 48 - Profil de référence Leucate6, évolutions pour la période estivale avril à septembre 2017.	76
Illustration 49 - Cartes topobathymétriques et de déplacements sédimentaires pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018, secteur de Leucate Plage.	76
Illustration 50 - Profil de référence Leucate6, évolutions pour la période hivernale septembre 2017 à avril 2018.	77
Illustration 51 - Cartes topobathymétriques et de déplacements sédimentaires annuels pour la période d'avril 2017 à avril 2018, secteur de Leucate Plage.....	77
Illustration 52 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Leucate Plage.	78
Illustration 53 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre septembre 2015 et avril 2018 pour le secteur de Leucate Plage.	78
Illustration 54 - Carte des traits de côte et évolution entre septembre 2015 et avril 2018 pour le secteur de Leucate Plage.	80
Illustration 55 - Représentation schématique d'une sinuosité de plage. ET désigne l'extension transversale entre la position des cornes et celle du ventre de sinuosité de plage et λ la distance séparant deux cornes. (Ferrer, 2010).....	82
Illustration 56 - Position des traits de côte relevées au DGPS ou par photo-interprétation entre 2011 et 2017 sur le secteur des Mourets à Leucate.	83
Illustration 57 - Localisation de la cellule 11 et du secteur Village naturistes.	84
Illustration 58 – Secteur du Village naturiste de Leucate et profil de référence Vil_nat14.....	85
Illustration 59 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur du Village naturistes.....	87
Illustration 60 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur du Village naturiste de Leucate.	88
Illustration 61 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur du Village naturistes, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).....	89
Illustration 62 - Profil de référence vil_nat14, évolutions pour la période estivale avril à septembre 2017.	89
Illustration 63 - Profil de référence vil_nat14, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.	90

Illustration 64 - Bilans sédimentaires cumulés (zone complète et zone émergée) entre septembre 2015 et avril 2018 pour le secteur du Village naturistes de Leucate.	91
Illustration 65 - Carte des traits de côte entre septembre 2015 et avril 2018 pour le secteur du Village naturistes de Leucate.	92
Illustration 66 - Localisation de la cellule hydro-sédimentaire 10 et des secteurs Lydia et Port-Barcarès Nord.	93
Illustration 67 - Secteur Lydia, profils de référence et prises de vues.	94
Illustration 68 - Prise de vue vers le Sud, au niveau du Lydia (profil de référence LydiaC), le 26/03/2018.	95
Illustration 69 - Comparaison des altimétries 2016, 2018 et évolutions morphologiques du cordon dunaire du Lydia. Orthophotographie autogire Ecoceanodrone ObsCat 2018.	97
Illustration 70 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur du Lydia.	99
Illustration 71 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur du Lydia.	100
Illustration 72 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur du Lydia, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).	101
Illustration 73 - Profil de référence LydiaN, évolutions pour la période estivale avril à septembre 2017.	102
Illustration 74 - Profil de référence LydiaC, évolutions pour la période estivale avril à septembre 2017.	102
Illustration 75 - Profil de référence Sud BT074006, évolutions pour la période estivale avril à septembre 2017.	102
Illustration 76 - Profil de référence LydiaN, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.	103
Illustration 77 - Profil de référence LydiaC, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.	103
Illustration 78 - Profil de référence Sud BT074006, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.	103
Illustration 79 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur du Lydia.	104
Illustration 80 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur du Lydia.	106
Illustration 81 - Localisation des transects du Mas de l'Isle	107
Illustration 82 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement sur les transects du Mas de l'Isle entre 2016 et 2018.	108
Illustration 83 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur les transects du Mas de l'Isle entre 2016 et 2018.	108
Illustration 84 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur les casiers du transect du Mas de l'Isle Nord entre 2017 et 2018.	109
Illustration 85 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur les casiers du transect du Mas de l'Isle Sud entre 2017 et 2018.	109
Illustration 86 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur les transects du Mas de l'Isle.	110

Illustration 87 - Secteur de Port Barcarès, profils de référence et prises de vue.....	111
Illustration 88 - Morphologie de la plage, formation d'un tombolo, au droit du second épis au niveau des Miramars (prise de vue du 07/04/2017).....	112
Illustration 89 - Baladoir et dune relique le long des résidences Miramars. Vue vers le sud prise le 16/04/2018 au niveau du profil de référence PortBarcNord-C.	112
Illustration 90 - Dune relique le long des résidences Miramars en avant de la promenade de la mer. Vues prises le 16/04/2018 au niveau du profil de référence PortBarcNord-C (en haut vers le sud et en bas vers le nord).....	113
Illustration 91 - Dune relique dans la moitié nord du secteur en avant des habitations. Vues prises au niveau du profil de référence PortBarcNord-N : à gauche en date du 26/09/2017 et à droite en date du 16/04/2018 ; en haut vers le Sud et en bas vers le Nord)...	114
Illustration 92 - Comparaison des altimétries 2015,2018 et évolutions morphologiques du cordon dunaire de Port Barcares Nord. En fond, mosaïque ortophotographies autogire ObsCat 2018.....	116
Illustration 93 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur de Port Barcarès Nord.	118
Illustration 94 - Dégâts engendrés sur la promenade de la mer (balladoir) au niveau de l'épi sud (EP1) par la tempêtes du 1 ^{er} mars 2018.....	119
Illustration 95 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur de Port Barcarès Nord, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).	120
Illustration 96 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Port Barcarès Nord.....	120
Illustration 97 - Profils de référence PortBarcNord-N, PortBarcNord-C et PortBarcNord-S, évolutions pour la période estivale d'avril à septembre 2017.	121
Illustration 98 - Profils de référence PortBarcNord-N, PortBarcNord-C et PortBarcNord-S, évolutions pour la période hivernale 2017/2018.	122
Illustration 99 - Dates des traits de côte retenus pour l'analyse des évolutions d'octobre 2014 à juin 2018 du secteur de Port Barcarès Nord. Les dates surlignées sont celles ajoutées pour l'année 5 de l'OsbCat.	123
Illustration 100 - Evolution du trait de côte sur le littoral du secteur de Port Barcarès Nord par suivi vidéo haute fréquence. Amplitude des mouvements de juillet 2017 à juin 2018.	125
Illustration 101 - Analyse temporelle de la position du trait de côte par suivi vidéo haute fréquence du secteur de Port Barcarès Nord.	126
Illustration 102 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Port Barcarès Nord.	127
Illustration 103 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Port-Barcarès Nord.....	129
Illustration 104 - Localisation du transect Port-Barcarès Nord.....	130
Illustration 105 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement sur le transect de Port-Barcarès Nord entre 2016 et 2018.....	130
Illustration 106 - Evolution du % de recouvrement sur le transect de Port Barcarès entre 2016 et 2018	131
Illustration 107 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur le transect Port Barcarès entre 2016 et 2018.....	131

Illustration 108 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur le transect Port Barcarès.....	132
Illustration 109 - Localisation de la cellule 9 et des secteurs Port Barcarès Sud et Agly.....	133
Illustration 110 - Secteur de Port Barcarès Sud, profils de référence et prises de vue.	135
Illustration 111 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur de Port-Barcarès Sud.....	136
Illustration 112 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur de Port-Barcarès Sud, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).	138
Illustration 113 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Port-Barcarès sud.	138
Illustration 114 - Profils de référence PortBarcSud-N et PortBarcSud-S, évolutions pour la période estivale d'avril à septembre 2017.	139
Illustration 115 - Profils de référence PortBarcSud-N et PortBarcSud-S, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.....	140
Illustration 116 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Port-Barcarès sud.	141
Illustration 117 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Port-Barcarès Sud.	142
Illustration 118 - Secteur de l'embouchure de l'Agly, profils de référence et prises de vue.	143
Illustration 119 - Carte des traits de côte entre Septembre 2017 et Avril 2018 pour le secteur de l'Agly.....	145
Illustration 120 - Cartes topobathymétriques de Septembre 2017 et d'Avril 2018 ; Carte des volumes déplacés au cours de l'hiver 2017/2018 entre Septembre 2017/ Avril 2018 pour le secteur de l'Agly.....	146
Illustration 121- Tableau de synthèse des volumes de sédiments déplacés entre Avril 2017 et Avril 2018.pour le secteur de l'Agly.....	147
Illustration 122 - Profil Agly-N entre Septembre 2017 et Avril 2018.	147
Illustration 123 - Profil Agly-S entre Septembre 2017 et Avril 2018.	148
Illustration 124 - Cartes des des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de l'Agly.....	149
Illustration 125 - Orthophotographies aériennes de l'embouchure de l'Agly prises entre septembre 2014 et avril 2018. Entre 2014 et avril 2017 : levés par drone. Depuis septembre 2017 : levés par autogire.	150
Illustration 126 - Localisation de la cellule hydrosédimentaire 8 et des secteurs de Torreilles et du Bourdigou.....	151
Illustration 127 - Secteur de Torreilles, profils de références et prises de vue.	153
Illustration 128 - Secteur de Torreilles au niveau du profil topographique de référence BT067930 situé à l'extrémité Nord su site (Illustration 132). Vues prises lors de la campagne ObsCat du printemps 2018 le 17 Avril 2018 (à gauche vue vers le Nord, à droite vue vers le Sud).....	154
Illustration 129 - Secteur de Torreilles au niveau du profil topographique de référence TorrC situé au centre du site (Illustration 132). Vues prises lors de la campagne ObsCat du printemps 2018 le 17 Avril 2018 (à gauche vue vers le Sud, à droite vue vers le Nord).	154

Illustration 130- Secteur de Torreilles au niveau du profil topographique de référence TorrS situé au sud du site (Illustration 132). Vues prises lors de la campagne ObsCat du printemps 2018 le 17 Avril 2018 (à gauche vue vers le Sud, à droite vue vers le Nord).	154
Illustration 131 - Photographies des dégâts au niveau du poste de secours de la plage nord (à gauche) et sur le système de ganivelles (à droite) après la tempête du 1 ^{er} Mars 2018. Source : photothèque ObsCat.	155
Illustration 132 - Cartes des traits de côte et évolution entre Septembre 2017 et Avril 2018 pour le secteur de Torreilles.	156
Illustration 133 - Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacés entre Avril 2017/Septembre 2017 et Septembre 2017/Avril 2018 pour le secteur de Torreilles.	157
Illustration 134 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Torreilles.	158
Illustration 135 - Profil BT067930, entre Septembre 2017 et Avril 2018.	158
Illustration 136 - Profil TorrC, entre Septembre 2017 et Avril 2018	159
Illustration 137 - Profil TorrS, entre Septembre 2017 et Avril 2018	159
Illustration 138 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Torreilles.	160
Illustration 139 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Torreilles.	161
Illustration 140 - Localisation du transect village des sables à Torreilles	162
Illustration 141 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement sur le transect Village des sables entre 2016 et 2018.	162
Illustration 142 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur le transect Village des sables entre 2016 et 2018.	163
Illustration 143 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur le transect Village des sables	163
Illustration 144 – Raisin de mer sur la dune fixée	164
Illustration 145 - Secteur de l'embouchure du Bourdigou, profils de référence et prises de vues	165
Illustration 146 - Carte des traits de côte et évolution de Septembre 2017 à Avril 2018 pour le secteur du Bourdigou.	167
Illustration 147 – Cartes topobathymétriques de Septembre 2017 et d'Avril 2018 ; Carte des volumes déplacés entre Septembre 2017/ Avril 2018 pour le secteur du Bourdigou. ...	168
Illustration 148 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de l'embouchure du Bourdigou.	169
Illustration 149 - Profil de référence BourdigN, entre Septembre 2017 et Avril 2018.	169
Illustration 150- Profil de référence BourdigS, entre Septembre 2017 et Avril 2018.	170
Illustration 151 - Bilans sédimentaires cumulés des zones complètes et émergées entre avril 2015 et avril 2018 pour le secteur du Bourdigou	171
Illustration 152 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur du Bourdigou.	172
Illustration 153 - Localisation des transects Sainte-Marie Nord (ou Torreilles Sud) et Bourdigou	173

Illustration 154 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement sur les transects Sainte-Marie Nord (ou Torreilles Sud) et Bourdigou entre 2016 et 2018.....	173
Illustration 155 - Illustration du recouvrement végétal au Bourdigou entre 2014 et 2018 grâce aux orthophotos ObsCat issues des vols drone (BRGM / Ecocéanodrone)	174
Illustration 156 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur les transects Sainte-Marie Nord (ou Torreilles Sud) et Bourdigou entre 2016 et 2018.....	174
Illustration 157 – Griffes de sorcière en avril 2018 sur le transect Sainte-Marie Nord.....	175
Illustration 158 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur les transects Sainte-Marie Nord (ou Torreilles Sud) et Bourdigou.....	175
Illustration 159 - Localisation de la cellule hydro-sédimentaire 7 et des secteurs Sainte-Marie, embouchure de la Têt et Nord du Port de Canet.	176
Illustration 160 - Localisation des transects Sainte-Marie centre et Sainte-Marie camping.....	177
Illustration 161 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement sur les transects de Sainte-Marie entre 2016 et 2018	178
Illustration 162 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur les transects de Sainte-Marie entre 2016 et 2018.....	178
Illustration 163 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur les transects de Sainte-Marie.....	179
Illustration 164 - Secteur de Sainte-Marie, profils de référence et prises de vue.....	180
Illustration 165 - Secteur de Sainte-Marie au niveau du profil topographique de référence BT064040 (secteur des ouvrages). A droite, vue vers le Nord, accumulation de sable en aval-dérive du dernier épi ; à gauche vue vers le Sud, tombolo au droit du dernier brise-lames, plage en forme de baie. Campagne ObsCat 18 Avril 2018.	181
Illustration 166 - Secteur de Sainte-Marie au niveau du profil topographique de référence BT063940 (au nord des ouvrages). A droite, vue vers le Nord ; à gauche vue vers le Sud. Campagne ObsCat 18 Avril 2018.	181
Illustration 167 - Opérations de rechargement le 24 avril 2017 et le 18 juin 2018 réalisées par PMM pour le confortement de l'ancrage de l'épi Nord de Sainte-Marie. Source ObsCat.	182
Illustration 168 - Carte des traits de côte et évolution d' Avril 2017 à Septembre 2017 pour le secteur de la plage de Sainte-Marie.	183
Illustration 169 - Carte des traits de côte et évolution de Septembre 2017 à Avril 2018 pour le secteur de la plage de Sainte-Marie.	184
Illustration 170 - Travaux de mise en place de nouveaux enrochements entre le premier épis et le premier brise lame par la commune de Sainte-Marie en Avril 2018.....	185
Illustration 171 - Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacés entre Avril 2017/ Septembre 2017 et Septembre 2017/Avril 2018 pour le site de Sainte-Marie-la-Mer.	186
Illustration 172 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Sainte-Marie-la-Mer.	186
Illustration 173 - Profil BT063940 entre Septembre 2017 et Avril 2018	187
Illustration 174 - Profil BT064040 entre Septembre 2017 et Avril 2018	187
Illustration 175 - Profil SteMarC entre Septembre 2017 et Avril 2018	188
Illustration 176 Profil SteMarS entre Septembre 2017 et Avril 2018	188
Illustration 177 - Profil LaCrost-N entre Septembre 2017 et Avril 2018	189

Illustration 178 - Comparaison des altimétries 2016, 2018 et évolutions morphologiques du cordon dunaire de Sainte-Marie. En fond, mosaïque orthophotographiques autogire ObsCat 2018.	190
Illustration 179 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Sainte-Marie.	191
Illustration 180 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Sainte-Marie.	192
Illustration 181 - Secteur de l'embouchure de la Têt, profils de référence et prises de vues	193
Illustration 182 - Carte des traits de côte et évolution de septembre 2017 à avril 2018 pour le secteur de la Têt.	195
Illustration 183 - Profil Têt-N, entre septembre 2017 et avril 2018	196
Illustration 184 - Profil Têt-S, entre Septembre 2017 et Avril 2018.	196
Illustration 185 - Cartes topobathymétriques de septembre 2017 et d'avril 2018 ; Carte des volumes déplacés entre septembre 2017 et avril 2018 pour le secteur de la Têt.	197
Illustration 186 - Tableau des volumes sédimentaires déplacés entre avril 2017 et septembre 2017 et entre septembre 2017 et avril 2018 pour le secteur de la Têt.	198
Illustration 187 - Bilans sédimentaires cumulés des zones complètes et émergées entre septembre 2017 et avril 2018 pour le secteur de la Têt	199
Illustration 188- Carte des traits de côtes entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de la Têt	200
Illustration 189 - Orthophotographies aériennes de l'embouchure de la Têt prises entre septembre 2014 et avril 2018. Entre 2014 et avril 2017 : levés par drone. Depuis septembre 2017 : levés par autogire.	201
Illustration 190 - Secteur Nord du Port de Canet, profils de référence et prises de vue.	202
Illustration 191 - Suivi photographique du secteur de Canet Nord au niveau du profil de référence BT061140 après le reprofilage de la plage. A gauche le 24/04/2017 et à droite le 25/04/2018. En haut vues vers le Sud, en bas vues vers le Nord.	203
Illustration 192 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur de Canet Nord.	204
Illustration 193 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur de Canet Nord, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).	206
Illustration 194 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Canet Nord.	206
Illustration 195 - Profils de référence BT061140 et PortCanetN-S, évolutions pour la période estivale d'avril à septembre 2017.	207
Illustration 196 - Profils de référence BT061140 et PortCanetN-S, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.	208
Illustration 197 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Canet Nord Sardinal.	209
Illustration 198 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Canet Nord.	210
Illustration 199 - Localisation de la cellule hydro-sédimentaire 6 et du secteur Canet Sud ou Sud du Port de Canet.	211
Illustration 200 - Secteur de Canet Sud, profils de référence et prises de vue.	212

Illustration 201 - Secteur de Canet Sud au niveau du profil de référence PortCanetSud-N. En haut vues du haut de plage, vers le sud (gauche) et vers le nord (droite). En bas vues du bas de plage, vers le sud (gauche) et vers le nord (droite). OBSCAT campagne septembre 2017.	213
Illustration 202 - Secteur de Canet Sud au niveau du profil de référence PortCanetSud-S. En haut vues du haut de plage, vers le sud (gauche) et vers le nord (droite). En bas vues du bas de plage, vers le sud (gauche) et vers le nord (droite). OBSCAT campagne septembre 2017.	213
Illustration 203 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur de Canet Sud.	215
Illustration 204 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur de Canet Sud, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).	217
Illustration 205 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Canet Sud.	217
Illustration 206 - Profils de référence PortCanetSud-N et PortCanetSud-S, évolutions pour la période estivale d'avril à septembre 2017.	218
Illustration 207 - Profils de référence PortCanetSud-N et PortCanetSud-S, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.	219
Illustration 208 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Canet Sud.	220
Illustration 209 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Canet Sud.	221
Illustration 210 - Localisation des transects Canet Nord et Canet Sud.	222
Illustration 211 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement pour Canet Nord et Canet Sud entre 2016 et 2018.	222
Illustration 212 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées pour Canet Nord et Canet Sud entre 2016 et 2018.	223
Illustration 213 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur les transects du lido de Canet.	224
Illustration 214 – Synthèse des résultats morpho-sédimentaires de l'année 5 – Bilan sédimentaire sur la zone complète de chaque secteur - Avril 2017 / Avril 2018.	228
Illustration 215 - Synthèse des résultats morpho-sédimentaires de l'année 5 – Evolution du trait de côte sur les profils de référence, évolution de l'épaisseur de sable émergé et de sable immergé pour chaque secteur de chaque secteur - Avril 2017/Avril 2018.	229

Liste des annexes

Annexe 1 Exemple de fiche terrain utilisée pour les relevés de végétation sur le terrain lors de la campagne de mai 2018	239
Annexe 2 Cartes bathymétriques avril 2017, septembre 2017 et avril 2018	243

1. Introduction

Située dans le Golfe du Lion, la côte sableuse catalane est une unité hydro-sédimentaire 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 Métropole (PMM), dont les 4 communes côtières (Le Barcarès, Torreilles, Sainte-Marie-la-Mer et 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 en 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.

La première convention 2013-2016 s'est achevée fin 2016 avec la parution du rapport année 3 incluant les résultats de la campagne de mesures de terrain du printemps 2016 et la synthèse et bilan des 3 premières années de suivi. Le projet a été prolongé en 2016 par la signature d'une nouvelle convention 2016-2019. Ce projet, cofinancé par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, PMM 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 5 intègre les données des campagnes de mesures de terrain de l'automne 2017 et du printemps 2018. Il présente un diagnostic de l'état de la dynamique sédimentaire sur les secteurs identifiés par PMM comme « sensibles » en termes de gestion de son trait de côte. 15 secteurs ont été traités, dont 12 secteurs de plage et 3 secteurs de dunes. Sur chacun d'entre eux, 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, sera présenté le levé post-tempête réalisé suite à la tempête du 28/02/2018 au 2/03/2018 et l'évaluation de ce type de levé pour l'appréciation des dégâts sur le littoral (érosion, franchissements dunaires, submersion...). Puis pour chaque cellule sédimentaire, l'évolution récente de chaque site suivi et une synthèse seront proposés.

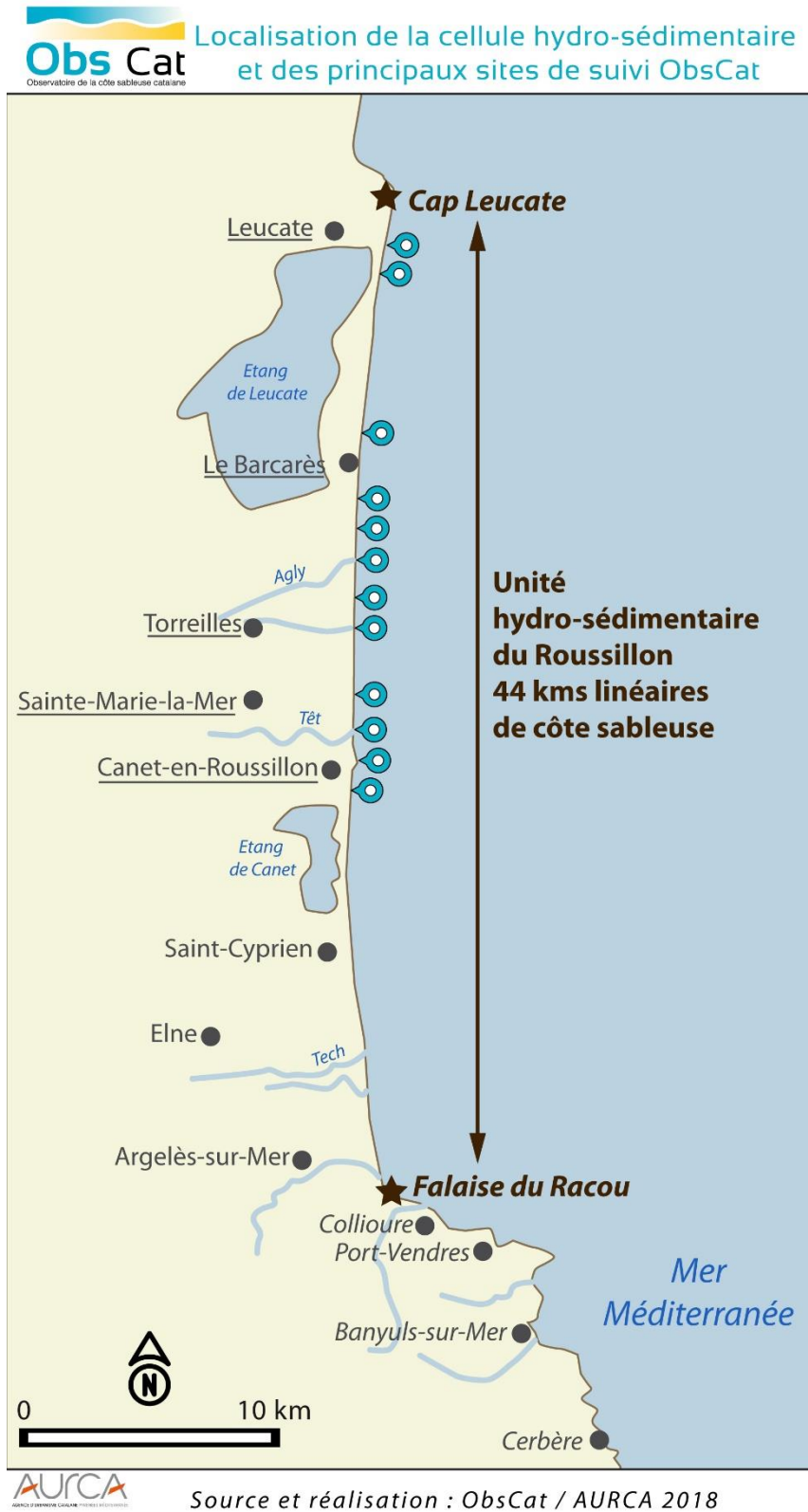


Illustration 1 - Localisation de la zone d'étude et des secteurs de suivi - fond de carte IGN.

2. Méthodes d'observation mises en œuvre

Le tableau ci-dessous (Illustration 2) fait la synthèse des différents types d'indicateurs observés dans le cadre de l'année 5 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 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, évolution altimétrique des cordons dunaires	Levé autogyre photogrammétrique	Ecocéanodrone	Cordons dunaires du Lydia, de Port- Barcarès Nord et de Sainte-Marie
	Levé drone photogrammétrique	Ecocéanodrone	
Morphologie des embouchures	Photo-interprétation	BRGM	Agly /Bourdigou/ Têt
	Levés topo- bathymétriques	BRGM	
	Levés drone photogrammétrique	Ecocéanodrone	
Forçages hydro climatiques	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
Paysage	Suivi photographique	BRGM	Sites sensibles de plage

Illustration 2 - Tableau de synthèse des données collectées au cours de l'année 5 de l'OBSCAT.

En Mars 2018 un levé photogrammétrique spécifique post-tempête a été réalisé suite à la tempête importante qu'a subi le littoral sableux catalan du 28/02/2018 au 01/03/2018. Il a été diligenté par

le Brgm et mis en œuvre par la société ECOCEANODRONE le 6 mars 2018 sur l'ensemble du littoral suivi par l'OBSCAT. Il s'agissait d'un test méthodologique destiné à évaluer l'intérêt de ce type de levé pour apprécier au moins qualitativement les dégâts occasionnés sur le littoral lors d'une tempête importante.

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 (mars/mai). Des levés ponctuels peuvent également avoir lieu après un événement météo-marin de forte intensité afin de réaliser un suivi post-tempête comme cela a été le cas, à titre expérimental, le 6 mars 2018 suite à la tempête des 28/02 et 01/03/2018.

La zone d'étude est découpée en 12 secteurs ayant des caractéristiques physiques et des enjeux spécifiques. Deux à cinq profils de référence sont levés sur chacun de ces secteurs (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 sites de Leucate-plage et Village naturistes de Leucate ont été intégrés à compter de l'année 3.

Les campagnes de l'année 5 de l'Observatoire de la côte sableuse catalane, ont été réalisées du 25 au 29 septembre 2017 (campagne pré-hivernale) et du 27 mars au 1^{er} mai 2018 (campagne post-hivernale). 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 / (GNSS²) Trimble R6 en mode différentiel RTK³ connecté en GSM⁴ via le réseau ORPHEON⁵. Seul le secteur du Lydia peut nécessiter 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 comporte 3 types de levés DGPS (GNSS) :

- Position du 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 (Illustration 4A.). Le marqueur du trait de côte ainsi levé est la limite du jet de rive. 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 suffisamment dense pour représenter le plus fidèlement possible la morphologie de la plage.

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/>

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 (Illustration 4B.).

Des levés continus à pied peuvent être privilégiés dans les zones difficiles d'accès, ou à forte concentration d'usagers sur la plage. 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 parcourt la plage pour son levé (Illustration 4C.).

Les marges d'erreur sur les données topographiques acquises sont estimées à :

- Levés à la canne : quelques cm en planimétrie et 5 cm sur l'altitude (enfouissement moyen de la canne dans le sable pris en compte) ;
- Levés au sac à dos : entre 5 et 10 cm en planimétrie et sur l'altitude (mouvements parasites de l'opérateur pendant la marche) ;
- Levés quad : entre 5 et 10 cm en planimétrie et en vertical (mouvements parasites liés aux irrégularités du sol transmises à la barre de fixation de l'antenne).

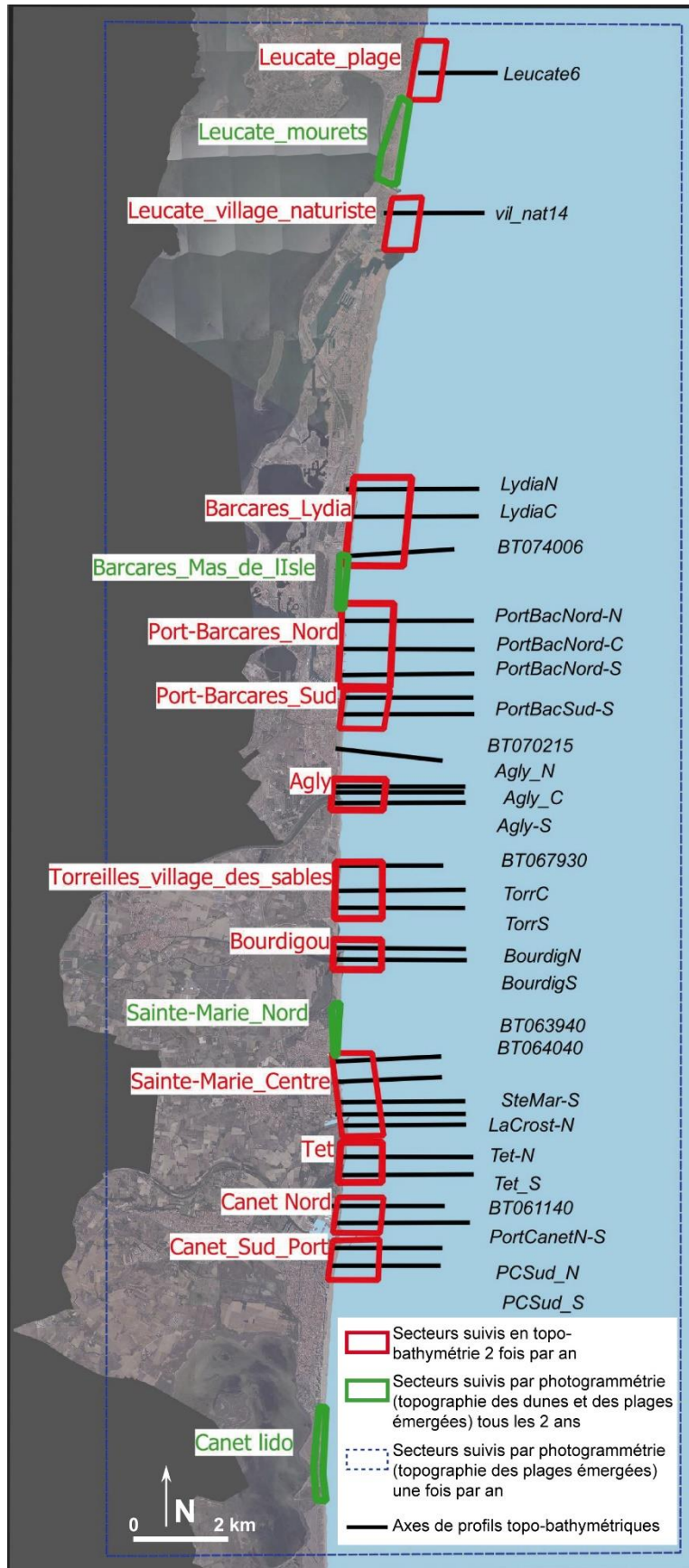
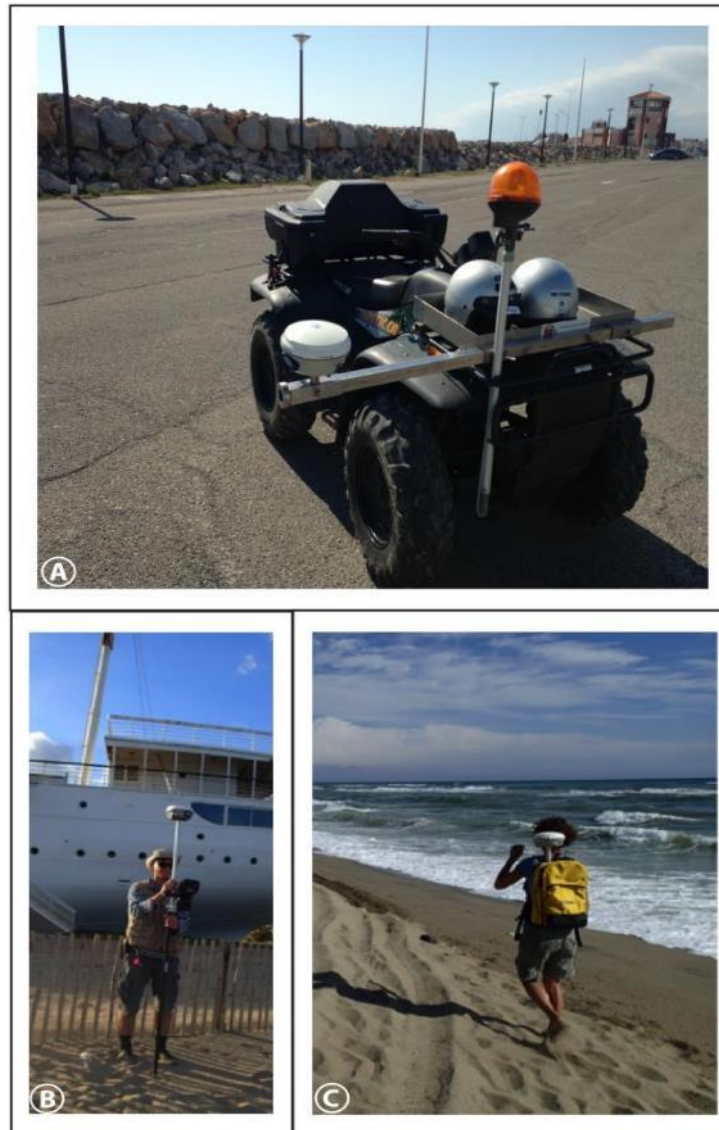


Illustration 3 - Carte de localisation des secteurs d'étude et des profils de référence.



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.

- **Cas des embouchures des fleuves Agly, Bourdigou et Têt**

De septembre 2014 à mars 2017

Jusqu'en mars 2017, les données topographiques au niveau des embouchures étaient acquises au sol par DGPS centimétrique selon la même méthode décrite précédemment pour les autres secteurs. Des levés photogrammétriques par drone étaient également réalisés en complément pour imager finement les variations morphologiques complexes et rapides de ces environnements.

Depuis septembre 2017

A compter de septembre 2017, le levé photogrammétrique par autogire (type d'ULM à voilure tournante, Illustration 5) a été privilégié aux levés au sol et par drone sur les embouchures. En mars 2017, un autogire avait déjà été utilisé pour le levé topographique du secteur dunaire des Mourêts sur la commune de Leucate. La méthode photogrammétrique reste la même, les prises de vue sont effectuées par un opérateur embarqué à bord d'un appareil piloté au lieu d'être effectuées par un drone. Ce type de plateforme permet de s'affranchir des contraintes logistiques liées à la réglementation en vigueur sur les levés drone (autorisations de vol, segmentation des levés en « quadras ») et permet donc une intervention plus rapide sur le terrain. Ce premier levé sur le cordon dunaire de Leucate ayant également montré d'excellentes aptitudes en termes de précision de la donnée, il a été choisi de d'avoir dorénavant recours à cette plateforme ULM pour les levés topographiques des embouchures.



Illustration 5 - Plateforme de vol autogire. A gauche : modèle d'autogire (source wikipédia) similaire à celui utilisé pour le levé du cordon dunaire de Leucate-Plage ; à droite : photographie de l'appareil en action (source équipe terrain Obscat 2017).

L'appareil photographique utilisé est un Canon 6D muni d'un objectif 24 mm f2.8. Les prises de vue sont réalisées en mode manuel (par l'opérateur embarqué en plus du pilote) à une altitude de vol de 100 à 150 m. Les photos sont prises au nadir avec des taux de recouvrement latéral et longitudinal dans les mêmes gammes que celles des levés drone : 80% minimum dans le sens du vol (parallèlement à la côte en général) et de 70% minimum dans la largeur. Ces taux sont supérieurs à ceux utilisés lors de la première année de l'Obscat. Un premier retour d'expérience avait en effet montré qu'il était nécessaire de les augmenter pour améliorer la qualité de la restitution photogrammétrique finale.

Le système de calage au sol est le même que celui mis en œuvre pour les levés drone : pose de cibles (carré de 40 cm avec damier, ou cible peinte multicolore, et marquages au sol complémentaires) géoréférencées au centimètre près à l'aide d'un DGPS en mode RTK. Ces cibles sont réparties au mieux selon les contraintes des sites, sur la plage et dans les dunes et selon une densité variable adaptée à la complexité topographique des secteurs suivis (Illustration 6).



Illustration 6 - Exemple du positionnement des cibles pour les levés photogrammétriques.

La chaîne de traitement des données aboutissant aux modèles numériques de surface et aux orthomosaïques est également la même que celle utilisée auparavant basée sur le logiciel « Pix4D image processing software ». Les traitements 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.

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 (Illustration 7A.). ®Hypack assure également la navigation et l'acquisition des données levées le long de transects, espacés les uns des autres d'environ 100 m (Illustration 7 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 canoë (Illustration 7 C) (cas des données de septembre 2017) ou réalisé à l'aide d'un drone bathymétrique (Illustration 8) mise en œuvre par la société ECOCEANODRONE (cas des données d'avril 2018).

Les marges d'erreur sur les données bathymétriques acquises sont estimées à :

- Levés en mer sur embarcation semi-rigide : 20 cm en planimétrie, liés aux mouvements parasites de l'antenne selon l'état de la mer. Les levés ne sont pas réalisés dès lors que l'état de la mer est jugé comme pouvant fortement dégrader la précision et la sécurité du levé (houle de hauteur supérieure à 50 cm) ; 10 à 20 cm en altitude, liés aux mouvement parasites de la sonde selon l'état de la mer ; la marge d'erreur en altitude est ensuite améliorée en corrigeant la composante verticale de ces mouvements (pilonnement) par lissage des données (cf. prétraitements détaillés plus bas).
- Levés dans les embouchures sur canoë : en opération, la sonde n'est pas positionnée à la verticale de l'antenne GPS. Leur décalage est mesuré au début du levé (offsets horizontaux) et pris en compte pour recalculer la position exacte de la sonde. Les précisions estimées sont ici meilleures en raison de la quasi absence d'agitation du plan d'eau : 5 cm en planimétrie, 5 cm également sur la verticale. Le drone bathymétrique offre une marge d'erreur similaire mais permet une densité de profils et donc de données supérieure en raison de l'importante manœuvrabilité du drone.

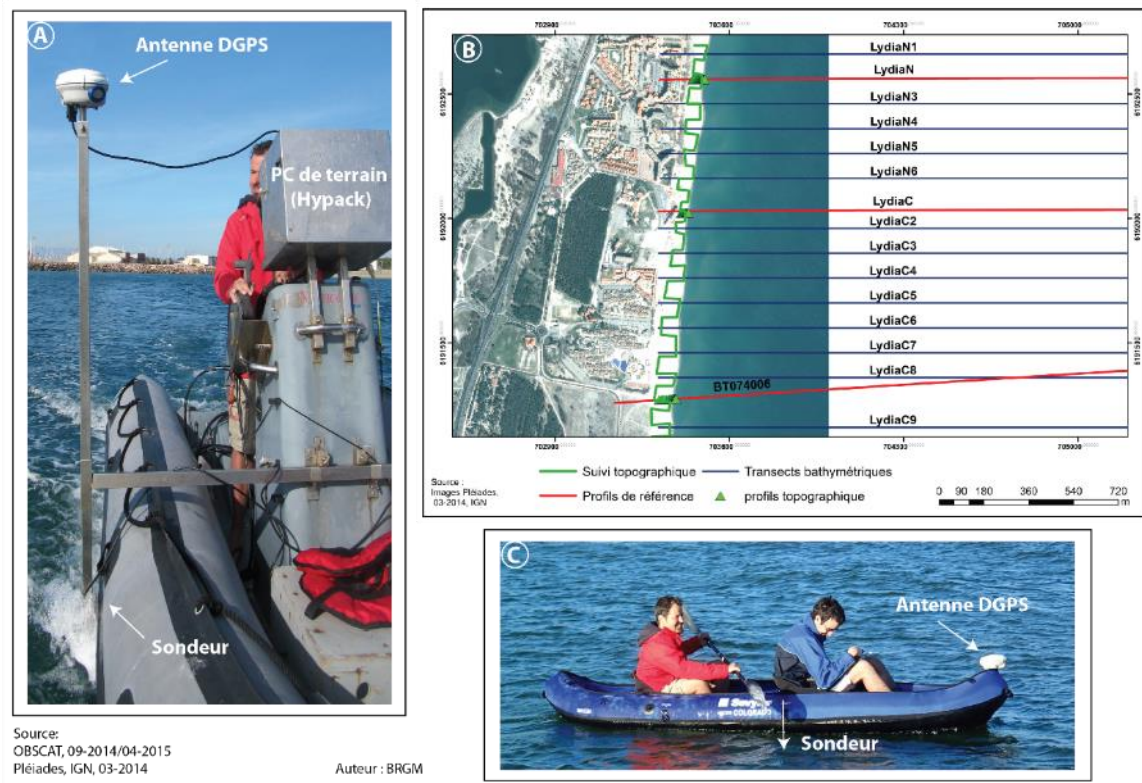


Illustration 7 - Modes d'acquisition des données bathymétriques. A). Acquisitions bathymétriques en mer ; B) Transects bathymétriques ; C) Acquisition bathymétriques dans les embouchures.



Illustration 8 - Rimouski, drone radiocommandé mis en oeuvre par la société Ecoceanodrone pour l'acquisition bathymétrique des embouchures. Exemple sur l'embouchure de la Têt.

2.1.2. Traitements des données

Une succession d'étapes est nécessaire pour traiter l'ensemble des données et restituer les différents indicateurs et leurs évolutions. Lors des 4 premières années de l'ObsCat, l'ensemble de ces étapes consistait en une chaîne de traitement assez complexe basée sur l'utilisation de plusieurs outils logiciels (Hypack, Excel, Surfer, ArcGis).

Pour l'année 5, un travail de simplification de la chaîne de traitement a été réalisé. Le traitement ne nécessite plus que l'utilisation de 2 logiciels qui sont Matlab et ArcGis. Matlab est utilisé pour le traitement de la bathymétrie (suppression valeurs aberrantes, lissages des profils par

moyenne mobile), la création des MNT topo-bathymétriques et la mise en forme des profils de référence. ArcGis est utilisé pour quantifier et illustrer les mouvements sédimentaires entre deux campagnes et élaborer les cartographies des différents indicateurs (Illustration 9).

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

- La position du trait de côte ;
- La variation morphologique des profils de plages à partir des profils de référence
- Les variations morphologiques (surfiques) de la plage émergée et de la plage immergée à partir des cartes et modèles numériques de terrain (MNT) topo-bathymétriques ;
- Les volumes de sédiments déplacés sur une période inter-saisonnière, les cartes différentielles des volumes de sédiments déplacés.

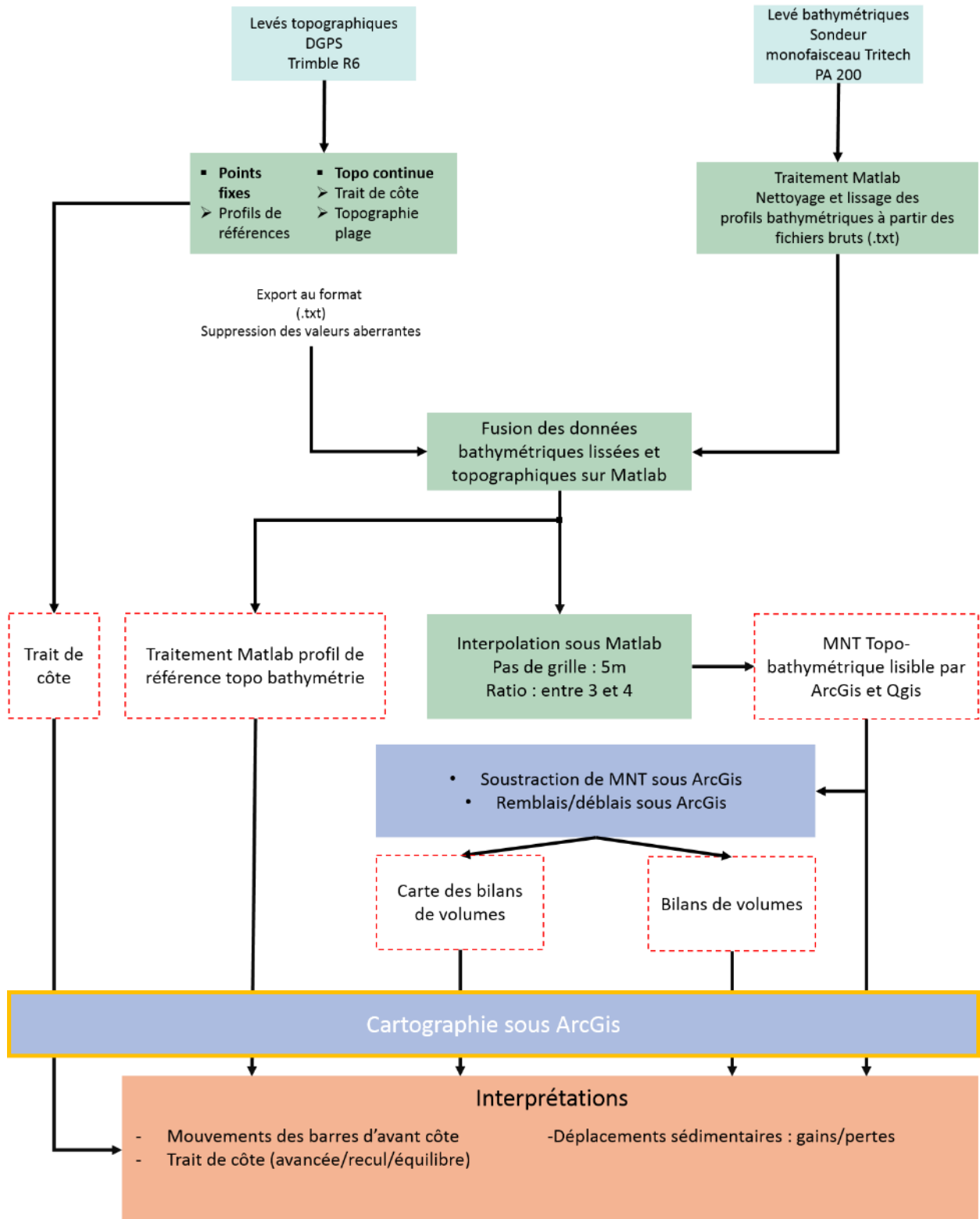


Illustration 9 - Chaîne de traitement des données ObsCat pour l'année 5. .

2.2. LE SUIVI VIDEO

Une webcam dotée du système VM4GIS est installée au nord du port du Barcarès pour suivre à haute fréquence la morphologie de la plage et évaluer les effets des aménagements côtiers. La caméra rotative (Illustration 10), 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* ; Illustration 11).

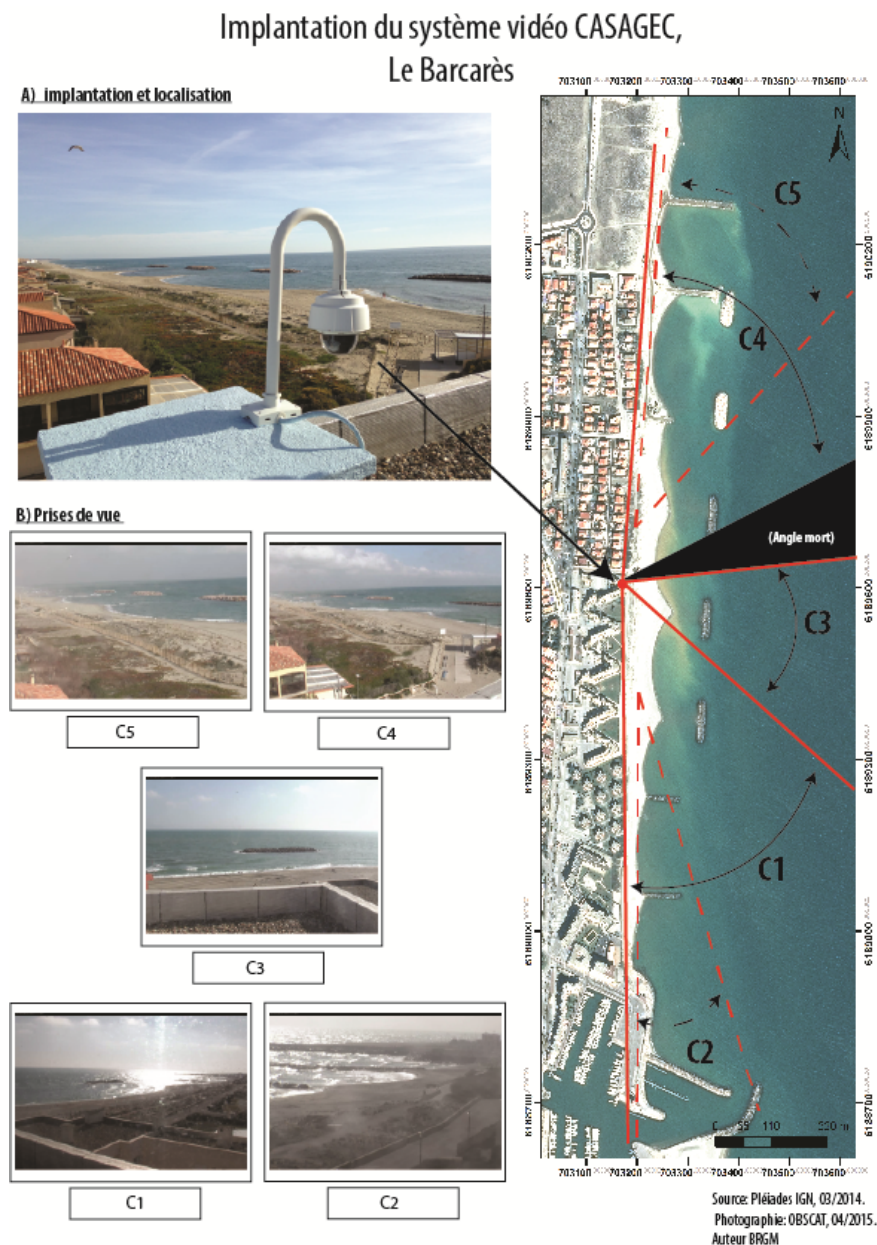


Illustration 10 - Implantation de la webcam du Barcarès et délimitation des 5 prises de vue.

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



Illustration 11 - Exemples de prises de vue de la caméra C4. A gauche, image instantanée, à droite image moyennée Timex.

Après l'installation physique et les raccordements électriques et réseau du matériel, une phase de calibration des images a été réalisée. Elle a consisté à relever la position précise de points de contrôle fixes sur le terrain, avec un DGPS centimétrique, sur l'emprise de chacun des 5 angles de prise de vue.

En établissant une correspondance entre ces coordonnées réelles (x,y,z) et les coordonnées de l'image (u,v), un traitement photogrammétrique permet d'ortho-rectifier les images acquises, afin d'obtenir à partir d'une image oblique brute, une image métrique plane (Illustration 12).

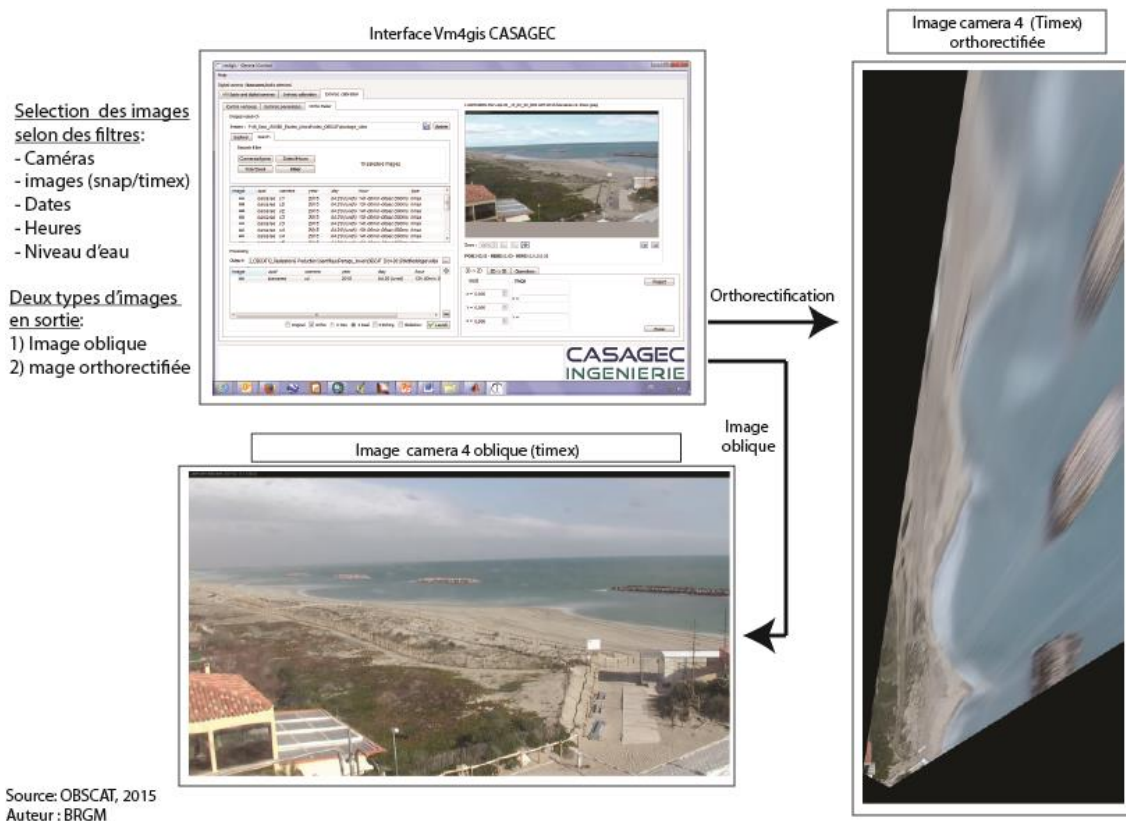


Illustration 12 - Orthorectification des images, exemple de la caméra C4. En haut à gauche, interface de traitement, en bas, image moyennée oblique, à droite : image plane (ortho-rectifiée).

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 des images planes ortho-rectifiées (perpendiculaire au trait de côte) et longshore (parallèle au trait de côte) est présentée sur l'illustration 13. 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.

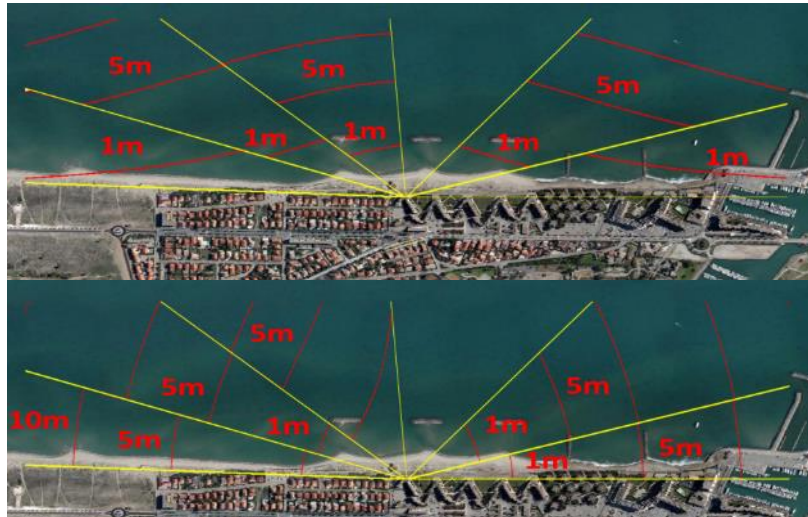


Illustration 13 - Résolution de l'image ortho-rectifiée dans la direction perpendiculaire (cross-shore, en haut) et parallèle (longshore, en bas) au trait de côte.

Des outils développés par CASAGEC sont ensuite utilisés pour la détection automatique du trait de côte (Illustration 14).

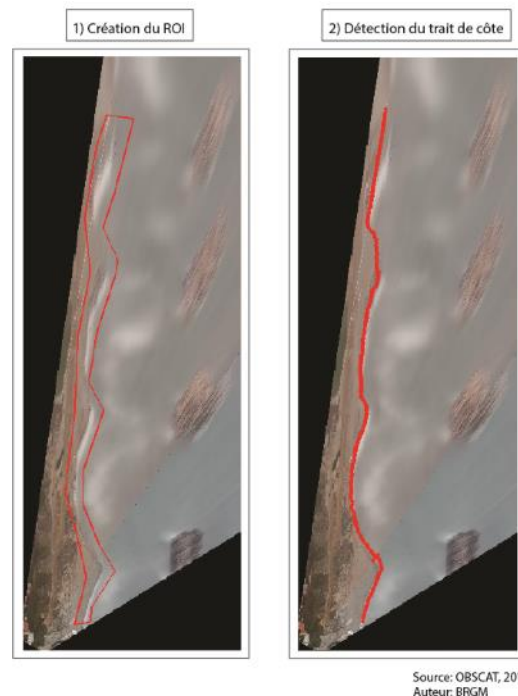


Illustration 14 - Détection automatique de la position du trait de côte sur une image rectifiée et combinée (composée des prises de vues de plusieurs caméras). A gauche, position de la ROI (Région d'intérêt), à gauche, résultat de la détection du trait de côte sur l'image rectifiée.

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 DE L'ALTIMETRIE DUNAIRE PAR COMPARAISON DE LEVES PHOTOGRAMMETRIQUES REALISES PAR DRONE ET AUTOGIRE

2.3.1. Acquisition des données

Les levés photogrammétrique par drone et autogire ont pour objectif d'acquérir des orthophotographies ainsi que des modèles numériques de surface (MNS) afin de mieux représenter la géomorphologie des secteurs étudiés.

Depuis mars 2017 (levé du cordon des Mourêt, commune de Leucate) les vols sont réalisés par autogire en raison du gain de temps important procuré par cette plateforme de vol (cf. 2.1.1 – Levés topographiques). L'altimétrie représentée par un MNS prend en compte le sommet de la végétation. Cela implique une marge d'erreur principalement sur le cordon dunaire végétalisé. A partir de ces informations, des différentiels altimétriques sont calculés entre chaque levé successif afin d'estimer les pertes et les gains sédimentaires.

Le suivi de l'altimétrie de l'environnement dunaire a été réalisé jusqu'à l'année 3 incluse, par comparaison des modèles numériques de surface (MNS) acquis par la DREAL Occitanie en 2010 et 2014 grâce à la technologie LIDAR (mis à disposition de l'Obscat par convention), puis ceux obtenus chaque année par levés photogrammétriques par drone et autogire sur les secteurs dunaires suivis successivement par l'OBSCAT depuis 2014. Les enseignements tirés de l'analyse des données des 3 premières années de l'OBSCAT ont montré qu'une analyse annuelle des cordons dunaires n'est pas pertinente compte-tenu des faibles évolutions observées. En conséquence, il a été décidé lors du comité de pilotage de mars 2017, de diminuer la fréquence de ces levés à 2 ans à compter de l'année 4 de l'ObsCat.

Dans ce rapport année 5 seront présentées les analyses des cordons dunaires des secteurs du Lydia, de Barcarès Nord et de Sainte-Marie-la-mer.

2.4. LE SUIVI SATELLITAIRE : L'IMAGERIE PLEIADES

En 2016, une étude de faisabilité, le projet SENVISAT, a été initiée par le Parc Marin du golfe du Lion visant à évaluer les potentialités de la télédétection dans la définition de l'état initial des milieux littoraux et le suivi de plusieurs indicateurs : évolution du trait de côte, évolution morphologique de l'avant-côte, dispersion des panaches turbides, évolution de la couverture végétale dunaire et des limites des herbiers de posidonies ou bien encore les impacts anthropiques dans le périmètre du Parc marin du Golfe du Lion. Le partenariat scientifique SENVISAT est composé du Parc marin du Golfe du Lion, de PMM pour l'ObsCat, de l'EID, de l'UPVD et du CNRS.

Une partie de ces indicateurs était suivie lors des 3 premières années de l'OBSCAT dans le cadre de la convention PMM/BRGM (évolution de la couverture végétale dunaire). Les premiers

résultats du projet SENVISAT viendront à la fin du projet fin 2019. Ces informations pourront par la suite être intégrées aux données et analyses de l'OBSCAT.

Chaque année le projet SENVISAT produit un rapport d'avancement sommaire et restitue les résultats et perspectives intermédiaires.

Résultats de l'année 1 (décembre 2017) :

- *Morphologie*
 - Mise en place d'un réseau de points avec coordonnées XYZ centimétriques
 - Construction d'une base de données OBSCAT et SAT
 - 2 levés topographiques et du trait de côte (Paulilles et Banyuls)
 - 2 levés bathymétriques (Paulilles et Banyuls)
 - Test méthode « identification-extraction » du trait de côte TCsat
- *Végétation*
 - Mise en place d'une méthodologie semi-automatique d'extraction du couvert végétal dunaire
 - Distinction des types de couverture végétales et des différences de texture au sein des parties de sol nu
 - Identification opportuniste du trait de côte...
- *Turbidité*
 - Identification des sources de données et modalités d'accès
 - Données satellites Sentinel 2 & Sentinel 3
 - Utilisation des données du service CMEMS

Perspectives année 2 :

- *Morphologie*
 - Continuer levés topo-bathymétriques et trait de côte sur côte rocheuse (Avril/Septembre)
 - Incrémenter analyse précision TCsat/TCphoto/TCdgps côte sableuse et côte rocheuse
 - Initier analyse position des barres sédimentaires côte sableuse
- *Végétation*
 - Améliorer le potentiel d'interopérabilité de la méthode (date / capteurs / zones) via correction radiométrique des images
 - Calculer les marges d'erreur via vérité terrain et coefficient kappa
 - Poursuivre les tests sur davantage de plages (Sainte-Marie)
- *Turbidité*
 - Evaluer le ou les données / produits Copernicus adaptés
 - Déterminer les modalités d'exploitation de ces données / produits

2.5. LE SUIVI IN-SITU DE LA VEGETATION DUNAIRE

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 gardes du littoral de PMM.

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

Période/rythme :

Jusqu'en 2017, les campagnes de relevés floristiques sont réalisées dans la même période que la campagne de mesures BRGM (de septembre à novembre). Le suivi est réalisé une fois par an (Illustration 15). Le constat collectif d'une difficulté à réaliser ces levés en automne est partagé par le groupe de travail dédié (agent PMM, animation). En effet en automne, et *a fortiori* en fin d'automne, la végétation a été mise à mal par la saison estivale (piétinement et sécheresse) et par l'arrivée du froid faisant disparaître les parties aériennes de certaines plantes. Les écosystèmes dunaires étant les plus visibles, et les espèces qui les composent plus facilement identifiables au printemps, il a été décidé de réaliser ce suivi entre le mois d'Avril et le mois de Juin, de façon concomitante à la campagne topo-bathymétrique de printemps. Cela peut donc représenter un léger biais lors de l'acquisition sur le terrain mais sur un suivi à long terme cela restitue bien les tendances.

Localisation :

Les campagnes comportent 10 transects sur des espaces dunaires très variés : dunes stabilisées sur des zones Natura 2000, dunes reliques sur des zones à forte fréquentation, sur des zones « naturelles » ou sur des zones urbanisées, équipées, ou pas, de ganivelles. Pour les prochaines années de suivi, il sera également intéressant d'identifier de nouveaux secteurs pouvant faire l'objet de transects notamment dans le cadre de futurs projets de restauration dunaire ou d'entretien régulier de mise en défens, au Sardinal à Canet ou aux Mourets à Leucate, par exemple.

TRANSECTS	Caractéristiques	Date des levés 2014	Dates des levés 2015	Dates des levés 2016	Dates des levés 2017	Dates des levés 2018
BARCARES Mas de l'Isle Nord	2 transects sur une dune bien établie, protégée de ganivelles depuis 2013, sur zone naturelle (= non urbanisée).	01/10/2014	27/10/2015	03/10/2016	28/11/2017	28/05/2018
BARCARES Mas de l'Isle Sud				04/10/2016		
BARCARES Port Barcares	1 transect situé au sud du mas de l'Isle, 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	03/10/2016	21/11/2017	28/05/2018
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	28/09/2016	20/11/2017	23/05/2018
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	28/09/2016	20/11/2017	23/05/2018
SAINTE MARIE Nord (Torreilles Sud)	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	27/09/2016	20/11/2017	25/05/2018
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	27/09/2016	17/11/2017	21/05/2018
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	27/09/2016	16/11/2017	21/05/2018
CANET ETANG Nord	2 transects sur une large dune à son climax, équipée de ganivelles depuis 2007, sur zone naturelle.		14/10/2015	26/09/2016	23/11/2017	22/05/2018
CANET ETANG Sud			15/10/2015		23/11/2017	17/05/2018

Illustration 15 - Dates de levé et caractéristiques des transects de végétation.

Mode opératoire

On plante 1 tige à chaque extrémité du transect à étudier et on déroule un cordeau, marquée tous les 5 m, que l'on fixe à ces tiges (Illustration 16). A partir de l'arrière dune, on progresse par casier de 5 m de long et 2 m de large (1 m de part et d'autre du cordeau) vers la mer jusqu'au pied de dune et/ou disparition de la végétation.



Illustration 16 – Dispositif mis en place pour les levés le long des transects

Pour chaque casier, on coche sur une fiche de relevé terrain (Illustration 17 et annexe 1), le nom des différentes espèces présentes (et non un simple comptage du nombre d'individu par espèces) et le pourcentage de recouvrement du sol par la végétation (Illustration 18).



Illustration 17 – Collecte des observations par casier et report sur une fiche de relevé de terrain

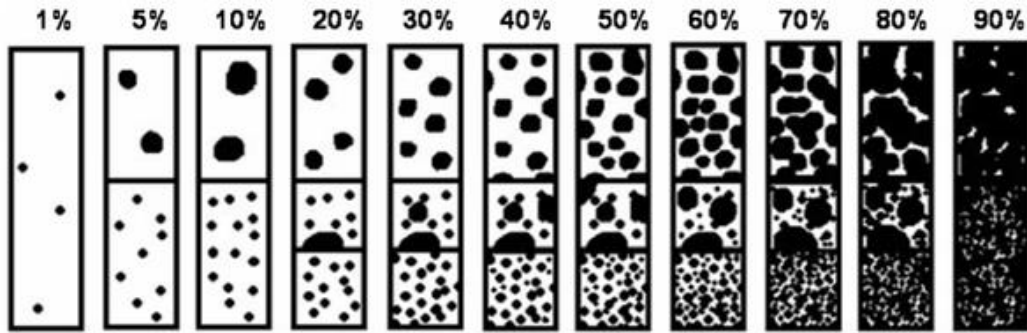


Illustration 18 - Classes d'estimation du recouvrement végétal (EID-Med, 2010)

Une marge d'erreur de plus ou moins 10% pour le taux de recouvrement et de plus ou moins 1 espèce par casier peut être déterminée en lien avec le biais de l'opérateur.

Indicateurs développés

Jusqu'en 2017, le taux de recouvrement et le nombre d'espèces rencontrées étaient restitués. A partir de mai 2018, l'information relative au nom des espèces présentes est exploitée, car elle est relevée sur le terrain depuis le début des suivis ObsCat. De plus, un travail de mise en forme des données sous SIG est réalisé et visualisable en ligne, transect par transect, casier par casier, indicateur par indicateur (<https://app.aurca.org/vmap/?login=obscat&password=obscat>). Cette identification permet de faire ressortir l'évolution de la présence d'espèces patrimoniales (Armoise bleutée, Crucianelle, Euphorbe de terracine, Euphorbe péplis, Lis maritime, Liseron des dunes, Panais épineux, Panicaut de mer, Raisin de mer, Souchet des dunes, ...), d'espèces endémiques (Œillet de Catalogne) et d'espèces invasives (Carpobrobis notamment). D'autres indicateurs sont en cours de développement au sein du groupe de travail notamment pour faire ressortir l'information des limites d'habitat naturels (haut de plage, dune embryonnaire, dune vive, dune semi-fixée et fixée) sur le terrain. Ces informations pourront d'ailleurs être utiles aux études connexes comme SENVISAT pour validation terrain.

Raisonnement à l'échelle d'un habitat et de sa conservation trouve son intérêt dans l'analyse de l'évolution des limites de ces écosystèmes : pied de dune et cheminements, sujets à des dégradations d'origine naturelle ou anthropique mais également des mesures de gestion bénéfiques. Ces limites d'habitats représentent des points de mobilité potentiels facilement identifiables sur le terrain et interprétables dans le cadre d'un suivi régulier. L'information des espèces présentes par casier pourrait suffire à repérer un cortège végétal caractéristique et en déduire l'habitat. La vérification simultanée sur le terrain permet de croiser la typicité floristique avec la topographie et donc obtenir une limite plus fiable et également renseigner des éléments qualitatifs de conservation du milieu. Le résultat de ces développements seront présentés en année 6 (2018-2019).

Observations réalisées

Une analyse sommaire des résultats de végétation sera réalisée dans ce rapport sur les secteurs concernés.

Comme évoqué précédemment pour les levés drone, en raison des faibles évolutions enregistrées sur les cordons dunaires, l'analyse approfondie des campagnes 2016, 2017 et 2018 sera présentée dans le rapport année 6 au regard des futurs levés altimétriques de ces secteurs dunaires.

2.6. 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 topo-bathymétriques obtenus ainsi que pour couvrir ponctuellement des sites non investigués quantitativement.

3. Evaluation des stocks sédimentaires sur le littoral de l'ObsCat - Etude méthodologique expérimentale géophysique : résultats conjoints de l'étude ESTER (levés Géo-radar CEFREM) et du levé sismique par onde de surface (MASW - BRGM) sur le cordon dunaire de Torreilles⁶

3.1. RAPPEL DE L'OBJECTIF

L'intérêt de la géophysique marine pour la gestion du trait de côte est croissant ces dernières années, puisqu'elle permet de confronter les évolutions bathymétriques constatées, avec le volume du stock sédimentaire marin susceptible d'alimenter la plage (Brunel *et al.*, 2014). Cette démarche innovante inspire ici l'étude de la partie terrestre du système littoral à l'aide de deux outils géophysiques : le géo-radar et la sismique en ondes de surface (MASW).

La géophysique terrestre est une méthode non-invasive qui présente l'avantage de pouvoir imager rapidement et de façon continue les structures sédimentaires d'une zone d'étude. Son développement par le biais de différents outils (géo-radar, sismique réfraction, sismique en ondes de surface, résistivité...) depuis une ou deux décennies a ainsi permis une amélioration significative de la compréhension spatiale des caractéristiques stratigraphiques d'un système en comparaison des outils traditionnellement utilisés auparavant à ces fins (carottages, tranchés...). L'utilisation de la sismique en ondes de surface est rare en domaine littoral à l'inverse de celle du géo-radar qui est maintenant devenue usuelle puisqu'elle permet d'apporter des informations précises sur les phases de construction ou de destruction d'un système (Billy *et al.*, 2014). Ces deux outils peuvent également permettre de quantifier les stocks sédimentaires à terre. Ces informations sont donc à même d'aider les gestionnaires dans leur prise de décision face à la mobilité actuelle et future du trait de côte. C'est dans ce contexte que l'Observatoire de la Côte Sableuse Catalane (OBSCAT, <http://obscat.fr/>) a lancé le projet ESTER à l'origine de cette étude.

Les travaux qui comparent et discutent de l'utilisation conjointe de ce type de méthode géophysique sur une même zone d'étude restent rares et cantonnés au domaine purement continental (Schwamborn *et al.*, 2002 ; Sass, 2006). L'objectif de cette étude est d'apporter une expertise sur l'utilisation de la géophysique terrestre (géo-radar et sismique en ondes de surface) en milieu littoral afin de mettre en avant la complémentarité de ces deux outils en comparant leurs avantages et leurs limites pour : i) comprendre la construction et l'évolution du système et, ii) estimer le stock sédimentaire terrestre en place.

3.2. SITE D'ETUDE

Le site de Torreilles (Pyrénées Orientales) présente un large système dunaire progradant vers l'est qui s'est développé depuis la fin Holocène. Il est bordé à l'ouest et au nord respectivement par le bras et l'embouchure de l'Agly, alors que sa partie maritime à l'est correspond à une plage de type intermédiaire, dominée par la houle, avec un système de doubles barres festonnées (Illustration 19A). Les granulométries du sable de plage montrent un mode dominant à 0.63 mm (Aleman *et al.*, 2015). La partie médiane du système présente une altitude d'environ 1.5 m NGF et une végétation typique d'une dune grise. En se rapprochant de la façade maritime, l'altitude augmente significativement pour atteindre localement 4 m NGF avec une végétation de dune jaune ou très clairsemée.

⁶ Source : Robin *et al.*, 2018, *Apport de la géophysique terrestre (géo-radar, sismique) pour l'aide à la gestion du trait de côte. Publication scientifique présentée dans le cadre du colloque Génie Civil Génie Côtier de La Rochelle en 2018.*

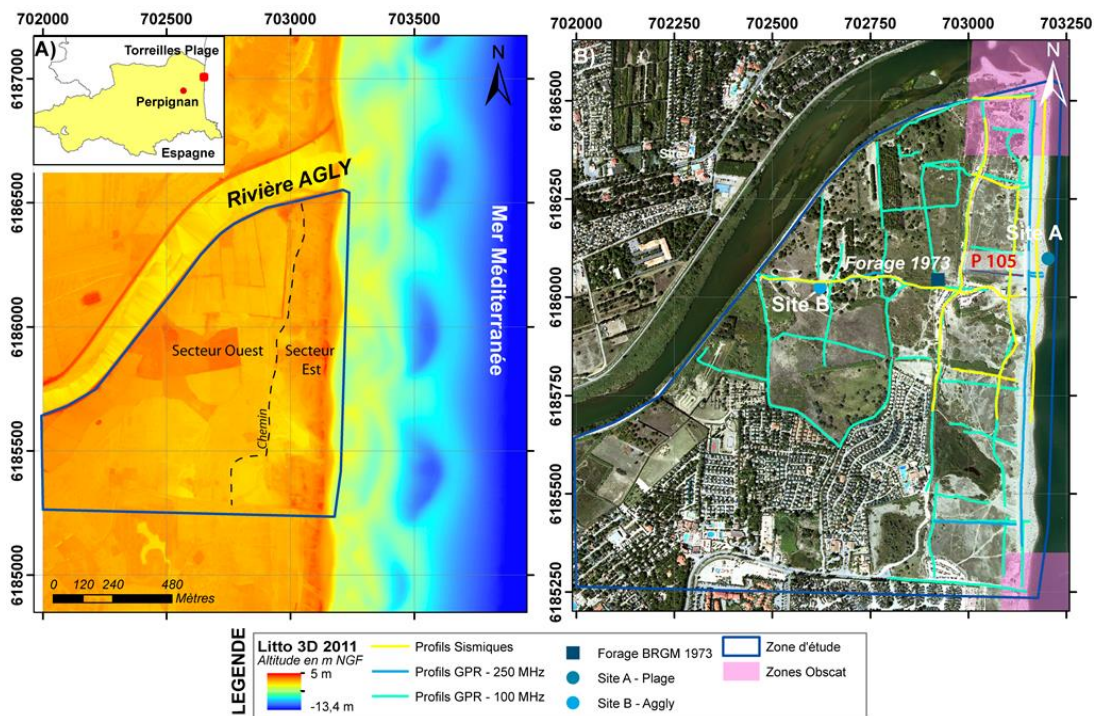


Illustration 19 - Localisation de la zone d'étude et plan de position des profils géo-radar et de sismique en ondes de surface (source LIDAR : LITTO 3D 2011).

3.3. METHODE

Afin d'atteindre les objectifs de cette étude, des mesures géophysiques à l'aide d'un géo-radar et de sismique en ondes de surface ont été réalisées. Des données sédimentaires (carottages, tarières et un forage) et topographiques (LIDAR et DGPS-RTK) complètent le jeu de données (Illustration 19B).

Géo-radar

Le géo-radar (GPR) est une méthode géophysique qui permet d'imager les structures internes d'un objet sédimentaire sur plusieurs mètres de profondeur (Neal, 2004 ; Billy *et al.*, 2014). Son fonctionnement repose sur l'émission, la propagation et la réflexion d'ondes électromagnétiques hautes fréquences (centaines de MHz) dans le sol. À la réception du signal, les discontinuités électriques enregistrées par l'appareil symbolisent les différentes interfaces et les hétérogénéités sédimentaires présentes dans le sol. L'image générée permet ainsi de visualiser les dépôts, les pendages et les organisations sédimentaires. La pénétration du signal est fonction de la fréquence d'émission des antennes du système : plus la fréquence est élevée plus la pénétration du signal sera grande mais le signal perdra en résolution verticale, et inversement. Pour ce projet, 11,2 km de profils GPR (antennes MALA de fréquence 100 et 250 MHz ; (Illustration 19B) transversaux et parallèles au trait de côte ont été enregistrés. Un DGPS-RTK a été couplé au géo-radar afin de localiser les profils et d'enregistrer la topographie associée.

Sismique en ondes de surface (MASW⁷)

La sismique active consiste à induire une vibration en surface et à enregistrer le déplacement de l'onde créée, de la source vers une série de récepteurs. La vitesse des ondes sismiques de cisaillement (V_s) constitue un excellent indicateur du comportement élastique des sols. Sa variation en fonction de la profondeur est ici estimée par l'analyse et l'inversion de la dispersion des ondes de surface. Cette technique de sismique légère innovante (ligne de 24 géophones espacés de 2 m tractable par un quad) et non-destructive évite la mise en œuvre de méthodes

⁷ Multichannel Analysis of Surface Wave
46

classiques plus lourdes (essais cross-hole entre forages). Pour ce projet, 3,3 km de profils sismiques transversaux et parallèles au trait de côte ont été réalisés (Illustration 19B).

Données sédimentaires

Des données sédimentaires nouvelles (Site A : une carotte d'un mètre ; Site B : une carotte de 3,3 m et une tarière de 2 m, Illustration 19B) et anciennes (un forage archive de 1973 (<http://infoterre.brgm.fr/>) de 20 m, Illustration 19B) ont permis de corréler le signal géophysique à la réalité sédimentologique du sous-sol. Une série de 49 échantillons a été prélevée sur les nouvelles données sédimentaires. Le traitement du matériel sédimentaire a été réalisé via une colonne à tamis (10 à 0,05 mm) afin d'obtenir les caractéristiques granulométriques classiques des échantillons (Mode, D50, classement, ...).

3.4. RESULTATS

Granulométrie

Les échantillons de la carotte du site A ont permis de mettre en avant le type de sédiments présent sur la plage actuelle. On constate ainsi qu'il est assez hétérogène, présentant un sable grossier avec des pics modaux de 0,63 à 1 mm et de nombreux galets et graviers. Les échantillons de la carotte et tarière du site B ont permis de révéler trois éléments : a) la présence d'un sol entre 0 à 0,60 m de profondeur (soit de +1,40 à 0,80 m NGF), b) la présence de sable entre 0,60 m à 1,80 m de profondeur (soit 0,80 à -0,40 m NGF) avec des modes dominants compris entre 0,25 et 0,63 mm (majoritairement entre 0,315 et 0,5 mm), c) la présence d'un sable entre 1,80 à 3,30 m de profondeur (soit de -0,40 à -1,90 m NGF) avec une répartition modale homogène des dépôts à 0,63 mm. Seul un mince horizon entre -0,90 et -1,10 m NGF montre un mode à 0,5 mm. Concernant l'archive du forage de 1973, elle indique la présence d'un petit sol sablo-argileux sur 1 m qui recouvre une épaisse couche de sable et de graviers jusqu'à 12,80 m de profondeur (soit -11 m NGF). La base de cette unité sables/graviers (le dernier mètre) est caractérisée par un sable argileux à graviers. Au-delà de 12,80 m et jusqu'à la base du forage (20 m de profondeur), les dépôts sont argileux avec quelques passages graveleux.

Le Géo-radar

Les données géo-radar peuvent être découpées en deux zones par rapport au chemin nord-sud qui traverse la zone (Illustration 19) : 1- entre celui-ci et la rivière Agly (zone ouest), les données architecturales sont très chaotiques, difficilement interprétables et ne pénètrent pas à plus de 8 ou 9 m de profondeur ; 2- entre le chemin et la plage (zone est), deux unités sont visibles sur l'ensemble des profils.

Unité 1 : Présente entre un et deux mètres sous la surface, elle est interprétée comme une couverture dunaire.

Unité 2 : Présente sous l'unité 1 et jusqu'à la limite de pénétration de l'instrument (5 m et 9 m de profondeur respectivement pour l'antenne 250 et 100 MHz), elle montre des réflecteurs progradants vers l'Est sur 200 m dont le pendage est de l'ordre de 7-8°. La progradation semble continue, sans phases notable d'érosion à cette échelle visuelle. Du fait d'un pendage et d'une granulométrie (mode de 0,63 mm) identiques à la partie basse de la plage actuelle, l'unité 2 est interprétée comme la plage fossile (Illustration 20).

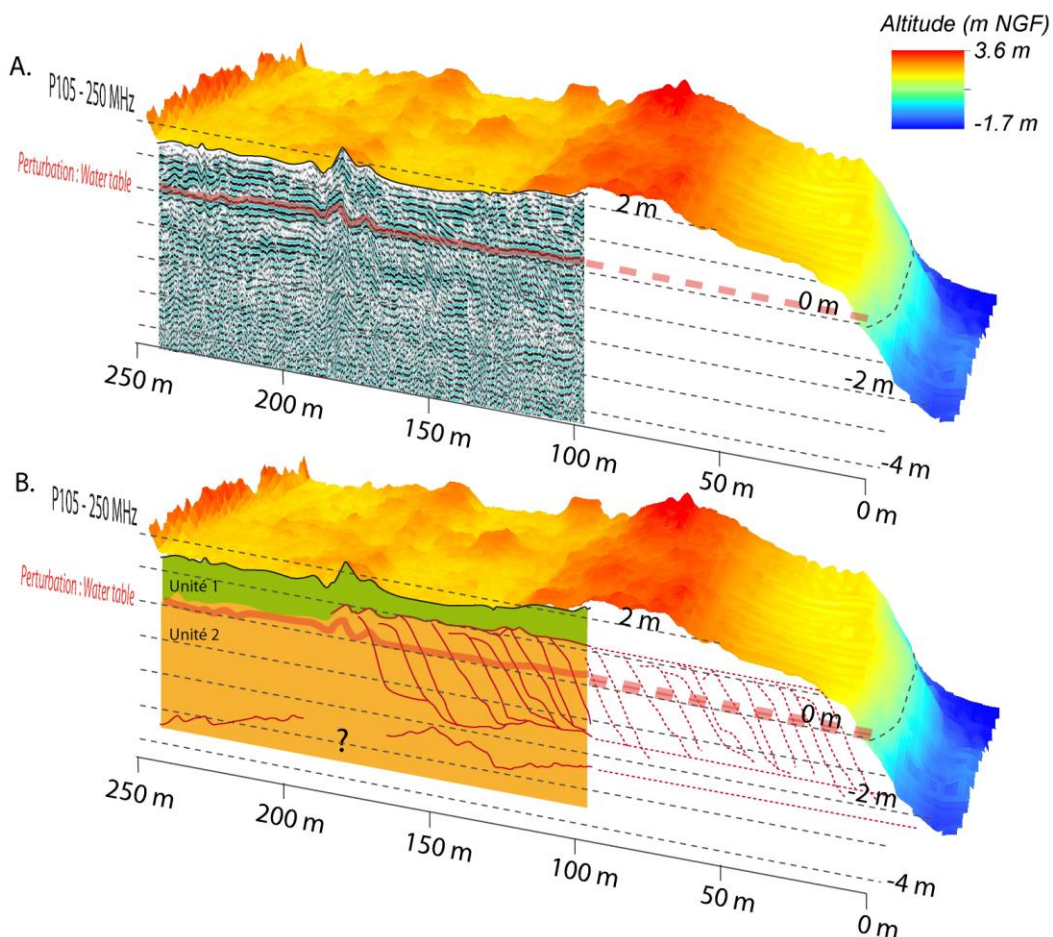


Illustration 20 - Illustration d'un profil géo-radar à l'aide de l'antenne 250 MHz (A. géo-radar traité, B. géo-radar interprété). Les réflecteurs de la plage fossile sont projetés avec similitude sous la plage actuelle (source LIDAR : LITTO 3D 2011).

La sismique MASW

L'ensemble des profils sismiques enregistrés entre le chemin et la plage (zone est) permet de montrer une homogénéité des dépôts du sud vers le nord. En effet, on constate que la limite à 300 m/s (en turquoise, Illustration 21) évolue autour de 15 m de profondeur (entre 12 et 18 m), et celle à 400 m/s autour des 20 m de profondeur. Le forage historique de 1973, localisé sur le profil sismique 5, est la clé pour la comparaison des données géophysiques et sédimentaires. Ainsi, la limite à 300 m/s correspondrait à la limite entre des dépôts de sable et graviers (au-dessus) et des argiles (en dessous). Les informations sédimentaires du forage se terminent à la profondeur 20 m (correspondant à notre limite 400 m/s) mais il n'est pas possible de lier cette limite avec une différence lithologique. Sur la zone ouest (profil 5), la profondeur de la limite 300 m/s reste relativement homogène. Elle devient beaucoup moins épaisse (environ 5 m) à l'extrémité ouest, endroit où la limite 700-800 m/s présente un dôme prononcé. L'absence d'autres profils sismiques sur cette zone ne permet pas de conclure sur un caractère général ou local de cette observation.

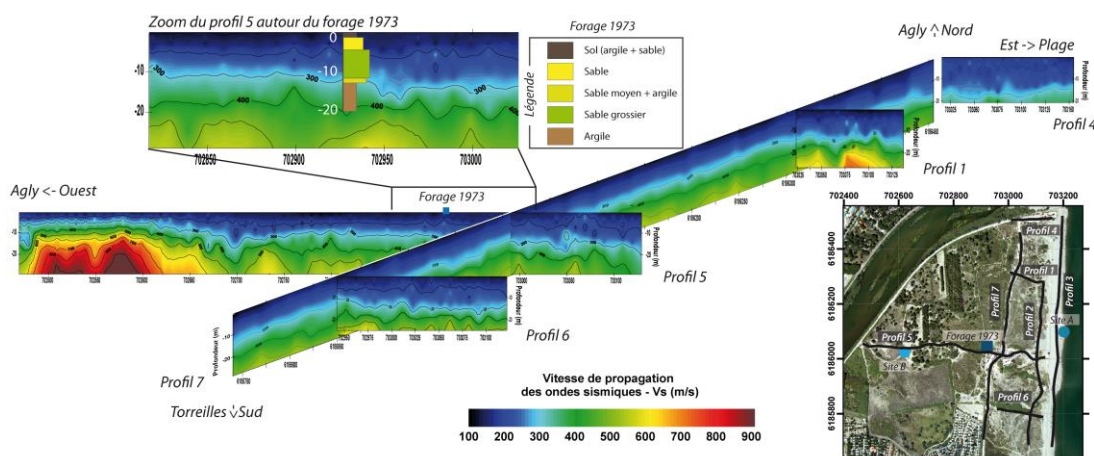


Illustration 21 - Illustration des profils sismiques MASW. La description lithologique du forage "archive" est indiquée sur le zoom du profil 5 (modifiée d'après Christmann et al., 2017).

3.5. DISCUSSION ET PERSPECTIVES

L'étude géophysique du système dunaire de Torreilles démontre l'avantage qu'il y a de coupler l'utilisation du géo-radar et de la sismique en ondes de surface (MASW), afin d'obtenir une image complète et précise des différentes unités sédimentaires du site. En effet, cette approche permet de masquer les biais inhérents à chaque méthode (Illustration 22).

	Facilité de déploiement	Vitesse d'acquisition	Pénétration du signal	Détail de l'archive sédimentaire	Temps du post-traitement
Géo-radar	++++	++++	++(+)	++++	++++
Sismique (MASW)	+++	++	++++	+	++++

Illustration 22 - Avantages et biais de l'utilisation du géo-radar et de la sismique MASW

Informations issues de l'archive sédimentaire

Les données géo-radar permettent d'obtenir une image détaillée de l'architecture interne sur les premiers mètres de dépôt (ici jusqu'à 8-9 m de profondeur). Le signal peut être perturbé par la présence d'intrusions salines (Neal, 2004 ; Billy et al., 2014) mais l'impact de ce facteur semble mineur sur ce site. Ces quelques mètres sont riches d'informations puisqu'ils permettent de connaître les modalités de mise en place du système, de pointer l'absence de phases érosives majeures, et accessoirement de pointer la position du toit de la nappe. La donnée sismique présente quant à elle l'avantage de pouvoir cartographier l'ensemble des unités jusqu'à environ 30 m de profondeur, toutefois sans détail architectural de ces unités.

Quantifications des stocks sédimentaires

Cette étude permet d'identifier et de cartographier les unités sédimentaires constitutives du prisme littoral. Elle conduit à quantifier le volume des dépôts dunaires et de la plage fossile, et plus particulièrement sur le secteur est. Les profils géo-radar permettent d'estimer ce volume jusqu'à -3,5 m NGF avec l'antenne 250 MHz et -6,5 m NGF avec l'antenne 100 MHz. Pour cette dernière, il est de l'ordre de 7 à 8,5 m³/m² et relativement homogène du nord au sud. La combinaison des résultats sismiques et du forage permet d'identifier la limite sable/argile à 300 m/s correspondant à une profondeur de -11 m NGF au point de forage archive. Ainsi le volume de l'unité sableuse dans son ensemble est compris entre 13 et 17 m³/m². Le site de Torreilles (secteur est) présente donc une couverture sableuse relativement homogène spatialement (Illustration 21). La confrontation de cette quantification avec les évolutions

topographiques constatées et la dynamique du trait de côte, permettra d'estimer la résilience de ce stock. Outre l'intérêt de ces connaissances dans le cadre d'un plan de gestion des sédiments, elles informent également les gestionnaires sur la nature du sous-sol en cas de futurs aménagements.

Conclusions

L'étude géophysique du système dunaire de Torrelles est considérée comme une étape test pour la caractérisation et la cartographie des stocks sédimentaires à terre. De plus, l'information historique provenant d'archives sédimentaires est un élément clé à prendre en considération pour la compréhension de l'évolution actuelle du littoral et de ces projections futures. Face aux résultats positifs et l'apport que représente ce type d'approche pour les gestionnaires, son extension à l'ensemble du territoire de l'Observatoire de la Côte Sableuse Catalane (OBSCAT, <http://obscat.fr/>) ou à d'autres environnements est en perspective. Ce travail doit également permettre d'aboutir, dans un second temps, à une quantification globale du stock sédimentaire présent sur l'ensemble du continuum terre-mer littoral, puisque celle de la partie marine est déjà effectuée dans le Golfe du Lion (Brunel *et al.*, 2014 ; Raynal *et al.*, 2015).

4. Exemple d'analyse cartographique des impacts de la tempête du 1^{er} Mars 2018 sur le littoral de l'ObsCat par levé autogire photogrammétrique

4.1. PRESENTATION

Suite à la forte tempête des 28 février au 2 mars 2018 ayant touché les côtes du Roussillon (départements de l'Aude et des Pyrénées Orientales), le BRGM dans le cadre de l'ObsCat a réalisé un levé photogrammétrique « post-tempête » le 06 mars 2018 sur les 25 kilomètres de côte de l'observatoire.

La tempête du 28 février au 2 mars 2018 a été particulièrement marquante sur le littoral de l'Occitanie provoquant d'importants impacts érosifs et des submersions marines en de nombreux secteurs de la côte sableuse de la région (Illustration 24). Son intensité, en terme de période de retour, a été estimée autour de 10 ans pour la houle (Cerema, 2018) et entre 20 et 30 ans en combinant hauteur de houle et niveau d'eau (estimation BRGM). Un maximum de 10,2 m de hauteur de houle a ainsi été mesuré dans la nuit du 28 février au 1^{er} mars au maximum d'intensité de l'événement. (Illustration 23)

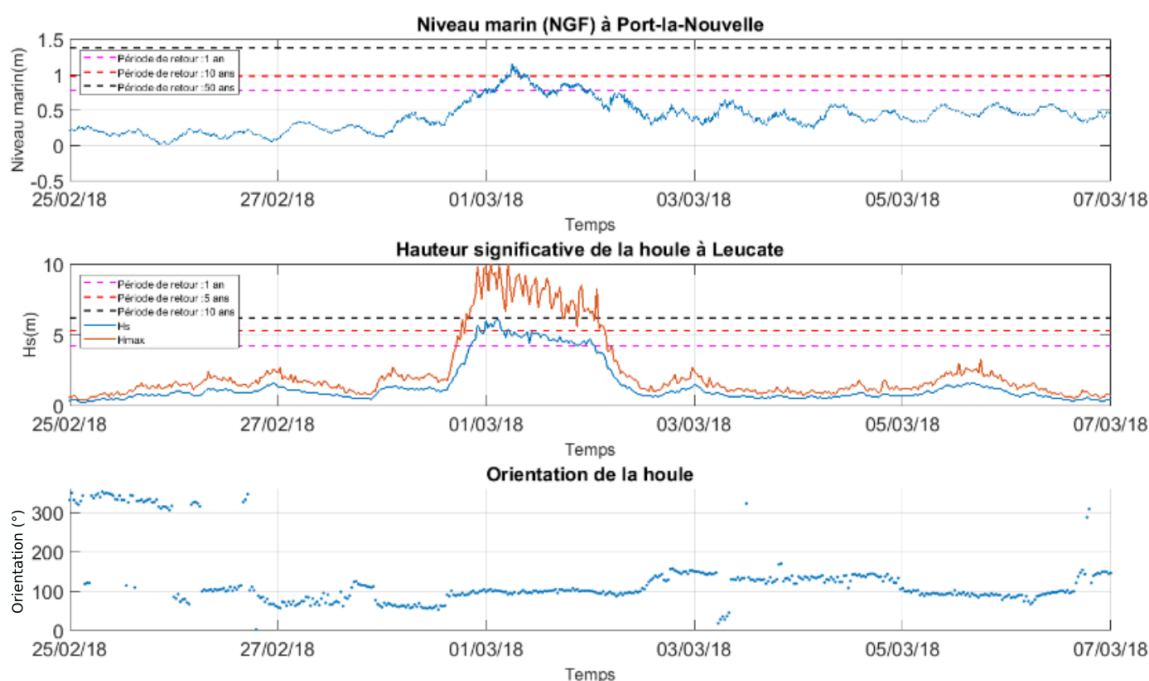


Illustration 23 - Conditions hydrodynamiques lors de la tempête du 1^{er} Mars 2018. De bas en haut ; Niveau marin NGF à Port-la-Nouvelle ; Hauteur significative (Hs) et Hauteur maximale (Hmax) de la houle ; Orientation de la Houle. Sources des données : SHOM REFMAR ; CANDHIS (Cerema-DREAL Occitanie).

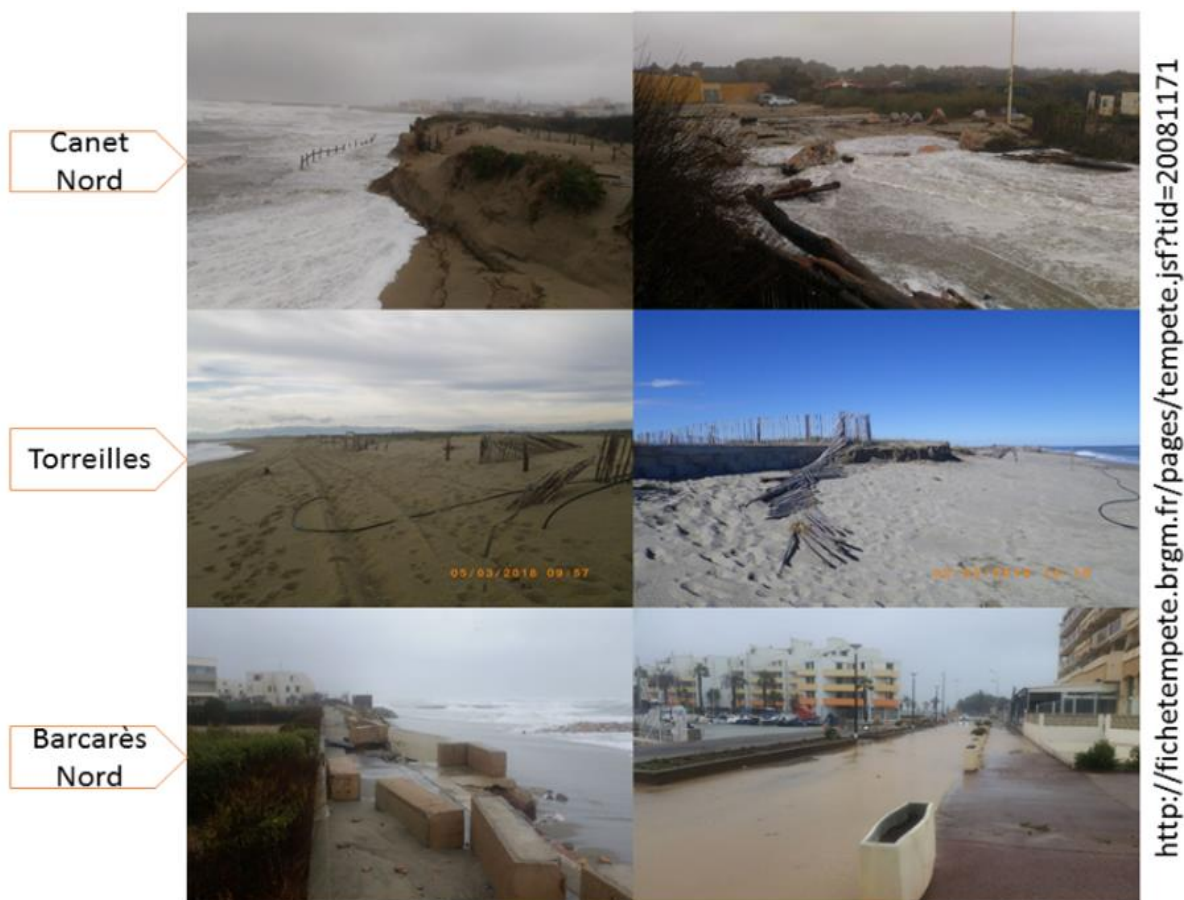


Illustration 24 - Exemples d'impacts de la tempête du 28 février au 2 mars 2018 sur différents secteurs de l'ObsCat.

Aussi, afin de pouvoir estimer l'ampleur des impacts sur le trait de côte (laises de mer, impacts érosifs, recouvrements dunaires), le BRGM a diligenté 5 jours après l'événement (6 mars 2018), un levé photogrammétrique sur les 25 kilomètres de côtes de l'ObsCat, entre Leucate au Nord et le grau de l'étang de Canet-St-Nazaire au Sud. Le levé a été réalisé à l'aide d'un autogire mise en œuvre par la société ECOCEANODRONE (Illustration 25), qui réalise déjà régulièrement des survols saisonniers du même type pour l'ObsCat.



Illustration 25 - Exemple d'autogire utilisé par la société ECOCEANODRONE pour le levé photogrammétrique post-tempête.

L'assemblage ortho-photographique réalisé a permis de repérer les principaux types d'impacts. Le modèle numérique de terrain présente des résolutions relativement bonnes, 6,5 cm/pixel. L'erreur associée est de 1,7 cm en X, de 1,4 cm en Y et 1,6 cm en Z par rapport aux points de contrôle (Illustration 26). Pour un soucis d'exploitation des données, la restitution des données a été séparée en 3 parties (Illustration 27).

- La partie Nord qui s'étend de Leucate au Nord jusqu'au Lydia au Sud ;
- La partie centrale qui va du Mas de l'île jusqu'à Torreilles au Sud ;

- La partie Sud qui couvre le linéaire côtier entre Torrelles Sud et le grau de l'étang de Canet-St-Nazaire.

Résolution	6,5 cm/pixel
Erreur associée	1,7 cm en X, 1,4 cm en Y et 1,6 cm en Z par rapport aux points de contrôle
Altitude du vol	250 m
Temps de vol	2h30
Nombres de points de calage	110
Nombre de photographies	7200

Illustration 26 - Tableau des caractéristiques du levé photogramétrique post-tempête en autogire.

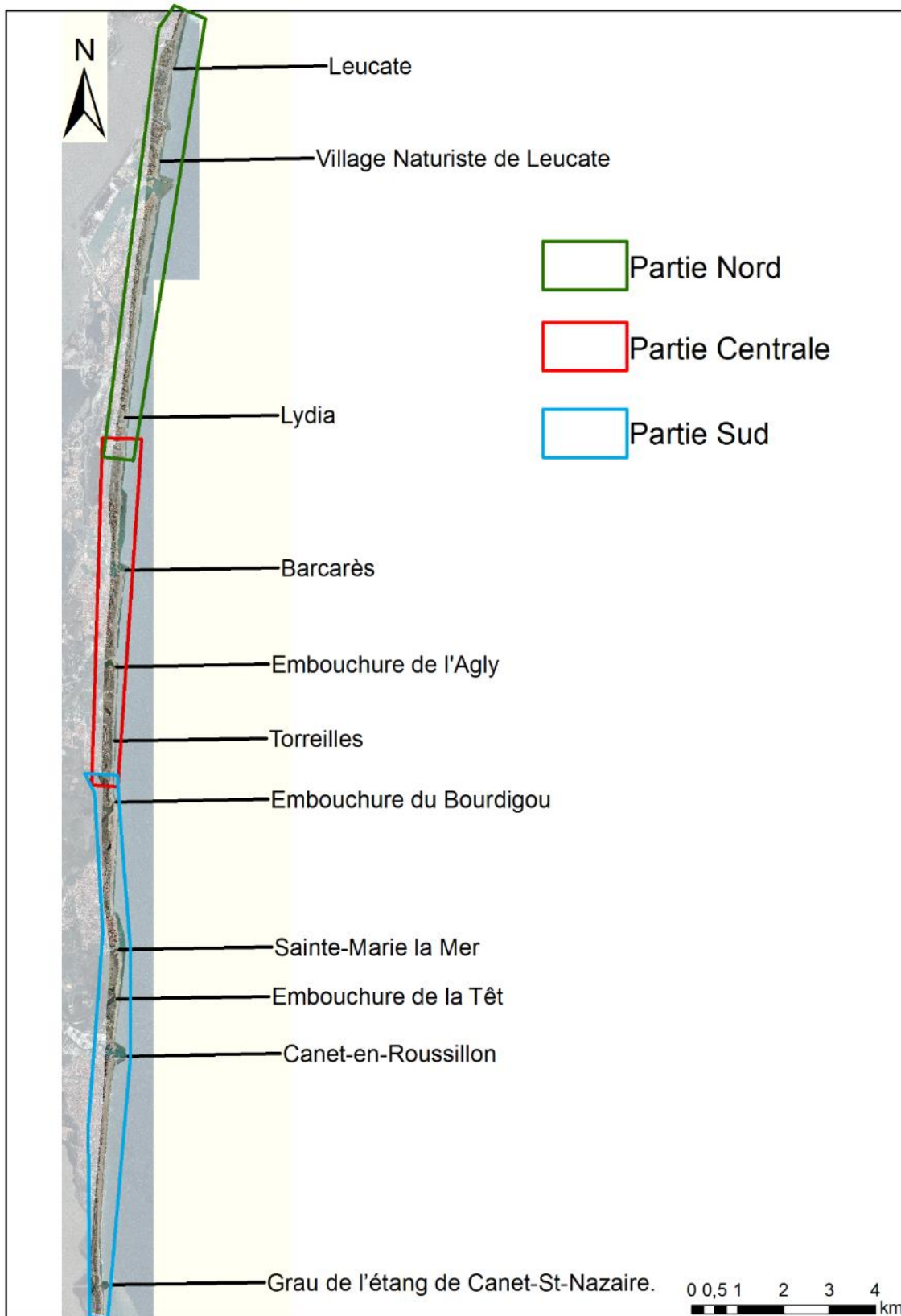


Illustration 27 - Carte de découpage du levé photogramétrique post-tempête selon 3 secteurs (Nord, Central et Sud).

4.2. EXEMPLES D'UTILISATIONS DU LEVE

4.2.1. Utilisation de l'orthophotographie

Ce levé a permis de cartographier de façon visuelle, par photo-interprétation, les impacts le long du linéaire côtier. Ces dégâts ont été divisés en 4 catégories (Illustration 28).

Franchissements/recouvrements dunaires : ils se manifestent par des recouvrements partiels, parfois complets, de la végétation dunaire par des sédiments révélant une atteinte par les vagues, par franchissement de la dune par le jet de rive. Ils ont été repérés grâce à la baisse de densité de végétation sur les cordons dunaires ou par la présence de laisses de mer sur les dunes (Illustration 29 et Illustration 30).

Percées dunaires : zones où la mer a traversé le cordon dunaire empruntant le plus souvent les chemins d'accès aux plages, aménagés ou spontanés, qui constituent des zones de faiblesses altimétriques (Illustration 30). Il ne s'agit pas à proprement parler de brèches, la mer n'ayant fait qu'emprunter ces zones préexistantes sans les créer ou les re-creuser par action mécanique. Il en résulte en arrière dune, la présence de dépôts sableux sous forme d'éventails et/ou de laisses de mer constituées de bois flottés et de déchets.

Secteurs submergés en arrière-dune : zones anormalement humides ou inondées (Illustration 30). Elles ont été repérées par comparaison de l'orthophotographie post-tempête avec des images satellites précédentes. On retrouve aussi sur ces secteurs des laisses de mer.

Dégâts urbains : zones submergées en front de mer, présence de laisses de mers, dépôt de sable, dégâts encore visibles sur les zones urbanisées, routes, places, zones piétonnes (Illustration 29).

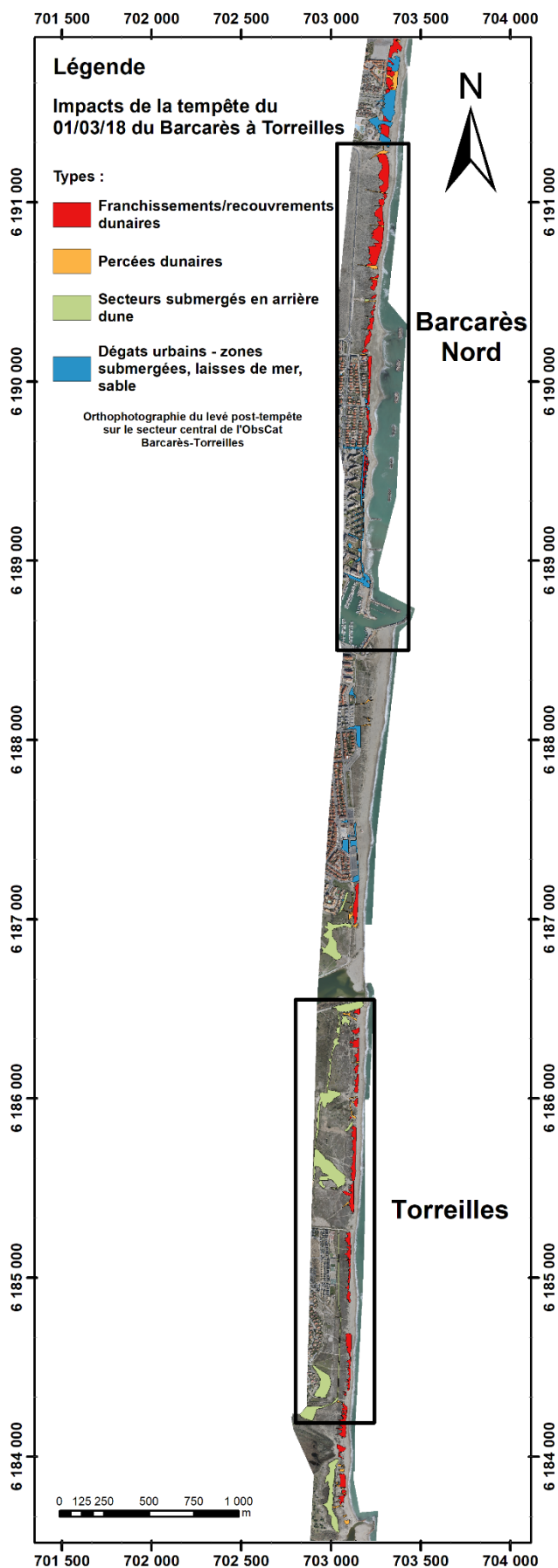


Illustration 28 - Impacts notables de la tempête du 1er Mars 2018 sur le secteur central de l'ObsCat. Vue générale.

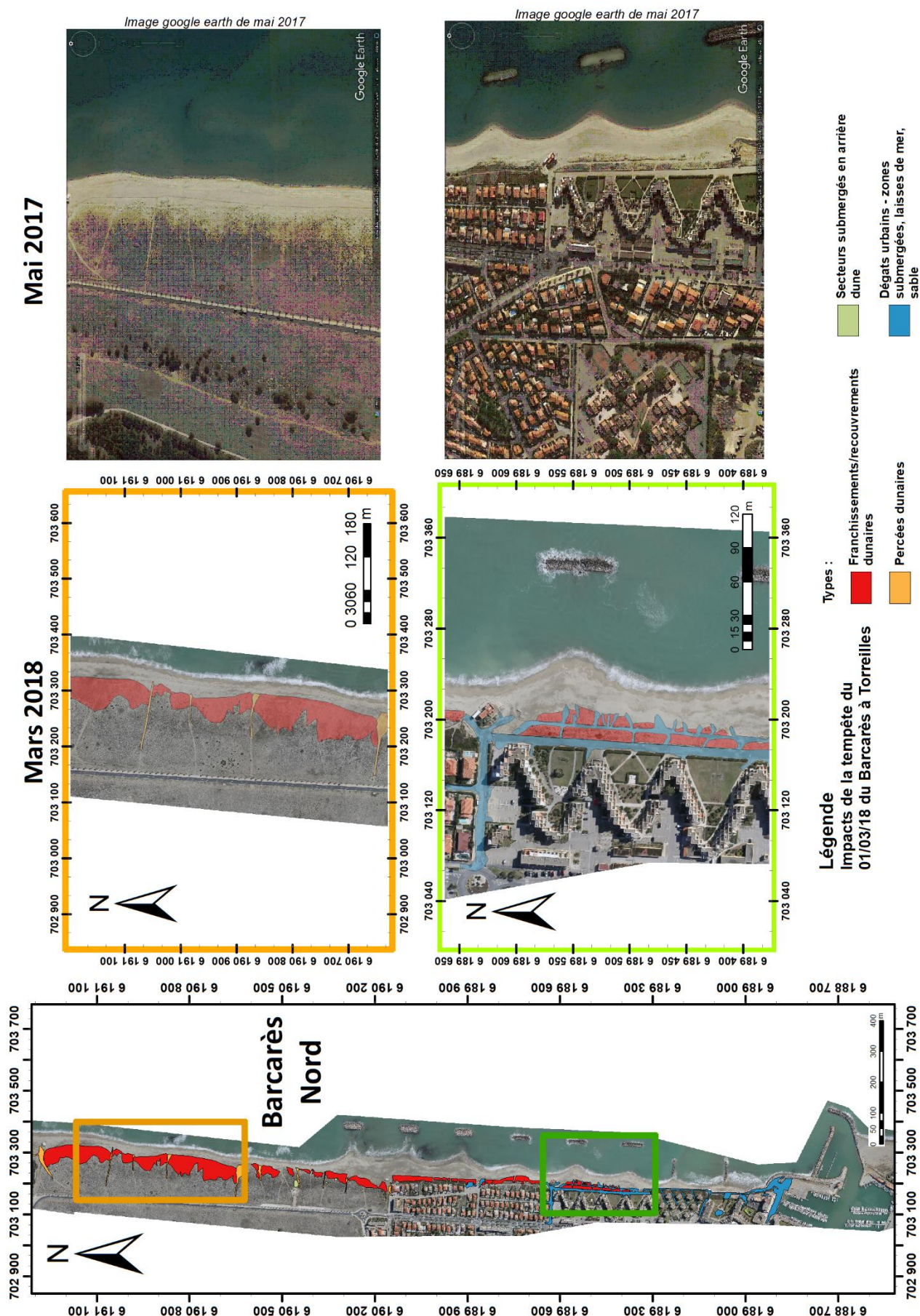


Illustration 29 - Impacts notables de la tempête du 1er Mars 2018 sur le secteur central de l'ObsCat. Exemples sur le secteur de Barcarès Nord.

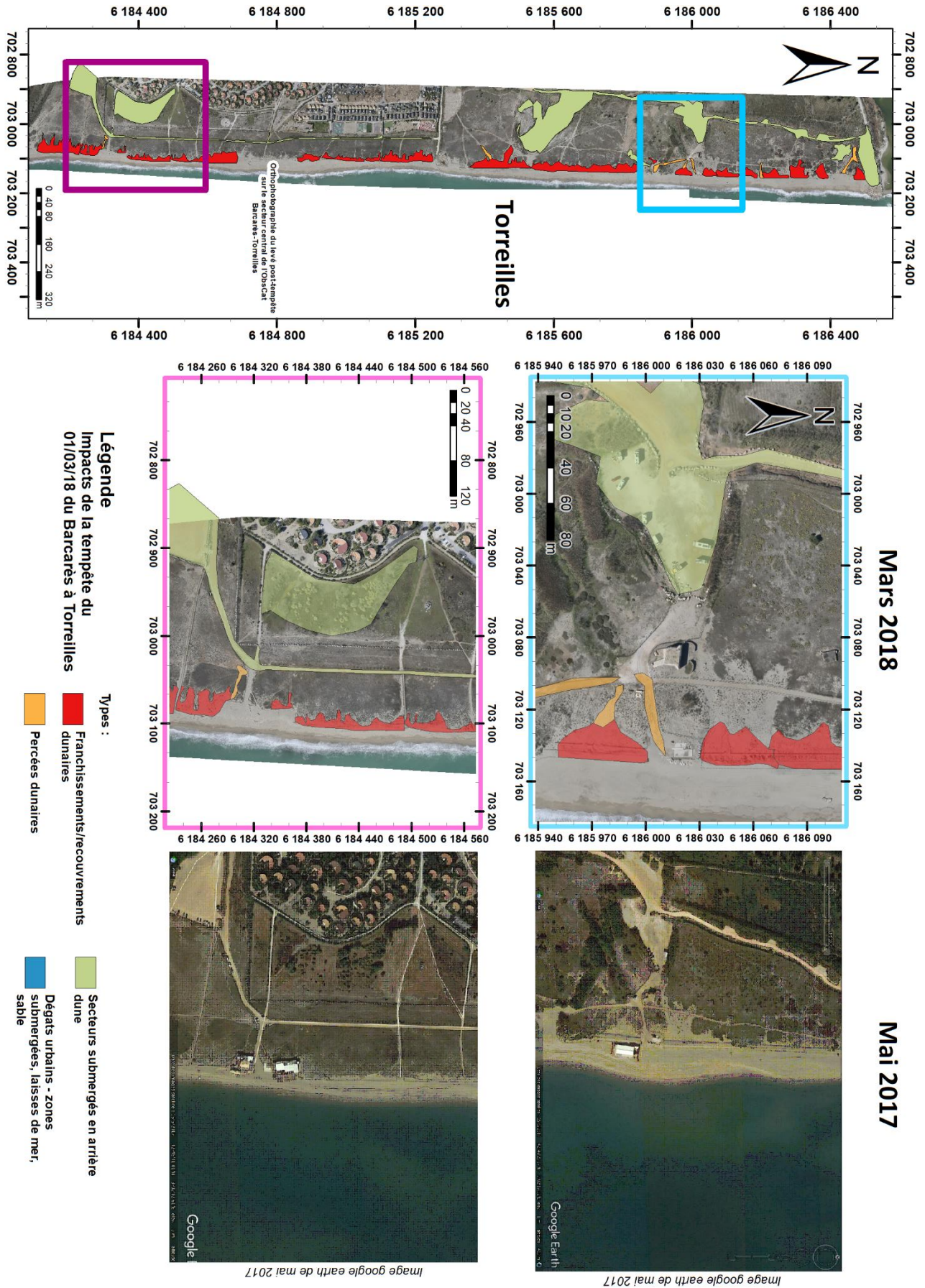


Illustration 30 - Impacts notables de la tempête du 1er Mars 2018 sur le secteur central de l'ObsCat. Exemples sur le secteur de Torreilles

4.2.2. Utilisation du Modèle numérique de surface (MNS⁸) pour l'analyse de la topographie

Afin de mieux comprendre la répartition des dégâts observés, une comparaison de ces derniers avec des paramètres morphologiques, run-up et altitude du cordon dunaire (définis plus bas) a été réalisée. Ces deux variables permettent d'apprécier la vulnérabilité du littoral aux vagues de tempêtes: L'analyse de ces différents paramètres se concentre sur le secteur central qui va du Mas de l'Isle au Nord jusqu'à Torreilles au Sud (Illustration 31).

⁸ Les modèles numériques de surface (MNS) permettent de modéliser la surface du sol et du sursol. Par sursol, on entend les bâtiments, structures et mobilier urbain, la végétation, etc.

Ligne de crête de dune, run-up et dégâts sur le secteur Central

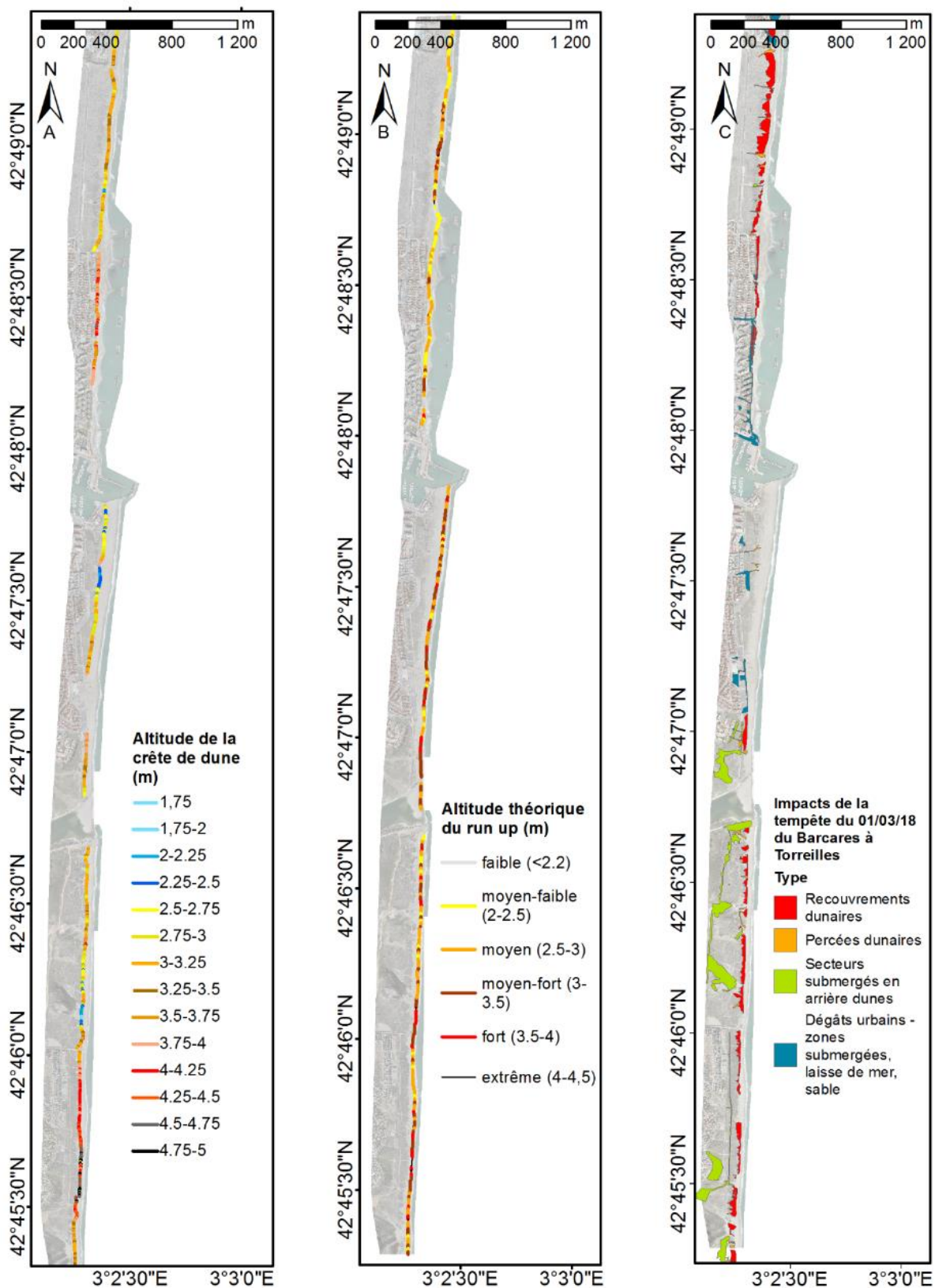


Illustration 31 – (A) Altimétrie dunaire ; (B) Run-up ; (C) dégâts sur le secteur central. Image de fond : Orthophotographie Ecoceanodrone mars 2018

Altitude du cordon dunaire⁹

L'altitude du secteur dunaire varie entre +1,75 et +4,5 m NGF (Illustration 31). Il y a 2 zones principales présentant un cordon dunaire élevé : la partie sud de Torreilles (+3,5 et +4,5 m NGF) et Barcarès Nord (+3,5 et +4,25 m NGF). Les secteurs du Mas de l'Isle, Barcarès sud et Torreilles Nord présentent un cordon moins élevé variant entre +1,75 et +3,25 m NGF. On trouve également 2 zones de plus faibles altitudes (< +2,5 m NGF) sur le secteur central : sur la partie centrale de Torreilles et sur la plage sud du Barcarès.

Run-up¹⁰

Le run-up très fortement dépendant de la pente de la plage, varie entre +2,2 et +4,5 m NGF (Illustration 31). Le secteur central présente 3 zones principales à fort run-up (> +3 m NGF). Ces secteurs sont Torreilles sud et Barcarès Sud et le Mas de l'Isle sud. Les zones avec des run-up plus faibles (< + 3 m NGF) sont les plages Nord du Barcarès et du Mas de l'Isle.

Impacts

Une seule zone semble avoir été épargnée lors de la tempête, c'est le secteur du Barcarès sud (Illustration 31). Les 2 zones naturelles, Torreilles et le Mas de l'Isle, présentent des recouvrements par le sable (Illustration 32). Ils sont plus étendus sur le Mas de l'Isle que sur Torreilles. Le Mas de l'Isle présente également des percées dunaires. Sur Torreilles, en arrière du front dunaire, des zones d'accumulation d'eau marine se sont formées en lien avec les franchissements et les percées dunaires. Les dégâts les plus impressionnants se situent sur la zone urbanisée de Barcarès Nord. Ce secteur présente des dégâts sur son cordon dunaire relique.



Illustration 32 - traces de recouvrement du cordon dunaire par le sable à Torreilles le 02 Mars 2018 suite à la tempête

Relation morphologie/impacts

Pour la plupart des secteurs, le cumul des 2 paramètres de vulnérabilité, run-up et altitude du cordon dunaire, permet d'expliquer les dégâts observés. Mais cela peut-être dans d'autres cas, un des deux paramètres qui peut à lui seul les expliquer. C'est le cas notamment des 2 zones naturelles de Torreilles et du Mas de l'Isle). Ces deux secteurs ont subi du recouvrement dunaire mais ils sont plus étendus sur le Mas de l'Isle que sur Torreilles malgré un run-up plus faible.

⁹ Altitude de la crête de la dune.

¹⁰ Hauteur maximale atteinte par le déferlement des vagues sur la plage ou sur un ouvrage. Elle est calculée, par rapport au niveau du plan d'eau sans agitation. Cette hauteur est ici rapportée au niveau NGF (nivellement général de la France). Formule de calcul :

$$R_2 = 1,1 * \left[\frac{[H0 \cdot L0(0,563 \cdot \beta f_2^2 + 0,004)]^{0,5}}{2} \right]$$

$H0$ = Hauteur significative de la houle au large ; $L0$ = Longueur d'onde de la houle au large

$L0 = \frac{gT^2}{2\pi}$ avec T = période de pic de houle et $g = 9,81$ (accélération de la pesanteur) ;

βf_2 = pente de la plage sur laquelle s'effectue le jet de rive;

Cette différence s'explique par le fait que le cordon dunaire du Mas de l'Isle soit moins élevé que celui de Torrelles.

Toujours sur le secteur de Torrelles, l'absence de dune ou une diminution de l'altitude du cordon par endroits, notamment au niveau des emplacements pour les restaurants de plage, crée des fragilités dans le cordon dunaire. Ces zones de faiblesses couplées à un run-up fort ont permis le franchissement par-dessus la dune et le remplissage de creux topographiques et des accumulations d'eau de mer en arrière-dune (zones inondées). Ces accumulations sont d'autant plus importantes que la zone de vulnérabilité est large.

Sur le secteur Sud du Barcarès, il y a peu de dégâts urbains malgré un run-up élevé et un cordon dunaire bas. Ces deux facteurs n'expliquent donc pas l'absence de dégâts sur ce secteur. En revanche la largeur de plage rentre en jeu car elle croit du Sud vers le Nord et les dégâts sont plus nombreux au sud qu'au nord du site.

Le site de Port Barcarès Nord est caractérisé par d'importants dégâts urbains, notamment à proximité du port, avec rupture de la plateforme bétonnée de la promenade (« balladoir ») et submersion marine (Illustration 33). Une partie de ce site urbanisé a été épargnée, elle se situe en face du cordon dunaire qui est élevé et permet une protection naturelle. La partie ne présentant pas de cordon dunaire est la plus touchée. L'atténuation d'énergie liée à la batterie de brise lames a sans doute également limitée les dégâts.



Illustration 33 - Impacts de la tempête sur le front de mer au Barcarès le 02 Mars 2018

4.3. INTERETS ET AMELIORATIONS POTENTIELLES DU LEVE PHOTOGRAMMETRIQUE GLOBAL

La photogrammétrie est une méthode très prometteuse qui a déjà fait ces preuves sur le secteur de l'ObsCat. Elle permet notamment de raisonner à de multiples échelles spatiales grâce à la résolution très fines des MNS. Dans le cas d'un suivi post tempête comme celui de Mars 2018, cette méthode apporte une rapidité d'acquisition importante, nécessaire pour avoir un état de la côte et un relevé des dégâts au plus près à la suite de l'évènement. Elle constituerait un bon complément au réseau de suivi des tempêtes (De la Torre *et al.*, 2013 ; Tirard et Balouin, 2011) déjà opérationnel sur le littoral du Golfe du Lion. Dans ce cadre, ces levés apporteraient :

- Un premier aperçu exhaustif des zones impactées et un bon appui aux opérations sur le terrain ;

- Des informations complémentaires aux relevés de terrain effectués par les acteurs du réseau ;
- Une mise à jour de l'état des zones de faiblesses connues et une détection de nouvelles zones vulnérables.

Pour affiner les interprétations, un levé pré-tempête devrait être réalisé. Ce dernier permettrait notamment d'introduire la notion de volume de sédiment perdu au cours de l'évènement (ou gagné selon les situations) grâce à la possibilité de réaliser des différentiels entre les deux vols.

La technique de levé par autogire permet donc une intervention rapide après une tempête et de couvrir en un temps très court un linéaire de côte important. Ce survol constitue un premier test qui va permettre d'affiner la méthodologie à la fois d'acquisition et de traitement des données pour pouvoir déployer en routine ce type d'opération dans les années prochaines.

5. Synthèse des évolutions par cellule sédimentaire

5.1. CONDITIONS DE FORÇAGE SUR LA PERIODE D'ETUDE

On présentera les conditions de forçage météo-marin d'Octobre 2013 à Mai 2018 afin de les comparer sur les différentes saisons. Les conditions 2017/2018 seront décrites de manière plus détaillée, afin de présenter les forçages météo-marins des campagnes 2017 et 2018 qui se sont déroulées en avril 2017, septembre/octobre 2017 et mars/avril 2018.

5.1.1. 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 Banyuls, propriétés de la DREAL Occitanie, mises à dispositions via le réseau CANDHIS (Cerema)
- Des données issues des marégraphes de Port-la-Nouvelle mises à disposition via le Réseau REFMAR-SHOM ;
- Des données anémométriques de Leucate, mise à disposition via le site Meteociel.com ;
- Des données de débits fluviaux de la Têt et de l'Agly issues de la Banque de données Hydro et propriété du Service de Prévision des Crues Méditerranée Ouest.

5.1.2. 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 34). La dernière saison d'observations présente des vents moyens ainsi que des rafales moins violentes, en moyenne, que durant les autres années à partir d'octobre 2013. Néanmoins, les rafales de vents ont régulièrement atteint 100 km/h durant la saison 2017/2018 avec des pointes atteignant les 140 km/h pour la Tramontane (Illustration 35) et 113 km/h pour les vents marins (Illustration 36).

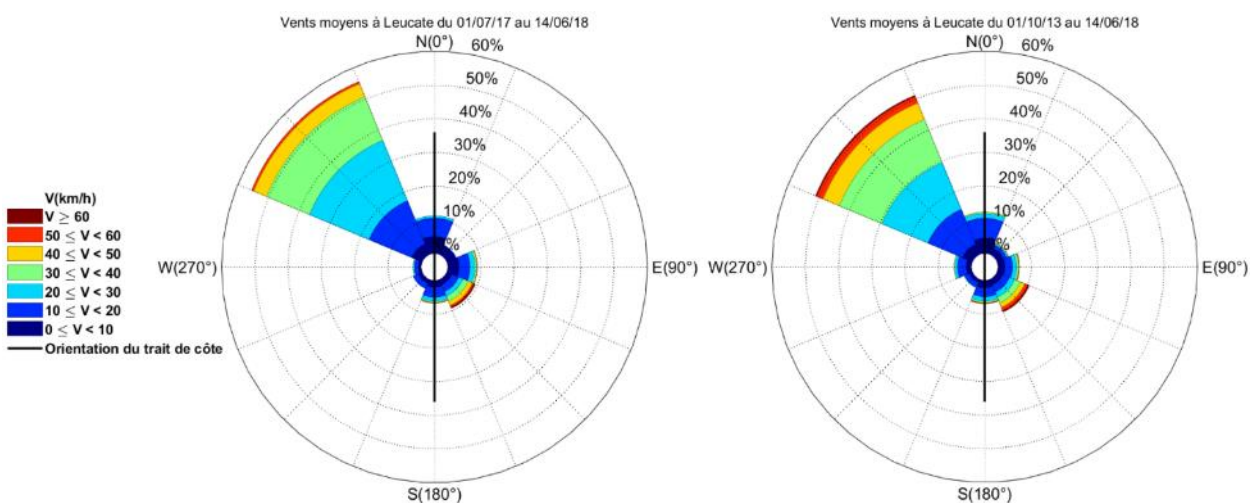


Illustration 34 - Roses vents à la station de Leucate : vents moyens sur les 5 années d'observation de l'ObsCat (à droite) et vents moyen lors de la dernière saison d'observation (à gauche). Source des données : Meteociel.com

Conditions de vents à Leucate entre janvier 2017 et mai 2018

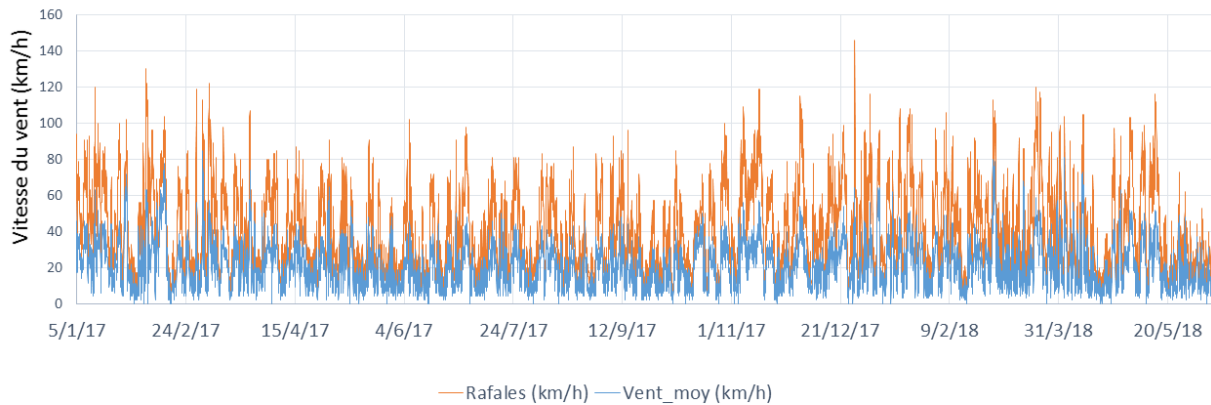


Illustration 35 - Vitesse du vent (km/h) à la station de Leucate, de Janvier 2017 à Juin 2018. Source des données : Meteociel.com

Vents Marins à Leucate de janvier 2017 à mai 2018

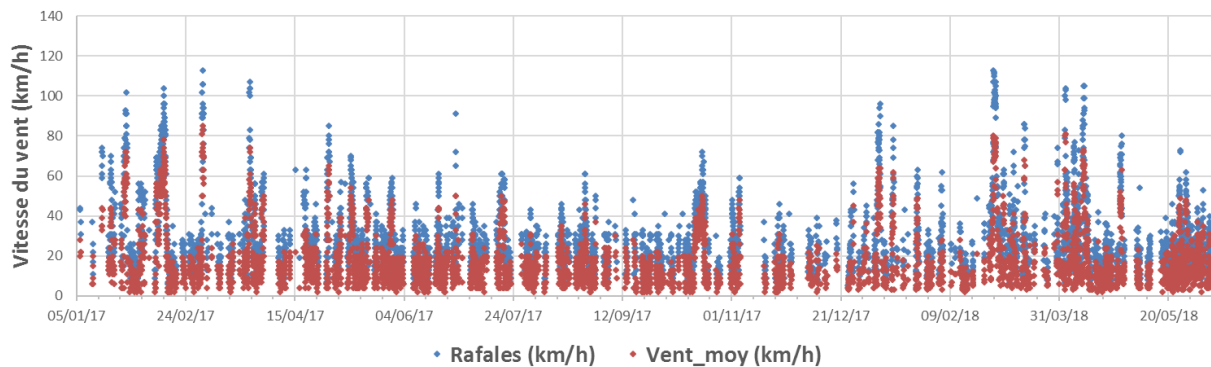


Illustration 36 - Vitesse des vents marins (km/h) à la station de Leucate, de Janvier 2017 à Juin 2018. Source des données : Meteociel.com

Les températures de l'air varient entre l'été où elles peuvent dépasser 30°C et l'hiver où elles avoisinent 5°C. La température de l'eau dépasse 20°C l'été mais redescend entre 10°C et 15°C l'hiver.

5.1.3. Conditions de houle

Les conditions de houle enregistrées lors du dernier hiver à la bouée de Leucate sont en moyenne plus calme que durant la totalité des observations de l'OBSCAT (Illustration 37). Néanmoins cet hiver a été marqué par une tempête majeure importante.

Les houles prédominantes en termes de direction et d'énergie restent cependant classiquement du quart Sud-Est. Les houles de Tramontane (Nord-Ouest) générées entre la côte et la bouée située à 5 km au large sont fortement représentées mais de faible énergie (hauteurs significatives inférieures à 1,5 m).

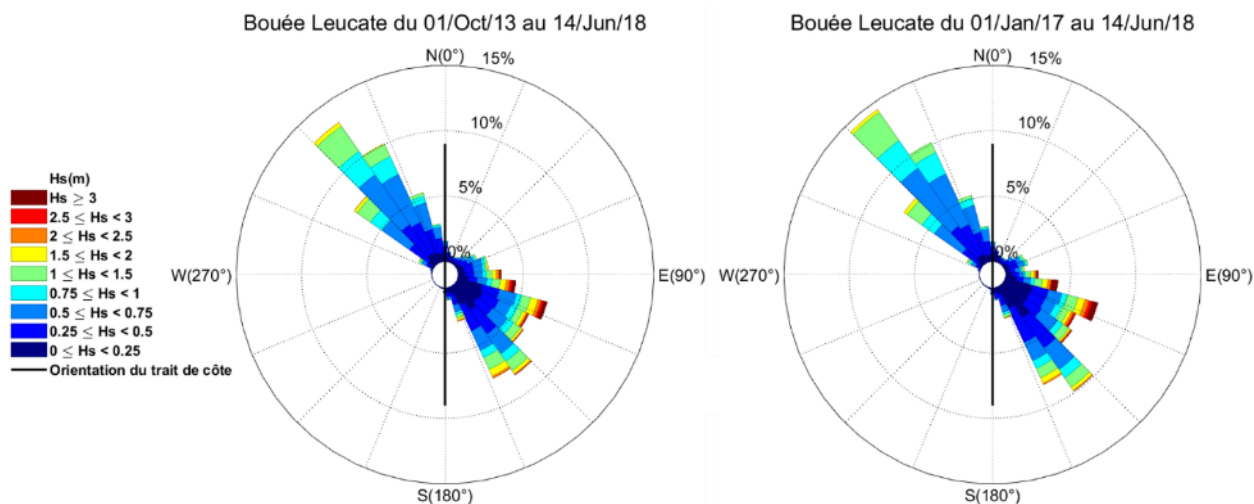


Illustration 37 - Rose des houles à la bouée de Leucate : houles moyennées sur les 5 premières années d'observations de l'ObsCat (à gauche) et durant la dernière saison d'observation (à droite). Source des données : CANDHIS (Cerema-DREAL Occitanie).

Au total, 2 évènements tempétueux (hauteur significative supérieure à 3 m) ont caractérisé cette saison hivernale 2017/2018 (Illustration 38).

- Du **06 au 08 Janvier 2018**, hauteur significative (HS) de 3,70 m avec une hauteur maximale (Hmax) supérieure à 7 m.
- Du **28 Février au 2 Mars 2018**, le plus important : HS supérieure de 5,15 m et Hmax supérieure à 10 m.

A côté de cela, des évènements énergétiques importants ont été enregistrés :

- Du **10 au 12 décembre 2017**, HS de 2,20 m et Hmax supérieure à 4 m.
- Du **09 au 10 Mars 2018**, HS de 2,30 m et Hmax de 4,30 m.
- Du **02 au 04 avril 2018**, HS de 2,50 m et Hmax supérieure à 4,20 m
- Du **07 au 11 avril 2018**, HS de 2,80 à 3,20 m et Hmax de 4,70 m à 7 m.

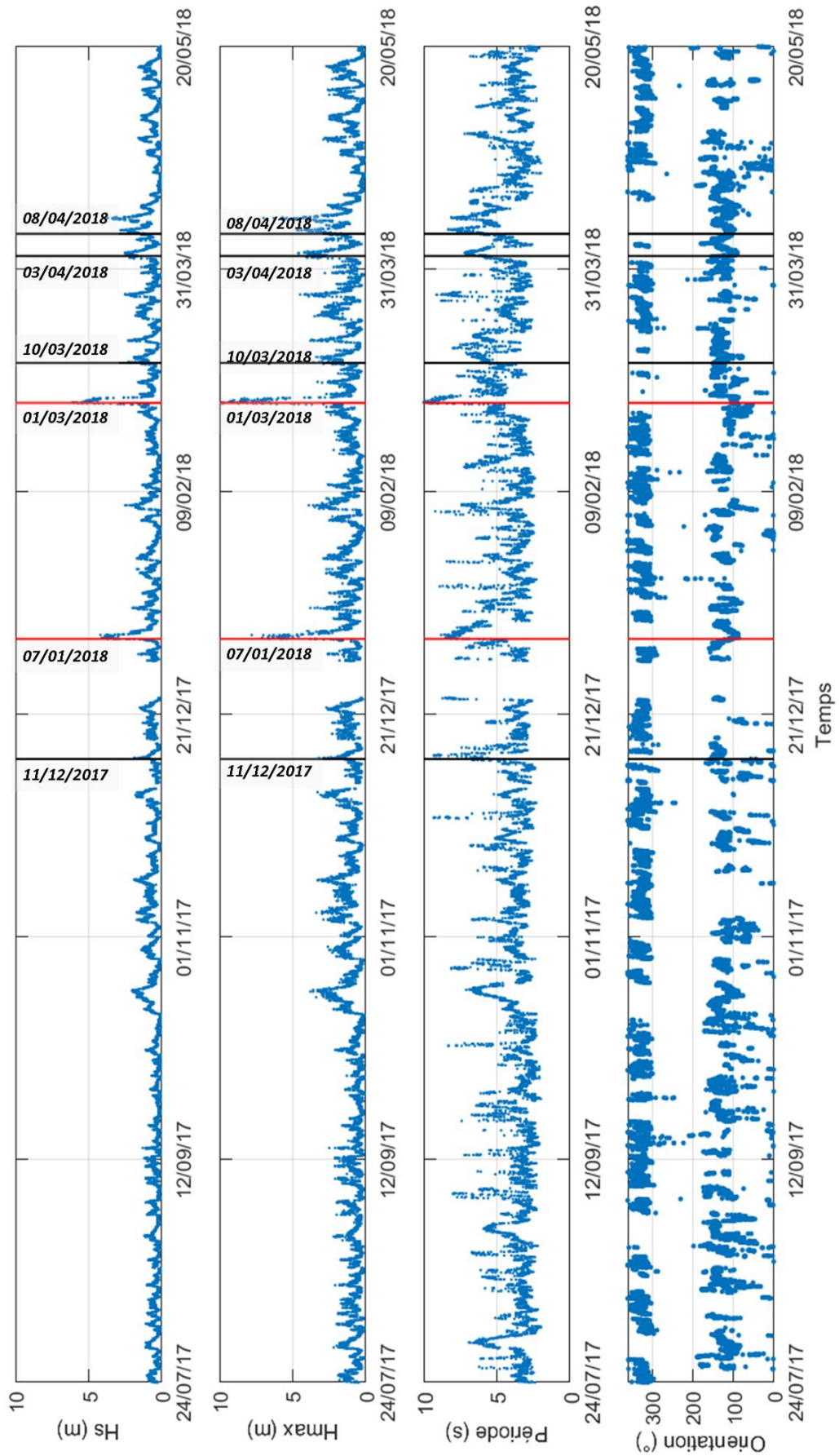


Illustration 38 - Analyse des conditions de houles durant l'année 5; hauteur significative (Hs), hauteur maximale enregistrée (Hmax), période et direction. Les traits rouges indiquent les évènements de tempête et les traits noirs les évènements énergétiques. Sources des données : CANDHIS (Cerema-DREAL Occitanie)

5.1.4. Niveaux d'eau

Les niveaux marins extrêmes, enregistrés à Port-la-Nouvelle, indiquent deux évènements de surcote importants durant cet hiver (Illustration 39) : le premier lors de la première tempête hivernale au cours de laquelle le niveau a dépassé +0,6 m NGF durant 5 heures le 07 Janvier en fin de journée (avec un pic enregistré à +0,65 m NGF). Le second est enregistré lors de la tempête du 1^{er} Mars 2018 avec un niveau maximum enregistré à +1,25 m NGF.

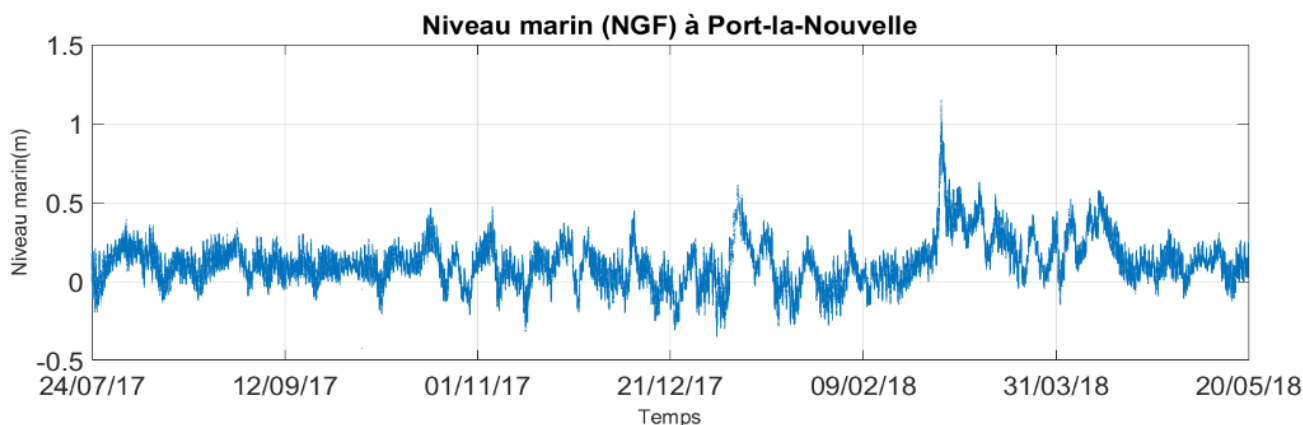


Illustration 39 - Niveaux d'eau enregistrés à Port-la-Nouvelle entre Juillet 2017 et Juin 2018 (source des données REFMAR-SHOM)

5.1.5. Débits fluviaux

Les épisodes de crues peuvent être à l'origine d'un apport sédimentaire important au sein du système littoral. Par ailleurs, elles peuvent également provoquer une élévation du plan d'eau lorsqu'elles sont combinées à une tempête et surtout inonder la plaine littorale en ne parvenant pas à l'évacuer vers la mer à cause de la surcote marine.

Les débits hivernaux 2017-2018 ont atteint près de 11 000 000 m³/j pour l'Agly et 6 000 000 m³/j pour la Têt (Illustration 40 et Illustration 41). Ces augmentations ponctuelles du débit sont sans doute un facteur important pouvant expliquer l'ouverture et l'élargissement des deux embouchures durant l'hiver 2017-2018. A l'échelle de l'ObsCat, ces épisodes de crues sont du même ordre de grandeur que ceux enregistrés durant les hivers 2013-2014 et 2016-2017 (Illustration 41).

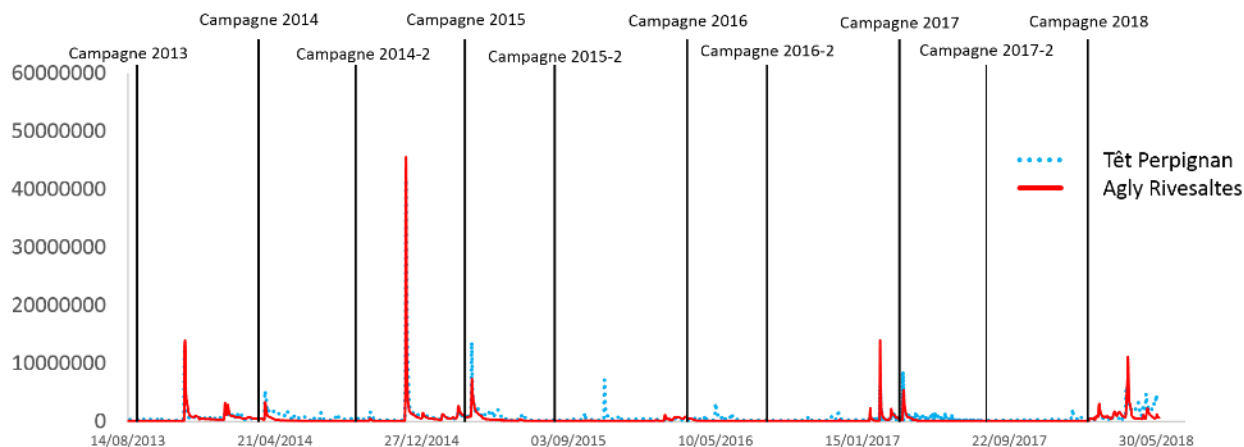


Illustration 40 - Débits journaliers (m^3/j) des fleuves Têt (station Perpignan) et Agly (Station Rivesaltes) depuis Août 2013. Source des données : SPC Méditerranée Ouest.

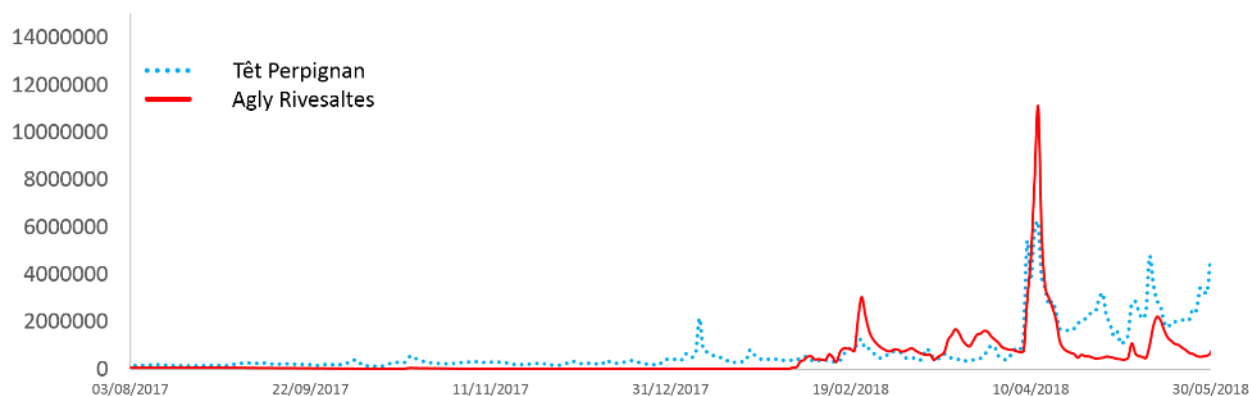


Illustration 41 - Débits journaliers (m^3/j) des fleuves Têt (station Perpignan) et Agly (Station Rivesaltes) entre Août 2017 et Juin 2018. Source des données : SPC Méditerranée Ouest

5.1.6. Conclusions sur les conditions de forçage de l'hiver 2017-2018

L'hiver 2017-2018 a connu 2 épisodes de tempêtes (Hs supérieure à 3 m). Les crues des fleuves Agly et Têt ont été du même ordre de grandeur que lors des hivers 2013-2014 et 2016-2017. Malgré une tempête majeure le 1^{er} Mars 2018, l'hiver 2017-2018 a été un hiver globalement moins énergétique que ceux enregistrés les années passées.

5.2. CELLULE 12 - DU GRAU DE LEUCATE A LEUCATE-PLAGE

La cellule 12 (Illustration 42) est comprise entre le cap rocheux de Leucate au nord et 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 et Université de Perpignan, 2000). Le haut de plage est marqué par une pente relativement faible, et devient plus forte sur le bas de plage, et s'adoucie à nouveau sur l'avant-côte (moins de 1%).

Cette cellule est la dernière de l'unité sédimentaire du Roussillon. Elle est délimitée au Nord par le Cap Leucate contre lequel la dérive littorale qui longe la côte du Sud vers le Nord vient buter. Même si les ouvrages présents en amont-dérive bloquent en partie les flux sédimentaires, cette cellule est dans une situation propice à l'accrétion.

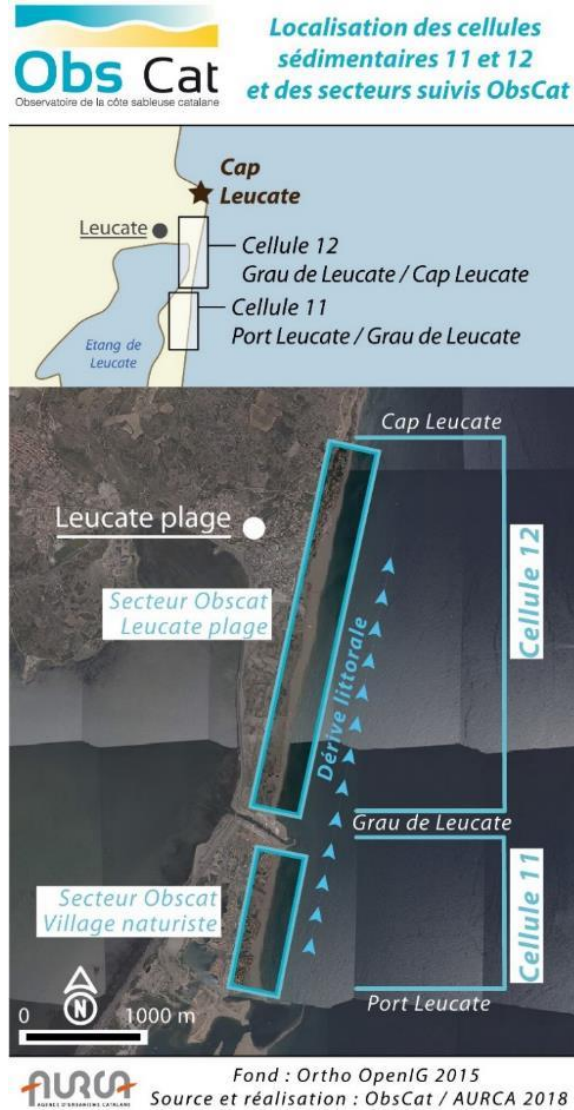


Illustration 42 – Localisation de la cellule hydro-sédimentaire 12 et des secteurs Leucate plage et Village naturistes.

5.2.1. Leucate-Plage

Le secteur de Leucate-Plage correspond à la partie la plus urbanisée de la cellule 12 (Illustration 43). 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 44). Le trait de côte, sur cette plage, enregistre chaque hiver des alternances de secteurs en avancée et de secteurs en recul. La largeur de la plage est décroissante du sud vers le nord (Illustration 44). Les reculs hivernaux se font donc plus sensibles dans la partie nord.

Des travaux de reprofilage sont effectués par les services techniques de la commune au printemps pour élargir le bas de plage, comme on le voit plus particulièrement sur la vue vers le Nord prise en avril 2018 (Illustration 44). 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 positionnées 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 NGF). La barre interne est plus irrégulière et avec des morphologies plus ou moins rythmiques de longueur d'onde inférieure (environ 300 m).



Illustration 43 – Secteur de Leucate plage, profil de référence Leucate6 et prises de vues.

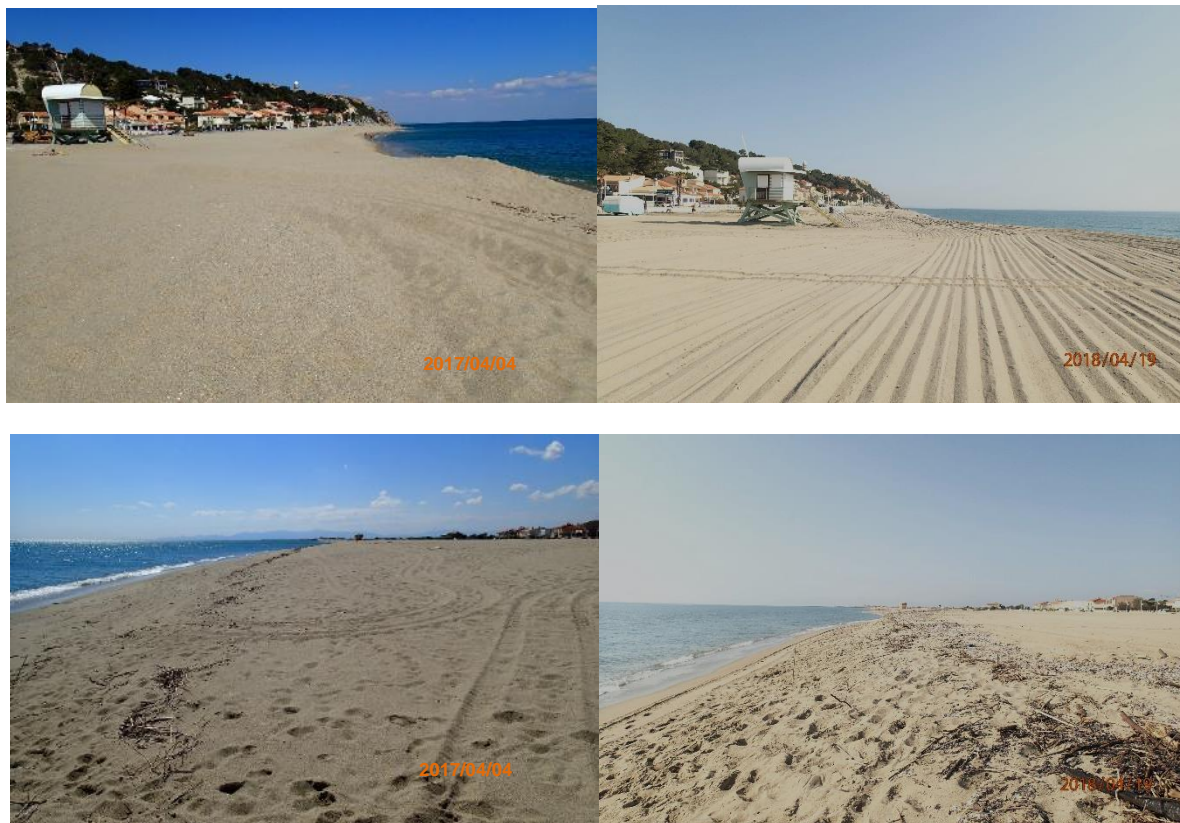
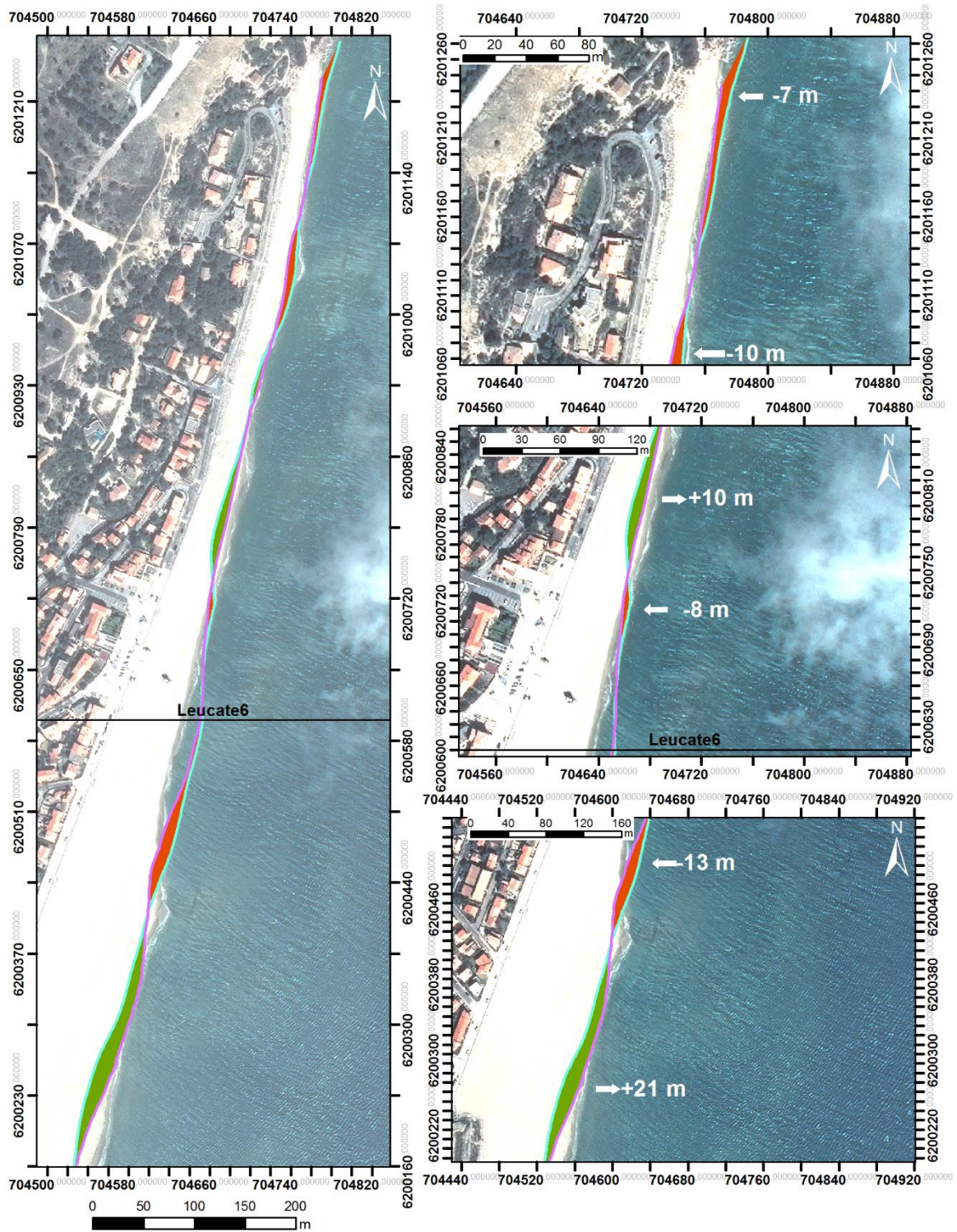


Illustration 44 – Suivi photographique de Leucate plage, au niveau du profil de référence Leucate6. Prises de vue vers le Nord en haut et vers le Sud en bas, Avril 2017 à gauche et avril 2018 à droite.

Evolution saisonnière du trait de côte

Comme à chaque sortie d'hiver on constate sur les évolutions hivernales du trait de côte des alternances de portions en recul et de portions en avancée comprises entre +21 m et -13 m (Illustration 45).

Dans les parties nord et centrales, les amplitudes de ces mouvements sont modérées (de +10 à -10 m). Elles sont en revanche plus importantes dans la partie située au sud du profil de référence (-13 et +21m). Dans le secteur nord, plus sensible à ces évolutions, la plage étant moins large que plus au sud, on note une avancée modérée de 7 m sur une portion qui était en recul à l'issue de l'hiver 2016/2017.



Traits de côte :

- Avril 2018
- Septembre 2017
- Profils de référence

Evolution du trait de côte :

- Avancée
- Recul

Source:
campagne OBSCAT
sep17/avr18
Image: Pléiades, IGN, 03-2015
Système de coordonnées:
RGF-Lambert-93

Auteur: BRGM

Illustration 45 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale pour le secteur de Leucate-Plage.

Il est important de noter que lors de la campagne d'acquisition de données d'avril 2018, des travaux de reprofilage de plage consistant à déplacer du sable vers le trait de côte et donc à élargir la zone de plage émergée, étaient en cours (Illustration 46). Ces observations peuvent donc ne pas refléter fidèlement les dynamiques naturelles du secteur.



Illustration 46 - travaux de reprofilage de plage dans la moitié nord du secteur de Leucate.

Déplacements sédimentaires saisonniers et annuels

Au cours de la période estivale (avril à septembre 2017) les déplacements sédimentaires sont peu importants et principalement cantonnés en mer le long du trait de côte sur une bande de 60 à 100 m (Illustration 47). Ces évolutions sont le résultat de mouvements dans le profil principalement et dans les petits fonds, du large vers la côte. Mais, rappelons que les travaux de reprofilage de la plage réalisés pendant et après la campagne de mesures du printemps 2017, peuvent, pour une part, expliquer ces accumulations dans les petits fonds proches du trait de côte. Le sable au cours des opérations de reprofilage est poussé depuis le haut de plage sur le bas de plage, et la berme est également arasée pour des questions de sécurité (surveillance de plage). Une quantité non négligeable de sable se retrouve donc très vite dans les petits fonds dès les premières vagues même suite à des conditions peu énergétiques (faible houle). Ce phénomène est bien visible sur l'évolution estivale du profil de référence situé près du poste de secours nord (Illustration 48). En terme de volumes déplacés sur cette période estivale, le secteur enregistre un bilan positif tant sur la plage émergée que sur la plage immergée de 70 601 m³ soit un gain moyen d'environ 10 cm en épaisseur (Illustration 52).

En revanche, pour la période hivernale (septembre 2018 à avril 2018), les déplacements sont beaucoup plus importants sur l'ensemble du secteur et tout particulièrement sur la plage immergée (Illustration 49). Au large, dans la moitié nord du secteur, on observe un abaissement relatif de la bathymétrie de la barre externe et un étalement/déplacement de celle-ci vers le large, ceci est visible en particulier sur le profil de référence Leucate6 (Illustration 50). Sur la plage émergée on observe une diminution de la topographie là-aussi localisée sur la moitié nord du secteur. Elle est assez faible au niveau du profil de référence Leucate6 (Illustration 50) et probablement lié au effets du reprofilage de printemps. Mais plus au Nord, au droit de la zone où le haut de plage est protégé par des enrochements, cet abaissement est très probablement à

relier avec l'impact érosif important de la tempête du 1^{er} mars 2018. Sur le plan des volumes déplacés, sur la plage émergée et sur la plage immergée présentent un bilan négatif, respectivement -103 369 m³ et -12 365 m³ soit au total -115 734 m³ (Illustration 52).

La situation annuelle (Illustration 51) reflète au final principalement le comportement de la plage durant la saison hivernale tant les phénomènes ont été peu importants en été au regard d'une forte dynamique en hiver.

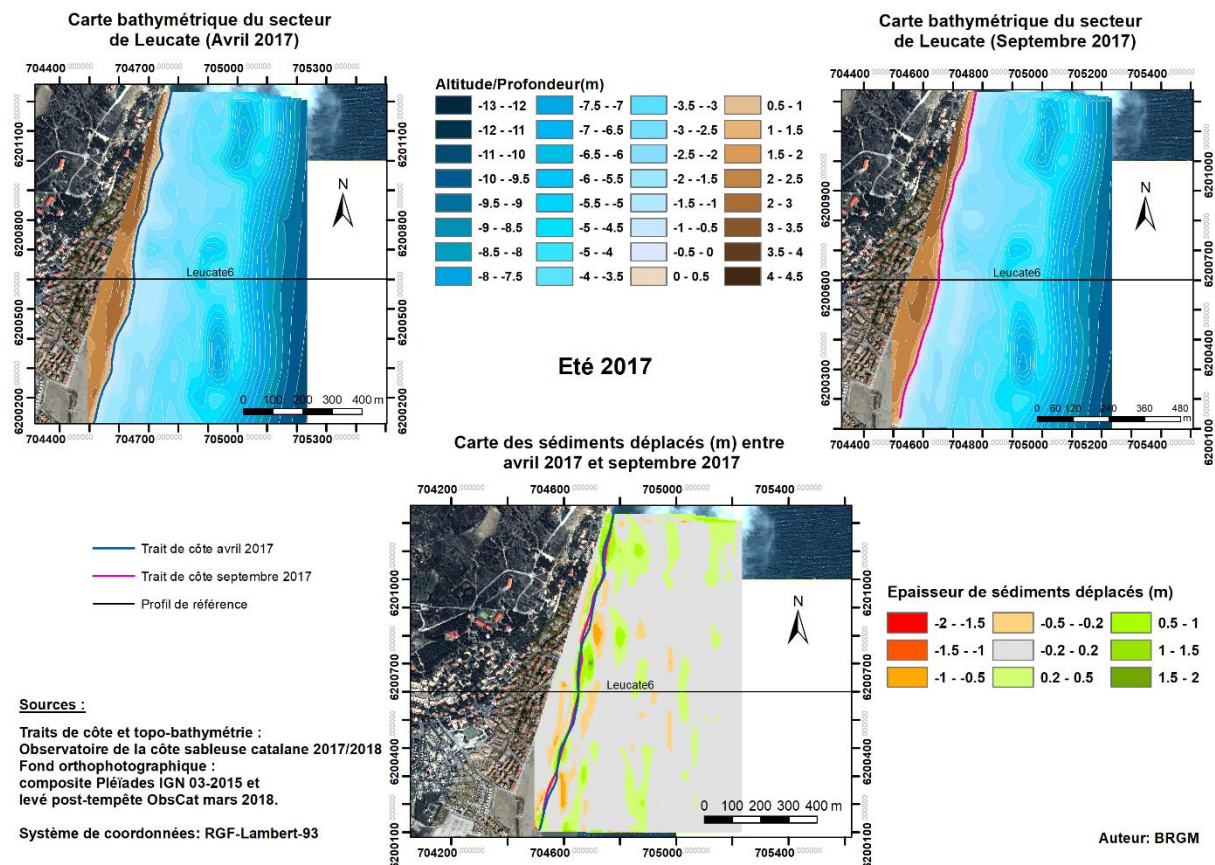


Illustration 47 - Cartes topobathymétriques et de déplacements sédimentaires pour la période estivale d'avril à septembre 2017, secteur de Leucate Plage.

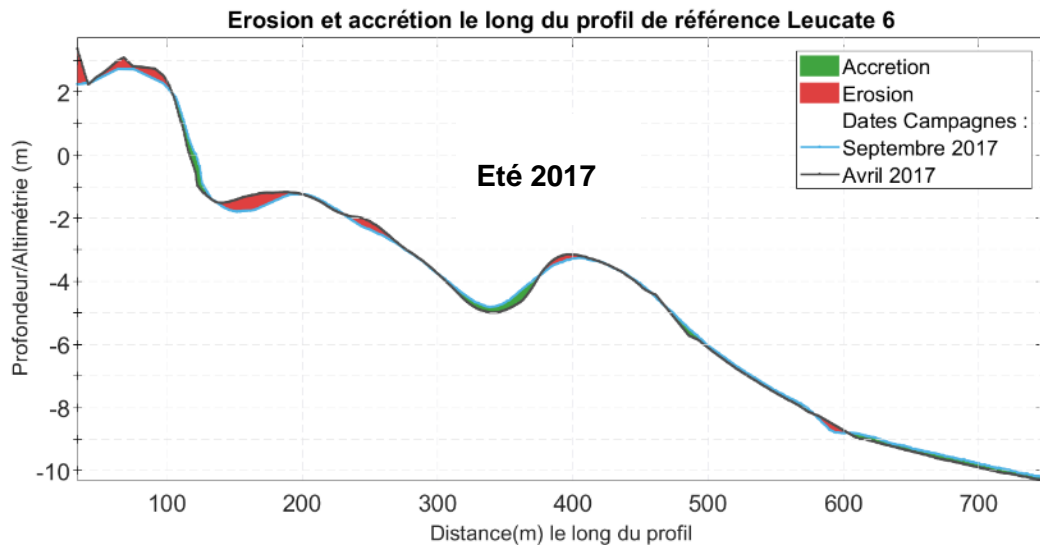


Illustration 48 - Profil de référence Leucate6, évolutions pour la période estivale avril à septembre 2017.

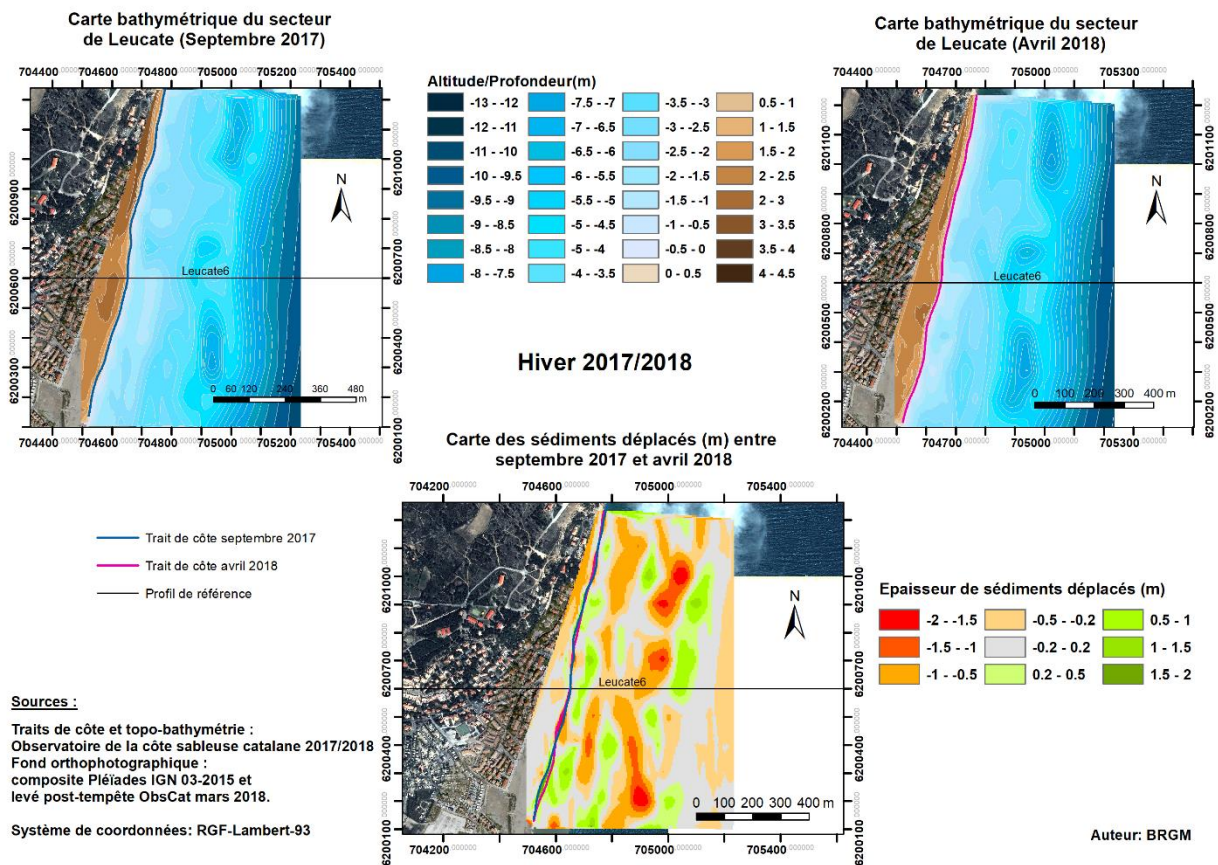


Illustration 49 - Cartes topobathymétriques et de déplacements sédimentaires pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018, secteur de Leucate Plage.

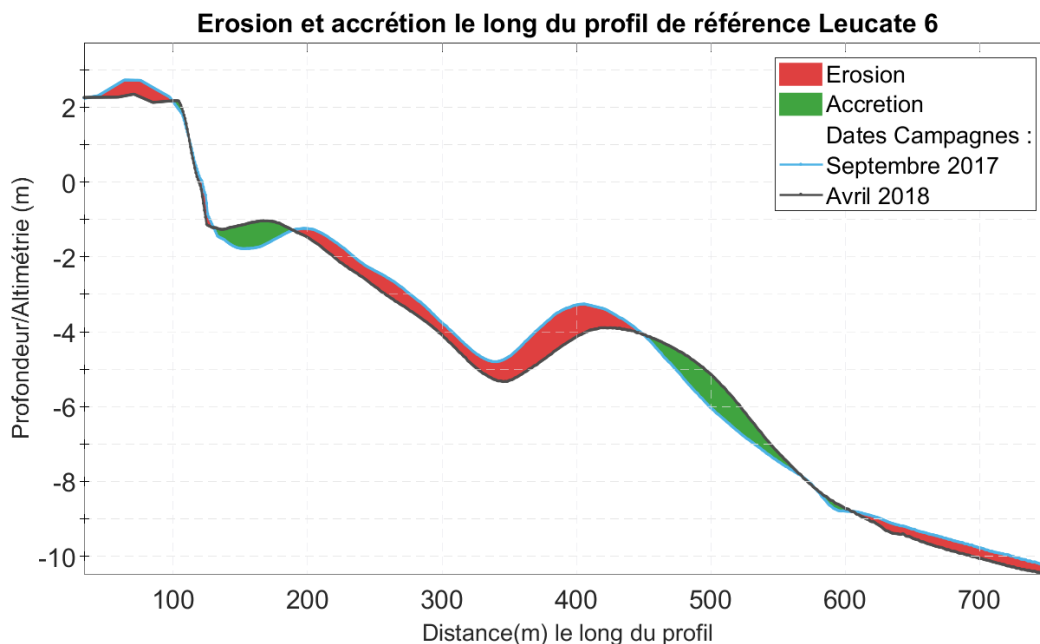


Illustration 50 - Profil de référence Leucate6, évolutions pour la période hivernale septembre 2017 à avril 2018.

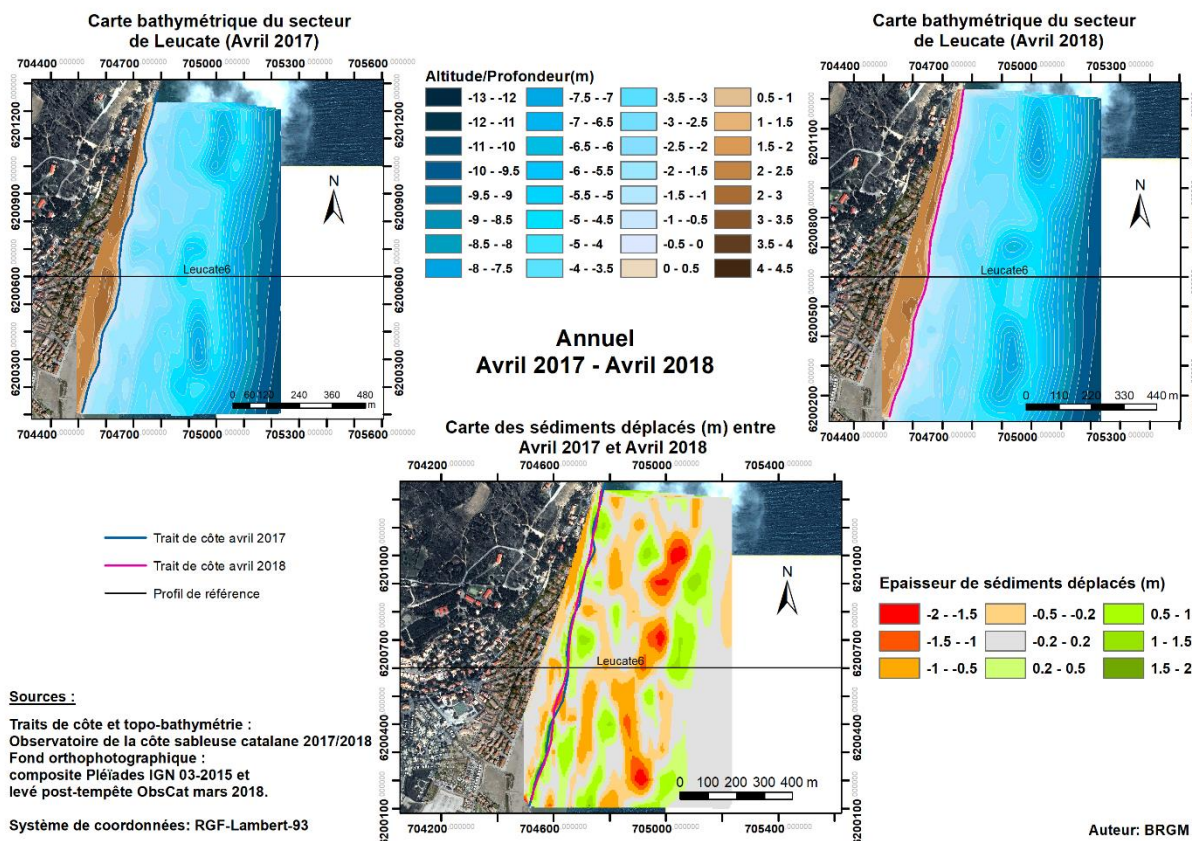


Illustration 51 - Cartes topobathymétriques et de déplacements sédimentaires annuels pour la période d'avril 2017 à avril 2018, secteur de Leucate Plage.

Leucate Plage - Eté avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-29 066	99 666	70 601	734 875	10	9 264
Zone Immergée	-22 696	83 748	61 052	660 025	9	9 085
Zone émergée	-6 370	15 918	9 549	74 850	13	178
Leucate Plage - Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume +/- (m3)
Zone complète	-197 145	81 411	-115 734	729 200	-16	229
Zone immergée	-181 088	77 719	-103 369	657 825	-16	61
Zone émergée	-16 057	3 692	-12 365	71 375	-17	167

Illustration 52 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Leucate Plage.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Sur l'ensemble de la période d'observation du secteur, soit de septembre 2015 à avril 2018, le bilan sédimentaire cumulé est assez fortement négatif sur la zone complète : -92 033 m³. La zone émergée reste en bilan très légèrement positif (+970 m³). Dans la baisse importante de ces 2 bilans il faut certainement voir les effets de la tempête importante du 1^{er} mars 2018 qui a frappé l'ensemble du littoral de l'ObsCat. Sur Leucate plage, c'est la moitié nord du secteur qui en a subi plus particulièrement les conséquences érosives.

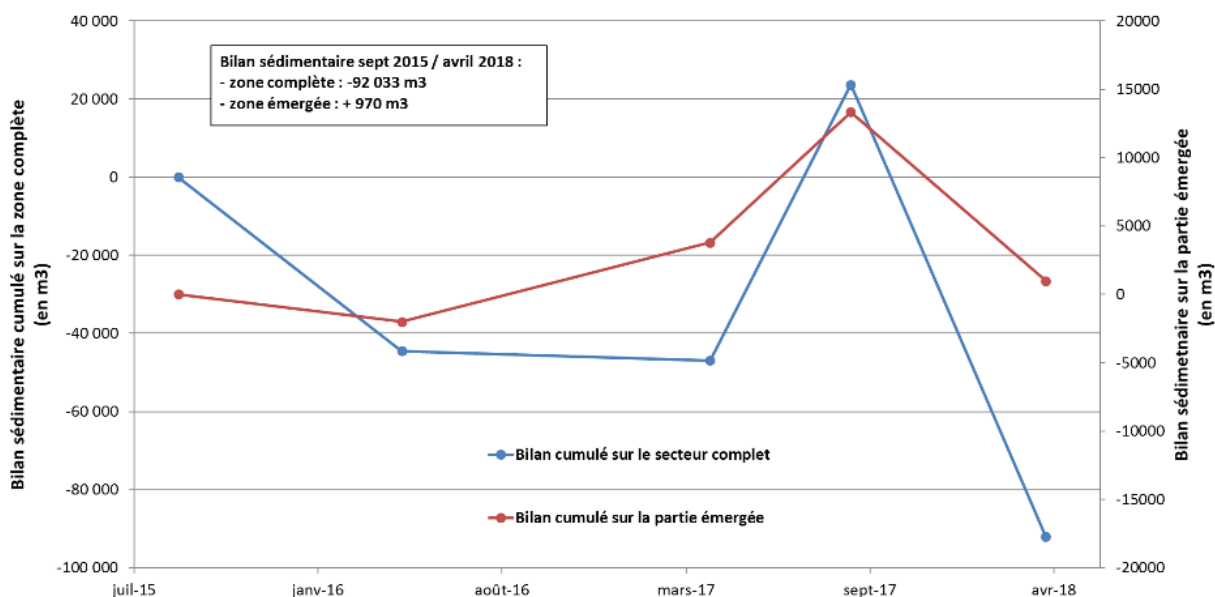
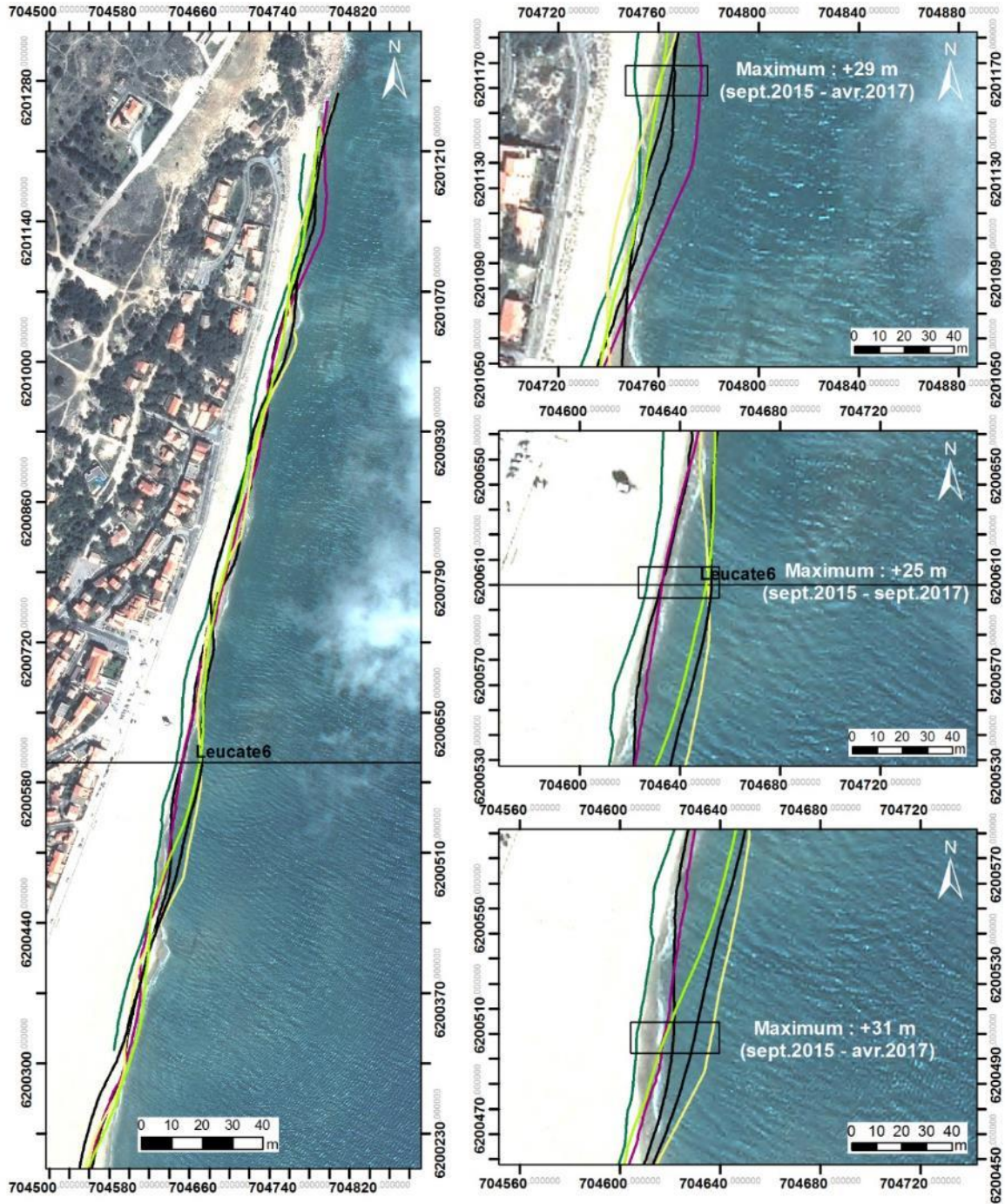


Illustration 53 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre septembre 2015 et avril 2018 pour le secteur de Leucate Plage.

Les variations de la position du trait de côte peuvent varier de manière importante d'une saison à l'autre (Illustration 54). Cette dynamique est semble-t-il principalement liée à la position des barres d'avant-côte. Leur mobilité qui peut être importante, fournit une source de sédiment conséquente qui peut profiter à certaines zones de la plage émergée, et au contraire être au déficit d'autres. Ce phénomène explique les sinuosités marquées du trait de côte du secteur.

Globalement, le secteur est plutôt dans une tendance de progression du trait de côte depuis le début des relevés de l'ObsCat en septembre 2015. Par la suite, le trait de côte n'a en effet pas été mesuré dans une position plus reculée. La tendance est bien visible au centre du secteur, au niveau du profil de référence, mais ce constat est à nuancer dans le dernier tiers nord du secteur le long de l'enrochement de haut de plage, et dans le sud au droit du poste de secours. La poursuite des levés ObsCat sur le secteur permettra de vérifier cette dynamique dans le temps et si elle constitue une tendance à plus long terme.



- Traits de côte :**
- Avril 2018
 - Septembre 2017
 - Avril 2017
 - Septembre 2016
 - Mai 2016
 - Septembre 2015
 - Profils de référence

Source:
campagnes OBSCAT
Octobre 2013 à Avril 2018
Image: Pléiades, IGN, 03-2015
Système de coordonnées:
RGF-Lambert-93

Auteur: BRGM

Illustration 54 - Carte des traits de côte et évolution entre septembre 2015 et avril 2018 pour le secteur de Leucate Plage.

5.2.2. Leucate-Mourets

Il s'agit dans cette partie de représenter l'évolution pluri-annuelle de la position du trait de côte en exploitant les données anciennes. Ce travail a déjà été réalisé sur le secteur de Leucate plage en 2016, et aujourd'hui des besoins de gestion se font ressentir sur les Mourets (entre Leucate plage et le grau des conchyliculteurs)..

L'évolution de la position du trait de côte et donc de la largeur de plage émergée a par ailleurs été étudiée sur la plage de Leucate. *La barre externe festonnée d'un système à deux barres induit la forme du trait de côte en répliquant le festonnement de manière inversée et possiblement décalée. Le système interne est largement influencé par la réfraction de la houle sur la barre externe (Ferrer, 2010).*

Ce phénomène de trait de côte festonné marquant fortement la largeur de la plage émergée est également observé sur la plage de Torreilles. Il s'agit de « mégacusp » souvent décrites dans l'interprétation des suivis ObsCat.

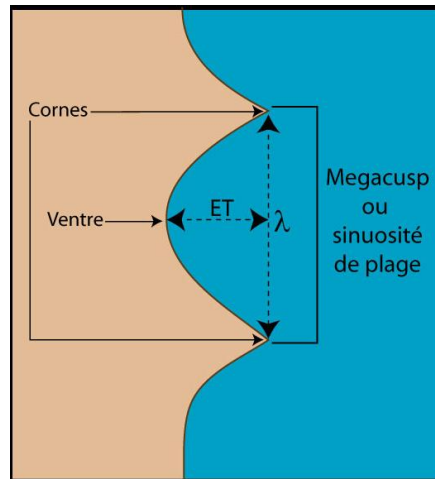


Illustration 55 - Représentation schématique d'une sinuosité de plage. ET désigne l'extension transversale entre la position des cornes et celle du ventre de sinuosité de plage et λ la distance séparant deux cornes. (Ferrer, 2010).

Au-delà de ses variations saisonnières de la position du trait de côte, l'évolution pluri-annuelle montre un recul dans ce secteur. Dans le cadre de la caractérisation de l'aléa érosion par l'indicateur trait de côte (BRGM et SOGREAH 2011 dans le cadre du CPER), le rythme de recul de la position du trait de côte a été estimée entre 1 à 2,5 m par an.

En superposant les traits de côte de 2001 (levé DGPS) et 2017 (photo-interprétation), on obtient une variation de +15 m à -35 m en 16 ans sur cette plage (marge d'erreur estimée à +/- 2 mètres). Ce recul est quasiment généralisé même s'il n'est pas homogène : il est moindre aux extrémités. La partie centrale encadrée en noir sur l'illustration 56 connaît la plus forte mobilité du secteur des Mourets en lien avec ces sinuosités du trait de côte dont les positions alternent même si le mouvement est globalement en recul. D'un point de vue longitudinal, sous l'influence de la dérive Sud => Nord, la largeur de plage émergée a tendance à augmenter du sud vers le nord.

Entre Mars 2014 et Mars 2017, l'alternance des festons s'inverse conjointement à une position du trait de côte variant de +15 m à -20m.

Les prochains levés photogrammétriques ObsCat permettront de préciser les tendances décrites ici.

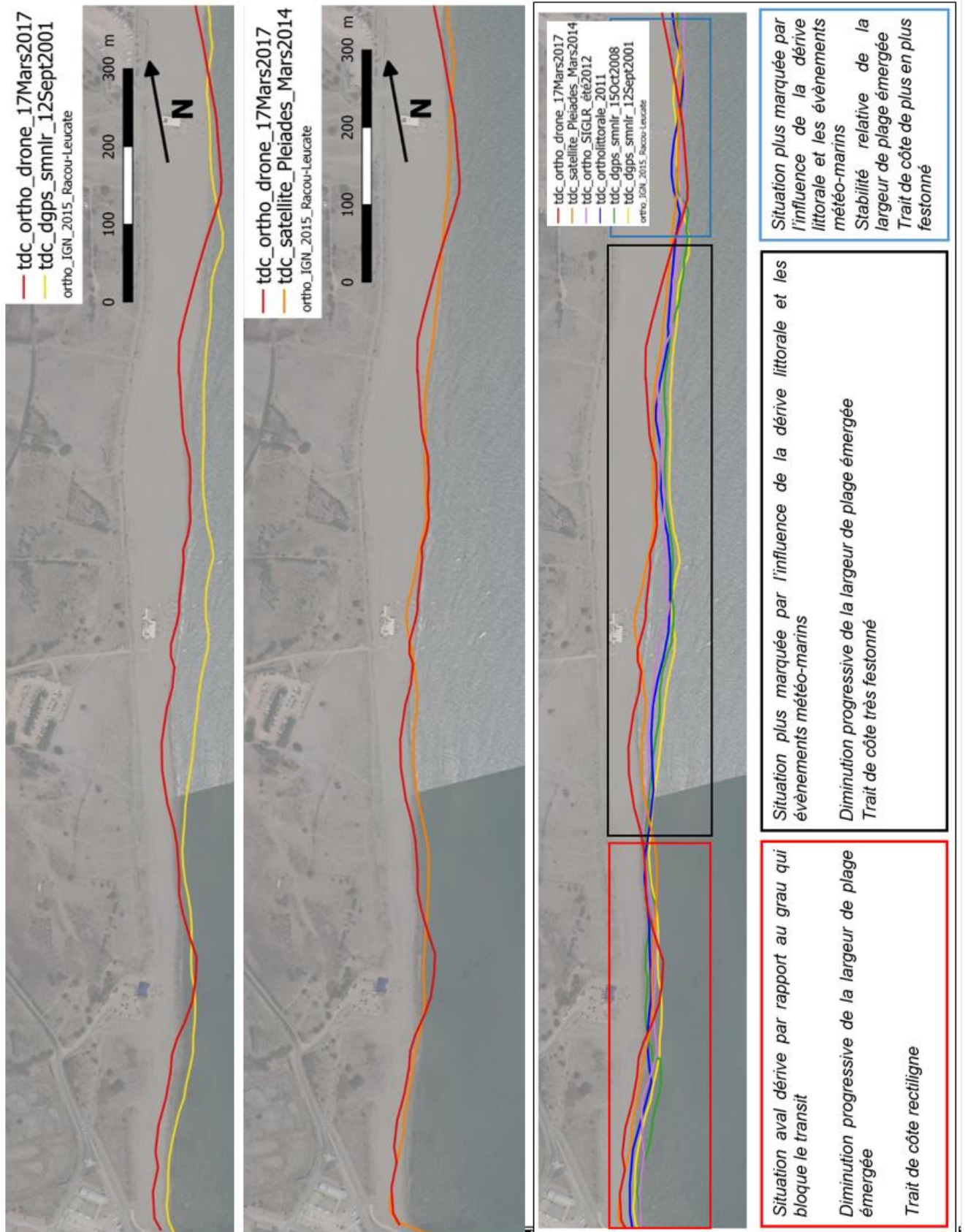


Illustration 56 - Position des traits de côte relevés au DGPS ou par photo-interprétation entre 2011 et 2017 sur le secteur des Mourets à Leucate.

5.3. 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 (Illustration 57). Sa fréquentation importante et son urbanisation prononcée en font un secteur particulièrement artificialisé.

La cellule 11 est constituée de sables grossiers (AERMC et Université de Perpignan, 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.

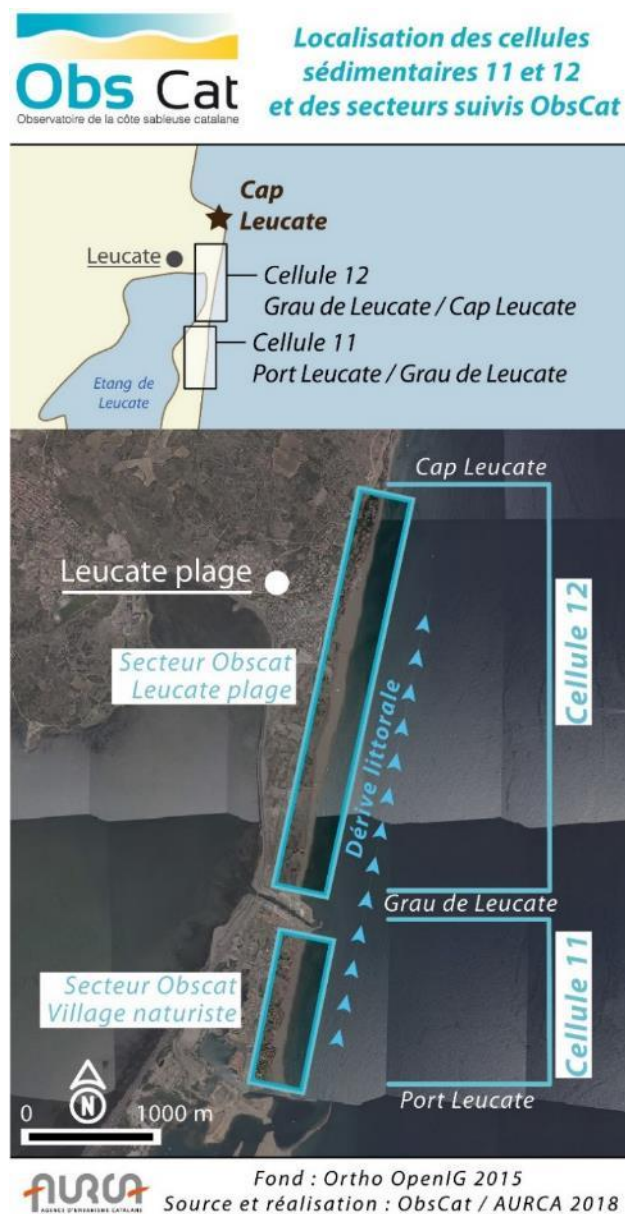


Illustration 57 - Localisation de la cellule 11 et du secteur Village naturistes.

Le port déconnecte également le système de barres d'avant-côte, 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).

5.3.1. Plage du Village naturiste de Leucate

Le secteur suivi de la plage du Village naturiste de Leucate constitue à lui seul la cellule 11 (Illustration 58)

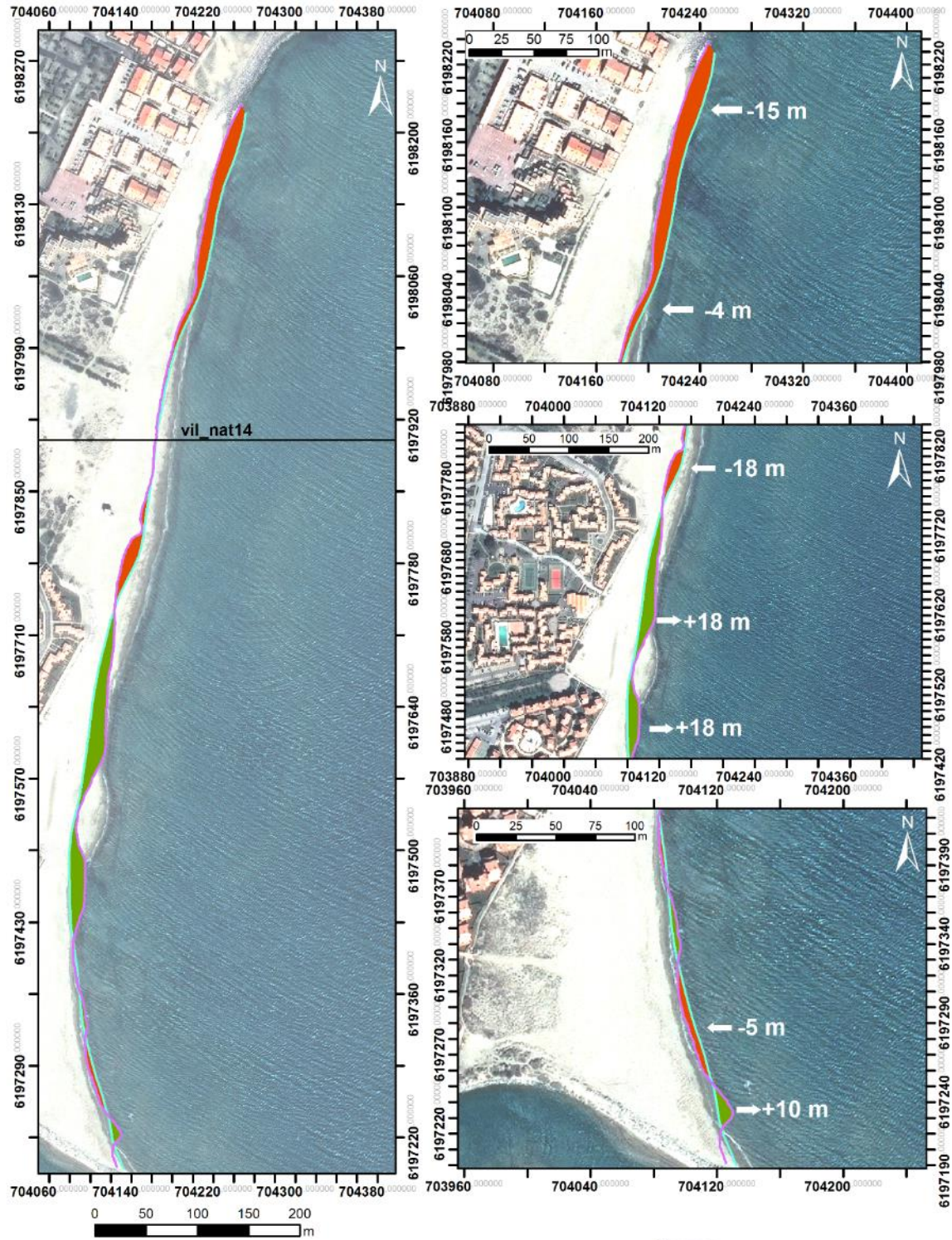


Illustration 58 – Secteur du Village naturiste de Leucate et profil de référence Vil_nat14.

Evolution saisonnière du trait de côte

A l'issue de la période hivernale 2017-2018, on note que la moitié nord du site a subi globalement un retrait du trait de côte allant jusqu'à 15 m dans les 200 premiers mètres au nord (Illustration 59). Au niveau du profil de référence Vil_nat14, le trait de côte est stable. Dans la moitié sud en revanche, à partir la résidence Oasis Club, le trait de côte est en avancée jusqu'à +18 m. L'extrême sud du site est stable.

Comparativement à la situation de fin d'hiver 2016-2017 (Illustration 65), au sortir de l'hiver 2017-2018, le trait de côte est dans la moitié nord en retrait modéré (10 m max.), et dans une position légèrement plus avancée dans la moitié sud (5 m max.).



Traits de côte :

- Avril 2018
- Septembre 2017
- Profils de référence

Evolution du trait de côte :

- Avancée
- Recul

Source:

campagne OBSCAT

avr17/sep17/avr18

Image: Pléiades, IGN, 03-2015

Système de coordonnées:

RGF-Lambert-93

Auteur: BRGM

Illustration 59 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur du Village naturistes.

Déplacements sédimentaires saisonniers et annuels

Le bilan sédimentaire pour la période estivale 2017 est fortement positif : +76 953 m³ (Illustration 60) pour la zone complète du secteur (partie émergée + partie immergée). L'accrétion est concentrée majoritairement sur l'avant-côte, notamment au niveau des barres internes dans la moitié nord du secteur mais également, mais dans une moindre mesure au niveau de la barre externe (Illustration 63). La plage émergée, enregistre également une accrétion notable, concentrée dans les 10-15 premiers mètres en arrière du trait de côte (+14 077 m³). Ce phénomène est décroissant du Nord vers le Sud. Le profil de référence vil_nat14 (Illustration 62) montre très localement une érosion notable des petits fonds mais qui n'est pas représentative du comportement de l'ensemble du secteur.

Lors de l'hiver 2017/2018 l'ensemble du secteur a subi en revanche une forte érosion de -76 264 m³ (Illustration 60) soit la quasi-totalité du stock accumulé lors de l'été 2017. L'évolution de la plage immergée est essentiellement contrôlée par une mobilité importante du système de barres sableuses d'avant-côte, internes et externes (Illustration 61). Sur la zone immergée, les mouvements sédimentaires se concentrent majoritairement dans la partie nord et dans la partie centrale du site (décroissance des épaisseurs de sédiments déplacés du Nord vers le Sud). La zone émergée est également en érosion (-4 134 m³), sans pour autant avoir perdu la totalité du stock accumulé lors de l'été 2017 (Illustration 60).

Ces constats sont très similaires à ceux réalisés lors de l'année 4 de l'ObsCat en termes de comportement morfo-sédimentaire. Les pertes ou gains importants de sédiments enregistrés pendant les deux derniers hivers traduisent une forte mobilité des barres d'avant-côte lors des épisodes de tempêtes, comme l'illustre bien l'évolution hivernale du profil de référence vil_nat14 (Illustration 63) avec une forte remobilisation de la barre interne : translation vers la côte (mouvement cross-shore) associée à un creusement de la fosse externe (entre barre interne et barre externe).

Village naturistes de Leucate - Été avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-18 091	95 045	76 953	694 800	11	2 658
Zone Immergée	-15 916	78 792	62 876	635 475	10	2 202
Zone émergée	-2 175	16 252	14 077	59 325	24	455
Village naturistes de Leucate - Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-131 561	55 297	-76 264	688 750	-11	312
Zone immergée	-122 521	50 390	-72 130	633 025	-11	93
Zone émergée	-9 040	4 907	-4 134	55 725	-7	219

Illustration 60 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur du Village naturiste de Leucate.

Village naturiste de Leucate

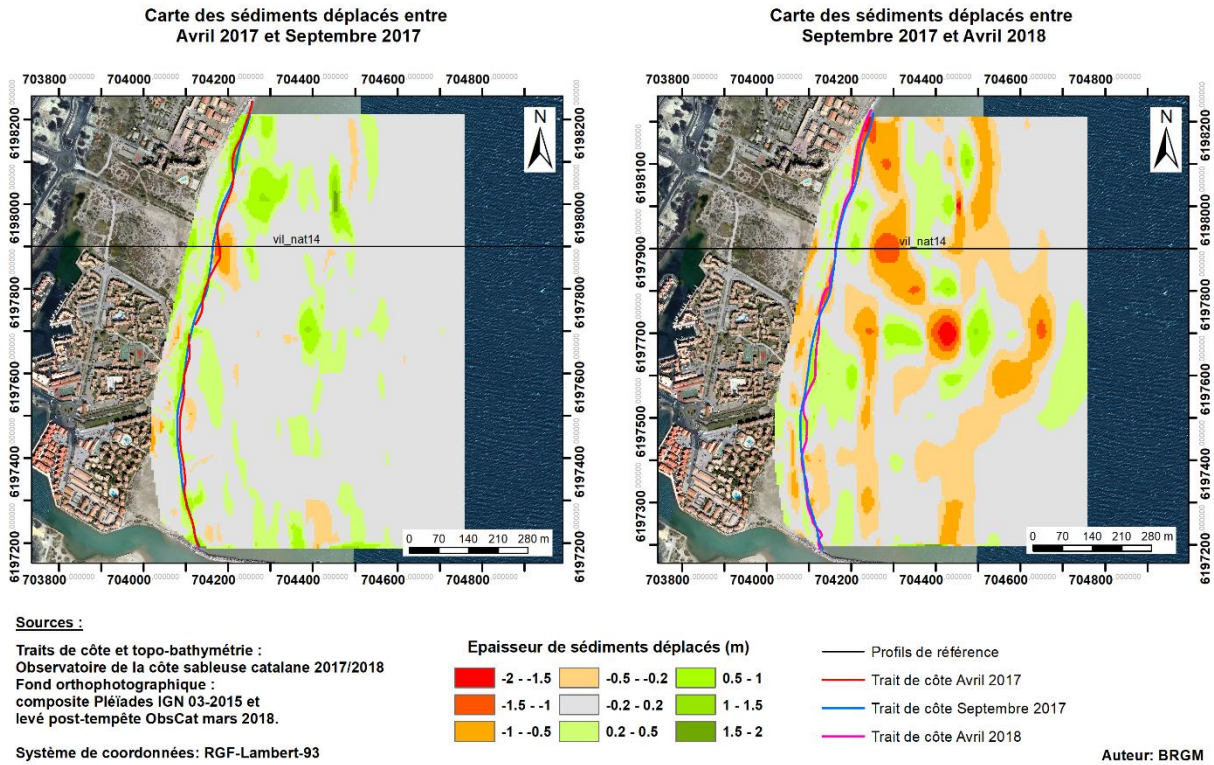


Illustration 61 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur du Village naturistes, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).

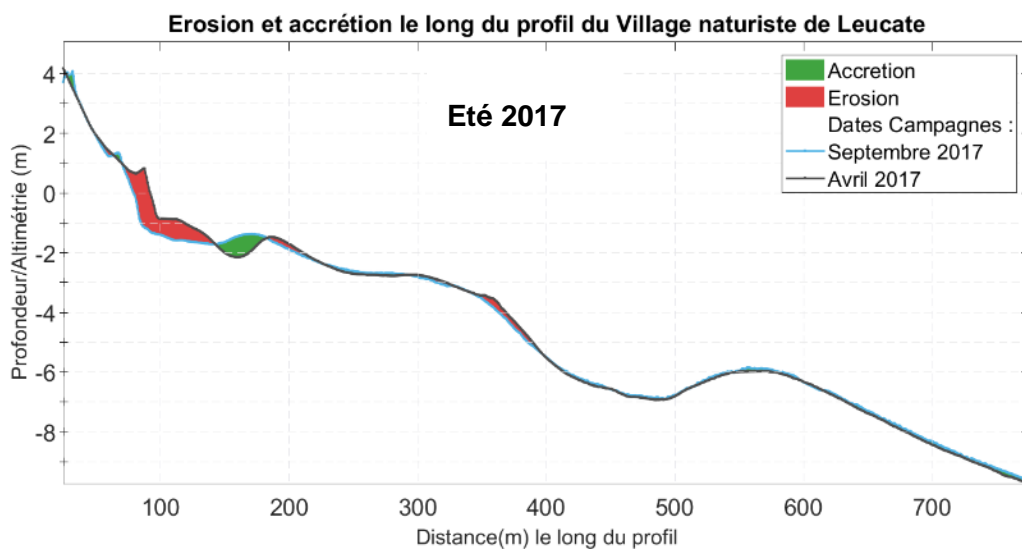


Illustration 62 - Profil de référence vil_nat14, évolutions pour la période estivale avril à septembre 2017.

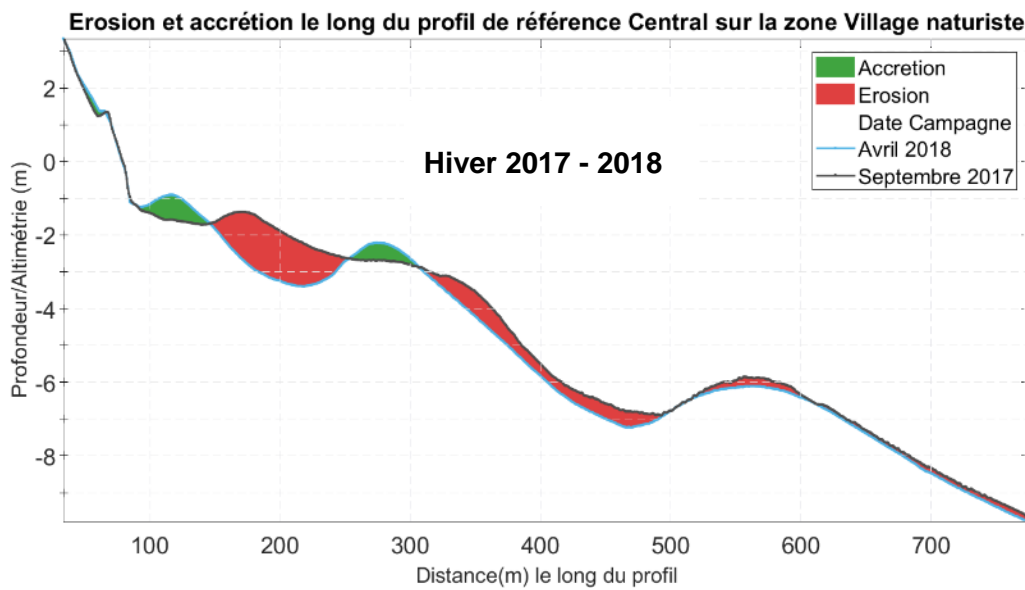


Illustration 63 - Profil de référence vil_nat14, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Sur l'ensemble de la période d'observation, de septembre 2015 à avril 2018, le bilan sédimentaire cumulé global est nettement négatif (-50 922 m³) (Illustration 64). Il faut probablement y voir les effets cumulés des tempêtes hivernales de l'hiver 2016/2017 et de la tempête du 1^{er} mars 2018. A noter que l'été 2017 a été particulièrement bénéfique en termes de bilan sédimentaire rattrapant en grande partie l'érosion enregistrée lors de l'hiver précédent. Sur la partie immergée, le dernier hiver a cependant à nouveau entraîné un départ important de sédiments, ramenant le bilan au niveau de l'hiver 2016/2017. La partie émergée a, en revanche, moins subi les effets et conserve une partie des sédiments accumulés lors de l'été 2017.

Au final, ce bilan reste à surveiller car la tendance érosive observée depuis septembre 2015, semble toujours être présente.

Sur le plan de l'évolution interannuelle du trait de côte, on notera dans la moitié nord en sortie d'hiver 2017/2018, un recul par rapport à la sortie d'hiver 2016/2017 (Illustration 65), et une légère progression dans la moitié sud. Toutefois depuis le démarrage des relevés de l'ObsCat, la position la plus reculée du trait de côte reste pour le moment celle observée en septembre 2015.

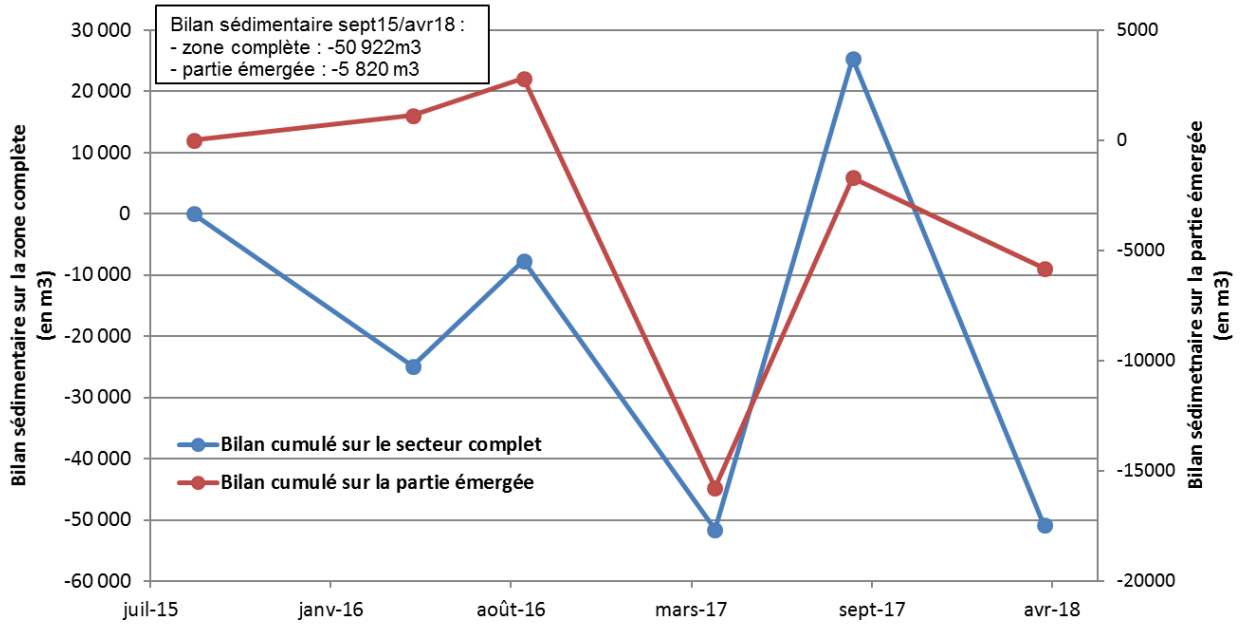
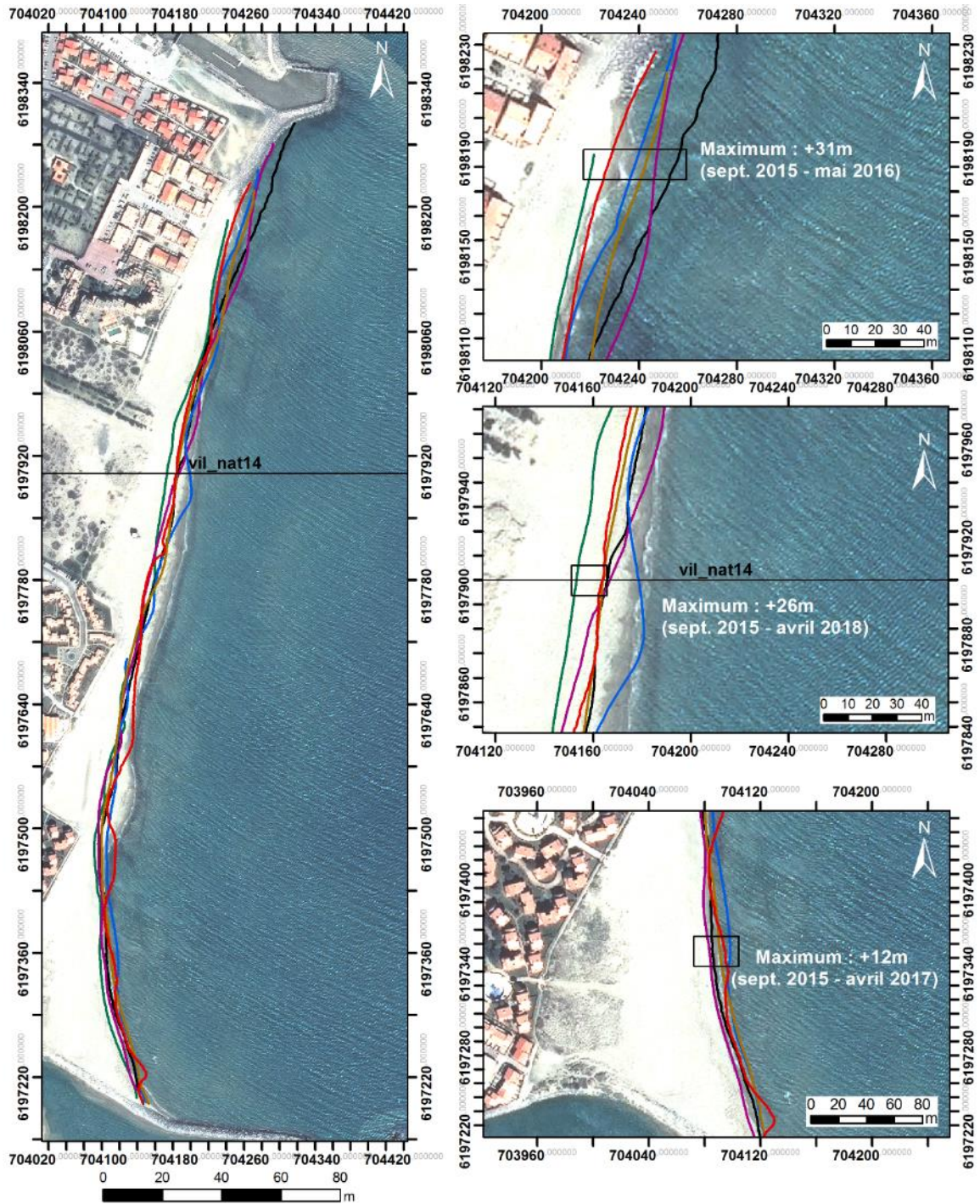


Illustration 64 - Bilans sédimentaires cumulés (zone complète et zone émergée) entre septembre 2015 et avril 2018 pour le secteur du Village naturistes de Leucate.



Traits de côte :

- Avril 2018
- Septembre 2017
- Avril 2017
- Septembre 2016
- Mai 2016
- Septembre 2015
- Profils de référence

Source:
 campagne OBSCAT
 oct13/avr14/sep14/avr15/sep15/mai16/
 sep16/avr17
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Illustration 65 - Carte des traits de côte entre septembre 2015 et avril 2018 pour le secteur du Village naturistes de Leucate.

5.4. 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.

La majeure partie du littoral de cette cellule est urbanisée (Illustration 66), 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.

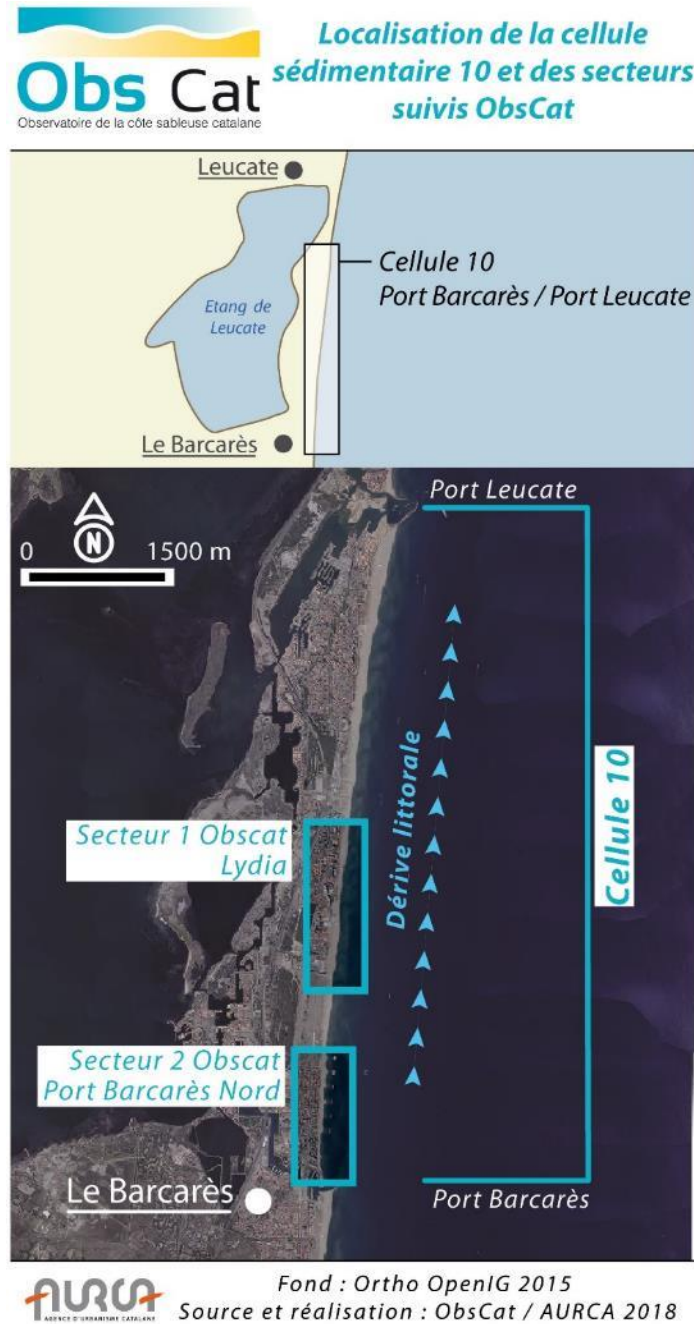


Illustration 66 - Localisation de la cellule hydro-sédimentaire 10 et des secteurs Lydia et Port-Barcarès Nord.

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 et Université de Perpignan, 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 (Raynal *et al.*, 2015).

Le cordon littoral de Port-Barcarès est caractérisé par une succession d'épis de plage et de brise-lames (3 brise-lames construits en 1994, puis 3 de plus en 2014) comme mode de gestion de l'érosion de la zone urbanisée au nord du port. En parallèle de ces aménagements, des rechargements sont effectués sur la cellule depuis 2004 par PMM, 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.

5.4.1. Le Lydia

Le secteur du Lydia s'étend des Portes du Roussillon au sud, jusqu'à la résidence les Marines au nord, soit 1,5 km de linéaire étudié (Illustration 67). Sa partie nord, longée par une promenade est fortement urbanisée. Il subsiste cependant des dunes reliques en voie de réhabilitation grâce à des travaux de restauration dunaire (piégeage sableux et mise en défens par PMM en 2014) .



Illustration 67 - Secteur Lydia, profils de référence et prises de vues.

La plage émergée présente une forte pente même si cette caractéristique est moins visible dans le sud du secteur avec une largeur comprise entre 10 m et 50 m (Illustration 68).

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 68 - Prise de vue vers le Sud, au niveau du Lydia (profil de référence LydiaC), le 26/03/2018.

Evolution altimétrique de l'environnement dunaire du Lydia.

Le secteur dunaire du Lydia a bénéficié de deux campagnes spécifiques de levés photogrammétriques en avril 2016 et avril 2018, ainsi que du levé post-tempête du 6 mars 2018, tous trois réalisés par Ecoceanodrone. La comparaison des levés réguliers d'avril 2016 et 2018 a permis de mettre en évidence un secteur dunaire globalement en accréation (Illustration 69).

Sur la partie nord du secteur dunaire (profil nord et profil central), le pied de dune est en avancée d'environ 8 m (profil central) et s'élève de 0,5 à 1 m. La crête dunaire s'est également élevée de manière notable (environ 30 cm). La dune grise est globalement assez stable (+/- 0,25 m au maximum). A noter cependant au niveau du profil nord que celle-ci est en légère érosion (-0,25 m).

Sur la partie sud incluant le Lydia proprement dit, la progression et l'engraissement du pied de dune et de la crête dunaire est en revanche moins homogène. On note en particulier, la présence de deux portions où une érosion notable de ceux-ci est observée. Ces deux portions sont situées de part et d'autre de la place du Lydia. Cette érosion peut atteindre jusqu'à -1,75 m. Ces zones sont les plus vulnérables de tout le secteur du Lydia car la plage y est étroite et la dune par conséquent, plus sujette aux impacts directs des vagues pendant les tempêtes.

Au final, avec cependant 2 points sensibles en érosion notable (Illustration 69) , le secteur est dans sa globalité en phase d'accrétion, malgré deux hivers consécutifs marqués par des tempêtes importantes. Cette accrétion se traduit par une avancée et une élévation modérée du front dunaire sur la quasi-totalité du secteur et par un adoucissement des pentes du haut de plage. Les travaux de mise en défens du cordon notamment sur la partie nord semblent donc bien fonctionner.

La tempête de début mars 2018 a très vraisemblablement joué un rôle important dans cette évolution du front et de la crête dunaire. On l'a vu précédemment, elle a eu pour effet en de nombreux endroits du littoral de l'ObsCat d'apporter une quantité de sédiment importante occasionnant de nombreux recouvrements dunaires. La poursuite du suivi permettra sans doute de savoir si cette progression est liée simplement à cet événement ponctuel, ou bien si elle illustre à une tendance à plus long-terme. .

Evolution altimétrique de l'environnement dunaire du Lydia

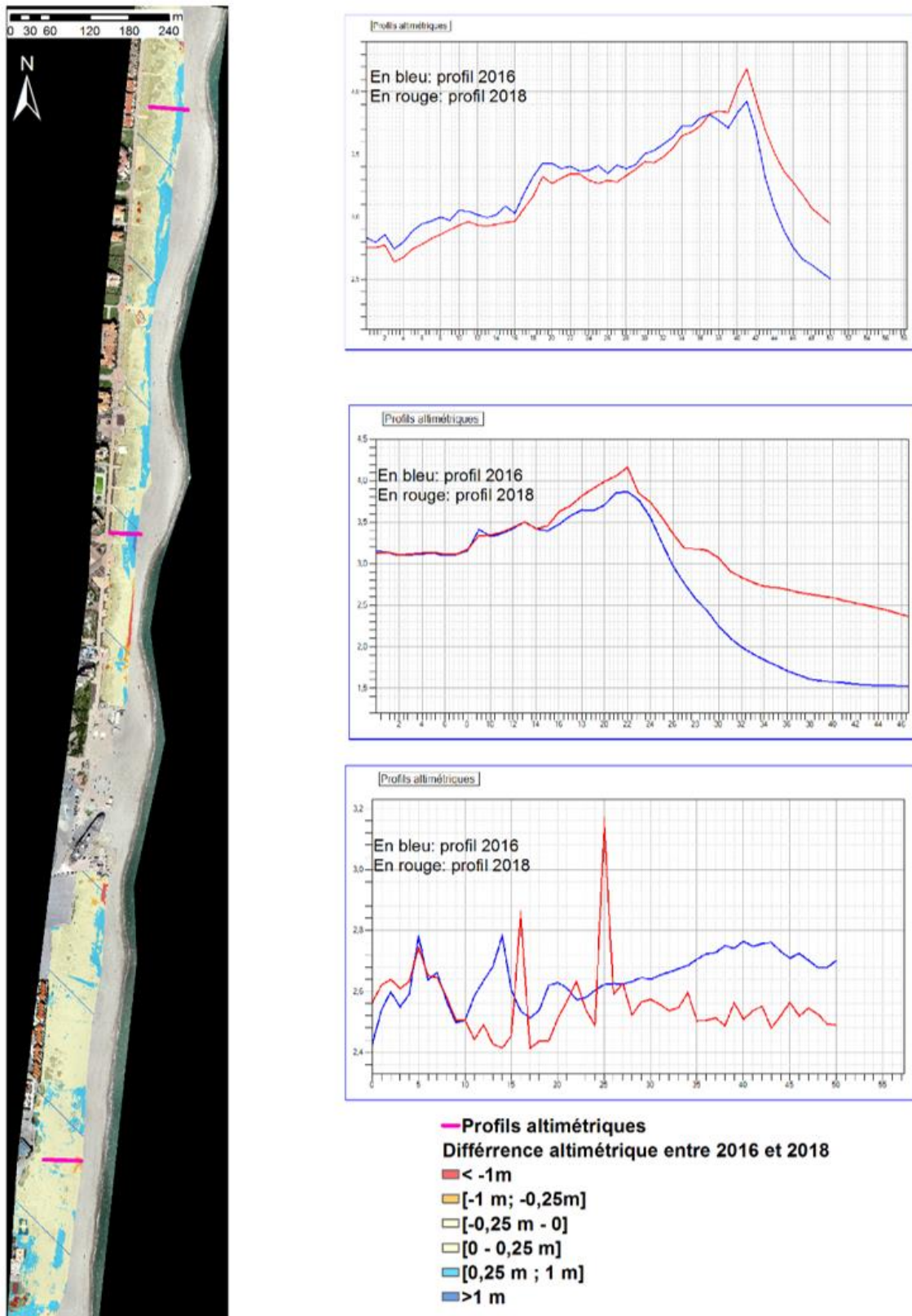


Illustration 69 - Comparaison des altimétries 2016, 2018 et évolutions morphologiques du cordon dunaire du Lydia. Orthophotographie autogire Ecoceanodrone ObsCat 2018.

Evolution saisonnière du trait de côte

Globalement sur ce secteur, la position du trait de côte alterne entre phase de recul et de progression autour d'une position d'équilibre (De la Torre *et al.*, 2014). La géométrie du trait de côté y est très fortement festonnée. L'analyse des données fournies par les suivis de l'ObsCat, a montré que cette morphologie (alternance de crêtes et de baies) est en lien avec la position de la barre sableuse externe.

L'analyse de l'évolution du trait de côte lors de l'hiver 2017/2018 confirme à nouveau cette morphologie et ce comportement (Illustration 70). D'une manière générale, les reculs sont plus importants que les avancées en termes de surface de plage perdue/surface gagnée et concernent un linéaire plus important. Les avancées se font en revanche sur une distance plus grande dans la moitié nord du secteur (+31 m). Le recul le plus fort est relevé au nord du secteur, au niveau de la résidence Soleil levant II (zoom en haut à droite) avec -21 m. Il s'agit de la position observée du trait de côte la plus reculée depuis le début des suivis de l'ObsCat (2013).

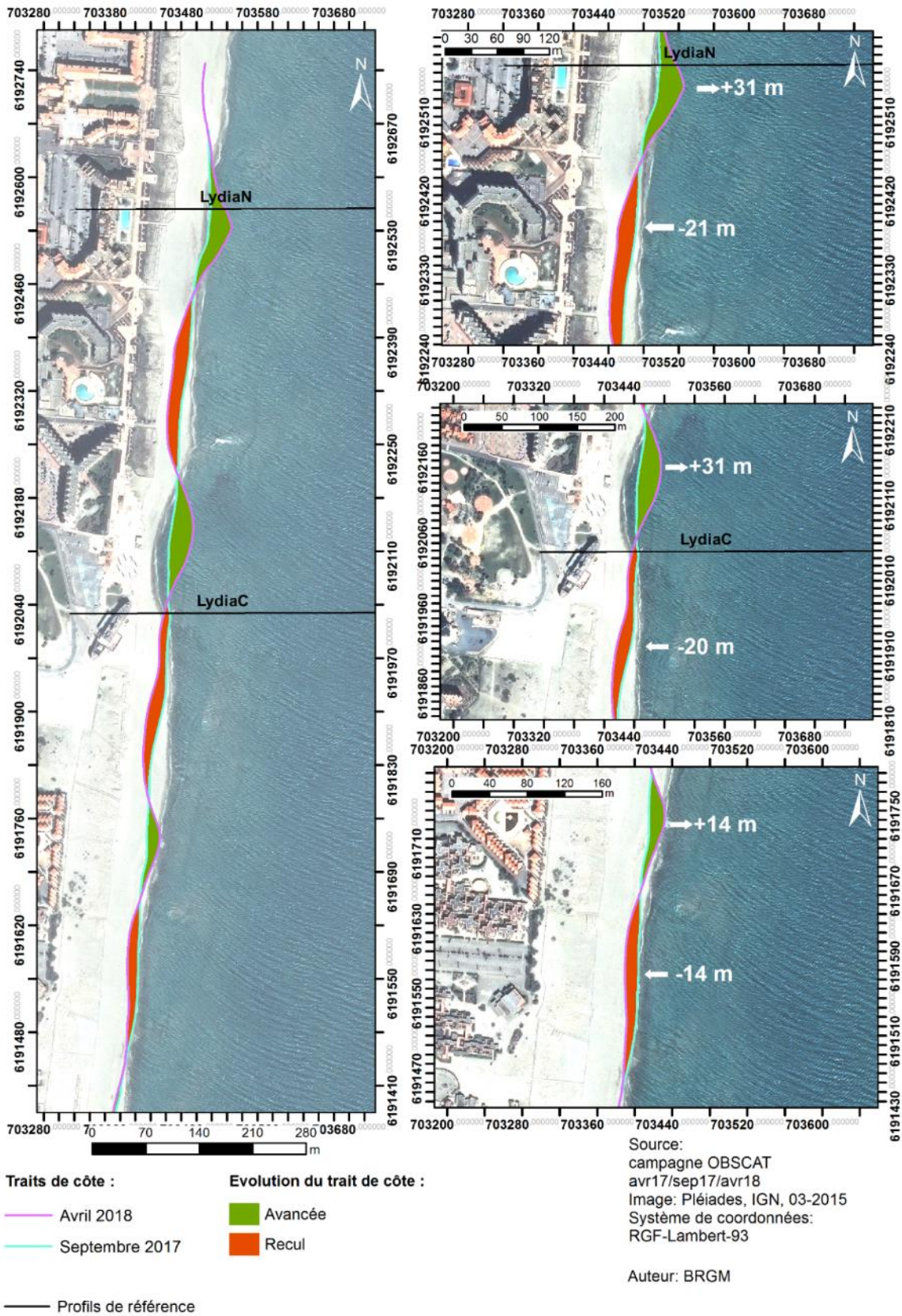


Illustration 70 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur du Lydia.

Déplacements sédimentaires saisonniers et annuels

L'analyse des données des années précédentes, a montré que la dynamique sédimentaire annuelle et saisonnière est très importante et complexe en lien avec la mobilité des barres d'avant côte. La barre externe, d'une longueur d'onde d'environ 400 m forme des croissants dont la position peut varier avec le temps. La barre interne est bien plus dynamique, elle constitue généralement la principale source des déplacements sédimentaires sur les secteurs mais elle est également source de variations de stock sédimentaire en raison de ses échanges avec la plage émergée ou immergée.

Pour la saison estivale 2017 (avril à septembre), le bilan sédimentaire est positif sur la zone immergée (+86 358 m³) et sur la zone émergée (+12 690 m³) avec un total sur la zone complète de +99 048 m³ (Illustration 71). Ce bilan estival représente en moyenne sur l'ensemble de la zone un gain de 7 cm en épaisseur de sable (zone immergée +7 cm ; zone émergée +17 cm).

Pour la saison hivernale, entre septembre 2017 et avril 2018, le bilan sédimentaire est en revanche négatif sur la zone immergée (-79 712 m³) et sur la zone émergée (-3 840 m³) avec un total sur la zone complète de -83 551 m³ (Illustration 71). Ce bilan hivernal représente en moyenne sur la totalité de la zone une diminution de 6 cm d'épaisseur de sable (zone immergée -6 cm ; zone émergée -5 cm).

Lydia - Eté avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-71 016	170 064	99 048	1 320 800	7	3 428
Zone immergée	-67 602	153 960	86 358	1 245 000	7	2 006
Zone émergée	-3 413	16 103	12 690	75 800	17	1 422
Lydia - Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Lydia	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-253 686	170 135	-83 551	1 412 025	-6	470
Zone immergée	-241 727	162 015	-79 712	1 333 225	-6	237
Zone émergée	-11 960	8 120	-3 840	78 800	-5	233

Illustration 71 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur du Lydia.

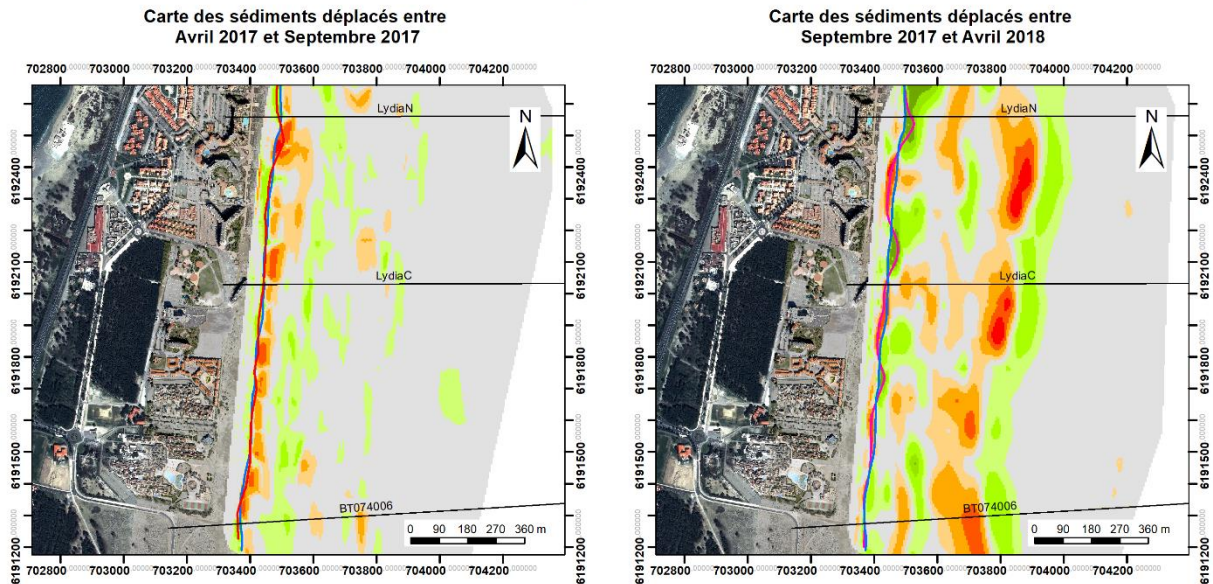
L'analyse associée des cartes saisonnières des déplacements sédimentaires (Illustration 72) et des profils de référence (Illustration 73, Illustration 74, Illustration 75, Illustration 76, Illustration 77 et Illustration 78) permet de visualiser quels sont les dynamiques à l'origine de ces évolutions.

Lors de la période estivale 2017, les déplacements sur la zone immergée sont relativement peu importants en épaisseur mais sont répartis de manière assez uniforme du Nord au Sud et

principalement localisés entre 0 et 4,5 m de profondeur (barre interne et fosse externe) (Illustration 72). Sur la plage émergée, on note une accrétion assez importante en lien avec l'accolement de la barre interne sur le trait de côte venant alimenter la berme de bas de plage, phénomène qui explique la formation de crêtes dans la morphologie du trait de côte (profil de référence Nord (Illustration 73) et profil de référence Sud (Illustration 75).

Lors de la période hivernale 2017/2018, les mouvements concernent non seulement la barre interne et la fosse inter-barre mais également la barre externe qui est assez fortement mobilisée (Illustration 72). Celle-ci enregistre un déplacement vers l'est (vers le large) sur l'ensemble du secteur. Cette migration vers le large est visible sur les 3 profils de référence (Illustration 76, Illustration 77 et Illustration 78). Ce phénomène avait été également bien mis en évidence lors de l'hiver 2016/2017. Il explique en grande partie les plus gros volumes déplacés sur la zone immergée lors des hivers énergétiques.

Lydia



Sources :

Traits de côte et topo-bathymétrie :
Observatoire de la côte sableuse catalane 2017/2018
Fond orthophotographique :
composite Pléiades IGN 03-2015 et
levé post-tempête ObsCat mars 2018.

Système de coordonnées: RGF-Lambert-93

Epaisseur de sédiments déplacés (m)

-2 - -1.5	-0.5 - -0.2	0.5 - 1
-1.5 - -1	-0.2 - 0.2	1 - 1.5
-1 - -0.5	0.2 - 0.5	1.5 - 2

— Profils de référence

- Trait de côte Avril 2017
- Trait de côte Septembre 2017
- Trait de côte Avril 2018

Auteur: BRGM

Illustration 72 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur du Lydia, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).

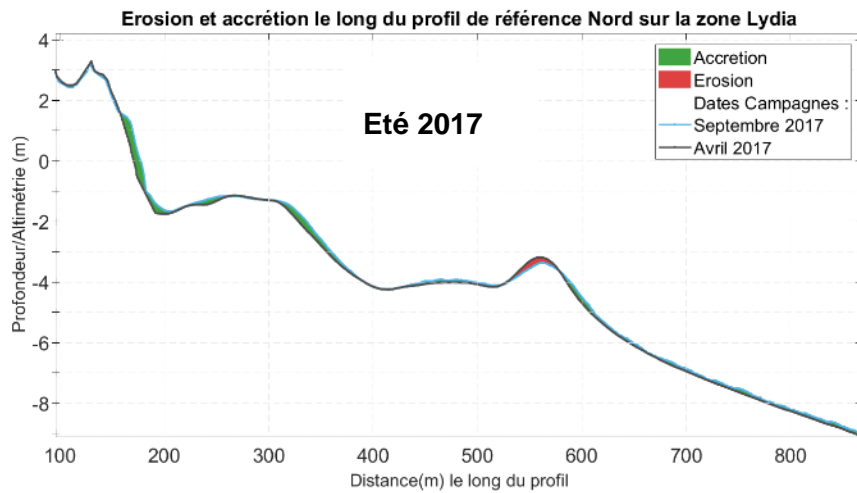


Illustration 73 - Profil de référence LydiaN, évolutions pour la période estivale avril à septembre 2017.

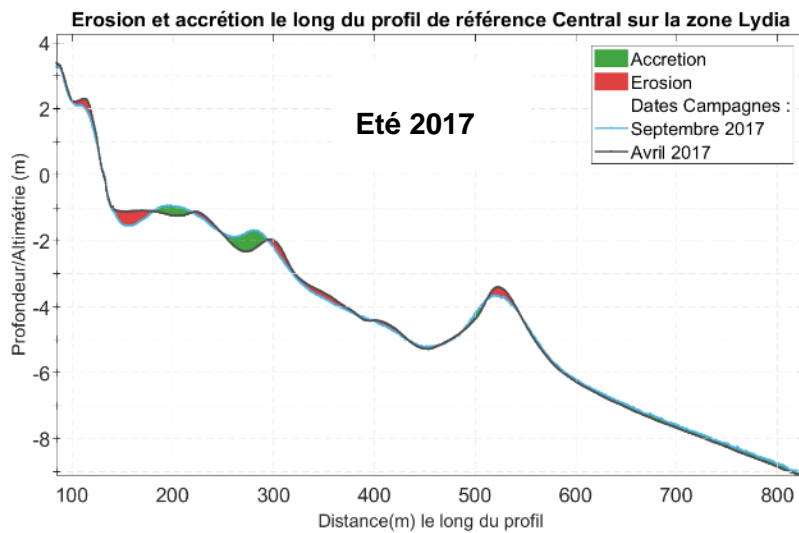


Illustration 74 - Profil de référence LydiaC, évolutions pour la période estivale avril à septembre 2017.

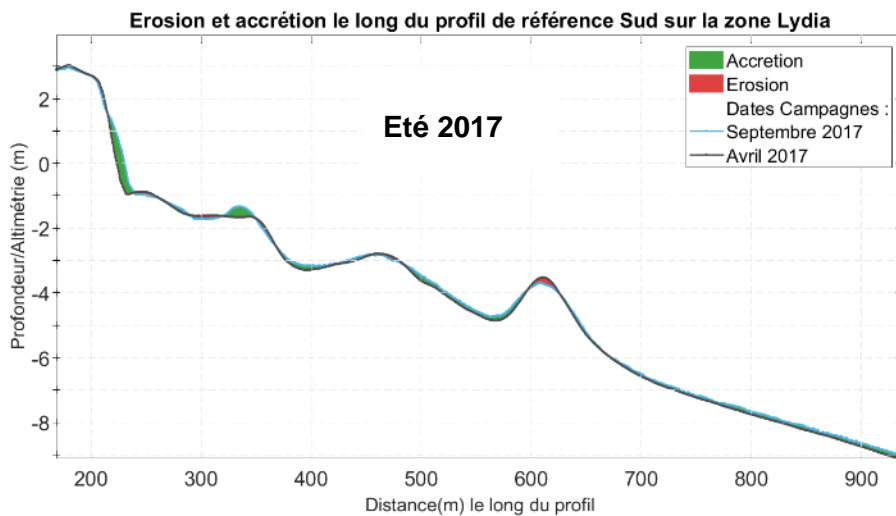


Illustration 75 - Profil de référence Sud BT074006, évolutions pour la période estivale avril à septembre 2017.

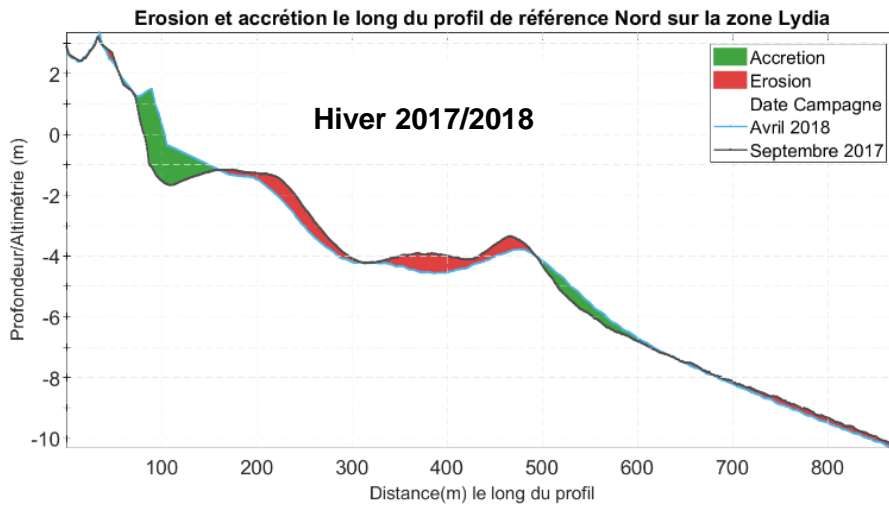


Illustration 76 - Profil de référence LydiaN, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.

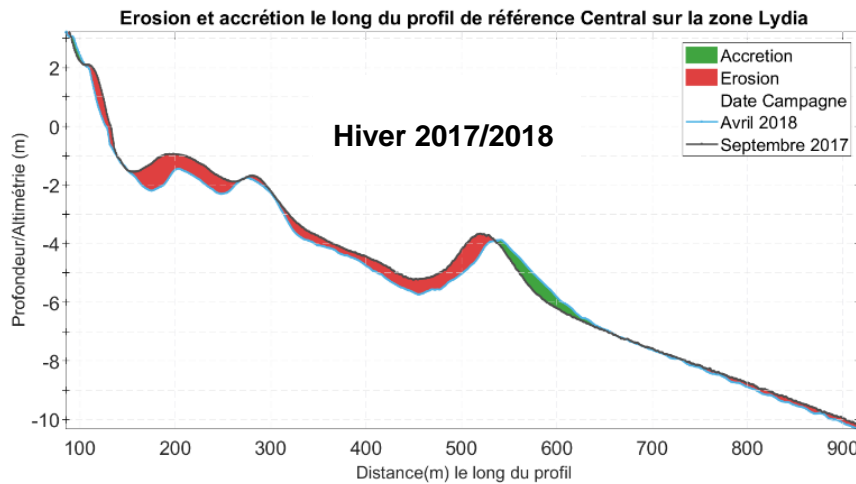


Illustration 77 - Profil de référence LydiaC, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.

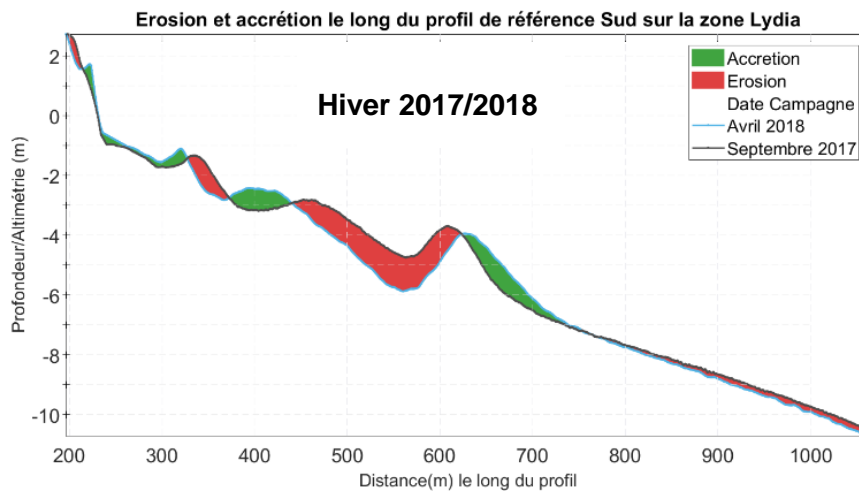


Illustration 78 - Profil de référence Sud BT074006, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Sur la période octobre 2013 - avril 2018, le bilan sédimentaire est positif (+335 130 m³ pour la zone complète et +45 300 m³ pour la zone émergée, Illustration 79). L'hiver 2017/2018 est le premier hiver durant lequel la plage émergée enregistre une diminution de volume sédimentaire.

L'année 5 du suivi ObsCat est assez atypique car c'est la première fois depuis le démarrage des suivis que la plage émergée du secteur enregistre une augmentation du volume sédimentaire en été et une diminution en hiver. On observait jusqu'à présent une situation inverse. On est plutôt dans une situation normale par rapport aux évolutions attendues classiquement sur les littoraux sableux pendant les étés et pendant les hivers. La plage émergée reste au final en légère progression interannuelle en termes de bilan sédimentaire malgré cette érosion lors de l'hiver 2017/2018.

La zone complète, se maintient en progression modérée également (quelques dizaines de milliers de m³) malgré une forte accrétion lors de l'été 2017.

Au global l'hiver 2017/2018 aura été assez fortement impactant par rapport aux accumulations de l'été 2017, mais sans conséquence majeure pour le bilan global du secteur.

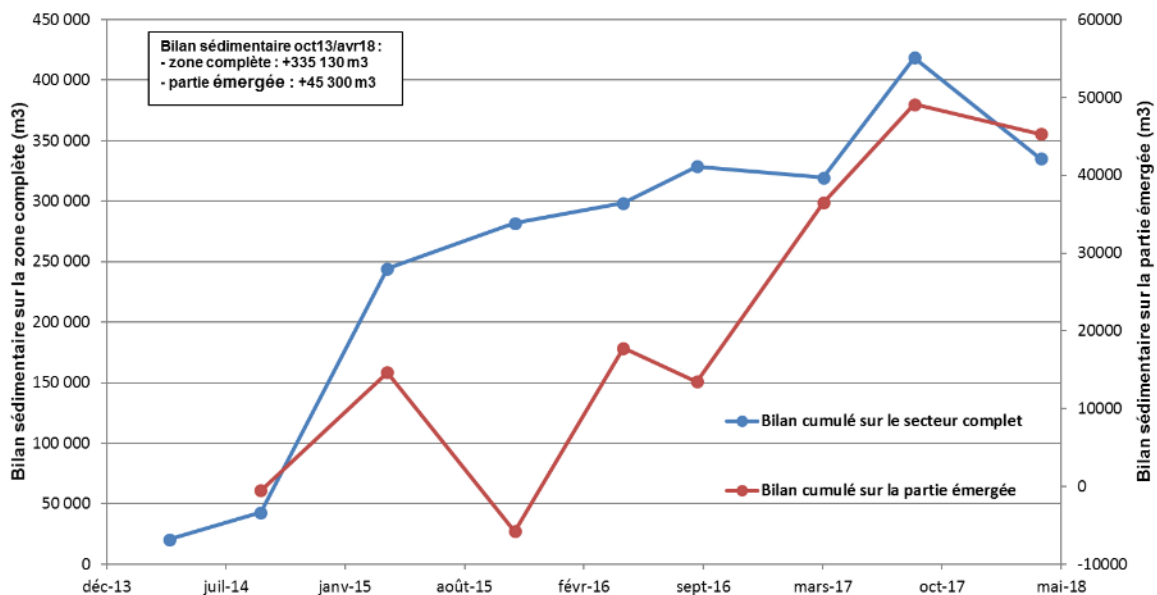


Illustration 79 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur du Lydia.

La dynamique naturelle opérant sur le secteur du Lydia entraîne de fortes variations dans la position du trait de côte entre octobre 2013 et avril 2018 (Illustration 80). Le secteur nord était caractérisé par deux phases de recul, en 2014 et 2015. La situation en avril 2018 dans ce même secteur est en revanche la plus avancée depuis 2014, soit une progression de +37 m.

Dans le secteur central, au droit du profil central LydiaC, le trait de côte est en avancée de près de 24 m entre septembre 2014 et septembre 2017. La position du trait de côte en avril 2018 reste entre ces 2 situations extrêmes. A noter qu'au niveau de la résidence Soleil levant II, entre les profils de référence nord et central, le trait de côte en avril 2018 a atteint sa position la plus reculée depuis le début des relevés de l'ObsCat.

Les sources d'avancée et de recul du trait de côte sur le long terme sont ici principalement la position des cornes de barres externes, qui créent des avancées dans la position du trait de côte. Leur migration vers le nord, caractéristique sur ce site (mise en évidence lors des années de suivis précédentes), entraîne des variations de l'ordre d'une dizaine de mètres, voire plus comme au nord et au centre du secteur (jusqu'à une trentaine de mètres, Illustration 70). A plus court terme, c'est la position des barres internes et leurs échanges ou non avec la plage qui influence la dynamique du trait de côte.

Les évolutions lors de chaque hiver, semblent assez dépendantes de la morphologie des petits fonds à l'issue de la saison estivale. En effet, en fin d'été, les barres internes sont généralement dans de faibles profondeurs ce qui tend à favoriser un accolement de celles-ci à la côte. Les houles n'affectent semble-t-il pas, ou peu, la position du trait de côte dont les avancées correspondent généralement à la position des cornes de la barre externe.

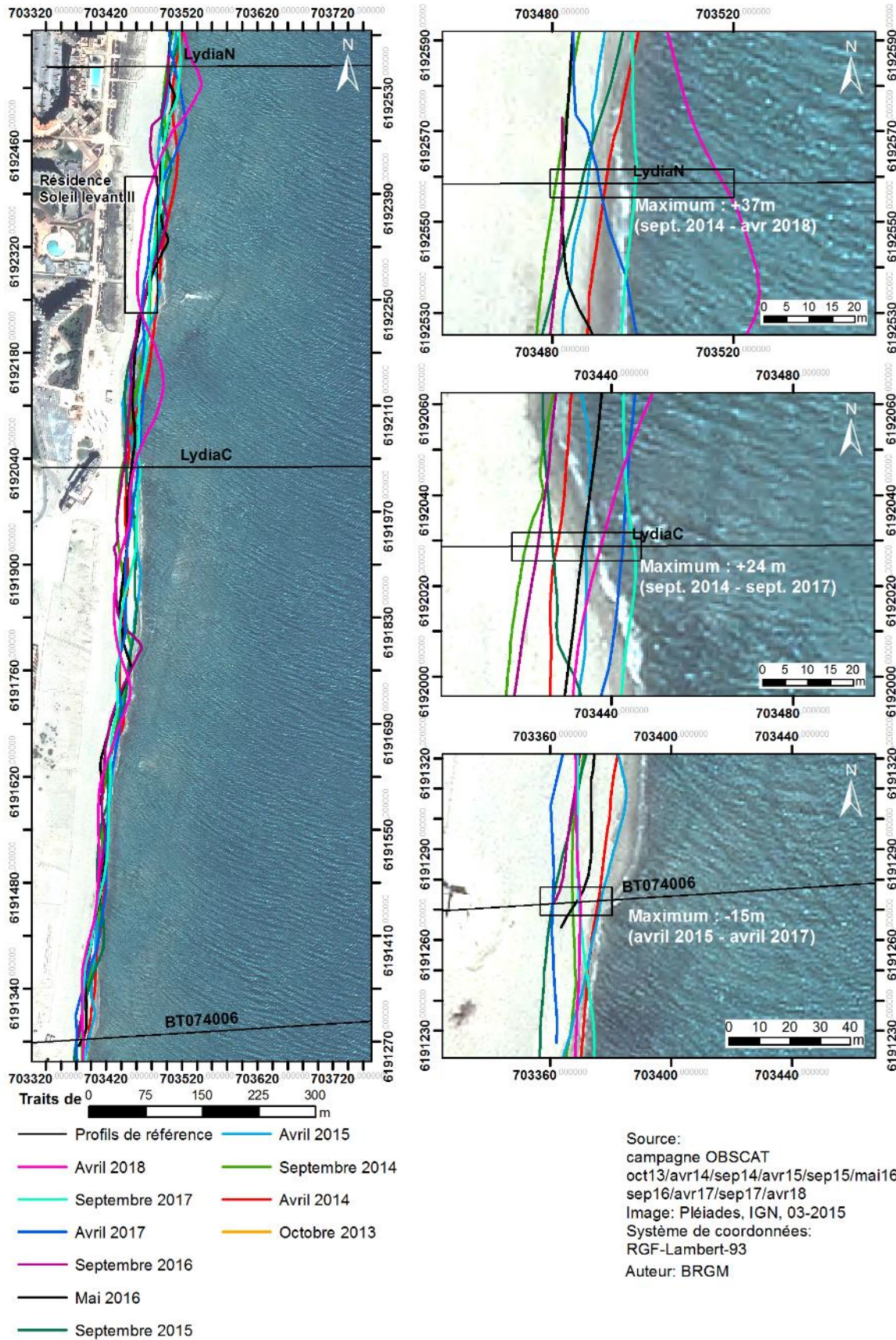


Illustration 80 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur du Lydia.

5.4.2. Mas de l'Isle

Suivi in-situ de la végétation dunaire

Le Mas de l'Isle fait l'objet d'un suivi du cordon dunaire tous les deux ans par photogrammétrie. Les données de septembre 2016 seront comparées à celles de septembre 2018 au sein du rapport de l'année 6 (2018-2019). Ces levés topographiques permettront de connaître l'évolution morphologique du cordon dunaire et de l'état de la végétation par photo-interprétation.

En complément, la dynamique végétale est également étudiée grâce aux levés *in-situ* réalisés par les gardes du littoral de PMM selon le protocole décrit dans la partie méthodologique de ce rapport (Illustration 81).

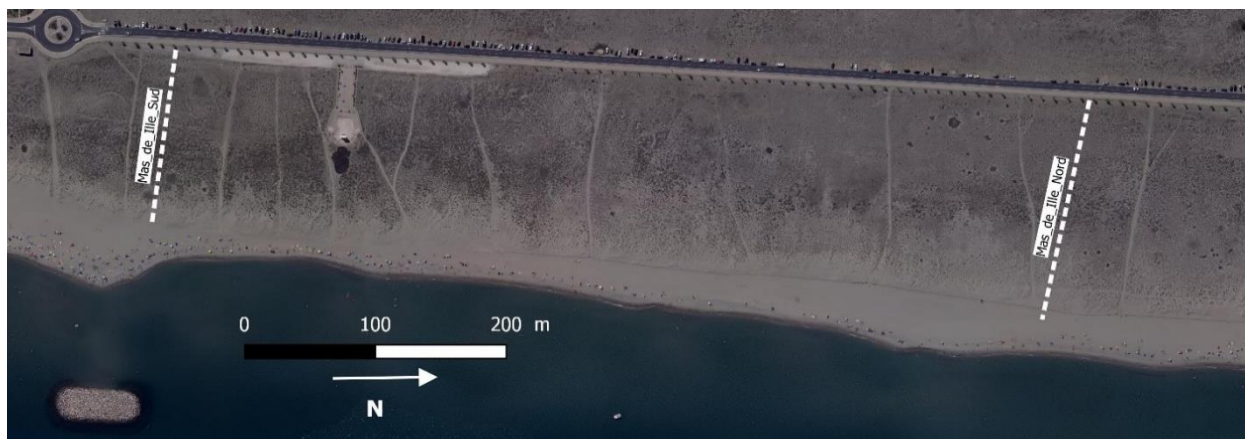


Illustration 81 - Localisation des transects du Mas de l'Isle

En attendant l'interprétation des données photogrammétriques acquises entre 2016 et 2018, il est possible de présenter quelques résultats sommaires de la dynamique des écosystèmes.

Le recouvrement végétal du transect Mas de l'Isle nord a tendance à se stabiliser autour de 40% tandis que le transect Mas de l'Isle sud voit son recouvrement végétal diminuer (62,8 % en 2016 et 41,9% en 2018) (Illustration 82). Cette tendance est concentrée sur les casiers les plus proches du haut de plage ou des entrées maritimes apportent du sable régulièrement empêchant la végétation de se fixer durablement. La dynamique reste néanmoins naturelle sur ce secteur.

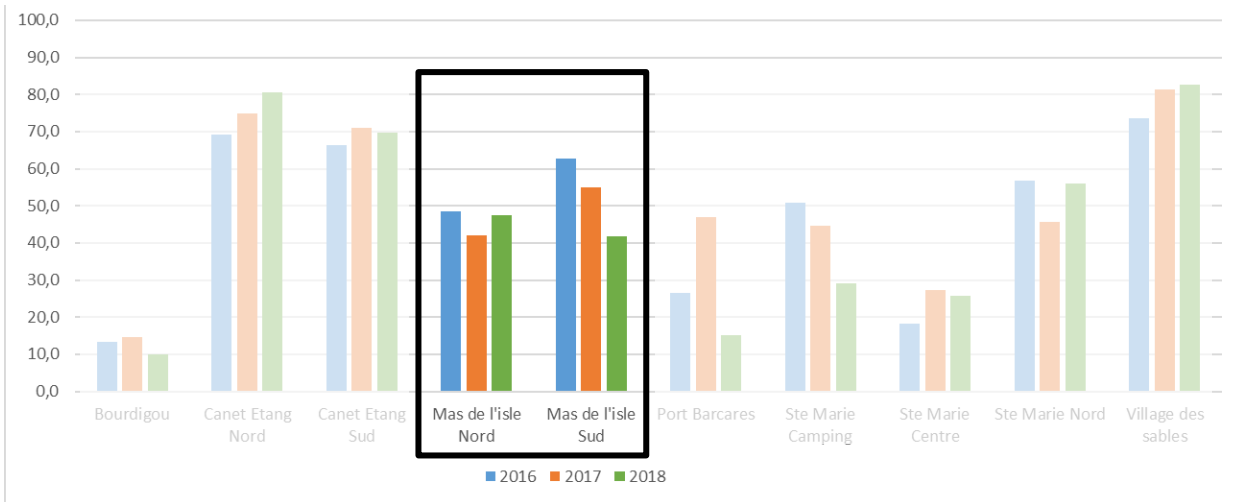


Illustration 82 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement sur les transects du Mas de l'Isle entre 2016 et 2018

Pour le nombre d'espèces c'est le transect nord qui s'améliore avec une moyenne de 7,7 espèces en 2018 avec plusieurs casiers contenant 10 espèces (Illustration 83 et Illustration 84).

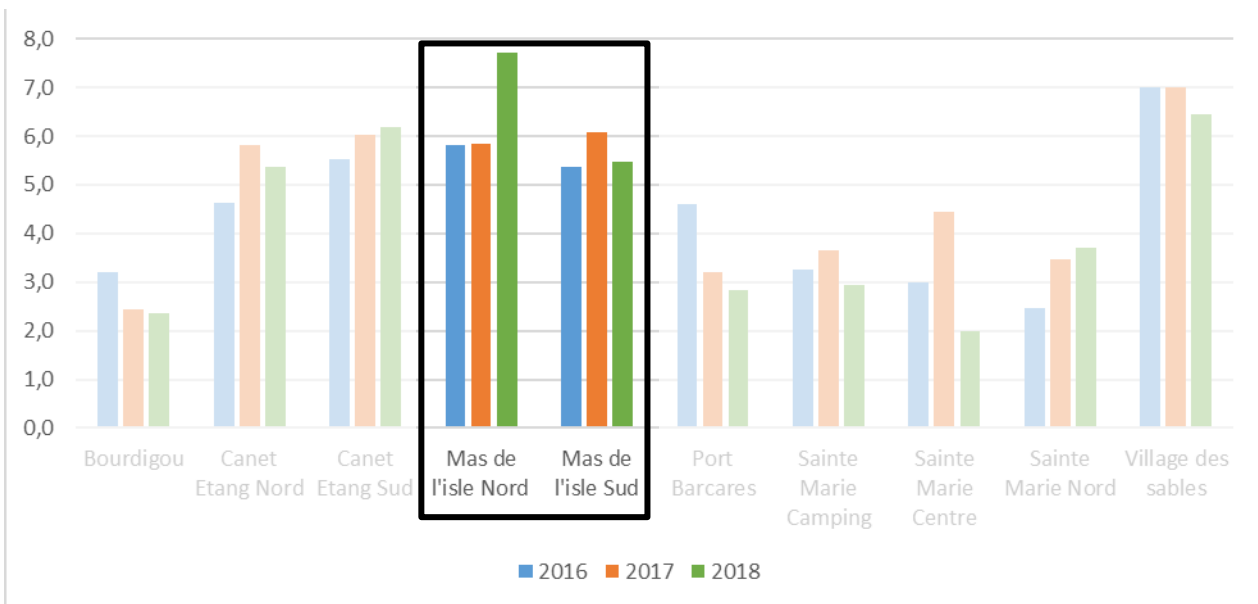


Illustration 83 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur les transects du Mas de l'Isle entre 2016 et 2018.

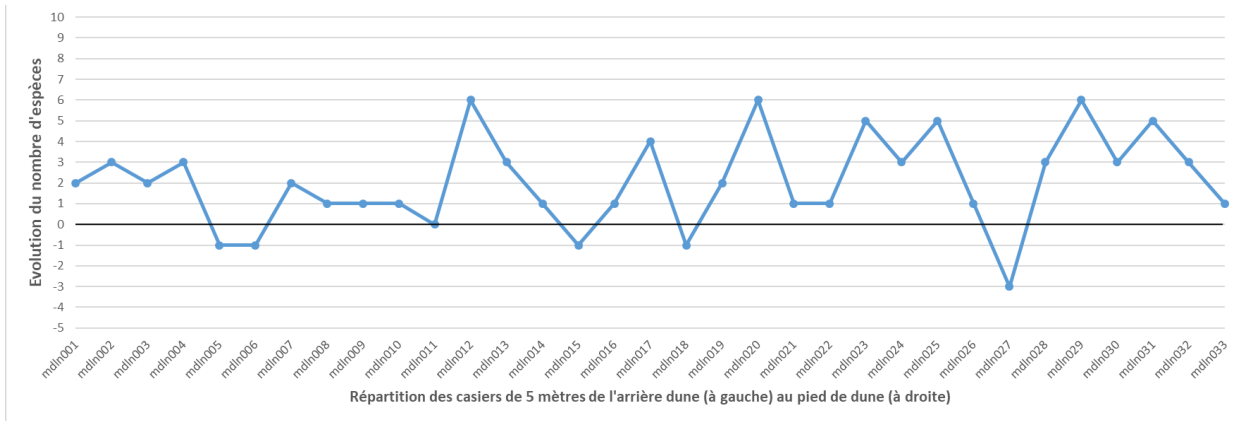


Illustration 84 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur les casiers du transect du Mas de l'Isle Nord entre 2017 et 2018.

Le nombre d'espèces reste sable en arrière dune et est plus variable et majoritairement en augmentation en dune semi-fixée.

Le transect sud, en revanche, est moins fourni et en légère régression en 2018, avec une moyenne de 5,5 espèces par casier. L'évolution est négative sur la quasi-totalité des casiers (Illustration 85).

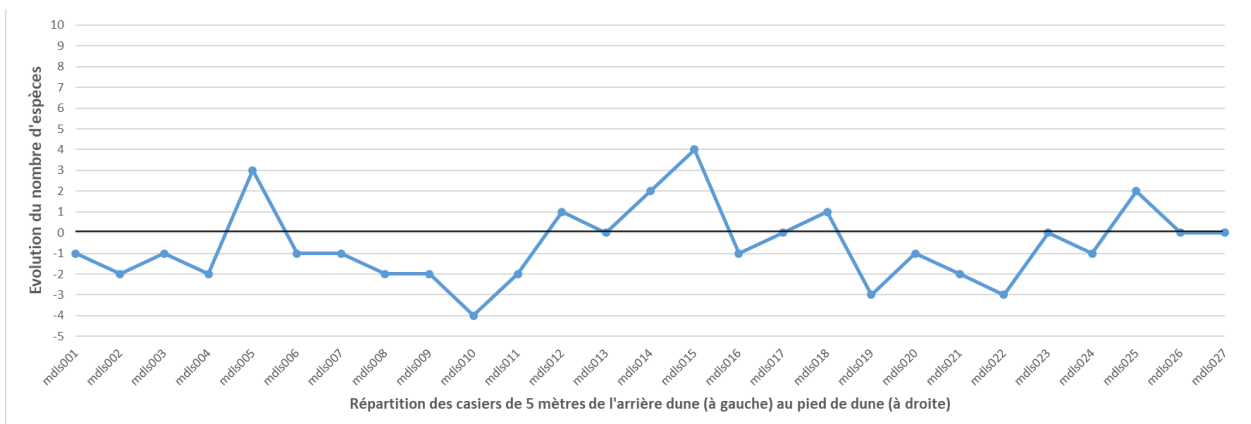


Illustration 85 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur les casiers du transect du Mas de l'Isle Sud entre 2017 et 2018.

Les espèces patrimoniales sont relativement peu présentes sur ces transects avec 52% des casiers concernés au nord et 33% au sud. Ces deux valeurs se situent en dessous de la moyenne globale de tous les transects malgré une situation en milieu peu artificialisé et une surface de cordon dunaire importante.

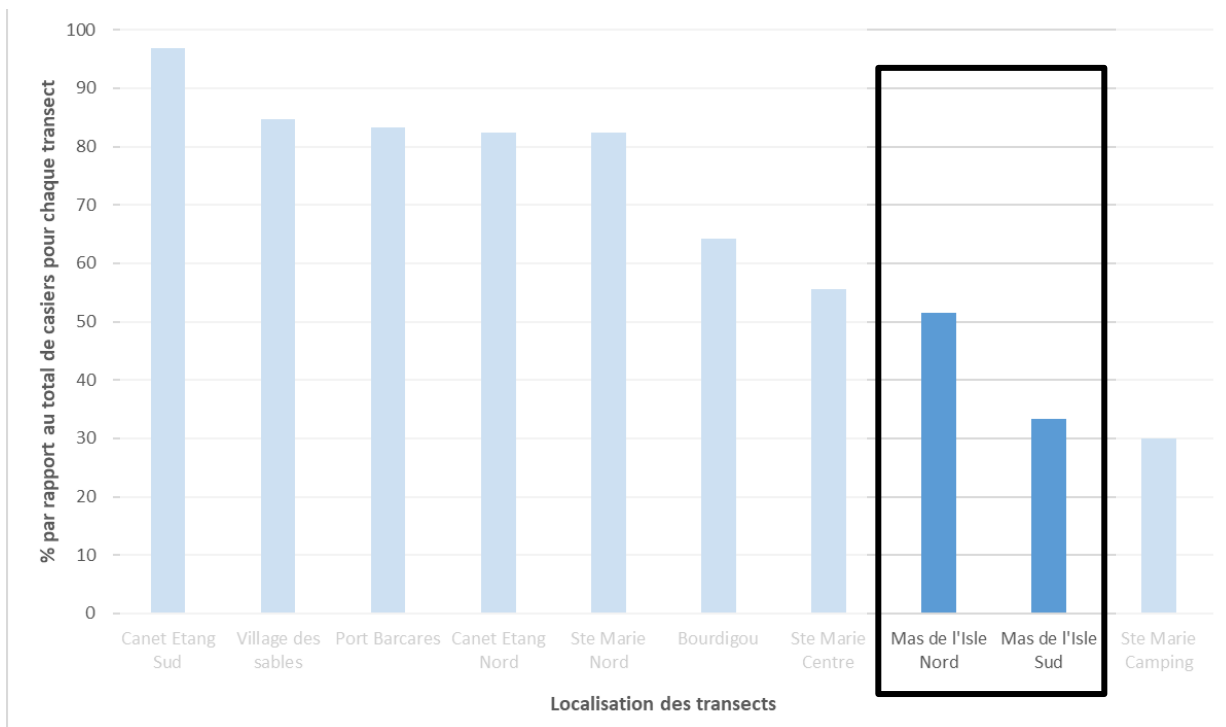


Illustration 86 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur les transects du Mas de l'Isle.

Les griffes de sorcière sont présentes sur ces transects mais de façon très minoritaire (2 casiers par transect).

La situation biologique de ce secteur pourtant peu artificialisé (terrain du conservatoire du littoral), pourrait être meilleure. Les indicateurs étudiés sont en effet moins bons que sur des milieux similaires comme Canet lido par exemple.

5.4.3. 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 (Illustration 87). Le secteur est fortement contraint 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 autres ont été ajoutés en 2014 (sur la partie nord du secteur), induisent un partitionnement de la cellule sédimentaire. Ces méthodes de défense « dures » sont complétées par des rechargements sédimentaires réguliers et une restauration du cordon dunaire (piégeages sableux et mise en défens par PMM).

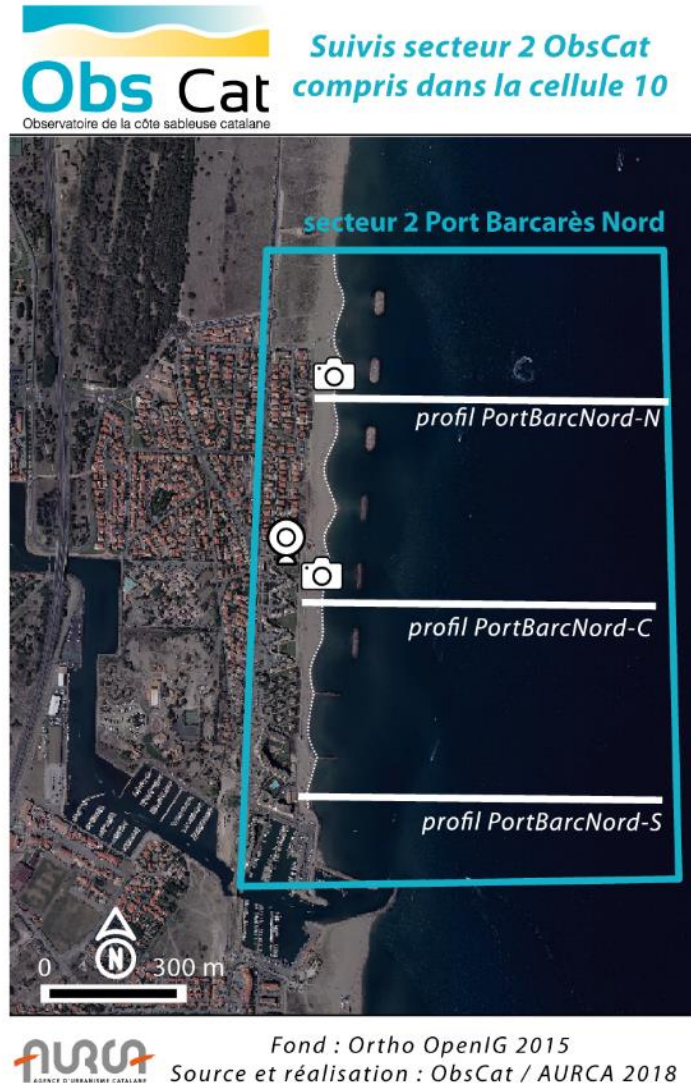


Illustration 87 - Secteur de Port Barcarès, profils de référence et prises de vue.

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 a un comportement similaire à celui observé derrière les brises lames (avancée en pointe générant progressivement un tombolo) (Illustration 88).

Dans la moitié sud du secteur, l'arrière-plage est longée par une promenade et des résidences de bord de mer (Illustration 89). Une dune relique est également présente mais en régression du

nord vers le sud (Illustration 90). On retrouve également des enrochements sur cette arrière-plage le long des résidences Miramars.



Illustration 88 - Morphologie de la plage, formation d'un tombolo, au droit du second épis au niveau des Miramars (prise de vue du 07/04/2017).

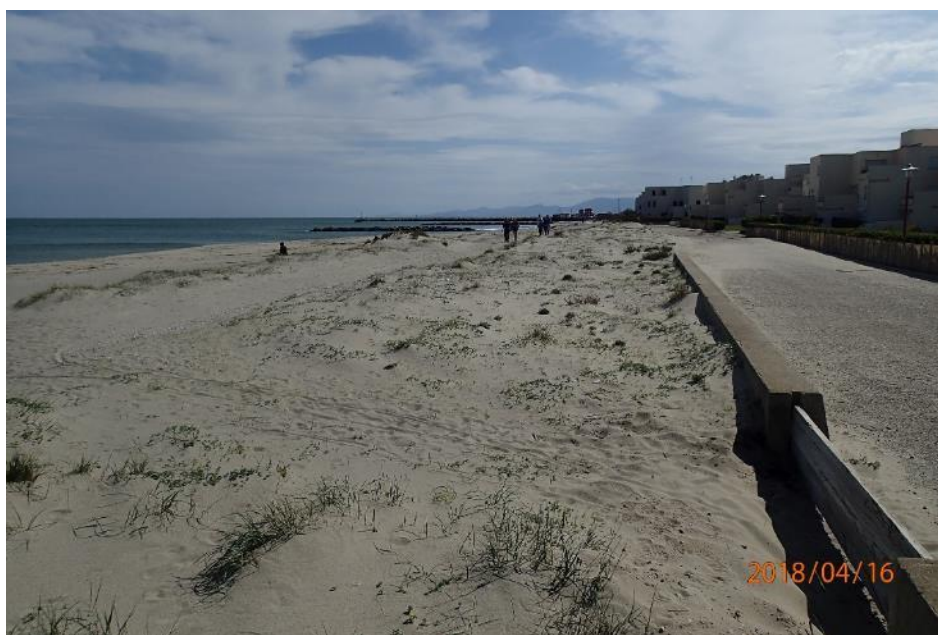


Illustration 89 - Baladoir et dune relique le long des résidences Miramars. Vue vers le sud prise le 16/04/2018 au niveau du profil de référence PortBarcNord-C.

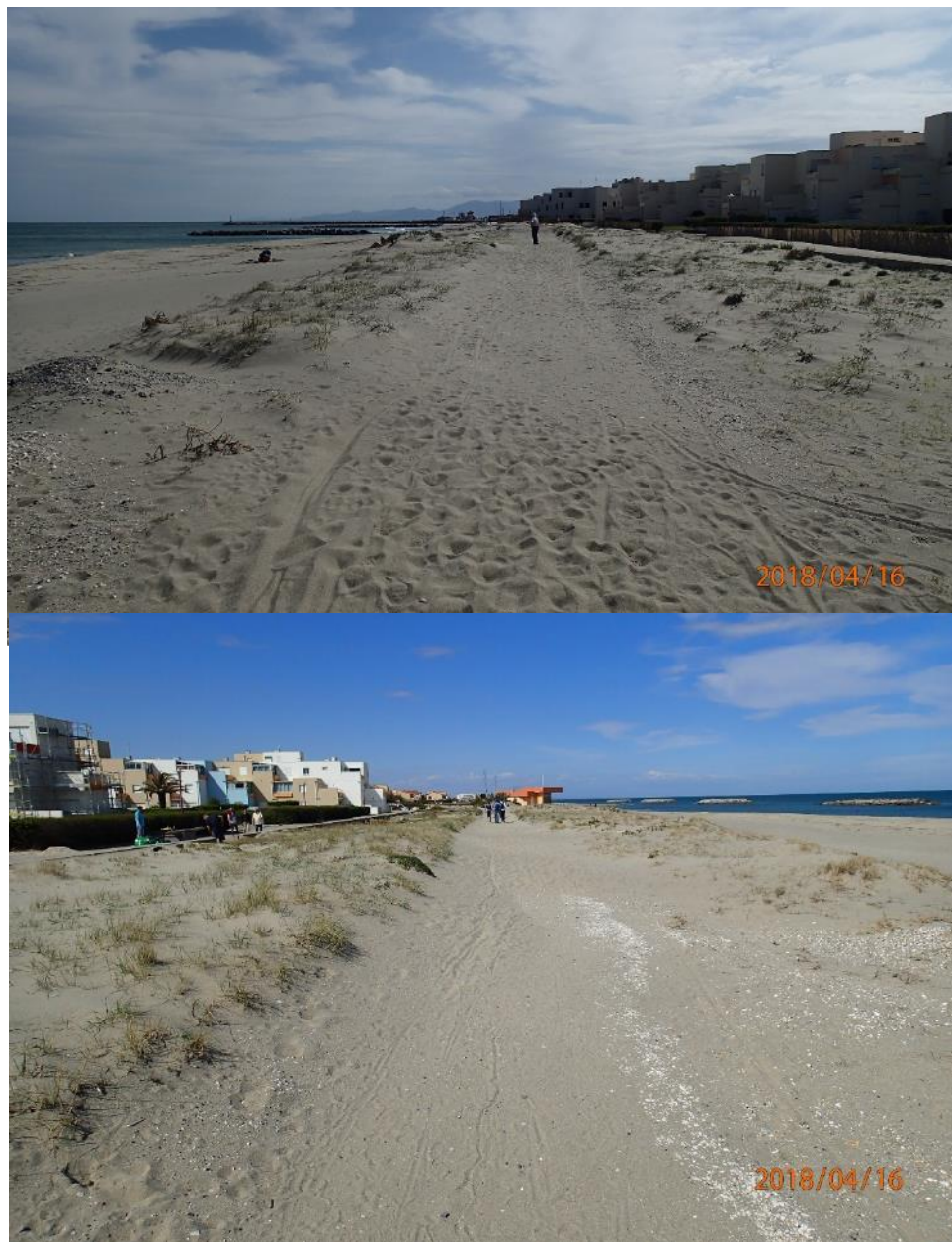


Illustration 90 - Dune relique le long des résidences Miramars en avant de la promenade de la mer. Vues prises le 16/04/2018 au niveau du profil de référence PortBarcNord-C (en haut vers le sud et en bas vers le nord).

Dans la moitié nord du secteur, on trouve directement en avant des habitations particulières une dune relique en cours de réhabilitation par l'implantation de casiers de ganivelles. Ceux-ci sont déjà saturés depuis au moins 2 ans, ce qui montre l'efficacité du procédé mis en place (Illustration 91).

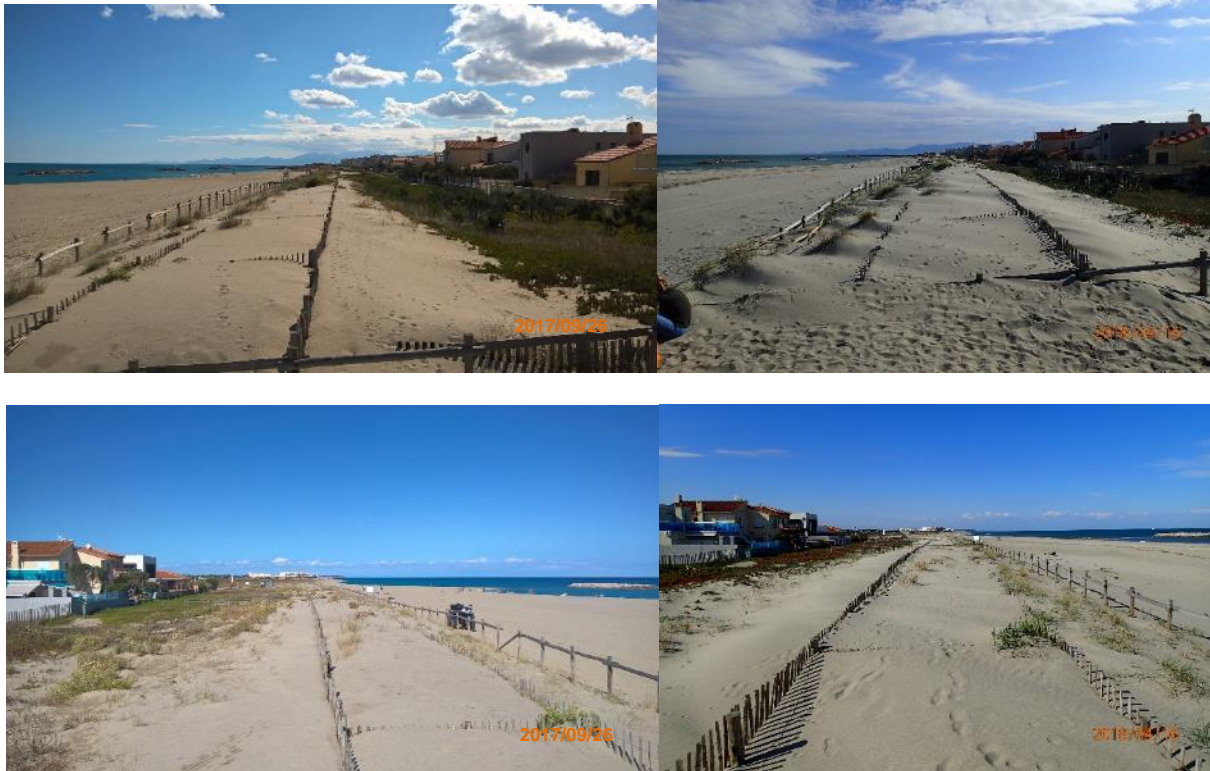


Illustration 91 - Dune relique dans la moitié nord du secteur en avant des habitations. Vues prises au niveau du profil de référence PortBarcNord-N : à gauche en date du 26/09/2017 et à droite en date du 16/04/2018 ; en haut vers le Sud et en bas vers le Nord).

Sur l'ensemble du secteur, 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 barres internes sur ce secteur.

Evolution altimétrique de l'environnement dunaire de Port Barcarès Nord

Dans le cadre du suivi altimétrique du cordon dunaire du secteur de Port-Barcarès Nord, deux levés photogrammétriques ont été comparés : avril 2015 et avril 2018 (Illustration 92). Ces deux levés mettent en avant un cordon dunaire étroit mais qui tend à s'élargir et s'épaissir. Le pied de dune, ainsi que l'ensemble du front dunaire, sont en avancée sur l'ensemble du site comme le montre les profils central et sud. Il n'y a pas de zones majeures d'érosion sur ce cordon dunaire.

La crête de dune s'est également élevée sur l'ensemble du cordon et plus notablement au niveau des profils nord et sud. A noter cependant, au niveau du profil nord, un abaissement de l'arrière dune de près de 30 cm dont il reste difficile à ce stade d'en expliquer l'origine.

Comme pour le cordon dunaire du Lydia, la tempête de début mars 2018 a joué un rôle important dans cette accrétion dunaire, du fait de nombreux recouvrements sédimentaires occasionnés par des franchissements de la dune par le jet de rive des vagues au cours de cet événement.

Les suivis précédents, ainsi que le suivi photographique avaient montré l'efficacité du système de mise en défens de la moitié nord du cordon dunaire. Les années prochaines vont permettre

de constater si cet équipement (déjà en quasi saturation dans la partie nord) va favoriser l'installation de la végétation fixatrice sur les apports sédimentaires récents.

Il est important de préciser que lors de la tempête du 1^{er} Mars 2018, la dune a permis de limiter grandement les dégâts matériels sur le secteur de Barcarès Nord par son rôle de d'amortisseur souple. En effet, les dégâts les plus importants sur ce secteur se retrouvent aux endroits où le cordon dunaire est moins développé voire inexistant, c'est-à-dire dans la partie sud. A l'inverse, dans la partie nord où le cordon dunaire est le plus développé, les dégâts sont moins nombreux et focalisés sur les chemins d'accès aux plages.

Evolution altimétrique de l'environnement dunaire de Port Barcarès Nord

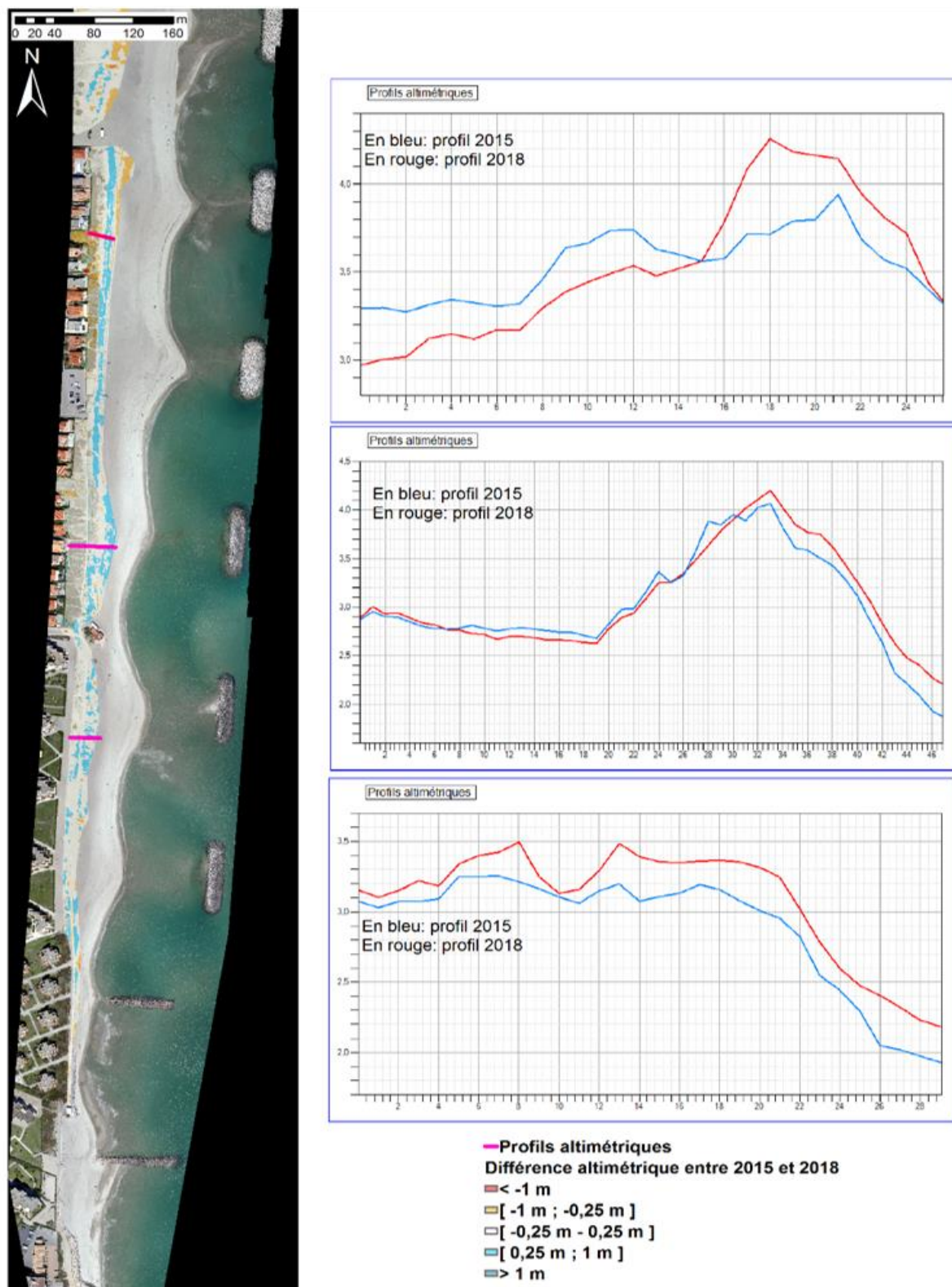


Illustration 92 - Comparaison des altimétries 2015,2018 et évolutions morphologiques du cordon dunaire de Port Barcarès Nord. En fond, mosaïque orthophotographies autogire ObsCat 2018.

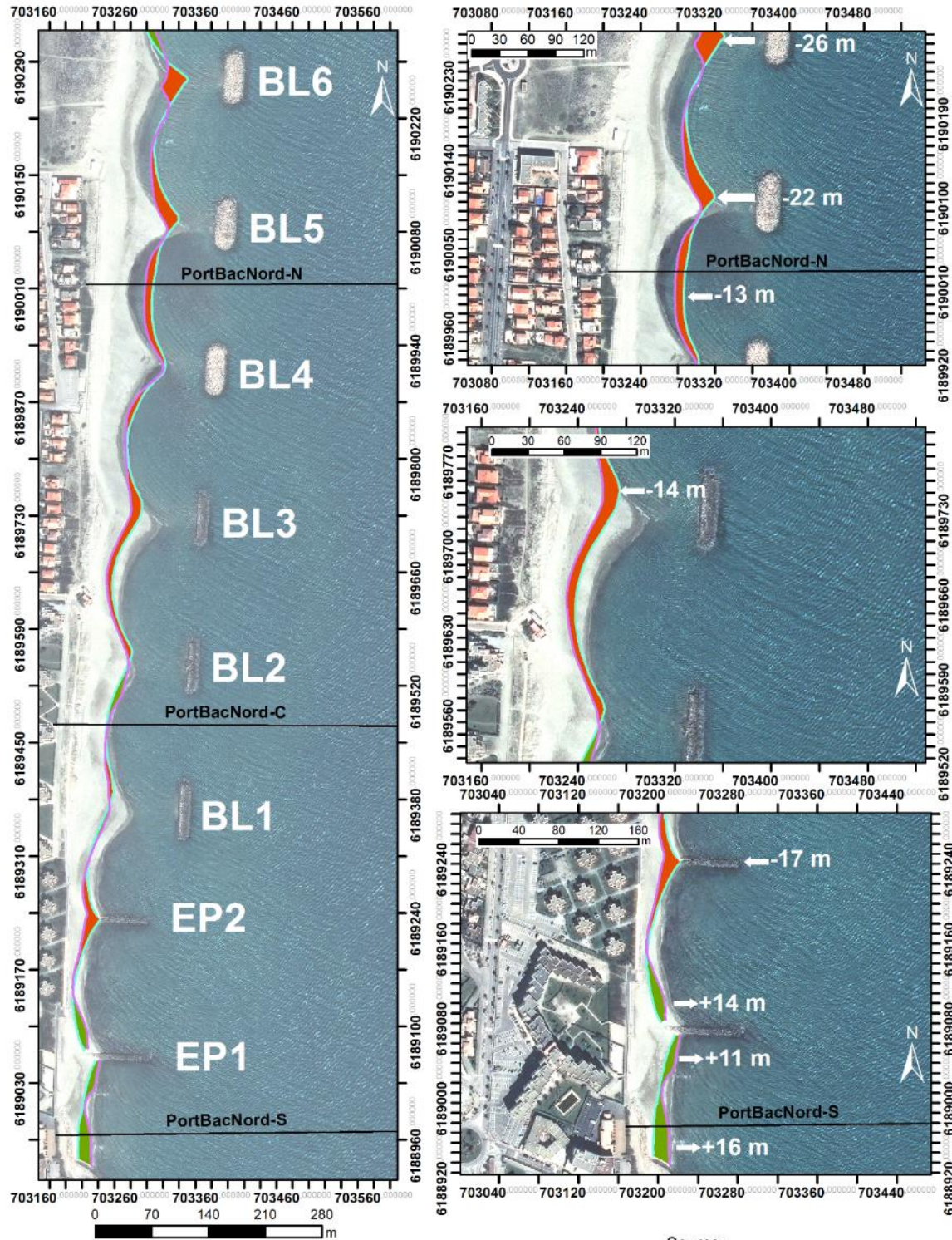
Evolution saisonnière du trait de côte

Durant la période hivernale 2017/2018, le trait de côte a enregistré un recul sur la totalité du secteur à l'exception d'une petite portion au nord de l'épi 1 (EP1) et de la cellule comprise entre l'épi 1 et la digue nord du port (Illustration 93).

Les amplitudes de ce recul sont maximales dans la moitié nord du secteur comprise entre les brise-lames BL2 et BL3, de -14 m à -26 m avec un gradient croissant vers le Nord. Ces reculs maximums sont localisés au niveau des pointes des tombolos. Dans les baies entre brise-lames, le recul est moins important, de l'ordre de 10 m. Dans la moitié sud, de BL2 à la digue nord du port, les reculs sont beaucoup plus faibles (~5 m) voire nuls (baie entre BL1 et BL2), à l'exception de la portion située au droit de l'épi 2 où un recul de 17 m est relevé. On note sur les bordures sud des tombolos des BL1 et BL2 une avancée du trait de côte de quelques mètres. Enfin, dans l'immédiat nord de l'EP1 et entre l'EP1 et la digue nord du port, on relève une avancée comprise entre 11 et 16 mètres.

Contrairement à l'hiver 2016/2017, lors duquel le trait de côte avait assez fortement progressé dans la partie nord comprise entre le BL4 et le BL6, on a cette fois un recul assez net. Ce qui positionne le trait de côte à environ une quinzaine de mètres en arrière par rapport à la situation en fin d'hiver 2016/2017 (Illustration 103). Cette évolution est très probablement liée aux effets érosifs des houles de la forte tempête du 1er mars 2018.

L'avancée du trait de côte tout au sud du secteur, a probablement été favorisée par les houles de Tramontane qui ont pu ramener à la côte une partie du sable érodé lors de cette tempête. Bien qu'en progression, ce petit secteur a néanmoins subi d'importants dégâts lors de cette tempête : endommagement de la promenade de la mer (Illustration 94), tout comme lors de celle du 13 octobre 2016.



Traits de côte :
 — Avril 2018
 — Septembre 2017
 — Profils de référence

Evolution du trait de côte :
 ■ Avancée
 ■ Recul

Source:
 campagne OBSCAT
 avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93

Auteur: BRGM

Illustration 93 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur de Port Barcarès Nord.



Illustration 94 - Dégâts engendrés sur la promenade de la mer (balladoir) au niveau de l'épi sud (EP1) par la tempêtes du 1^{er} mars 2018.

Déplacements sédimentaires saisonniers

Comme au cours de l'année 4 de l'ObsCat les variations dans les déplacements sédimentaires des saisons estivale et hivernale sont à nouveau très contrastées (Illustration 95 et Illustration 96).

Lors de l'été 2017/2018, assez peu de changements sont observés dans la bathymétrie et la topographie du site (Illustration 95). Ceux-ci sont néanmoins plus importants que lors de la période estivale 2016/2017. Les mobilités sédimentaires les plus notables se situent dans la partie centrale du secteur entre le BL1 et le BL4. Elles y sont cantonnées au trait de côte et aux petits fonds principalement : engraissement de la berme de bas de plage et formation de petits bancs sableux entre les baies des brise-lames BL1-BL2 et BL2-BL3, et à l'arrière (flanc est) des BL1 et BL2. L'analyse des profils topo-bathymétriques de référence confirme cette faible mobilité sédimentaire (Illustration 97). En termes de volumes déplacés (Illustration 96), le site présente un bilan positif pour la zone émergée comme pour la zone immergée avec un total de +186 106 m³ avec des volumes mis en jeu de près 295 000 m³ (volumes en valeur absolue en érosion et en accrétion additionnés).

Pour la période hivernale en revanche les mouvements sédimentaires sont beaucoup plus marqués (Illustration 95) et les volumes mis en jeu sont également plus forts, 374 020 m³ (Illustration 96) mais restent bien inférieurs à ceux de l'hiver 2016/2017 (environ 600 000 m³). Les mouvements les plus significatifs concernent principalement les barres externes et les barres internes. Le phénomène le plus marquant est l'accrétion des fonds autour et entre les brise-lames de la zone centrale, de BL1 à BL4 qui traduit l'apparition de barres sableuses à l'entrée des baies entre brise-lames, voire à l'intérieur des baies (entre BL4 et BL5). Plus au large, la barre externe est elle aussi affectée par des mouvements importants qui conduisent à une diminution de la profondeur de sa crête et sa migration vers le large. Parallèlement, la zone inter barres s'érode et s'approfondit. L'analyse des profils topo-bathymétriques illustrent bien ces phénomènes (Illustration 98) principalement liés à des mouvements cross-shore. Sur le plan des bilans sédimentaires, la zone émergée et la zone immergée sont toutes deux en érosion. Mais la zone émergée n'a subi qu'un faible départ de sédiment, -1 748 m³, contre -36 134 m³ pour la zone immergée, pour un bilan total de -37 882 m³.

Port Barcarès Nord

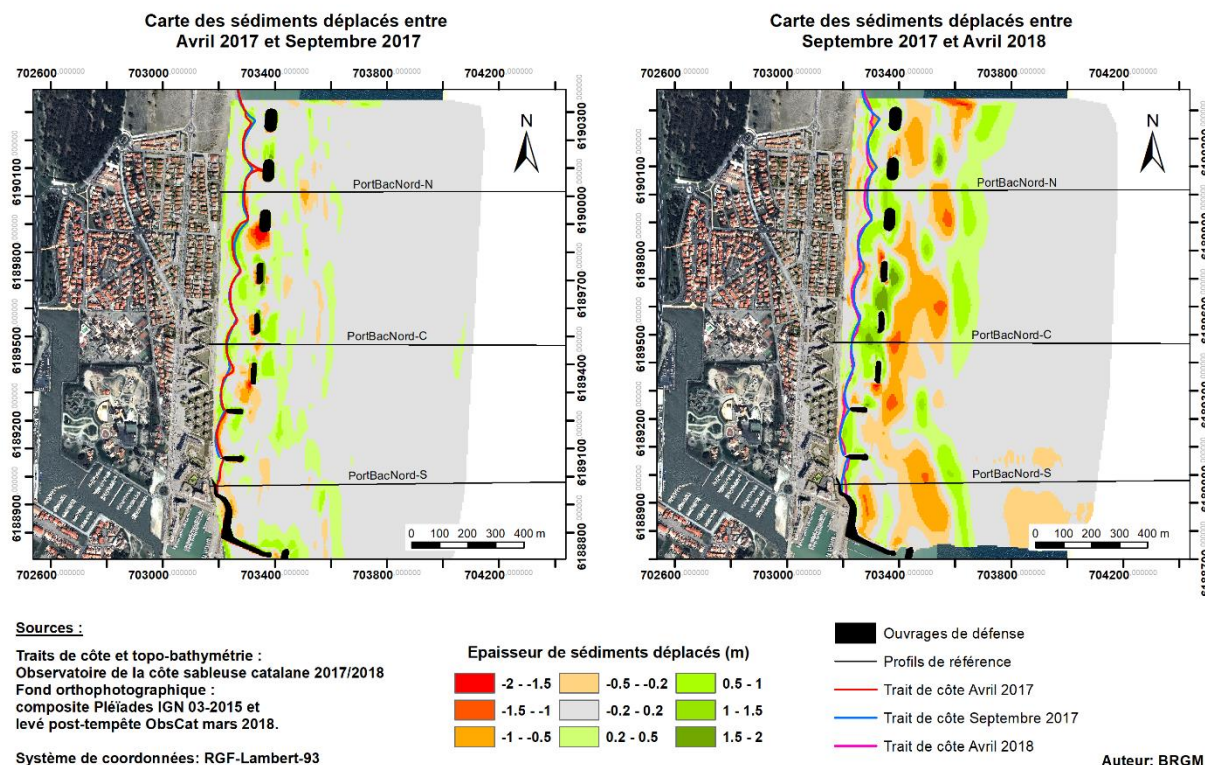


Illustration 95 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur de Port Barcarès Nord, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).

Port Barcarès Nord - Été avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume(m3) +/-
Zone complète	-54 249	240 354	186 106	1 545 900	12,0	2 132
Zone immergée	-52 449	223 247	170 799	1 479 250	11,5	1 717
Zone émergée	-1 800	17 107	15 307	66 650	23,0	416
Port Barcarès Nord - Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total(m3)	Surface (m2)	hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-205 951	168 069	-37 882	1 504 800	-3	1 168
Zone immergée	-198 343	162 210	-36 134	1 562 875	-2	1 022
Zone émergée	-7 607	5 859	-1 748	58 075	-3	146

Illustration 96 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Port Barcarès Nord.

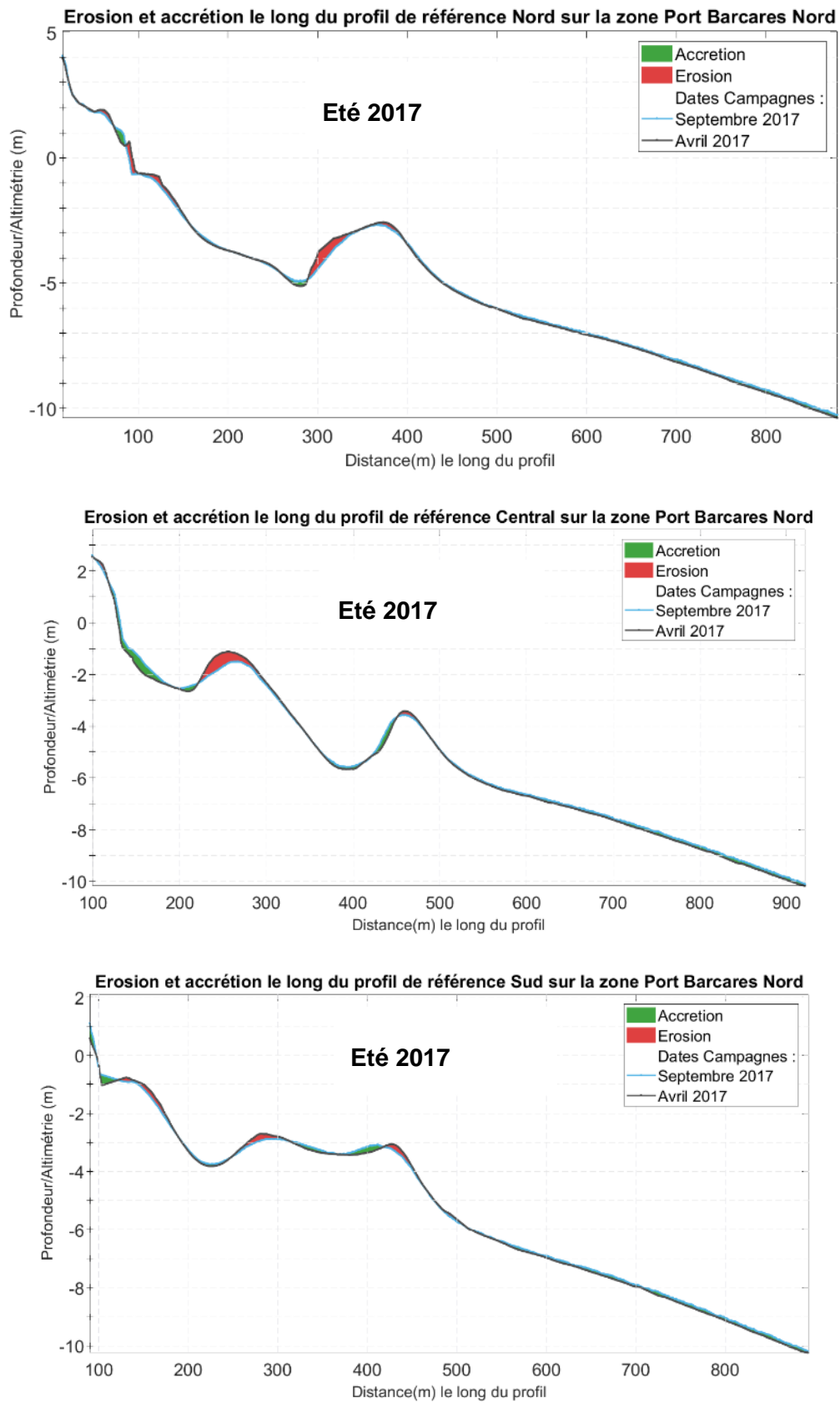


Illustration 97 - Profils de référence PortBarcNord-N, PortBarcNord-C et PortBarcNord-S, évolutions pour la période estivale d'avril à septembre 2017.

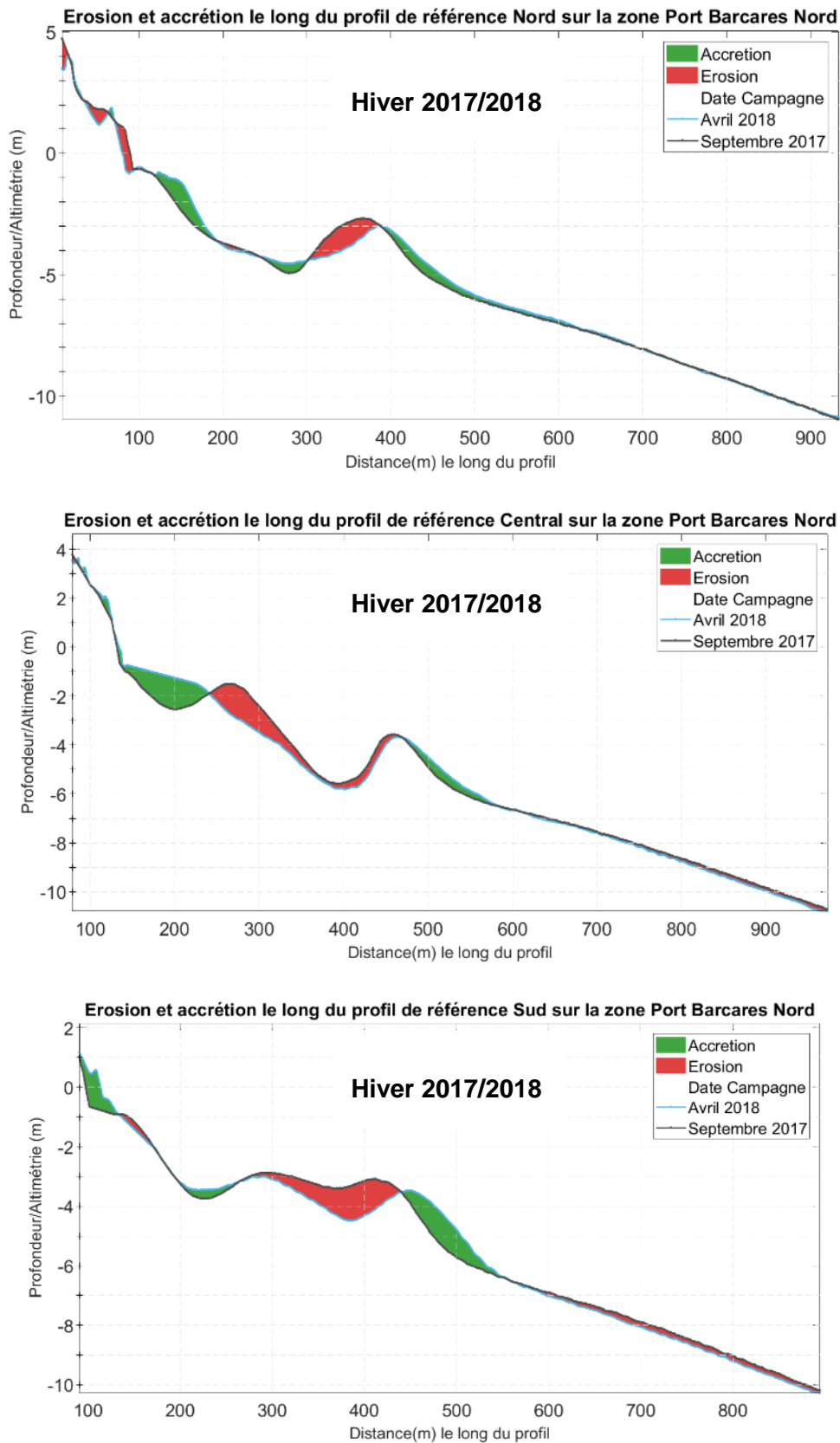


Illustration 98 - Profils de référence PortBarcNord-N, PortBarcNord-C et PortBarcNord-S, évolutions pour la période hivernale 2017/2018.

Suivi à haute fréquence par vidéo de la plage nord du Barcarès

Le système de suivi par imagerie vidéo installé au niveau de la plage nord du Barcarès, permet de restituer la position du trait de côte sur la période d'Octobre 2014 à Juin 2018. Au cours de cette période, les conditions météo-marines ont été variables avec des alternances de coups de mer, de périodes de forte Tramontane et des tempêtes marines. Les paragraphes suivants présentent les évolutions du trait de côte observées en réponse à ces forçages en se focalisant sur la période 2017-2018. Les périodes 2014-2016 et 2016-2017 ayant déjà été décrites respectivement par Lothe *et al.* (2016) (rapport OBSCAT année 3) et Christmann *et al.* (2017) (rapport OBSCAT année 4).

• Evolution du trait de côte de novembre 2014 à juin 2017

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 99 indique les 161 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	30/08/2016	11/02/2017	01/08/2017	31/12/2017	29/03/2018
31/10/2014	22/01/2015	20/03/2015	30/05/2015	02/10/2015	16/03/2016	10/09/2016	15/02/2017	10/08/2017	04/01/2018	05/04/2018
13/11/2014	25/01/2015	22/03/2015	04/06/2015	03/10/2015	01/04/2016	26/09/2016	27/02/2017	21/08/2017	07/01/2018	10/04/2018
19/11/2014	29/01/2015	23/03/2015	05/06/2015	15/10/2015	19/04/2016	10/10/2016	13/03/2017	31/08/2017	08/01/2018	11/04/2018
27/11/2014	01/02/2015	24/03/2015	10/06/2015	31/10/2015	29/04/2016	14/10/2016	24/03/2017	11/09/2017	11/01/2018	13/04/2018
01/12/2014	03/02/2015	27/03/2015	15/06/2015	05/11/2015	06/05/2016	26/10/2016	27/03/2017	21/09/2017	22/01/2018	21/04/2018
02/12/2014	06/02/2015	30/03/2015	16/06/2015	14/11/2015	12/05/2016	07/11/2016	05/04/2017	01/10/2017	31/01/2018	01/05/2018
03/12/2014	09/02/2015	02/04/2015	20/06/2015	29/11/2015	16/05/2016	20/11/2016	17/04/2017	10/10/2017	04/02/2018	14/05/2018
13/12/2014	15/02/2015	07/04/2015	30/06/2015	13/12/2015	29/05/2016	25/11/2016	28/04/2017	22/10/2017	07/02/2018	30/05/2018
16/12/2014	23/02/2015	13/04/2015	14/07/2015	24/12/2015	14/06/2016	06/12/2016	08/05/2017	31/10/2017	18/02/2018	13/06/2018
18/12/2014	24/02/2015	15/04/2015	01/08/2015	04/01/2016	20/06/2016	19/12/2016	05/06/2017	08/11/2017	25/02/2018	27/06/2018
20/12/2014	26/02/2015	19/04/2015	17/08/2015	15/01/2016	02/07/2016	02/01/2017	16/06/2017	20/11/2017	02/03/2018	
25/12/2014	01/03/2015	30/04/2015	01/09/2015	05/02/2016	09/07/2016	15/01/2017	30/06/2017	01/12/2017	06/03/2018	
29/12/2014	04/03/2015	01/05/2015	17/09/2015	13/02/2016	31/07/2016	25/01/2017	02/07/2017	10/12/2017	12/03/2018	
02/01/2015	07/03/2015	15/05/2015	27/09/2015	17/02/2016	06/08/2016	30/01/2017	15/07/2017	18/12/2017	23/03/2018	

Illustration 99 - Dates des traits de côte retenus pour l'analyse des évolutions d'octobre 2014 à juin 2018 du secteur de Port Barcarès Nord. Les dates surlignées sont celles ajoutées pour l'année 5 de l'ObsCat.

Description des évolutions du trait de côte

L'illustration 100 présente l'ensemble des traits de côte analysés durant la période 2017-2018, année 5 de l'ObsCat. La comparaison des différentes positions du trait de côte permet de dégager des zones à évolution différente.

La plus grande variabilité est observée au nord du site où l'équilibre suite à la mise en place des brises lames en 2014 (BL4, 5 et 6) n'est toujours pas atteint. L'amplitude des évolutions est plus importante au niveau des tombolos que partout ailleurs sur le secteur, notamment pour celui localisé derrière le brise lames n°5, dont la formation complète en septembre 2017 a engendré un déplacement allant jusqu'à 98 m vers le large. Le maximum d'extension du tombolo du brise-lames 6 a engendré un déplacement de 79 m vers la mer. Ces variations sont plus importantes que celle observées en 2016-2017, preuve de l'absence d'équilibre pour ces tombolos situés derrière les 3 brise-lames les plus récents. Les variations dans cette zone nord sont nettement moins importantes au niveau des baies (35 m environ) que des brises lames (68 m en moyenne au cours de la dernière période).

Le trait de côte est en revanche plus stable au droit des anciens brise -lames (BL1, 2 et 3) où les variations sont de l'ordre de 28 m seulement (20 m en 2016-2017). La largeur de la plage est plus faible durant les périodes hivernales qu'en été pendant lequel celle-ci s'élargit par reconstruction naturelle. La variabilité est également plus importante au sud du site entre la digue du port et le premier épi (30 à 44 m environ sur les 2 dernières années de suivi) ce qui est important par rapport à la faible largeur de la plage dans ce secteur. Ce secteur subit d'ailleurs régulièrement des dégâts au niveau de la promenade de la mer (« baladoir ») et du poste de secours situé entre l'épi 1 et l'épi 2 plus au nord, lors des plus fortes tempêtes hivernales (octobre 2016 et mars 2018).

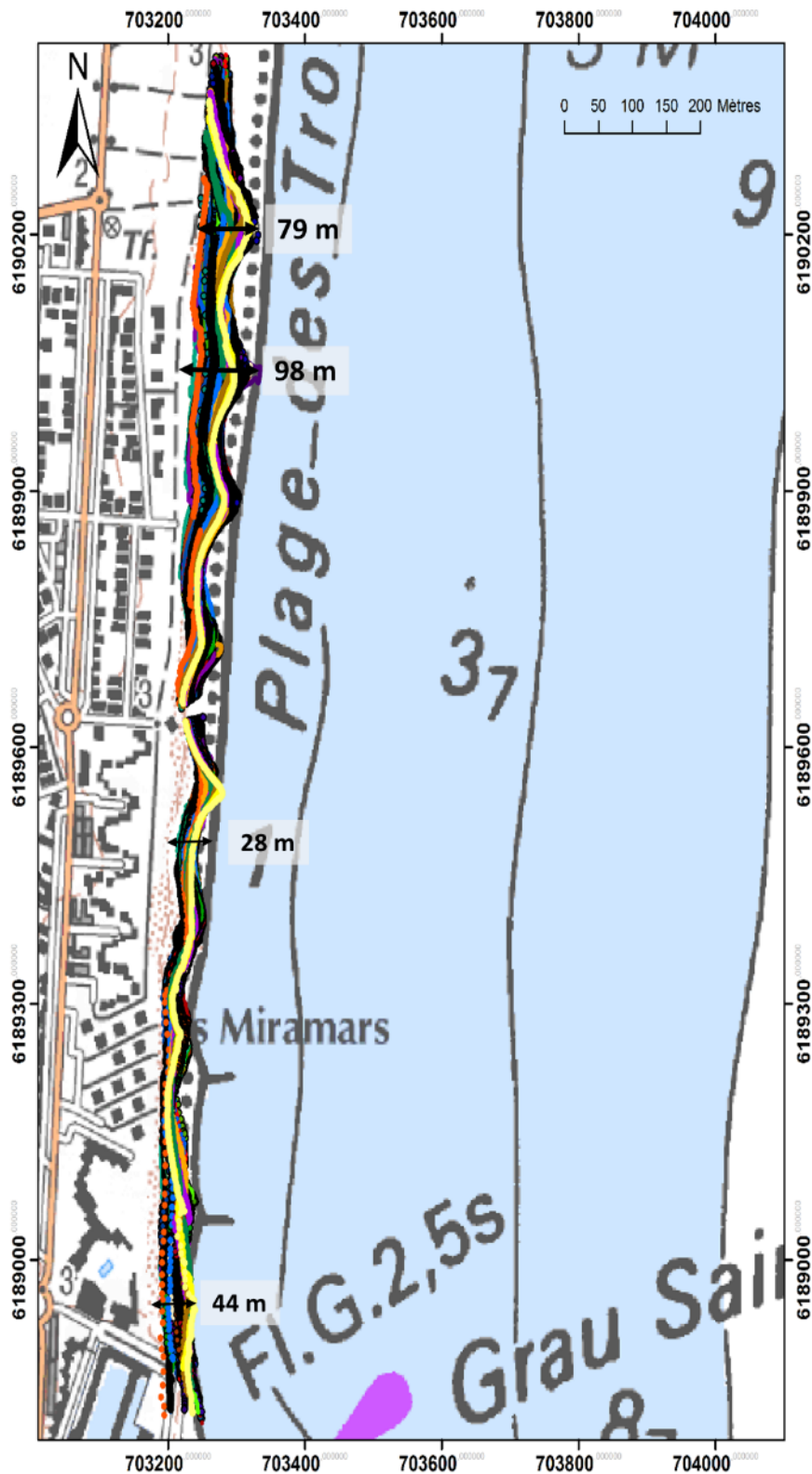


Illustration 100 - Evolution du trait de côte sur le littoral du secteur de Port Barcarès Nord par suivi vidéo haute fréquence. Amplitude des mouvements de juillet 2017 à juin 2018.

L'analyse temporelle de la position du trait de côte (Illustration 101) permet de visualiser les différents comportements du secteur et en particulier la mise en place, la stabilité/instabilité des

tombolos derrière les brise-lames et les effets des opérations de rechargement et des tempêtes importantes :

- Dans la partie nord, au droit des ouvrages les plus récents, on visualise l'avancée progressive du trait de côte (couleur allant vers le rouge) qui résulte de la mise en place des brise-lames d'une part, et des opérations de rechargement en sable effectués en 2014, 2015, 2016 et 2017 dans cette zone. On voit également très nettement que la stabilité des tombolos derrière les brise-lames ne s'est véritablement exprimée qu'à compter du début de l'hiver 2016/2017, avec un décalage dans le temps du sud vers le nord. Mais cette stabilité est encore toute relative si l'on en croit les variations que l'on observe depuis le printemps 2018. On visualise également très bien l'effet des plus fortes tempêtes (octobre 2016, mars et avril 2018), qui linéarise fortement l'ensemble du trait de côte de la moitié nord du secteur (couleur passant brutalement au bleu). Mais on voit également l'importante résilience du site, le trait de côte avançant de nouveau assez rapidement après chaque évènement ;
- Dans la moitié sud du site, au droit des anciens ouvrages, on observait une stabilité assez importante du trait de côte et en particulier des tombolos. Depuis la tempête d'octobre 2016, la position du trait de côte est en léger recul, et les variations de position sont aussi plus fortes. On note également un creusement (recul du trait de côte) de la baie située entre les brise-lames 2 et 3 aux alentours du poste de secours au centre du secteur. Les 2 derniers rechargements n'ont concerné que la moitié nord du secteur. Ceci pourrait expliquer ce comportement depuis la tempête d'octobre 2016.

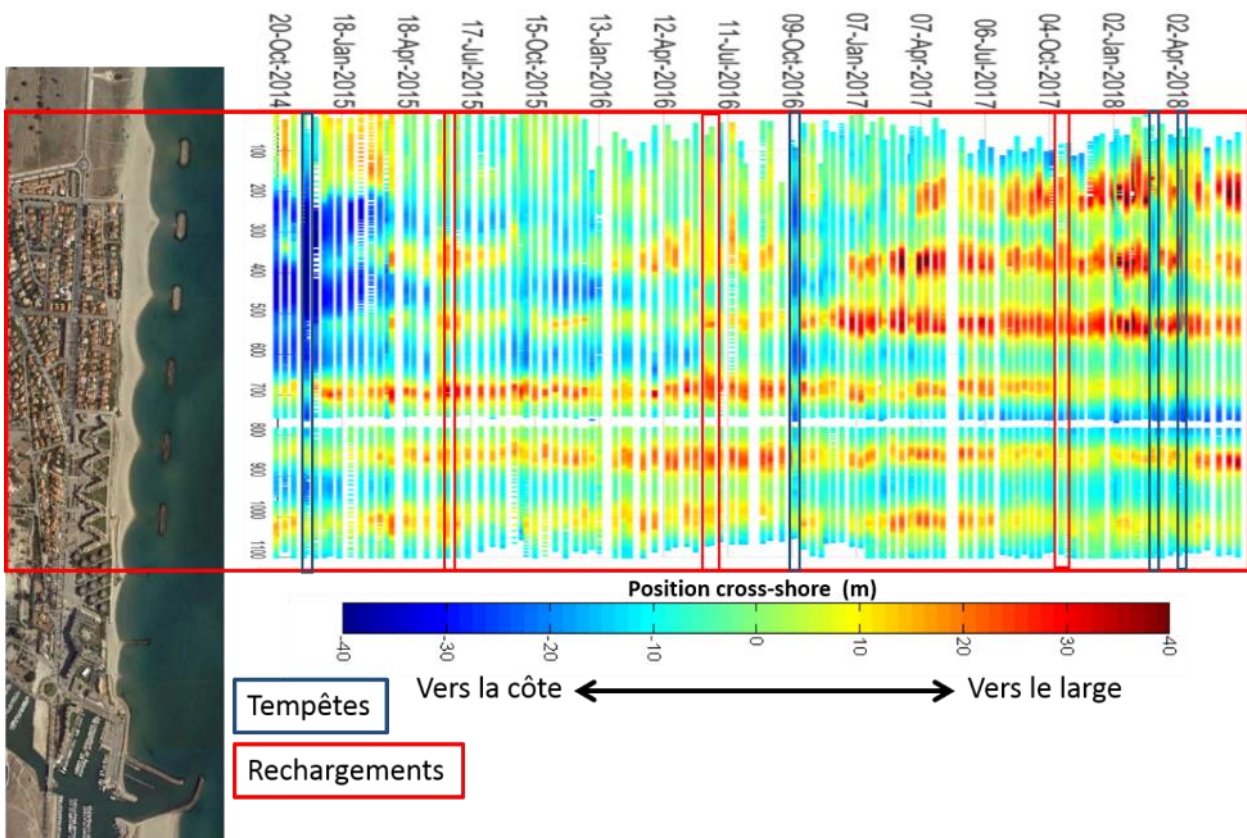


Illustration 101 - Analyse temporelle de la position du trait de côte par suivi vidéo haute fréquence du secteur de Port Barcarès Nord.

L'évolution des tombolos est fortement contrainte par les forçages météo-marins (Christmann *et al.*, 2017) avec des déplacements des tombolos vers le nord et arasement de leur pointe (recul du trait de côte) lors des tempêtes marines. L'amplitude des déplacements vers le nord et des arasements est fonction de l'obliquité de la houle avec une augmentation pour des tempêtes de sud-est.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Le bilan sédimentaire zone complète (zone émergée + zone immergée) du secteur est positif depuis le début des relevés effectués par l'ObsCat soit +493 074 m³. La zone émergée est également en bilan positif (+105 362 m³, Illustration 102). Après une baisse notable suite à l'hiver 2016/2017, le bilan complet enregistre une hausse importante lors de l'été 2017. L'hiver 2017/2018 entraîne une légère baisse du bilan mais sans entamer la tendance globale positive annuelle. La zone émergée poursuit une tendance à l'accrétion.

Les ouvrages de la moitié nord du secteur ainsi que les rechargements en sable régulièrement effectués expliquent en partie les accumulations observées. Mais l'ensemble des ouvrages implantés sur le secteur perturbent cependant les échanges entre plage émergée et plage immergée. Depuis la tempête d'octobre 2016, l'équilibre des tombolos au droits des brise-lames anciens a été modifié et on observe également un recul du trait de côte de la baie inter brise-lames située au droit du poste de secours central (entre BL2 et BL3). Malgré un bilan positif en progression, il apparaît donc important de poursuivre le suivi au regard de ces évolutions et des dégâts que les tempêtes importantes occasionnent dans le sud du secteur.

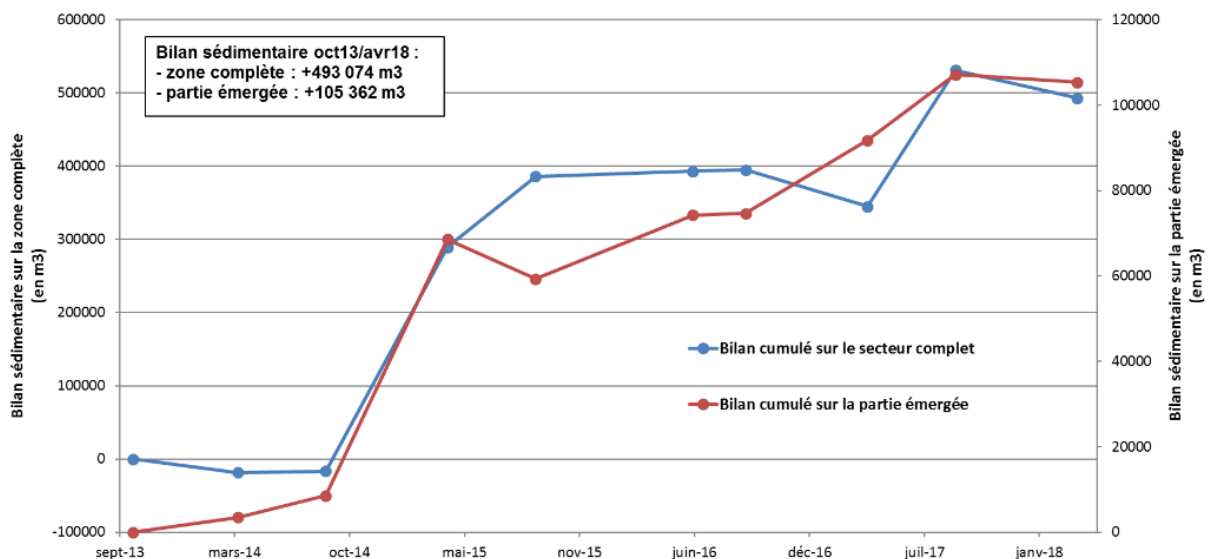


Illustration 102 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Port Barcarès Nord.

Concernant l'évolution interannuelle du trait de côte du secteur, on aura noté plus haut que l'ensemble du secteur, à l'exception de l'extrême sud, est en recul assez net suite à l'hiver 2017/2018. Cette nouvelle position du trait de côte reste cependant encore bien en avant de la position la plus reculée d'octobre 2013 (Illustration 103) au nord du secteur (40 m) et au sud (20 m). En revanche, au centre du secteur, dans la baie entre le BL1 et le BL2, cette position n'est plus qu'à 10 mètres de la position d'octobre 2013. Les variations les plus importantes sont restées localisées dans la partie nord du site, elles s'expliquent par la stabilité encore fragile des tombolos au droit des brise-lames les plus récents jusqu'à l'hiver 2016/2017. L'hiver 2017/2018 tend

cependant à relativiser ce constat. La poursuite du suivi sur ce secteur apparaît donc nécessaire pour affiner les tendances dans ce secteur.

Le suivi vidéo a mis en évidence l'influence importante des épisodes de Tramontane qui ramènent du sable dans la zone (Christmann *et al.*, 2017). Malgré ces épisodes, il avait été relevé un recul en aval transit au-delà du dernier brise-lame (BL6) au niveau du début du lido du Mas de l'Isle. Ce recul est également relevé lors des derniers levés d'avril 2018.

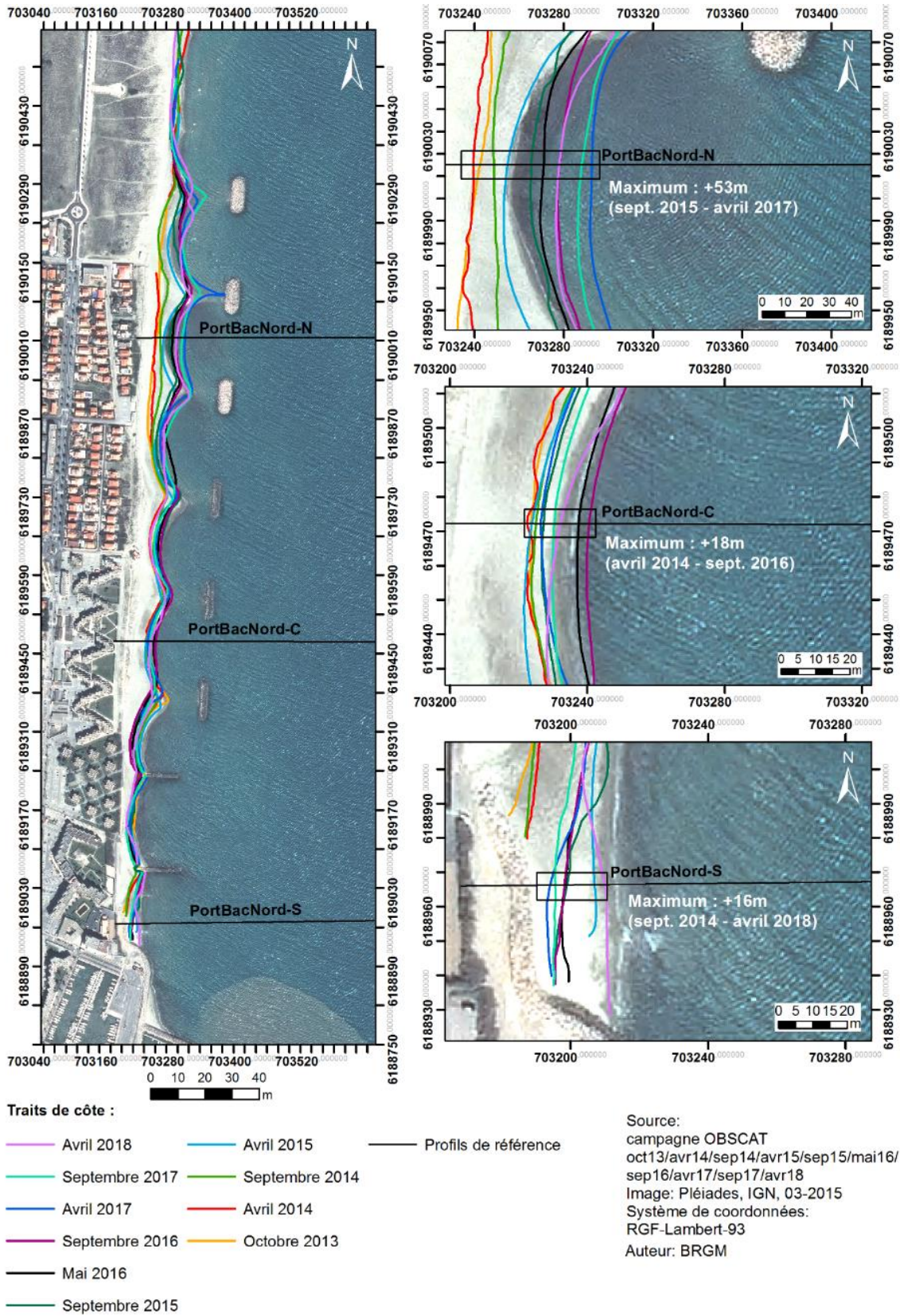


Illustration 103 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Port-Barcarès Nord.

Suivi *in-situ* de la végétation dunaire

Sur ce secteur un suivi *in-situ* de la végétation est réalisé chaque année en complément du suivi photogrammétrique réalisé tous les deux ans (Illustration 104).

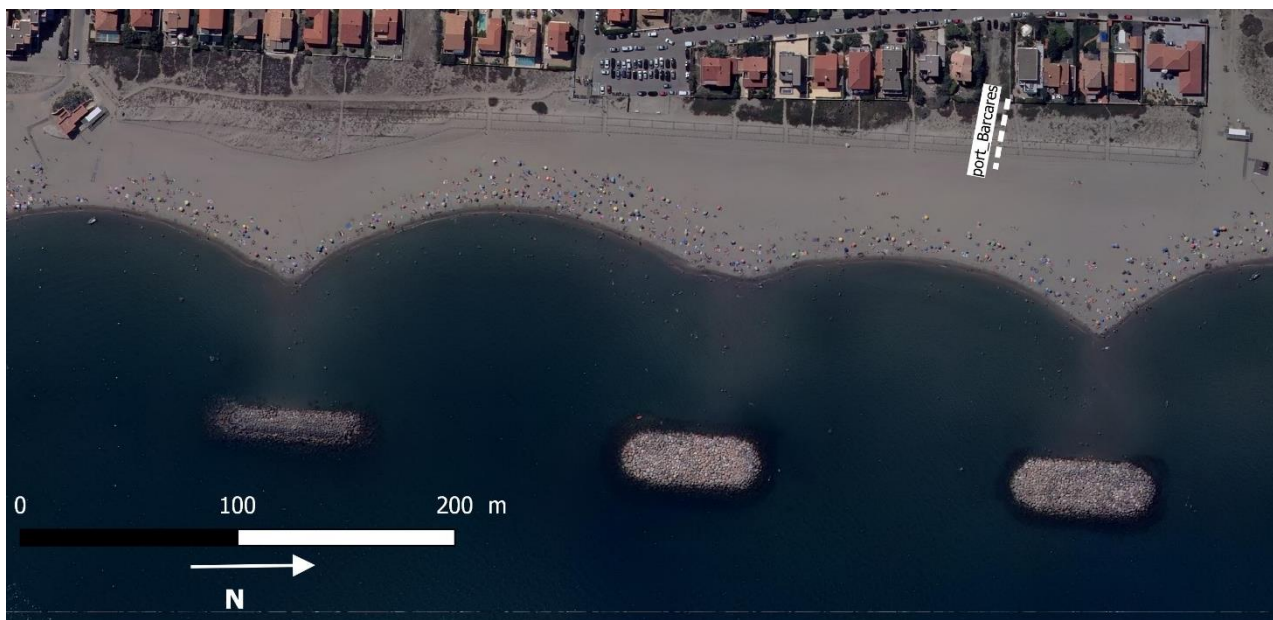


Illustration 104 - Localisation du transect Port-Barcarès Nord

Le recouvrement végétal du transect Port Barcarès est en nette diminution avec une moyenne de 47% en 2017 contre environ 15% en 2018 (Illustration 105).

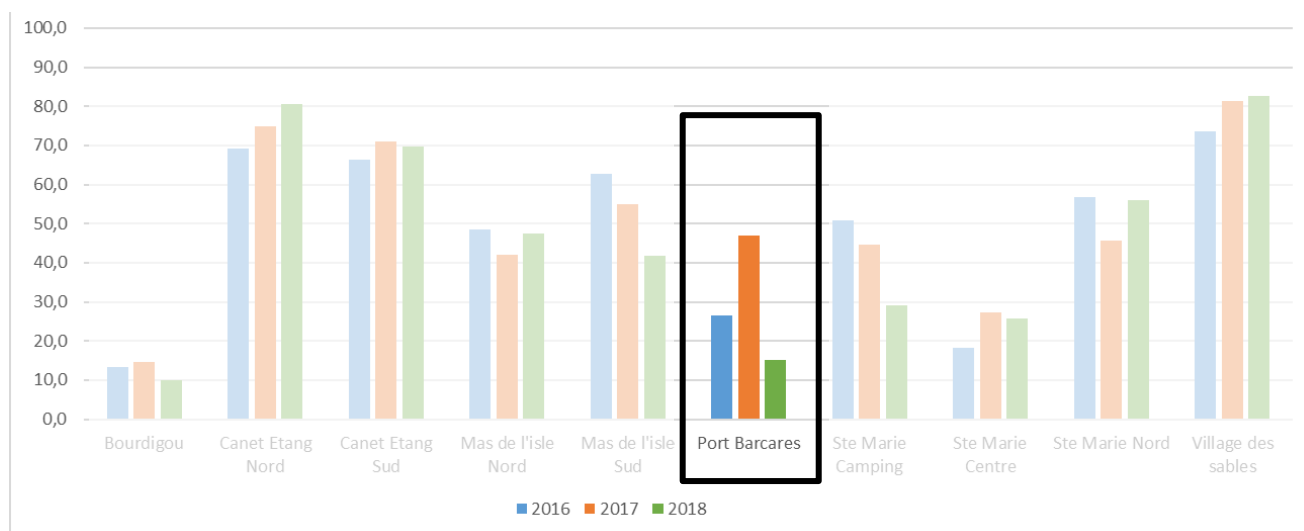


Illustration 105 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement sur le transect de Port-Barcarès Nord entre 2016 et 2018

Il s'agit de la plus forte diminution enregistrée tous secteurs confondus. Elle concerne essentiellement les premiers casiers, les plus proches des habitations en dune semi-fixée ou fixée (Illustration 106). Une vérification de terrain est à prévoir lors de la prochaine campagne

pour mieux comprendre cette tendance dans un secteur mis en défens et avec une forte dynamique sédimentaire. Elle peut être liée soit à un ensablement trop important (en lien avec la tempête du 28 février au 2 mars 2018), soit à des dégradations sur la mise en défens qui favoriserait le piétinement anarchique.

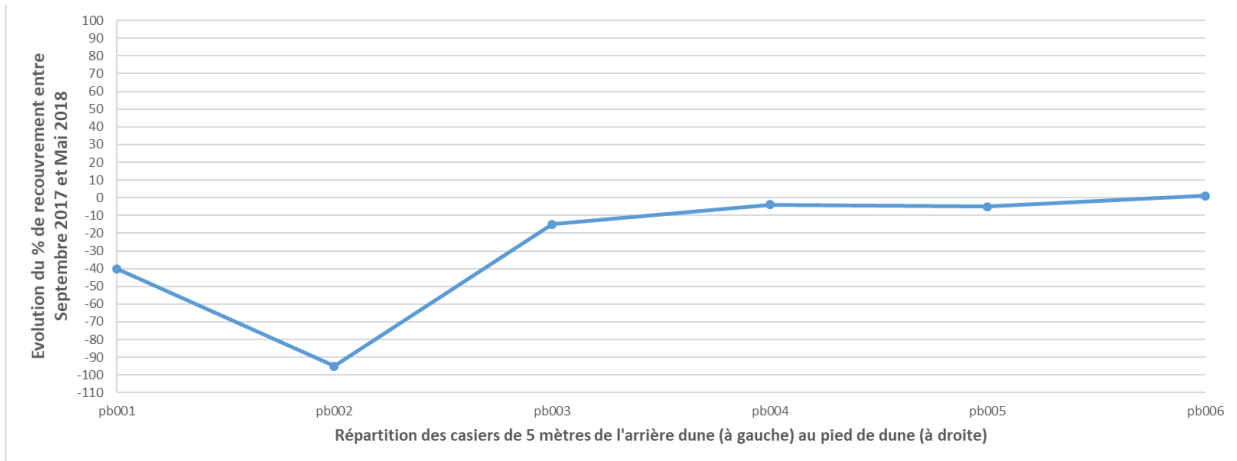


Illustration 106 - Evolution du % de recouvrement sur le transect de Port Barcarès entre 2016 et 2018

Le nombre d'espèces comptées dans les casiers du transect de Port-Barcarès est en régression (de 4,6 en 2016 à 2,8 en 2018) (Illustration 107).

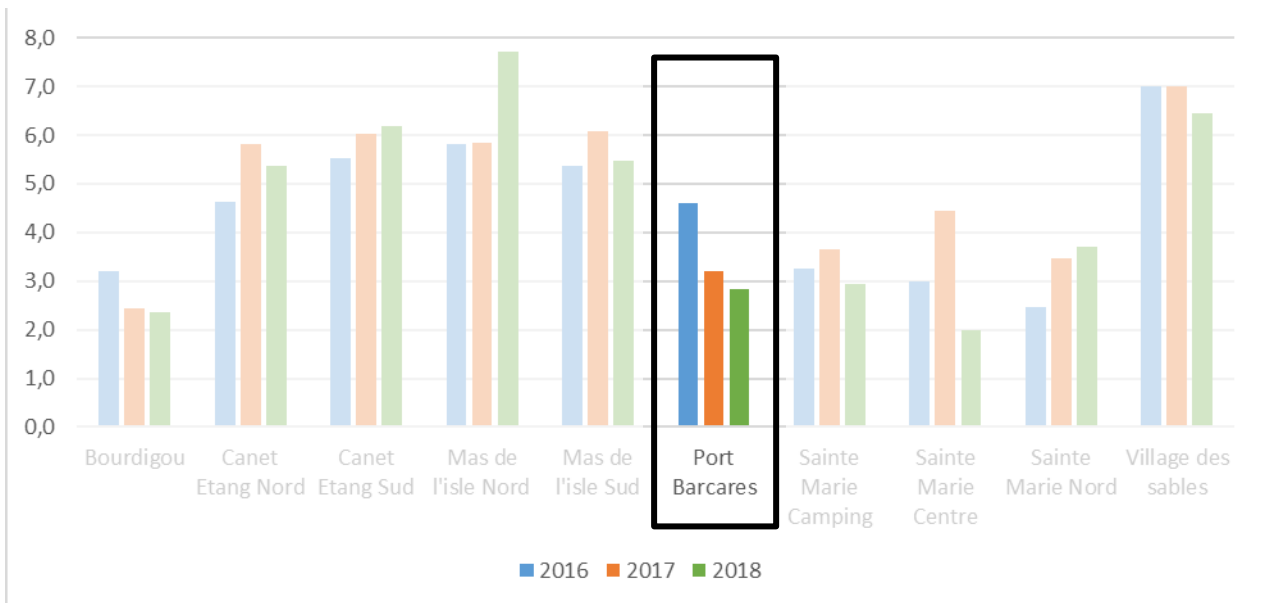


Illustration 107 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur le transect Port Barcarès entre 2016 et 2018

Ces espèces sont patrimoniales pour la plupart (5 casiers sur 6 concernés) mais également invasives avec de la griffe de sorcière repérée sur les 3 casiers les plus proches des habitations en raison de son introduction volontaire dans les jardins mitoyens (Illustration 108).

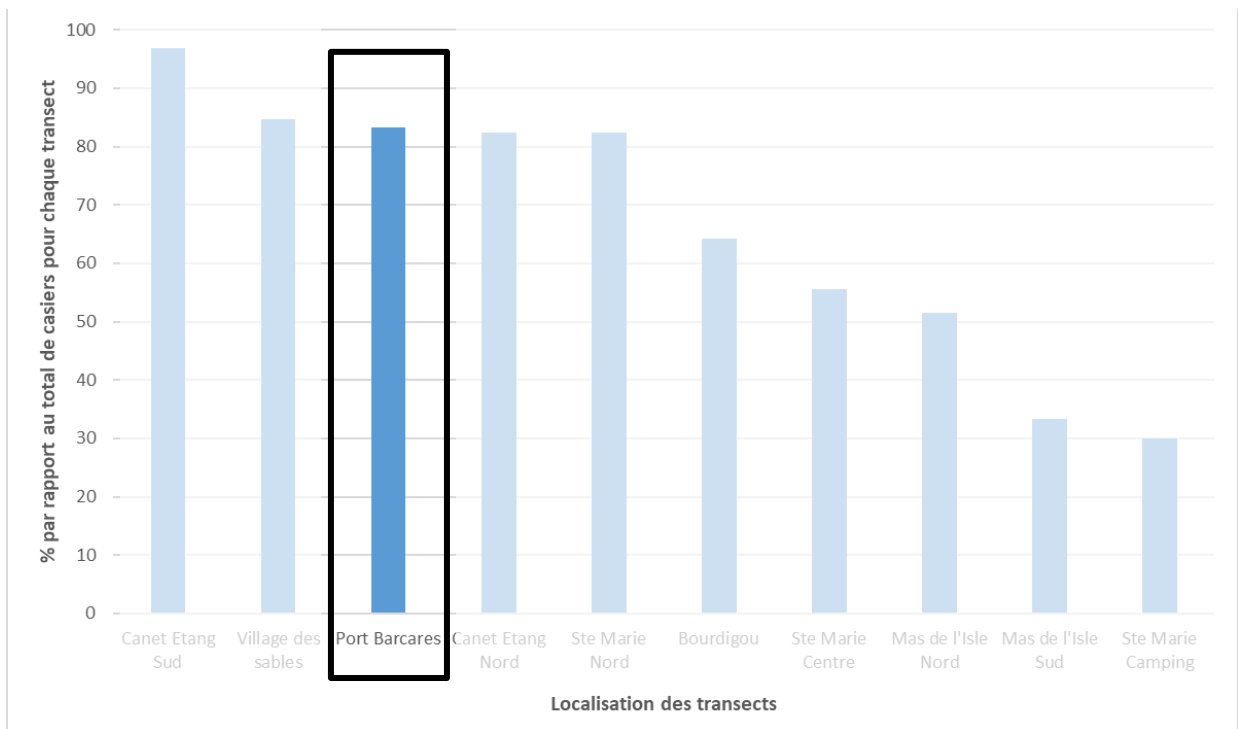


Illustration 108 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur le transect Port Barcarès

D'un point de vue biologique ce secteur se maintient dans un état acceptable par rapport à sa situation très urbaine et artificialisée.

5.5. 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 sites 3 et 4 (Illustration 109).



Illustration 109 - Localisation de la cellule 9 et des secteurs Port Barcarès Sud et Agly.

Cette cellule est 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 du Barcarès. Cet ouvrage participe au blocage du transit sédimentaire, favorisant une zone d'accumulation au droit de la jetée sud. Cette zone est régulièrement utilisée comme source d'extraction en sédiments pour alimenter les rechargements en sable des plages 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 et Université de Perpignan, 2000). L'avant-côte présente des pentes faibles s'amplifiant à l'approche du rivage et deux barres sableuses y sont présentes, à environ 250 m et 500 m.

5.5.1. Port-Barcarès Sud

Ce site de l'ObsCaT est sous l'influence de la jetée portuaire en aval-transit et des travaux de prélèvement de sédiments (Illustration 110). Ces prélèvements par drague sont effectués dans le cadre des opérations de rechargements en sable de la plage nord du Barcarès (site de Port-Barcarès Nord) réalisés par *by-pass* non automatisé, pour compenser les perturbations liées aux ouvrages portuaires sur la dynamique sédimentaire.

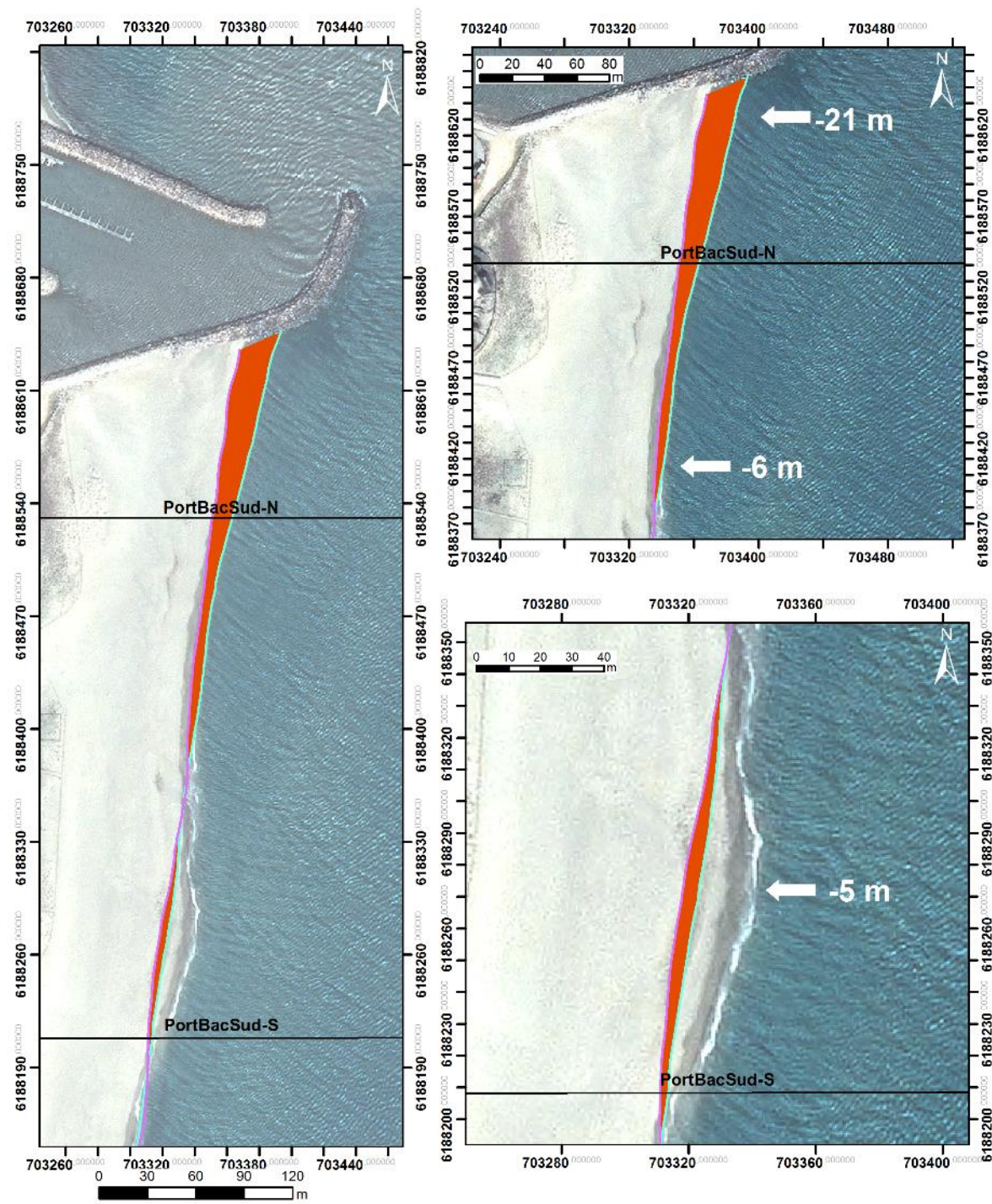


Illustration 110 - Secteur de Port Barcarès Sud, profils de référence et prises de vue.

Le secteur de Port-Barcarès Sud est un secteur relativement stable. La jetée bloque les sédiments apportés du sud par la dérive littorale (Illustration 110). Ce secteur n'est donc pas sensible à l'érosion côtière.

Evolution saisonnière du trait de côte

A l'issue de la saison hivernale 2017/2018 l'ensemble du secteur présente un recul du trait de côte qui va croissant du Sud vers le Nord : -5 m au Sud et jusqu'à -21 m au Nord contre la jetée Sud du port du Barcarès (Illustration 111). Mais le trait de côte est à ce stade dans une position encore bien en avant de sa position la plus reculée d'octobre 2013 ou d'avril 2015 (~20 m au nord et ~30 m au sud) (Illustration 117).



Traits de côte :
 — Avril 2018
 — Septembre 2017
 — Profils de référence

Evolution du trait de côte :
 ■ Avancée
 ■ Recul

Source:
 campagne OBSCAT
 avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93

Auteur: BRGM

Illustration 111 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur de Port-Barcarès Sud.

Déplacements sédimentaires saisonniers

A l'issue de cette 5^{ème} année de suivi, les déplacements sédimentaires été/hiver sont assez contrastés (Illustration 112). Les volumes en jeu été/hiver sont en effet assez proches (Illustration 113), 102 441 m³ pour l'été et 140 953 m³ pour l'hiver.

Lors de la période estivale 2017, les déplacements les plus importants sont concentrés autour du trait de côte et sur les barres internes (Illustration 112). On note ainsi une importante accrétion de la berme de bas de plage dans la moitié nord du secteur et des petits fonds immédiatement après le trait de côte. Dans les petits fonds, cette accrétion se traduit par la formation d'une barre sableuse très proche du trait de côte comme on peut le constater sur les profils de référence du secteur (Illustration 114). Au total, la zone complète s'accroît au cours de l'été de +45 515 m³ : +38 510 m³ pour la zone immergée et +7 005 m³ pour la zone émergée (Illustration 113).

Pour la période hivernale 2017/2018, les déplacements sédimentaires sont nettement plus importants (Illustration 112). Ils mettent en jeu les barres internes mais également la barre externe comme on peut le constater sur les profils de référence (Illustration 115). L'analyse conjointe des cartes de déplacements de sédiments, des profils de référence et des cartes bathymétriques (annexe 2) permet de mettre en évidence que ces modifications morphologiques sont issues principalement de déplacements long-shore vers le Nord (le long de la côte) qui se traduit par une migration des barres internes vers le Nord. A noter une érosion importante des petits fonds proches du trait de côte au nord du secteur. La zone émergée, enregistre une accrétion de la berme principalement dans la moitié nord du secteur. Cette accrétion peut être reliée à la tempête de début mars 2018 dont les houles associées à une surcote importante ont pu provoquer un engraissement du bas de plage (berme) à la faveur de phénomènes d'*overwash*. Au total, la zone complète subit une érosion de -38 299 m³ (Illustration 113). Seule la zone immergée concentre cette érosion (-43 678 m³), la zone émergée étant en accrétion modérée (+5 379 m³).

Port Barcarès Sud

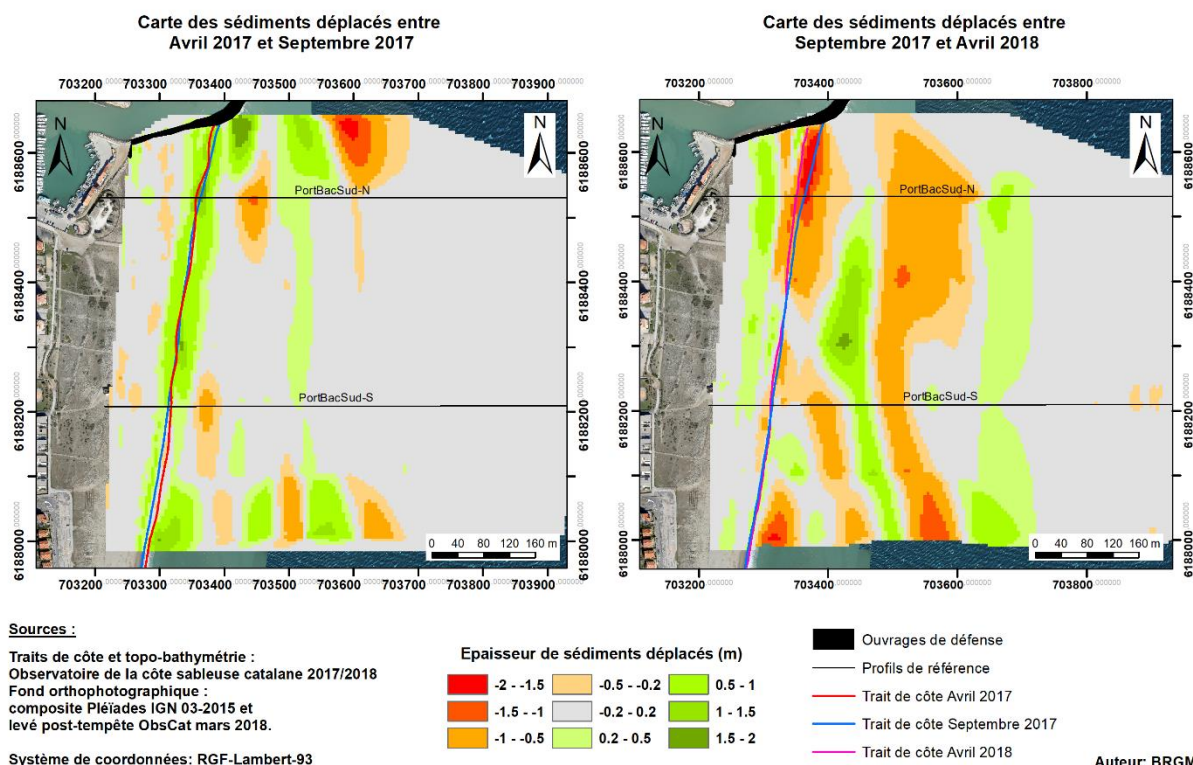


Illustration 112 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur de Port-Barcarès Sud, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).

Port Barcarès Sud - Été avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume(m3) +/-
Zone complète	-28 463	73 978	45 515	478 325	9,5	222
Zone immergée	-24 585	63 095	38 510	415 225	9,3	164
Zone émergée	-3 879	10 883	7 005	63 100	11,1	58
Port Barcarès Sud - Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-89 626	51 327	-38 299	481 525	-8	79
Zone immergée	-84 911	41 233	-43 678	422 700	-10	6
Zone émergée	-4 715	10 094	5 379	58 825	9	73

Illustration 113 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Port-Barcarès sud.

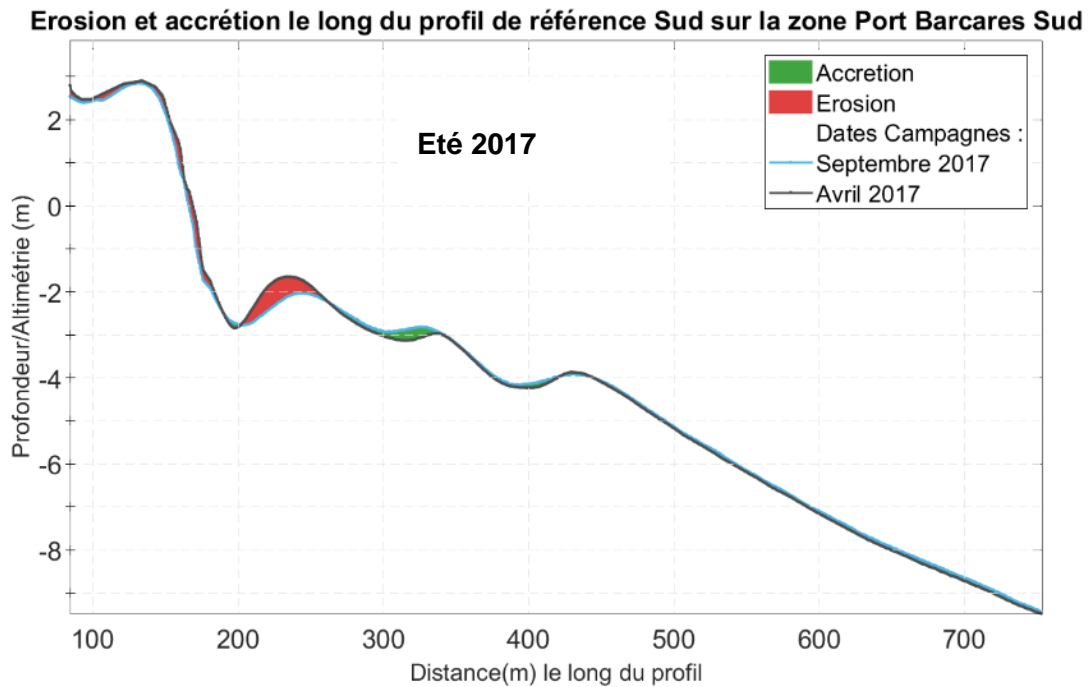
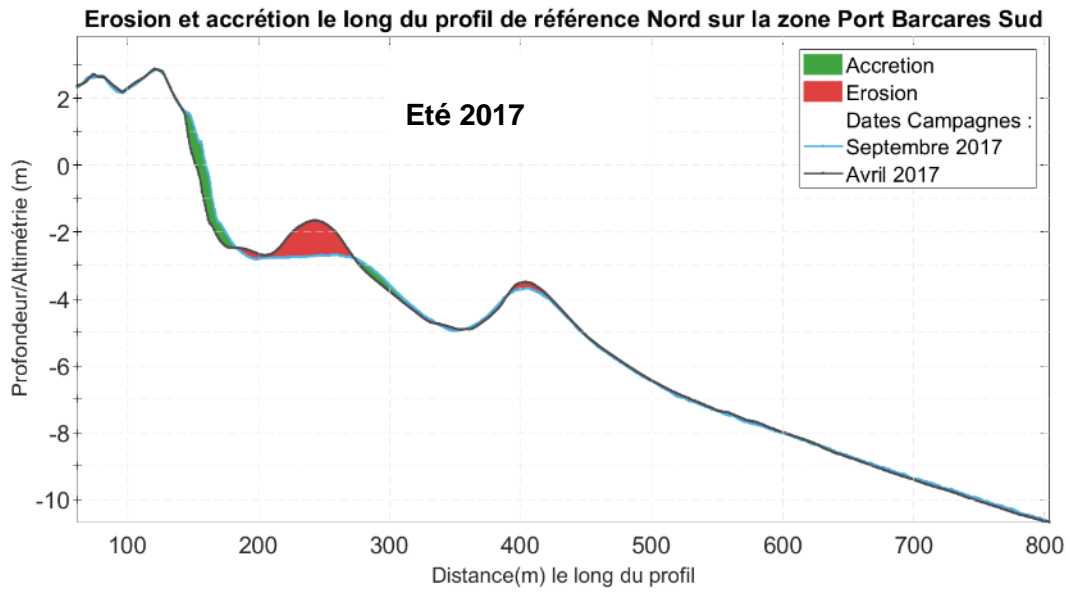


Illustration 114 - Profils de référence PortBarcSud-N et PortBarcSud-S, évolutions pour la période estivale d'avril à septembre 2017.

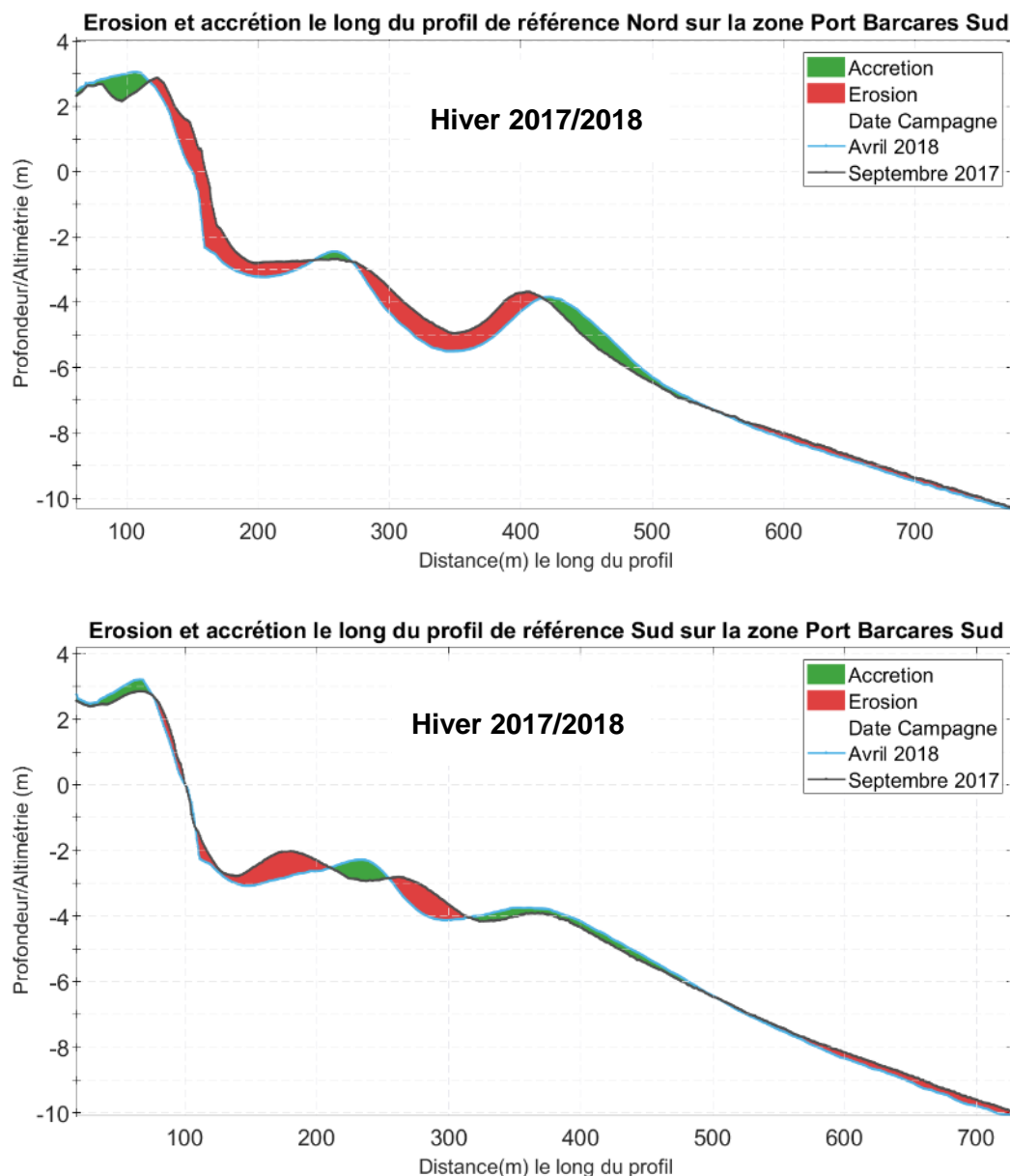


Illustration 115 - Profils de référence PortBarcSud-N et PortBarcSud-S, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Jusqu'au printemps 2017, la zone complète du secteur de Port-Barcarès sud était dans une dynamique d'accrétion depuis avril 2014 (Illustration 116). C'est la première année que son bilan sédimentaire diminue en hiver aussi fortement. Mais cela, à ce stade, ne semble pas entamer la tendance d'accrétion, et le bilan reste supérieur à celui de la fin d'hiver 2016/2017 (+180 622 m³).

Après 2 années en bilan négatif (-29 476 m³ en septembre 2015), la zone émergée poursuit sa reconstruction depuis mai 2016 et est à présent légèrement positive sur l'ensemble de la période de suivi de l'OsbcCat (+4 035 m³). Les prélèvements à l'époque importants sur cette zone pour recharger la plage Nord du Barcarès pouvaient expliquer en partie ce bilan négatif des 2 premières années de l'ObsCat (De la Torre *et al.*, 2015). Depuis, les prélèvements sont moins importants et permettent au secteur de se reconstruire progressivement.

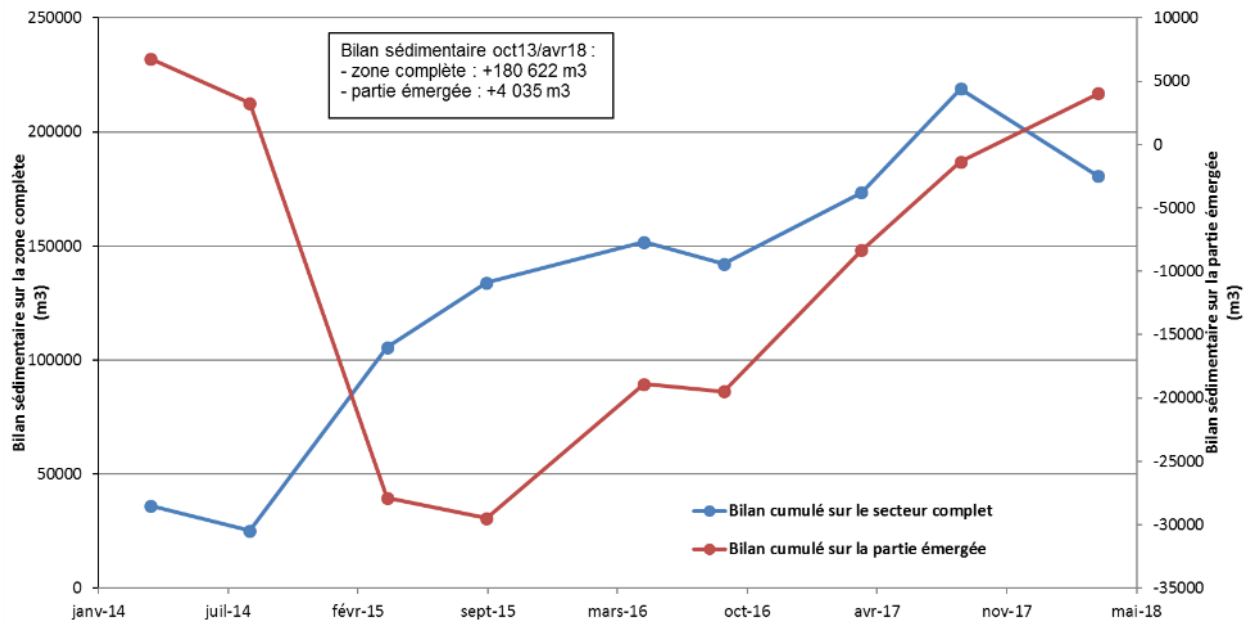
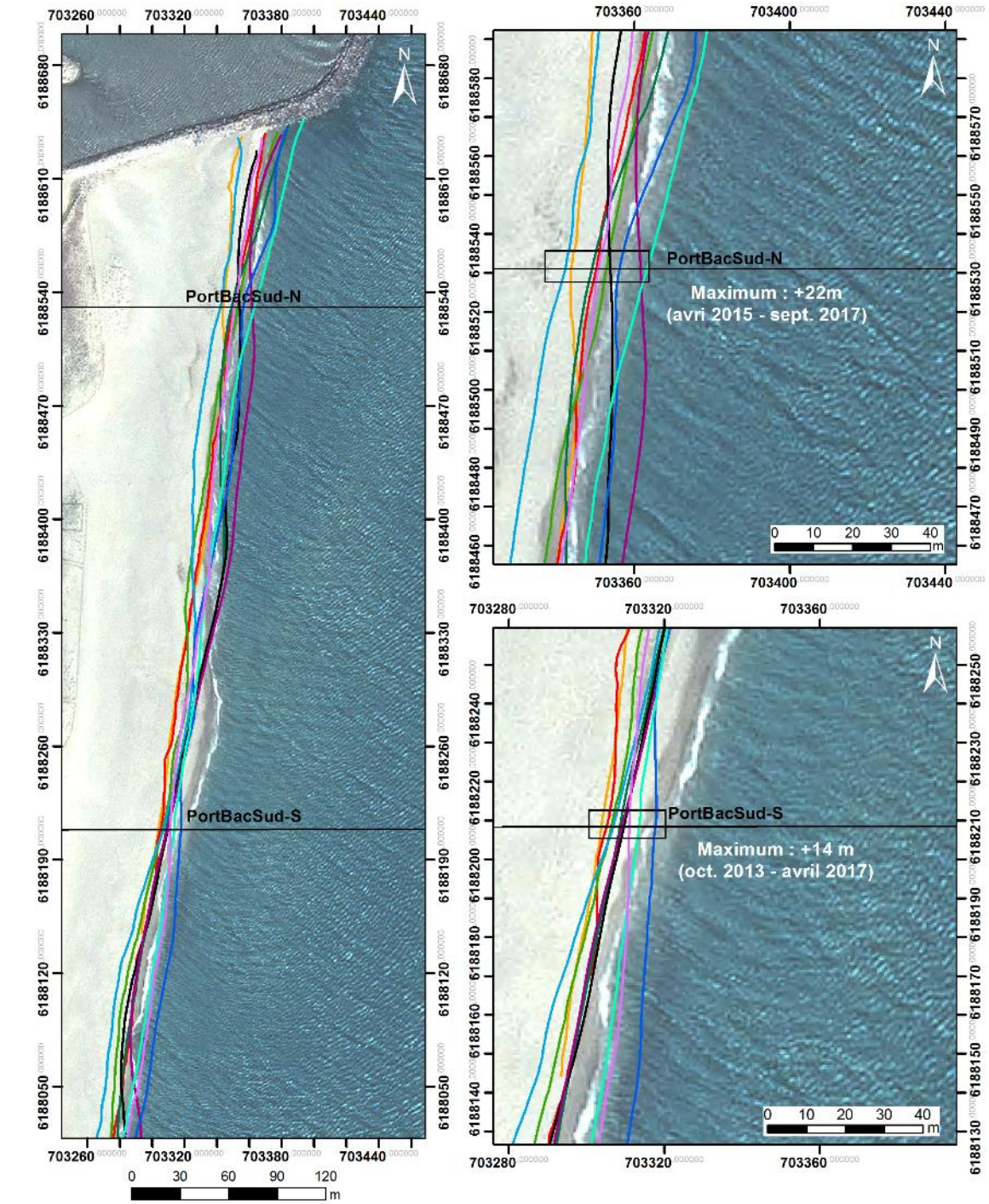


Illustration 116 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Port-Barcarès sud.

Les mouvements du trait de côte sur ce secteur ne sont pas les plus importants de la côte sableuse catalane malgré les prélèvements sableux ayant lieu régulièrement (Illustration 117). Les variations de la position du trait de côte sont historiquement plus importantes au nord du secteur. Après 2 périodes d'avancée du trait de côte sur cette partie nord (avril 2017 puis septembre 2017), le trait de côte présente un recul assez net à la sortie de l'hiver 2017/2018, mais sa position reste encore bien en avant de celle d'octobre 2013 ou d'avril 2015 (~20 m au nord et ~30 m au sud). Cette évolution est cependant à surveiller dans les années qui viennent.

Ce recul hivernal est probablement à mettre en relation avec la tempête importante de début mars 2018, dont les houles associées à une surcote importante, ont érodé les sédiments des petits fonds proches du trait de côte et les ont redéposés plus en arrière en constituant une nouvelle berme.



Traits de côte :

- | | | |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| — Avril 2018 | — Avril 2015 | — Profils de référence |
| — Septembre 2017 | — Septembre 2014 | |
| — Avril 2017 | — Avril 2014 | |
| — Septembre 2016 | — Octobre 2013 | |
| — Mai 2016 | | |
| — Septembre 2015 | | |

Source:

campagne OBSCAT
 oct13/avr14/sep14/avr15/sep15/mai16/
 sep16/avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Illustration 117 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Port-Barcarès Sud.

5.5.2. 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 permettent également une accumulation en amont-dérive des ouvrages et une érosion en aval dérive (Illustration 118).



Illustration 118 - Secteur de l'embouchure de l'Agly, profils de référence et prises de vue.

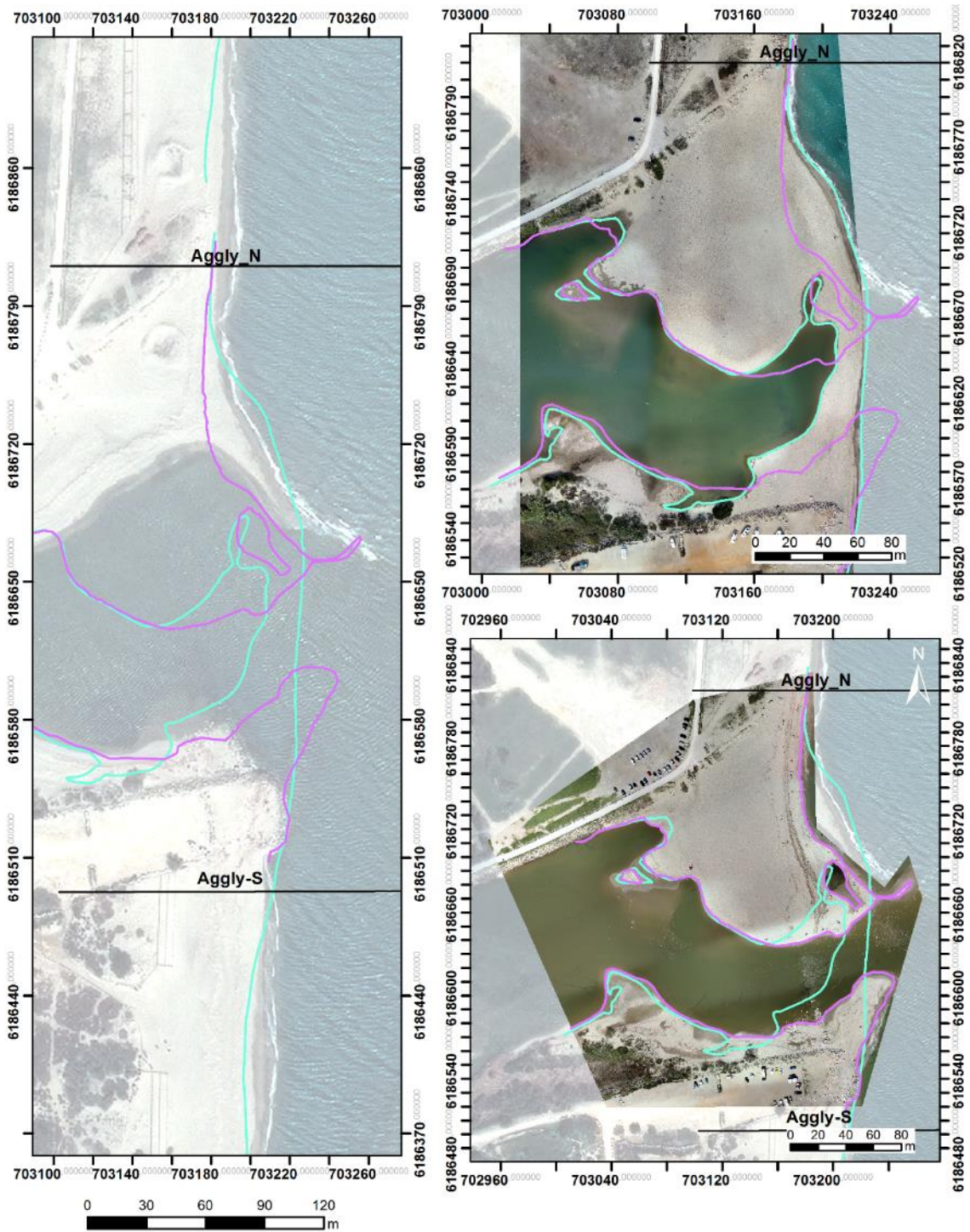
L'avant côte est caractérisée par une barre externe au droit de l'embouchure ainsi que par une barre interne qui est à une profondeur relativement faible (-1 m). Les crues et les tempêtes de l'hiver ont ouvert l'embouchure de l'Agly entre septembre 2017 et avril 2018.

Evolution saisonnière du trait de côte

Les embouchures font partie des zones les plus mobiles du littoral de l'ObsCat. L'ouverture de l'Agly lors de l'hiver 2017/2018 a grandement modifié l'apparence du trait de côte. Cette ouverture a engendré la formation de 2 langues sableuses faisant saillie sur le trait de côte général. Elles constituent une avancée d'environ 20 m du trait de côte au niveau de l'embouchure mais également un barrage au transit sédimentaire du Sud vers le Nord (Illustration 119). Ce blocage provoque en aval-dérive un recul de 20 m du trait de côte. Mais la position du trait de côte en avril 2018 est sensiblement la même quand avril 2017. Cependant, il n'y a pas d'avancée majeure en amont dérive.

Pour ce qui concerne l'embouchure interne, il n'y a pas eu, ou très peu, de modifications du trait de côte au cours de l'hiver 2017/2018.

En raison d'un problème technique apparu sur le levé photogrammétrique, il n'a pas été possible de restituer la topographie du secteur au nord et au sud des digues de l'Agly.



Source:
 campagne OBSCAT
 sep17/avr18
 Image (fond): Pléiades, IGN, 03-2015
 Images (embouchure): Ecocéanodrone 09/2017 et 04/2018
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Traits de côte :

- Avril 2018
- Septembre 2017
- Profils de référence

Illustration 119 - Carte des traits de côte entre Septembre 2017 et Avril 2018 pour le secteur de l'Agly.

Déplacements sédimentaires saisonniers

Durant l'hiver 2017/2018, la zone complète est marquée par une tendance à l'augmentation du volume sédimentaire (+26 508 m³) malgré une partie émergée qui s'érode (-2 647 m³) (Illustration 121). La majeure partie de cette accrétion correspond à la formation du delta lors de l'ouverture de l'embouchure. Ce delta quasi inexistant en septembre 2017 semble se déplacer vers le nord dans le sens de la dérive littorale du secteur (sud → nord) (Illustration 120). L'essentiel de l'érosion sur la partie émergée correspond à la percée et à l'érosion au cours de l'hiver de l'ancienne bande sableuse qui fermait l'embouchure en fin d'été 2017 lors d'un épisode de crue. On remarque également une avancée des crêtes de barres vers la côte sur l'ensemble du secteur (bien visible sur l'évolution du profil de référence sud), ainsi qu'une légère élévation sur les parties les plus au large peut-être en lien avec l'expulsion plus au large d'une partie du stock sédimentaire obstruant l'embouchure lors d'un épisode de crue (Illustration 120, Illustration 122 et Illustration 123).

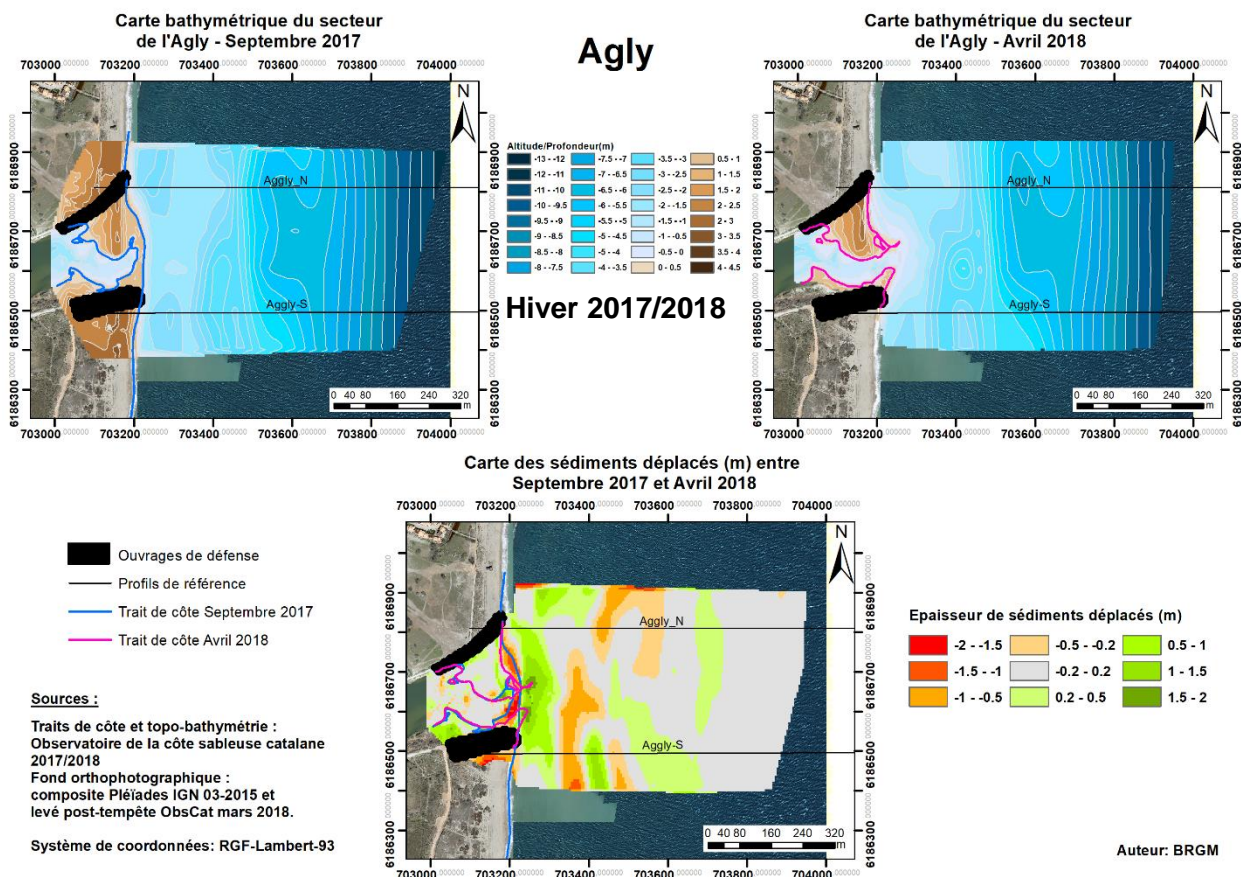


Illustration 120 - Cartes topobathymétriques de Septembre 2017 et d'Avril 2018 ; Carte des volumes déplacés au cours de l'hiver 2017/2018 entre Septembre 2017/ Avril 2018 pour le secteur de l'Agly.

Agly - Eté avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume(m3) +/-
Zone complète	-35 409	57 146	21 737	454 738	5	722
Zone immergée	-16 422	33 437	17 016	360 721	5	556
Embouchure et zone émergée	-18 987	23 709	4 722	94 016	5	167
Agly- Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-46 892	73 399	26 508	426 200	6	1 872
Zone immergée	-39 895	69 050	29 155	375 550	8	1 777
Embouchure et zone émergée	-6 996	4 349	-2 647	50 650	-5	95

Illustration 121- Tableau de synthèse des volumes de sédiments déplacés entre Avril 2017 et Avril 2018.pour le secteur de l'Agly

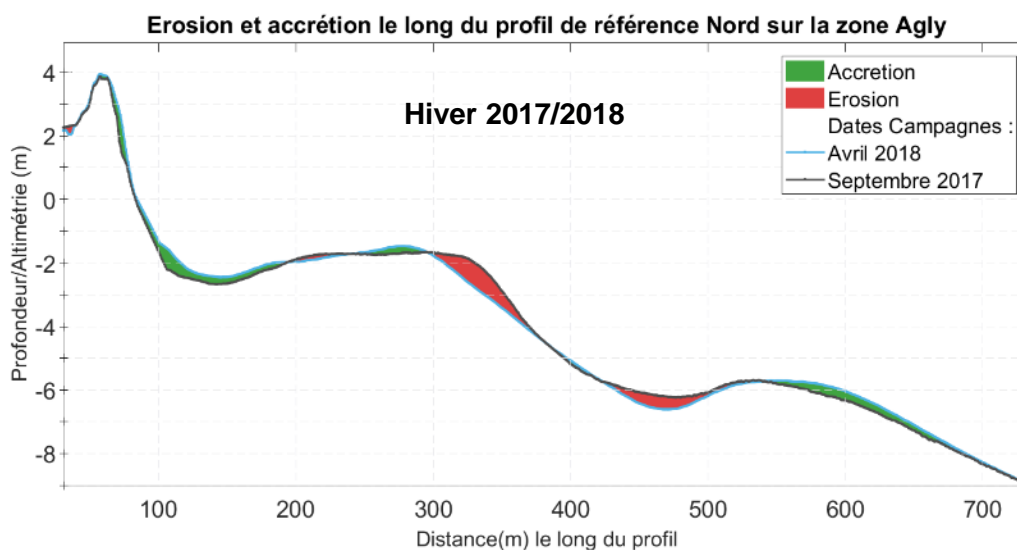


Illustration 122 - Profil Agly-N entre Septembre 2017 et Avril 2018.

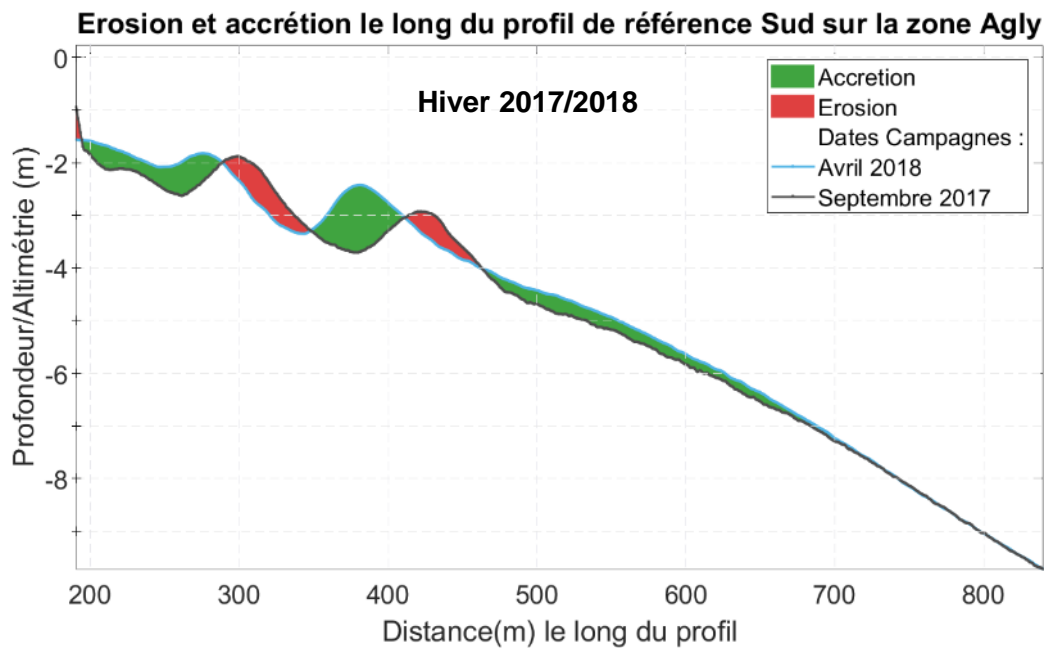
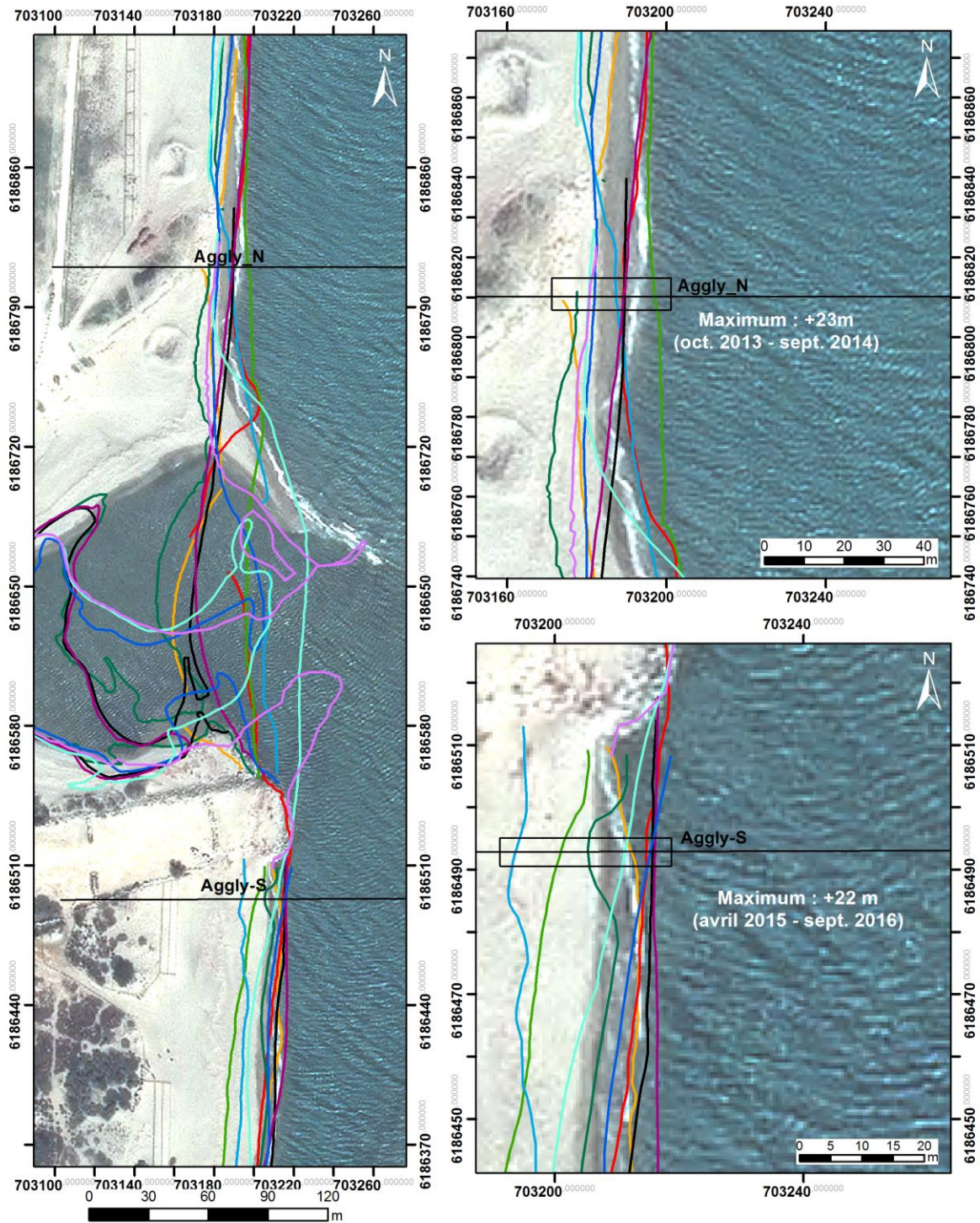


Illustration 123 - Profil Agly-S entre Septembre 2017 et Avril 2018.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

L'amplitude des oscillations du trait de côte varie toujours autour de 22 m au nord et au sud du secteur (Illustration 124). La position reste assez stable malgré des oscillations importantes d'une saison à l'autre (+/- 20 en 6 mois). Les mouvements du trait de côte au cœur de l'embouchure dépendent essentiellement de l'ouverture ou non de cette dernière. Les épisodes d'ouverture ont tendance à délinéariser le trait de côte « maritime ». On le voit bien à travers le suivi orthophotographique par drone du secteur réalisé depuis septembre 2014 (Illustration 125), les épisodes d'ouverture font avancer la position du trait de côte de part et d'autre à travers des flèches sableuses. En revanche, ces flèches ou langues sableuses ont tendance à créer une zone d'érosion en aval dérive. Les positions du trait de côte de l'embouchure en septembre 2017 et avril 2018 sont les plus avancées depuis octobre 2013 sur le secteur de l'Agly.



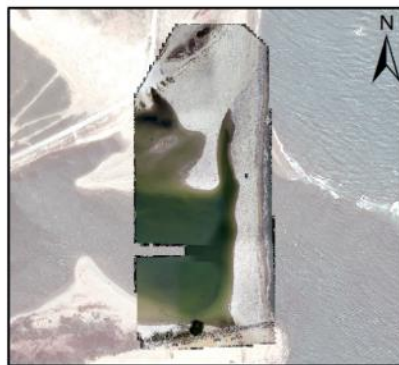
Traits de côte :

- | | | |
|------------------|------------------|------------------------|
| — Avril 2018 | — Avril 2015 | — Profils de référence |
| — Septembre 2017 | — Septembre 2014 | |
| — Avril 2017 | — Avril 2014 | |
| — Septembre 2016 | — Octobre 2013 | |
| — Mai 2016 | | |
| — Septembre 2015 | | |

Source:
 campagne OBSCAT
 oct13/avr14/sep14/avr15/sep15/mai16/
 sep16/avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Illustration 124 - Cartes des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de l'Agly.

Source : Ecoscéanodrone, 2014-2018. Campagne OBSCAT : 2014-2018. Pléiade 2015



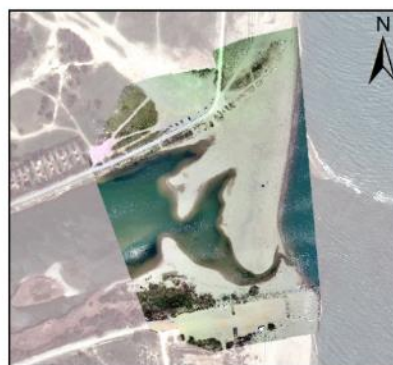
Septembre 2014



Avril 2015



Septembre 2015



Mai 2016



Septembre 2016



Avril 2017



Septembre 2017



Avril 2018

Illustration 125 - Orthophotographies aériennes de l'embouchure de l'Agly prises entre septembre 2014 et avril 2018. Entre 2014 et avril 2017 : levés par drone. Depuis septembre 2017 : levés par autogire.

5.6. CELLULE 8 - DE L'AGLY AU BOURDIGOU

Cette cellule comprend les secteurs de Torreilles et de l'embouchure du Bourdigou (Illustration 126). L'ensemble du littoral de la commune de Torreilles est inclus dans cette cellule.

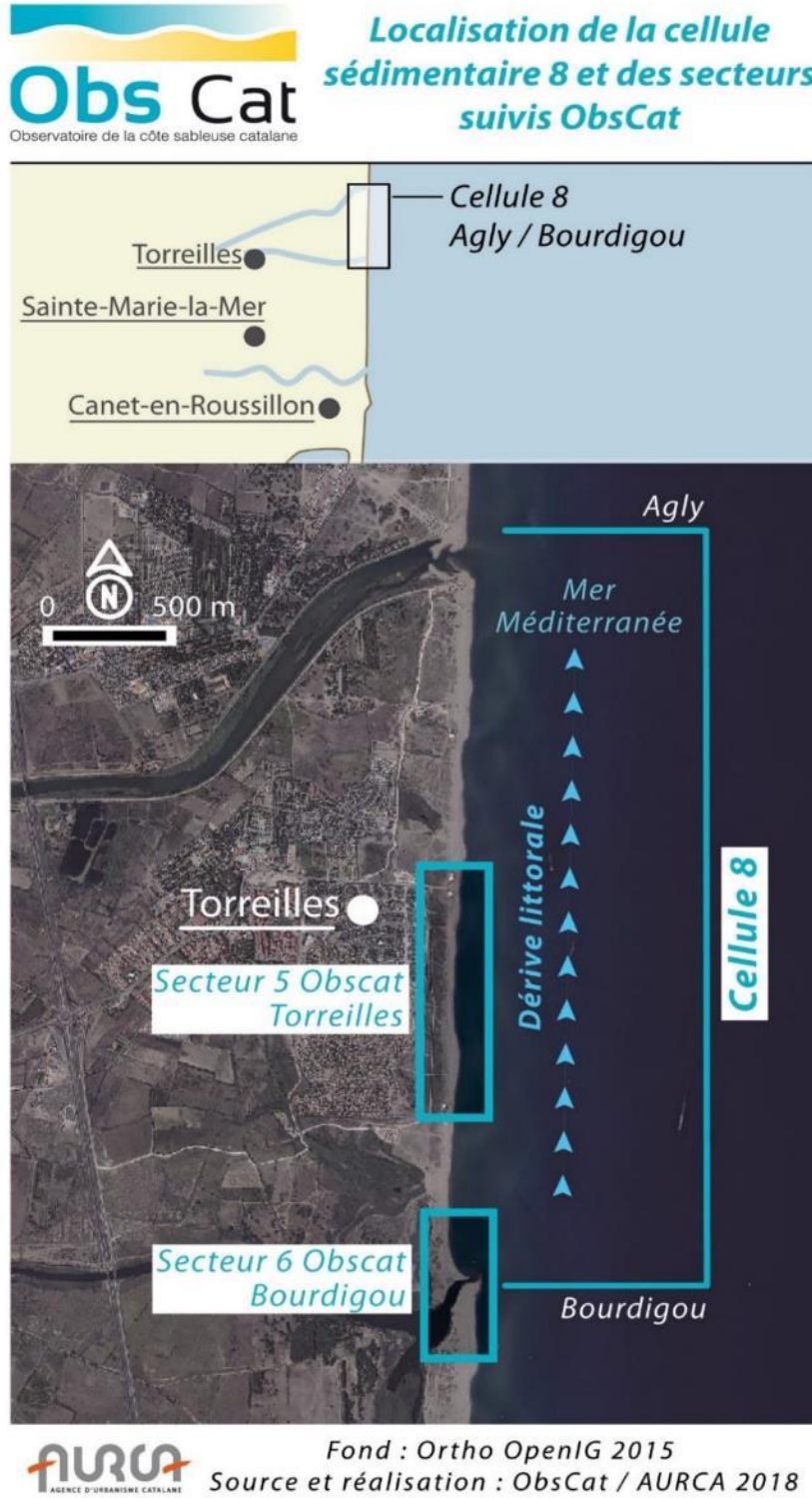


Illustration 126 - Localisation de la cellule hydrosédimentaire 8 et des secteurs de Torreilles et du Bourdigou.

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 de la ligne de rivage pour les deux premières et à environ 500 m pour la barre externe (AERMC et Université de Perpignan, 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 discontinuée 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, PMM ayant privilégié l'installation de ganivelles sur la commune de Torreilles pour conserver l'aspect naturel du site.

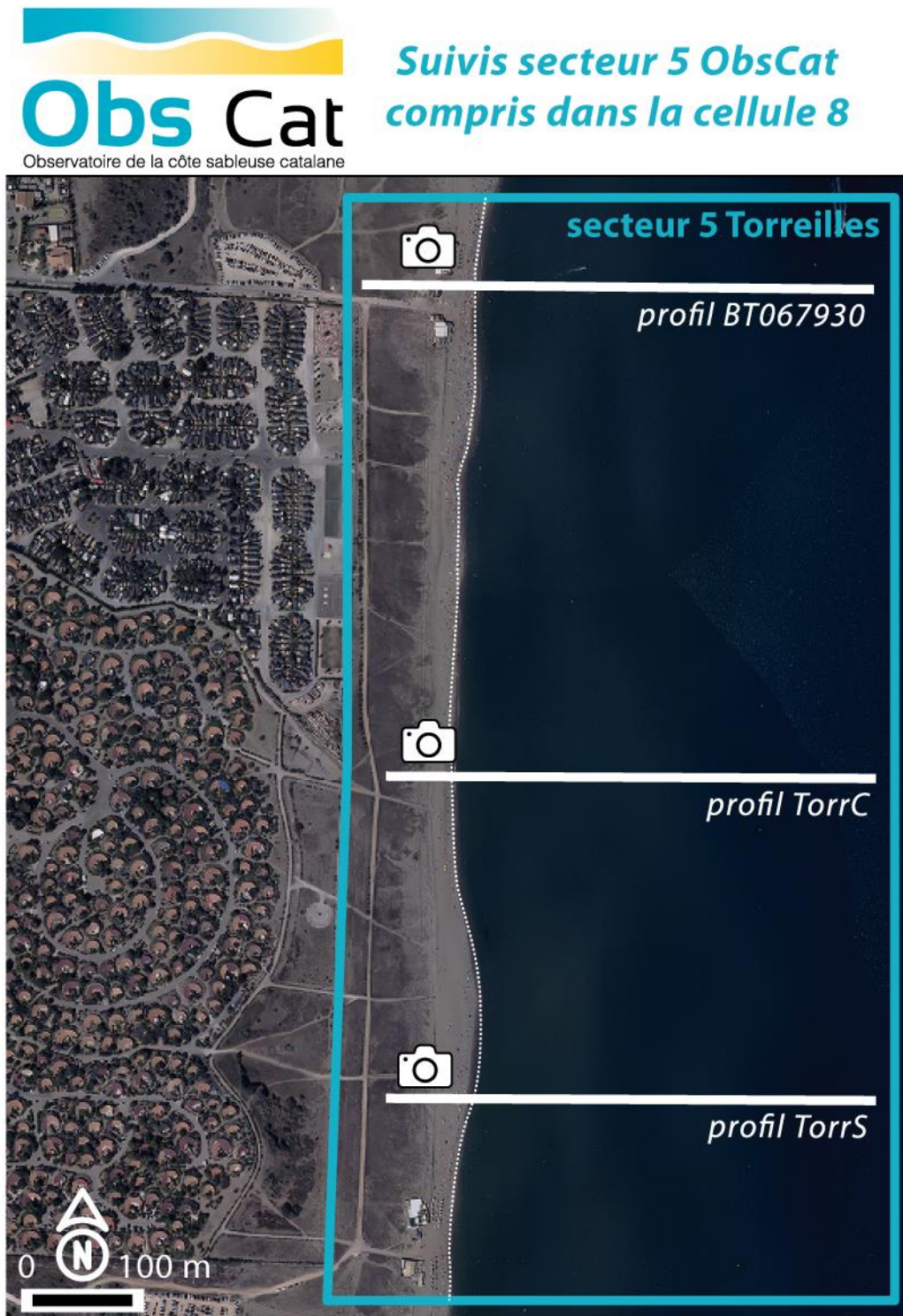
Cette cellule abrite un massif dunaire protégé par des ganivelles depuis 1998, dont la zone de protection s'est étoffée en 2009. Les plages de Torreilles sont soumises à des opérations de nettoyage mécanique deux à trois fois par semaine et tous les jours du 15 avril au 15 septembre. Ce nettoyage n'est cependant pas réalisé sur le trait de côte, ni sur le pied de dune, ni sur les secteurs trop étroits.

5.6.1. Torreilles

La plage de Torreilles (Illustration 127) est un secteur où les conditions d'évolution de la morphologie des barres sont relativement « naturelles » 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). Des travaux de restauration dunaire ont en effet été mis en œuvre par PMM en 2014 conformément au schéma directeur de protection du littoral de la Têt à l'Agly. Ils ont consisté en l'implantation d'un dispositif de piégeage du sable et de gestion de la fréquentation (ganivelles et lisses).

En règle générale, la plage est plutôt étroite au centre du secteur tandis qu'elle s'élargit au nord et au sud (Illustration 128, Illustration 129 et Illustration 130). Mais on verra cependant plus loin, que depuis le printemps 2017 la situation est différente, en particulier pour la partie centrale et le sud du secteur. Ces plages sont caractérisées par une pente relativement forte notamment sur le bas de plage par endroits.

Le système de barres internes est relativement complexe et fractionné avec selon les saisons 2 à 3 barres. Le système de barres suit un mouvement longitudinal vers le Nord qui induit un déplacement de crêtes et de 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, est relativement bien marquée au sud de secteur, avant de quasiment disparaître vers le centre, et enfin de réapparaître sur la partie nord.



Fond : Ortho OpenIG 2015
Source et réalisation : ObsCat / AURCA 2018

Illustration 127 - Secteur de Torrellas, profils de références et prises de vue.

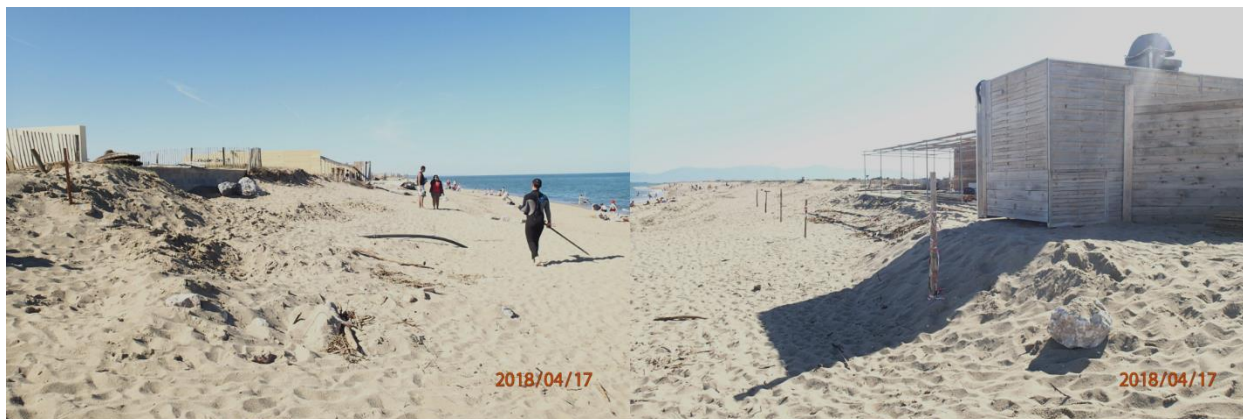


Illustration 128 - Secteur de Torrelles au niveau du profil topographique de référence BT067930 situé à l'extrémité Nord du site (Illustration 132). Vues prises lors de la campagne ObsCat du printemps 2018 le 17 Avril 2018 (à gauche vue vers le Nord, à droite vue vers le Sud)

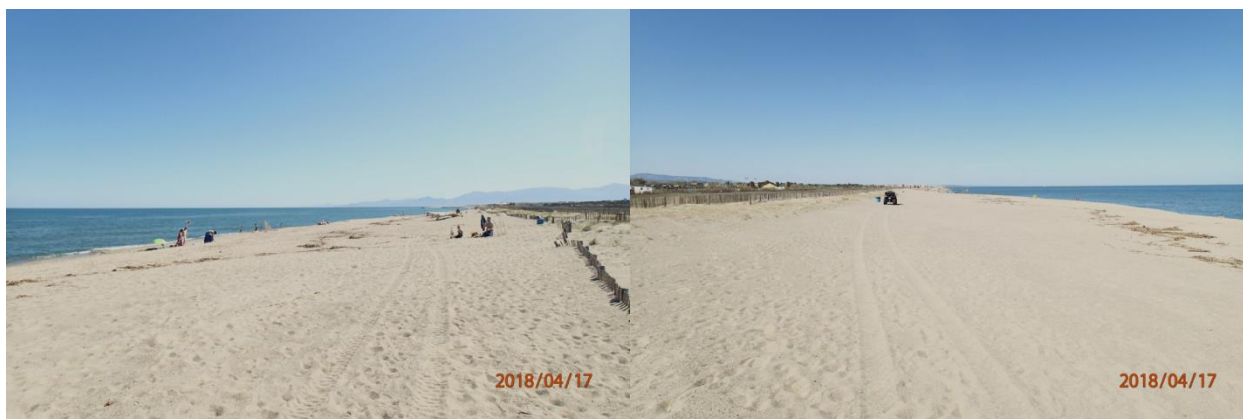


Illustration 129 - Secteur de Torrelles au niveau du profil topographique de référence TorrC situé au centre du site (Illustration 132). Vues prises lors de la campagne ObsCat du printemps 2018 le 17 Avril 2018 (à gauche vue vers le Sud, à droite vue vers le Nord).



Illustration 130- Secteur de Torrelles au niveau du profil topographique de référence TorrS situé au sud du site (Illustration 132). Vues prises lors de la campagne ObsCat du printemps 2018 le 17 Avril 2018 (à gauche vue vers le Sud, à droite vue vers le Nord).

Ce secteur reste un enjeu touristique avec la présence de campings et du village des sables en arrière des dunes qui sont entrecoupées de voies de passage pour les piétons (Illustration 132), ainsi que par l'installation de restaurants sur la plage. Le littoral de Torrelles est un secteur

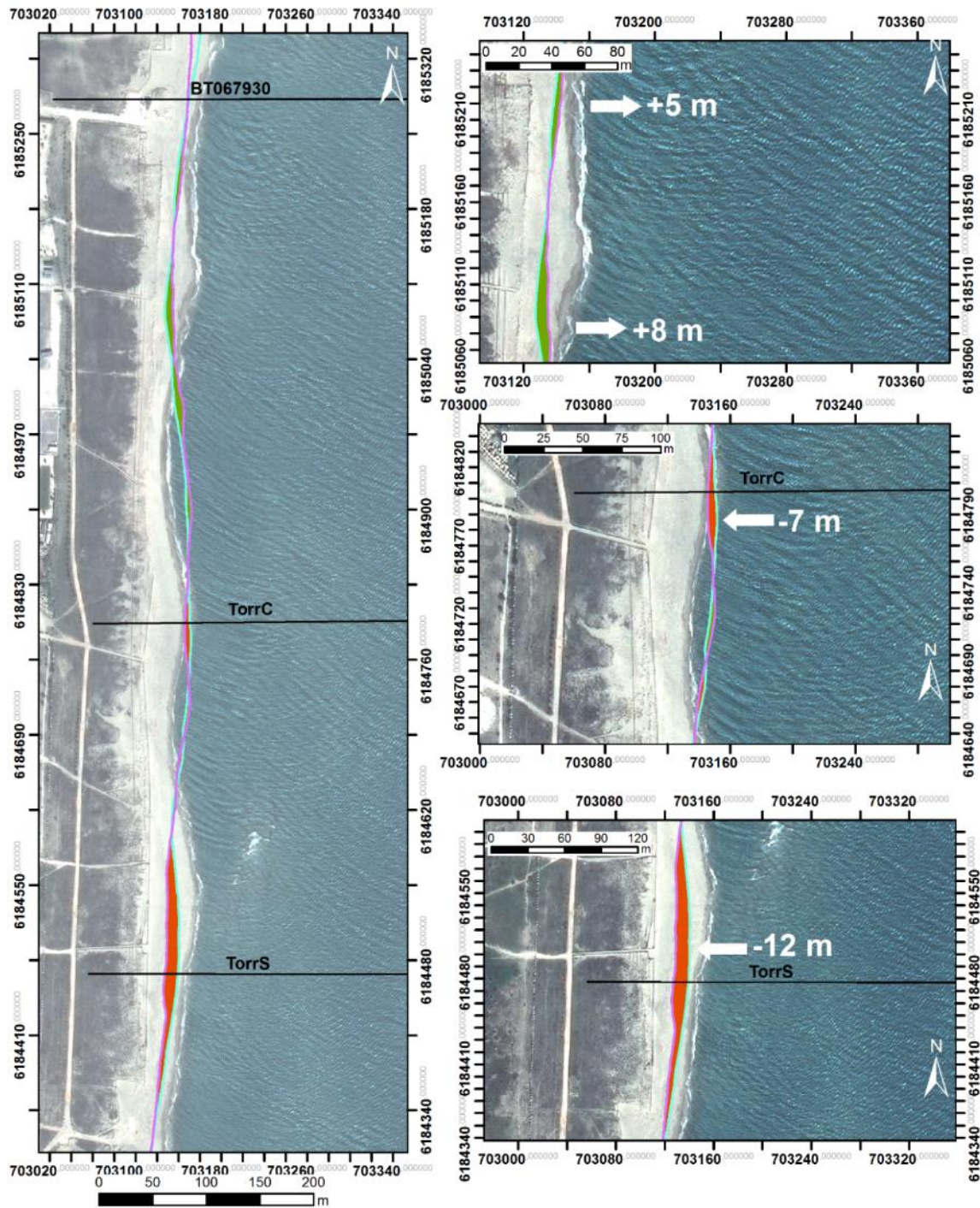
sensible aux risques d'érosion et de submersion marine comme le montrent les franchissements et les brèches dans le cordon dunaire apparues lors des différentes tempêtes et notamment celle du 1^{er} Mars 2018 (Illustration 131). Afin de limiter les impacts des tempêtes, le cordon dunaire a été réhabilité et mis en défens.



Illustration 131 - Photographies des dégâts au niveau du poste de secours de la plage nord (à gauche) et sur le système de ganivelles (à droite) après la tempête du 1^{er} Mars 2018. Source : photothèque ObsCat.

Evolution saisonnière du trait de côte.

Comparativement aux années passées l'hiver 2017-2018, est marqué par des mouvements du trait de côte de faible ampleur (Illustration 132). Le secteur est divisé en deux parties, une partie sud et centrale en recul, et une partie nord qui est en avancée modérée. L'avancée est de l'ordre de 5 m sur la partie nord tandis que le recul oscille autour de 10 m pour les parties sud et centrale. Les reculs les plus nets se situent le long des profils de référence sud et central, avec des régressions de -12 m et -7 m (Illustration 132).



Traits de côte :

- Avril 2018
- Septembre 2017

Evolution du trait de côte :

- Avancée
- Recul

— Profils de référence

Source:
campagne OBSCAT
avr17/sep17/avr18
Image: Pléiades, IGN, 03-2015
Système de coordonnées:
RGF-Lambert-93

Auteur: BRGM

Illustration 132 - Cartes des traits de côte et évolution entre Septembre 2017 et Avril 2018 pour le secteur de Torrellas.

Déplacements sédimentaires saisonniers

A l'issue de la période estivale (Avril 2017 à Septembre 2017) le bilan sédimentaire du secteur de Torrelles est positif avec un volume total de +28 502 m³ réparti sur l'ensemble du site (Illustration 134). Ces variations représentent une élévation moyenne de 4 cm sur le secteur. La partie émergée de ce dernier est en érosion avec une perte de -984 m³ de sédiments. On notera notamment l'érosion assez sensible au droit du profil de référence nord, corrélée avec un recul du trait de côte d'environ 15, et un gain assez important au nord du profil de référence central. Au total, les volumes mis en jeu représentent 96 772 m³.

La période hivernale (Septembre 2017 à Avril 2018), est marquée par des mouvements sédimentaires plus importants, représentant un total mis en jeu de 166 971 m³. Le bilan global de cette période est à nouveau à l'accrétion, avec un gain d'environ +13 000 m³ sur la zone complète. Le bilan sédimentaire de la partie émergée reste négatif avec une perte de -1903 m³ de sédiments.

Cette perte de sédiments se concentre au sud du site, au niveau du profil de référence sud, avec un affaissement de la plage 1,5 m au niveau du profil de référence Sud. Cette perte de sable se traduit également par un recul de 12 m du trait de côte (Illustration 133 et Illustration 137).

La grande majorité des mouvements sédimentaires hivernaux se situent sur la partie immergée de la plage. La barre externe migre vers le nord durant cette période. Le système de barre interne est beaucoup plus morcelé mais semble également migrer vers le Nord lors de l'hiver. Sur les profils de référence centre et sud cette migration se traduit par des successions perpendiculairement à la côte de sections en érosion (Illustration 136 et Illustration 137).

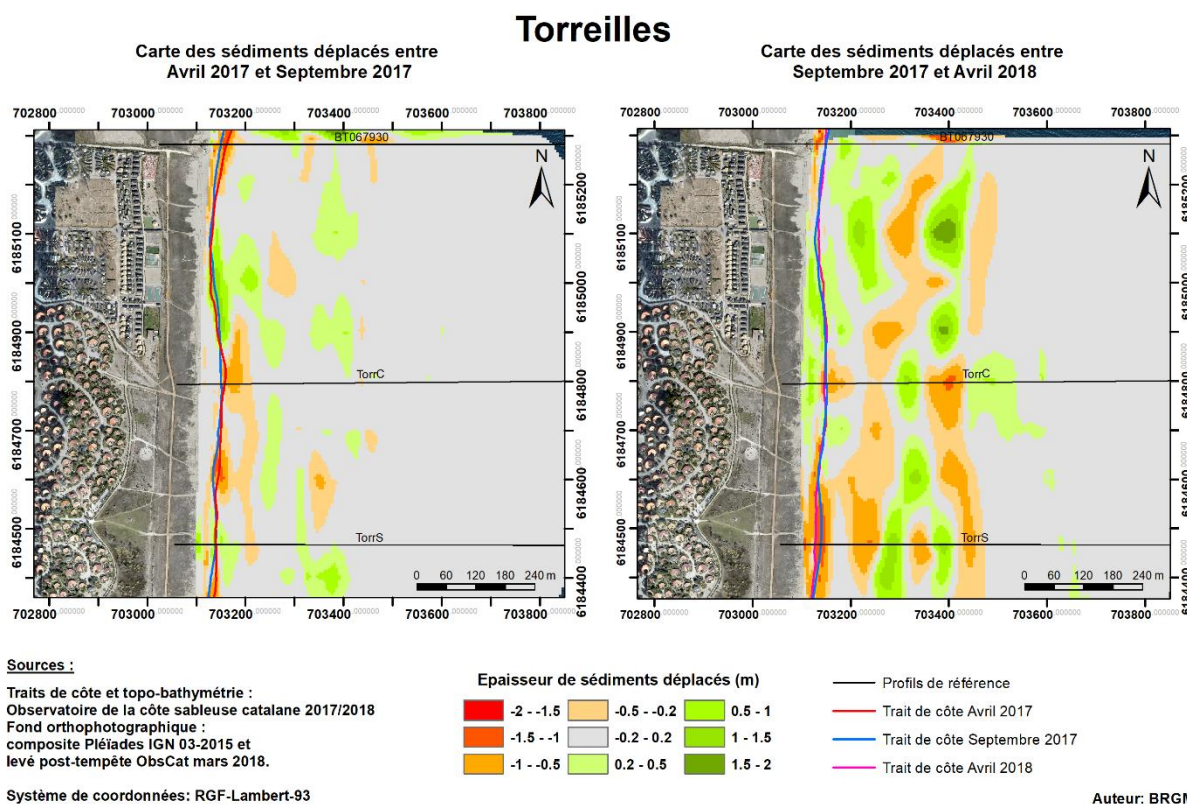


Illustration 133 - Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacés entre Avril 2017/Septembre 2017 et Septembre 2017/Avril 2018 pour le secteur de Torrelles.

Torreilles - Eté avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume(m3) +/-
Zone complète	-34 132	62 640	28 508	758 196	4	1 207
Zone immergée	-29 658	59 151	29 492	727 673	4	1 189
Zone émergée	-4 474	3 489	-984	30 523	-3	18
Torreilles- Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-76 704	90 267	13 563	768 100	2	2 392
Zone immergée	-69 365	84 831	15 466	736 650	2	2 383
Zone émergée	-7 339	5 436	-1 903	31 450	-6	9

Illustration 134 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Torreilles.

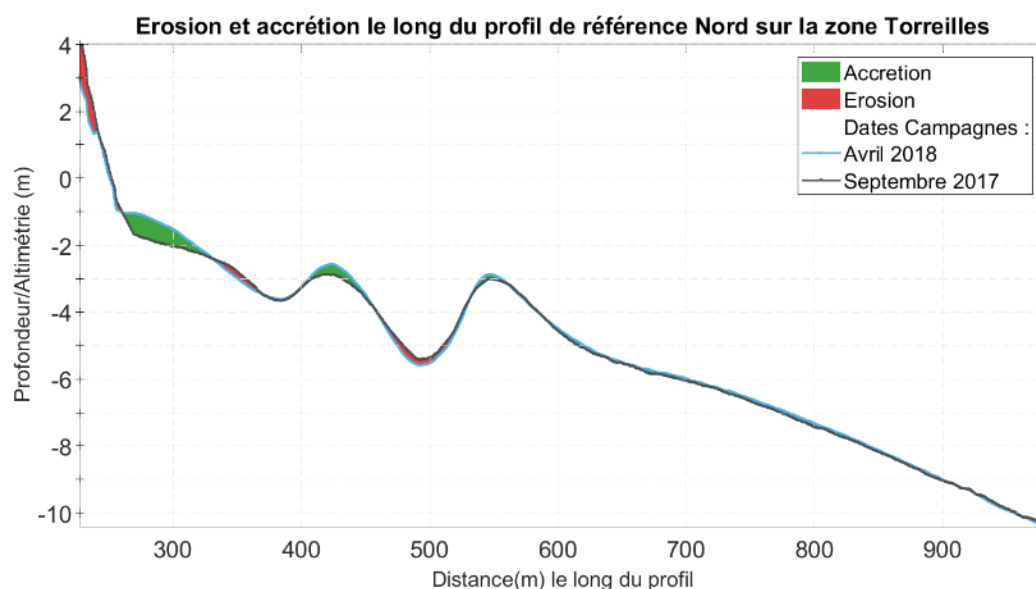


Illustration 135 - Profil BT067930, entre Septembre 2017 et Avril 2018.

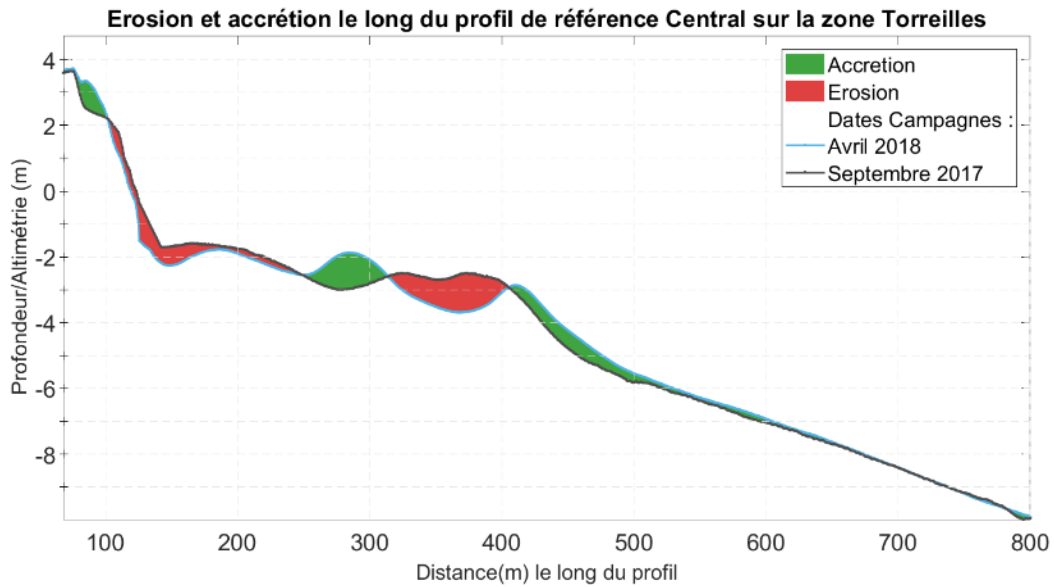


Illustration 136 - Profil TorrC, entre Septembre 2017 et Avril 2018

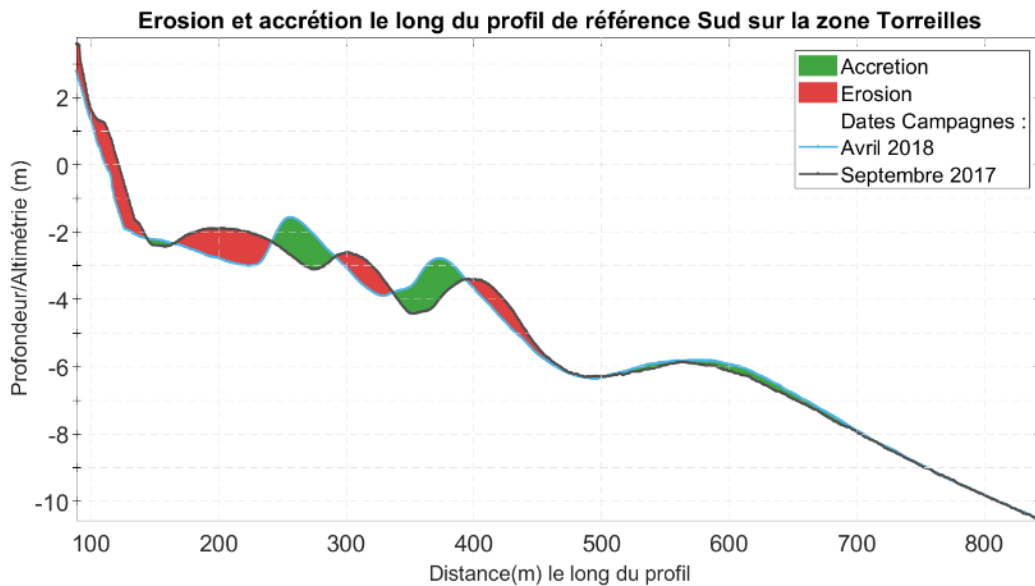


Illustration 137 - Profil TorrS, entre Septembre 2017 et Avril 2018

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte.

Entre octobre 2013 et avril 2018, le secteur de Torreilles a gagné près de 399 922 m³ de sédiments et semble se stabiliser depuis la forte accumulation de l'hiver 2014-2015 (Illustration 138). Le léger démaigrissement de l'ensemble du site constaté lors de l'hiver 2016-2017 semble avoir été compensé cette année. La plage émergée a vu son volume de sédiment croître de +14 289 m³ avec un pic lors de l'hiver 2016-2017 lié à l'accolement de la barre interne sur le trait de côte. Pour la première fois depuis 2013, la plage s'est érodée durant l'hiver. La tempête du 1^{er} mars 2018 peut-être un facteur responsable de cette érosion.

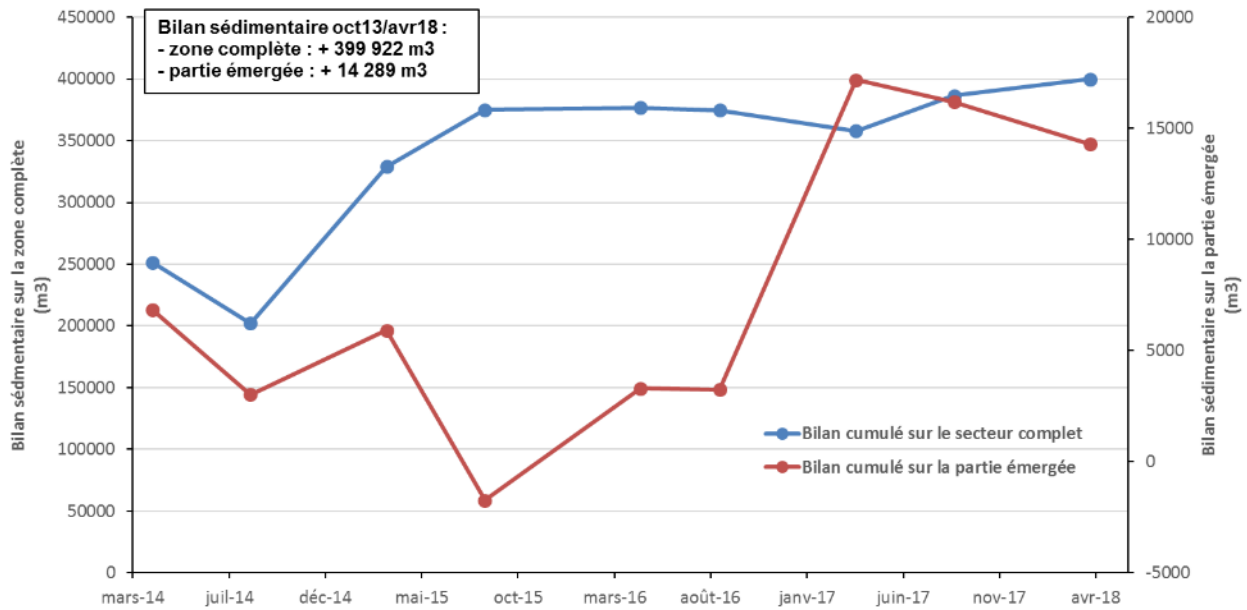
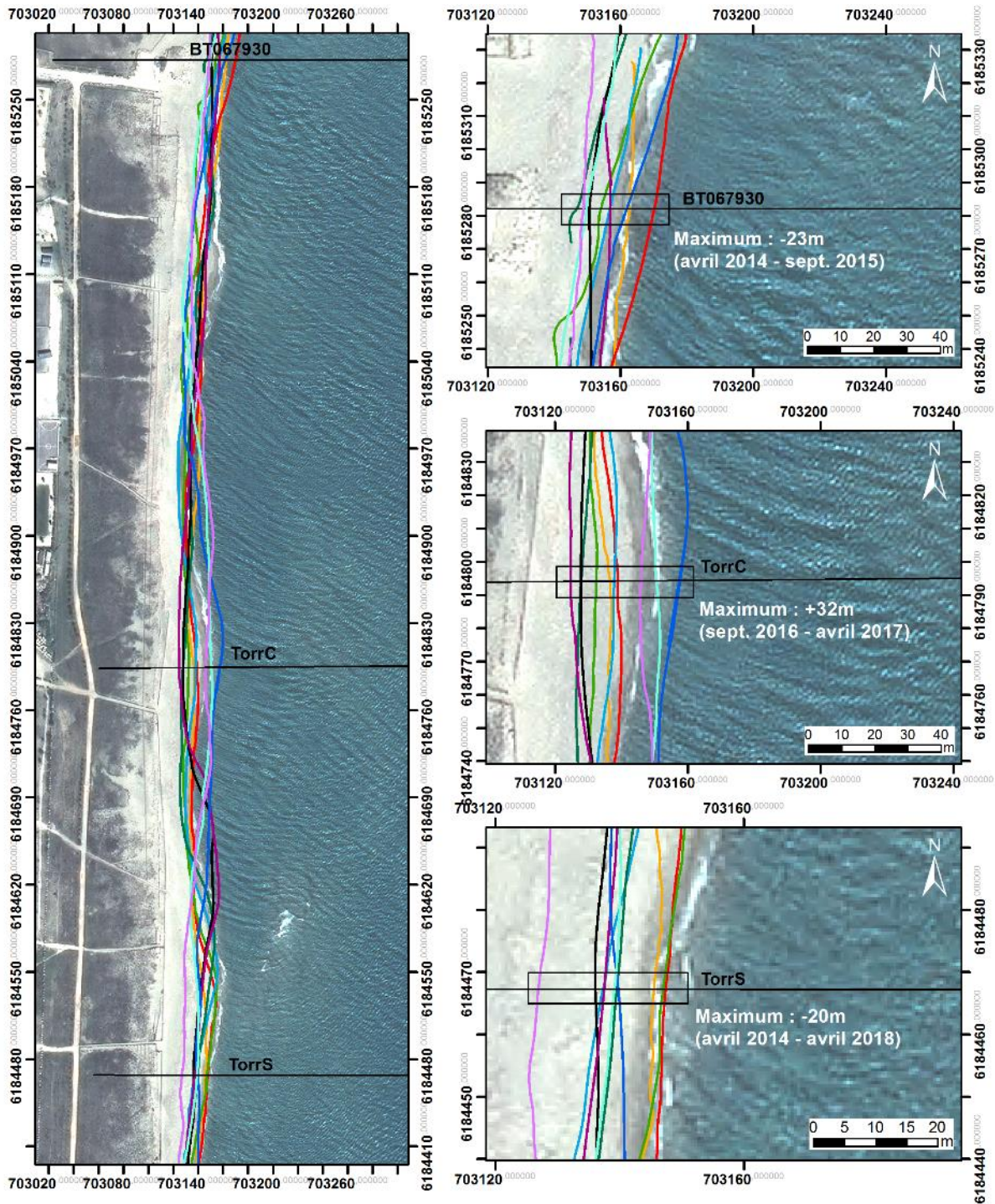


Illustration 138 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Torreilles.

On a vu plus haut, en introduction de ce secteur, que la plage avait une tendance à présenter une partie centrale étroite et une partie sud et nord plus larges. Mais on constate au printemps 2017, au niveau du profil central tout du moins, un important élargissement d'un peu plus de trente mètres, tandis que les secteurs sud et nord ont au contraire tendance à perdre de la largeur de plage : -20 m au Sud par rapport aux positions les plus avancées observées en 2013-2014 et environ -15 m au Nord entre avril 2017 et avril 2018 (Illustration 139).

A l'issue de ce dernier hiver, la partie centrale a reculé et le recul au sud s'est fortement accentué. Globalement, on constate donc une évolution variable selon les secteurs, et dans le temps, avec parfois des oscillations assez importantes. Ceci est lié au fait que l'évolution du secteur de Torreilles est fortement dépendante du mouvement des barres sous-marines. Elles forcent les migrations longitudinales des sinuosités de plages et expliquent ces disparités d'évolutions du trait de côte long de la plage, avec parfois des inversions de tendances. On observe ainsi le déplacement progressif des points d'érosion et d'accrétion vers le nord sous l'action des houles dominantes de sud-est.

La plage de Torreilles, avec des pentes fortes et des profondeurs importantes rapidement atteintes (-2,50 m à 20 m du rivage) (Illustration 136) est particulièrement vulnérable aux aléas érosion et submersion. Cette morphologie accentue la puissance du déferlement sur la plage, par faible dissipation d'énergie des vagues sur l'avant-côte. Ce déferlement pouvant être important lors des tempêtes, le trait de côte ainsi que le cordon dunaire peuvent être en conséquence plus lourdement impactés.



Traits de côte

- | | | | | | |
|--|----------------|--|----------------|--|----------------------|
| | Avril 2018 | | Septembre 2015 | | Profils de référence |
| | Septembre 2017 | | Avril 2015 | | |
| | Avril 2017 | | Septembre 2014 | | |
| | Septembre 2016 | | Avril 2014 | | |
| | Mai 2016 | | Octobre 2013 | | |

Source:
 campagne OBSCAT
 oct13/avr14/sep14/avr15/sep15/mai16/
 sep16/avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Illustration 139 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Torrelles.

Suivi in-situ de la végétation dunaire

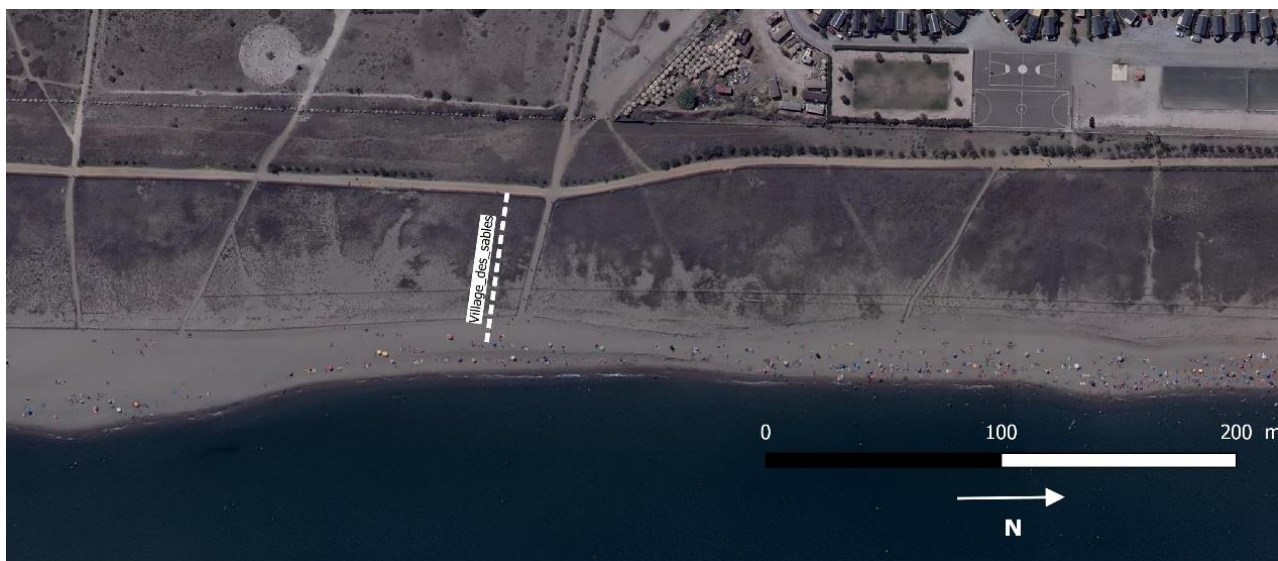


Illustration 140 - Localisation du transect village des sables à Torrelles

Le recouvrement végétal du transect Village des sables est progressif depuis 2016, pour atteindre la moyenne de 83% en 2018. Il s'agit du plus fort taux moyen observé en raison de 7 casiers de dune fixée recouvert à 100%.

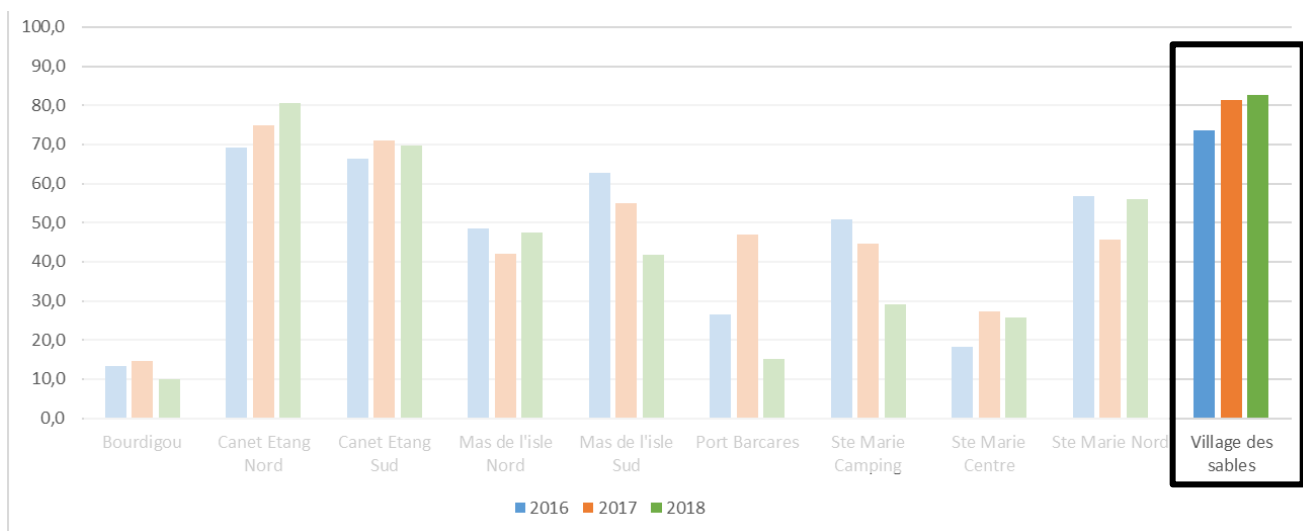


Illustration 141 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement sur le transect Village des sable entre 2016 et 2018

Le nombre d'espèces comptées dans les casiers du transect Village des sables est en légère régression (de 7 en 2017 à 6,5 en 2018). Ce résultat rentre toutefois dans la marge d'erreur et la situation reste très satisfaisante.

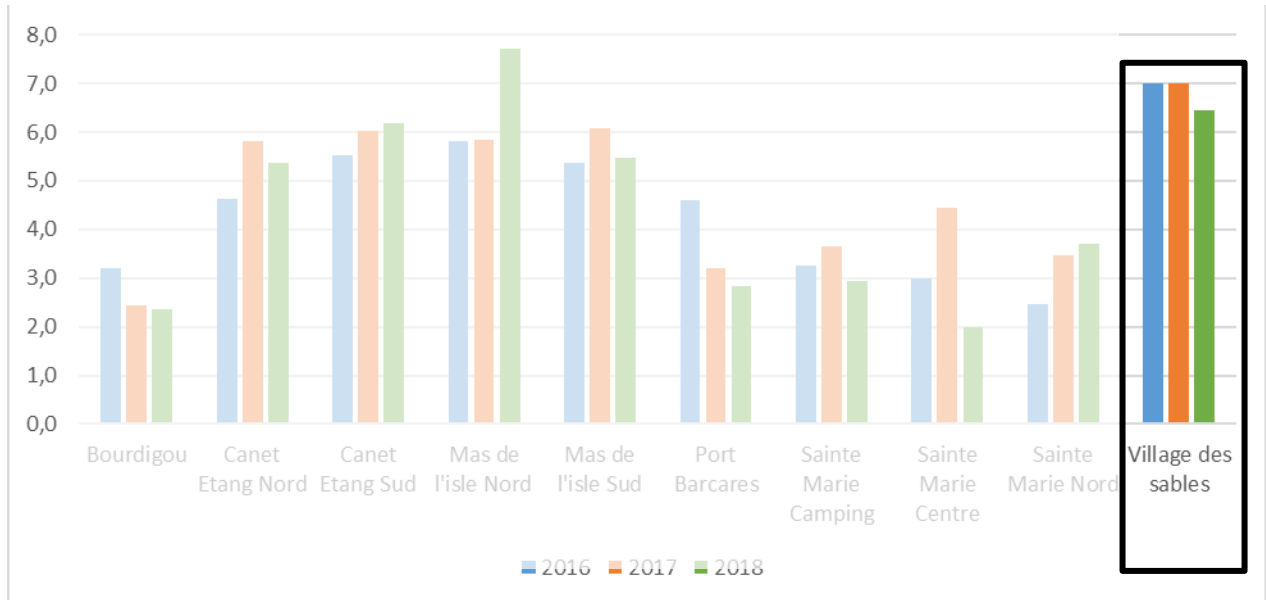


Illustration 142 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur le transect Village des sables entre 2016 et 2018

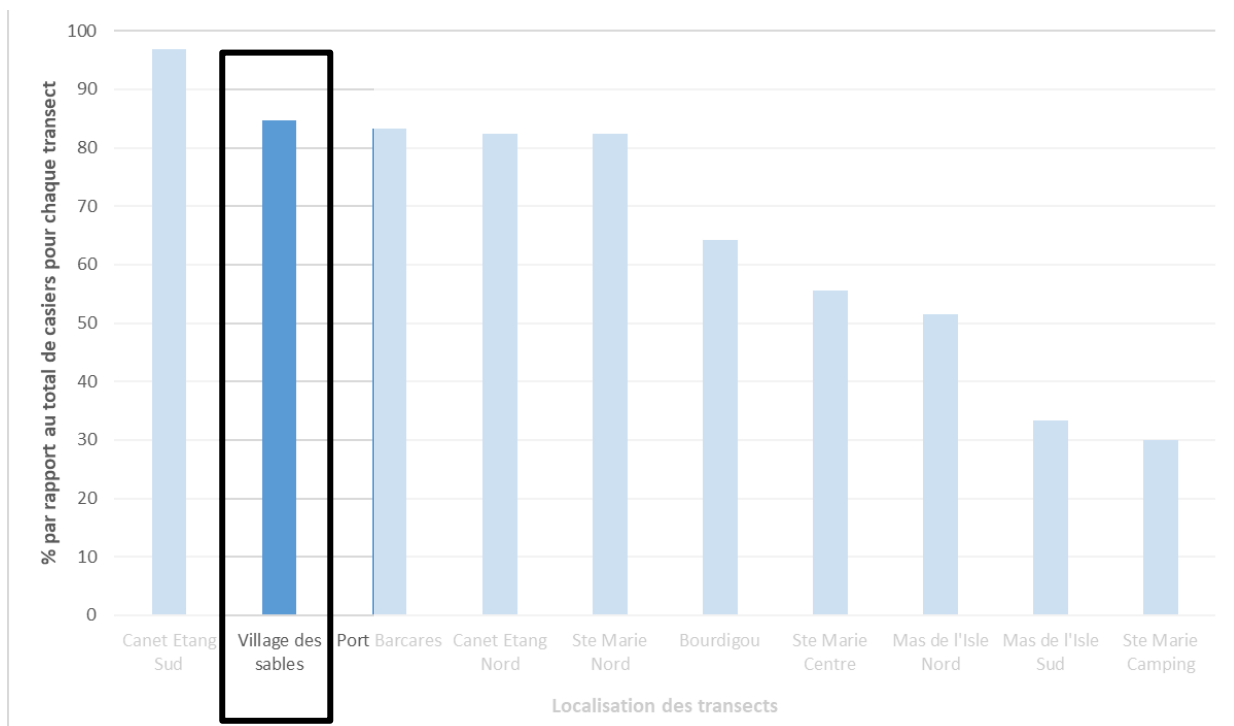


Illustration 143 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur le transect Village des sables

Au village des sables on compte 85% de casiers contenant une espèce patrimoniale, le raisin de mer (ci-contre), qui caractérise notamment la dune fixée. Ce transect est celui qui compte le plus d'œillet de catalogne puisqu'il est présent dans 6 casiers sur 7.



Illustration 144 – Raisin de mer sur la dune fixée

D'un point de vue biologique ce secteur est bien conservé. L'effort de mise en défens en front dunaire mais également en arrière-dune a porté ses fruits.

5.6.2. Embouchure du Bourdigou

Les digues installées depuis 1976 ont stabilisé l'embouchure du Bourdigou tout en perturbant le transit sédimentaire (Illustration 145). On constate pourtant, depuis 2013, des alternances de périodes d'érosion et d'accrétion au sud et au nord de l'embouchure.



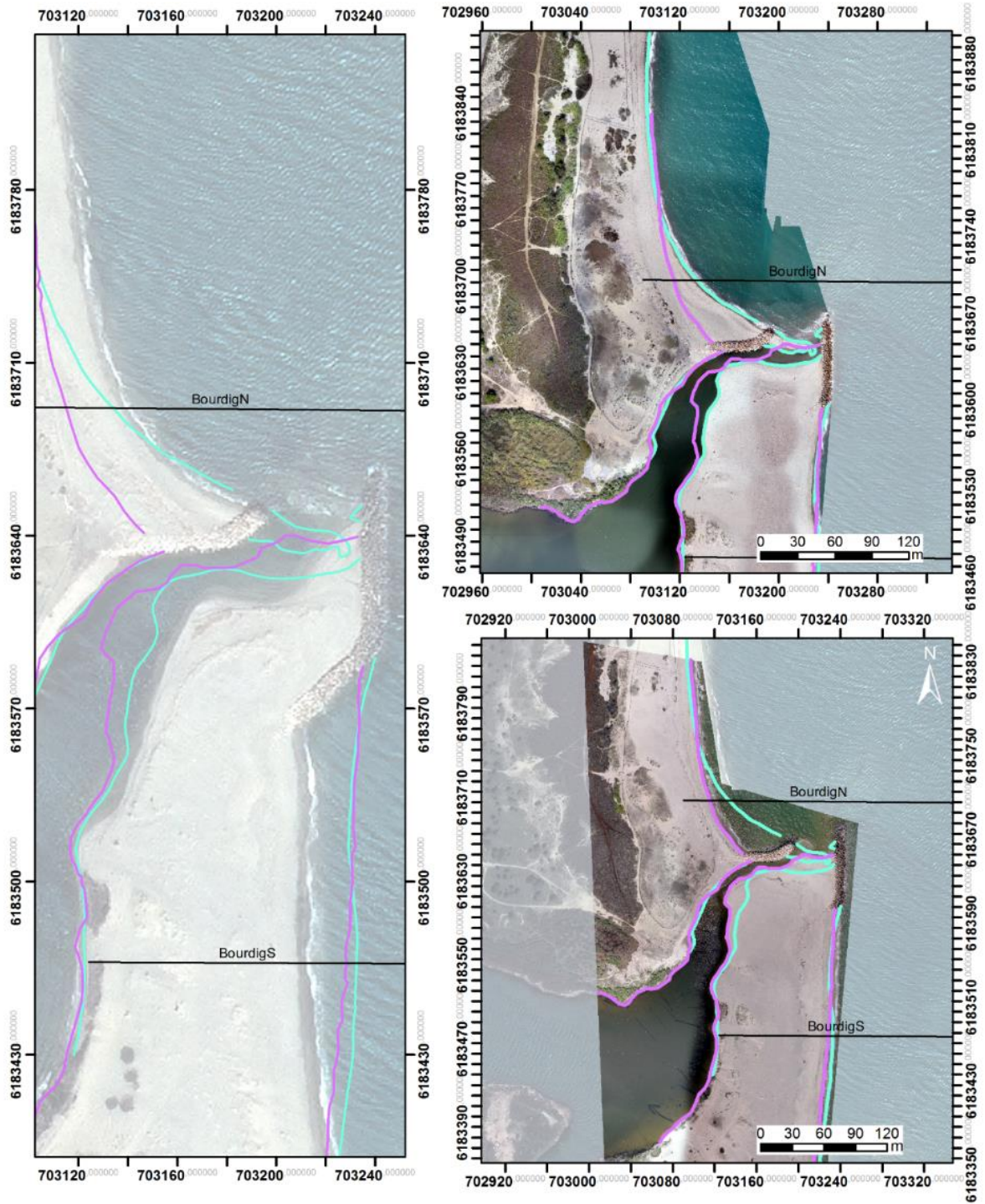
Illustration 145 - Secteur de l'embouchure du Bourdigou, profils de référence et prises de vues

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. La plage nord est nettement plus étroite qu'au sud, la pente du haut de plage est assez prononcée.

Evolution saisonnière du trait de côte.

Au cours de l'hiver 2017/2018, au nord de l'embouchure, la berme a grandement reculée (-30 m) le long de la digue Nord (Illustration 146). La largeur de l'embouchure s'est réduite tandis que sa flèche sud s'est élargie. En avril 2018, les enrochements de la digue nord sont entourés d'eau. La flèche sableuse qui obstruait l'embouchure entre les deux ouvrages de défense en Septembre 2017 a disparu. La façade marine sud est restée plutôt stable, la flèche sud s'est engraisée et a migré d'une dizaine de mètres vers le Nord.



Traits de côte:

- Avril 2018
- Septembre 2017
- Profils de référence

Source:
 campagne OBSCAT
 sep17/avr18
 Image (fond): Pléiades, IGN, 03-2015
 Images (embouchure): Ecocéanodrone 09/2017 et 04/2018
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Illustration 146 - Carte des traits de côte et évolution de Septembre 2017 à Avril 2018 pour le secteur du Bourdigou.

Déplacements sédimentaires saisonniers

La partie émergée du site est restée stable durant l'hiver 2017/2018 avec seulement une perte d'environ -1300 m³ de sable concentrée au nord de l'embouchure (Illustration 147 et Illustration 148). Le rétrécissement de l'embouchure le long de la digue nord se traduit par une enveloppe de d'accrétion sur la flèche sud de l'embouchure.

L'essentiel des mouvements hivernaux se situe dans la partie sous-marine, avec notamment des mouvements des barres importantes. L'ensemble des barres s'est élevé. Les barres internes reculent sur la partie nord du site, cela se voit notamment le long du profil de référence Nord (Illustration 149). Une dynamique inverse semble avoir opérée sur la partie sud avec une avancée des barres internes (Illustration 150). Au nord comme au sud, la position cross-shore de la barre externe ne semble pas bouger lors de l'hiver 2017-2018.

En revanche, sa profondeur diminue d'environ 20 cm sur l'ensemble du site. A la sortie de l'hiver, la partie bathymétrique a vu son stock sédimentaire augmenter d'environ +9 000 m³ (Illustration 148).

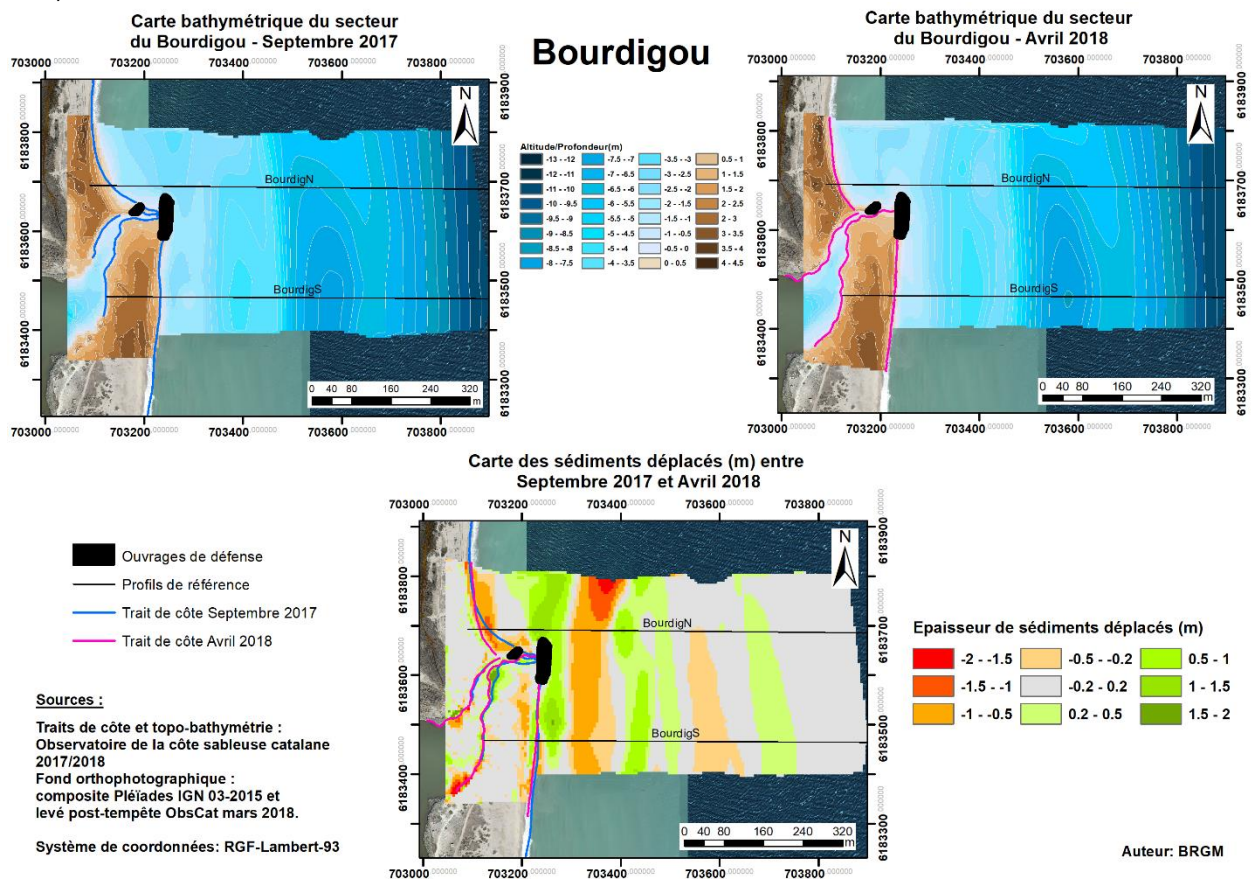


Illustration 147 – Cartes topobathymétriques de Septembre 2017 et d'Avril 2018 ; Carte des volumes déplacés entre Septembre 2017/ Avril 2018 pour le secteur du Bourdigou.

Bourdigou - Eté avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume(m3) +/-
Zone complète	-19 865	57 614	37 749	316 700	12	2 691
Zone immergée	-6 904	44 966	38 062	264 500	14	95
Embouchure et zone émergée	-12 961	12 648	-314	52 200	-1	2 596
Bourdigou- Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-46 864	54 755	7 891	348 775	2	1 431
Zone immergée	-37 248	46 486	9 238	280 300	3	1 275
Embouchure et zone émergée	-9 617	8 269	-1 348	68 475	-2	156

Illustration 148 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de l'embouchure du Bourdigou.

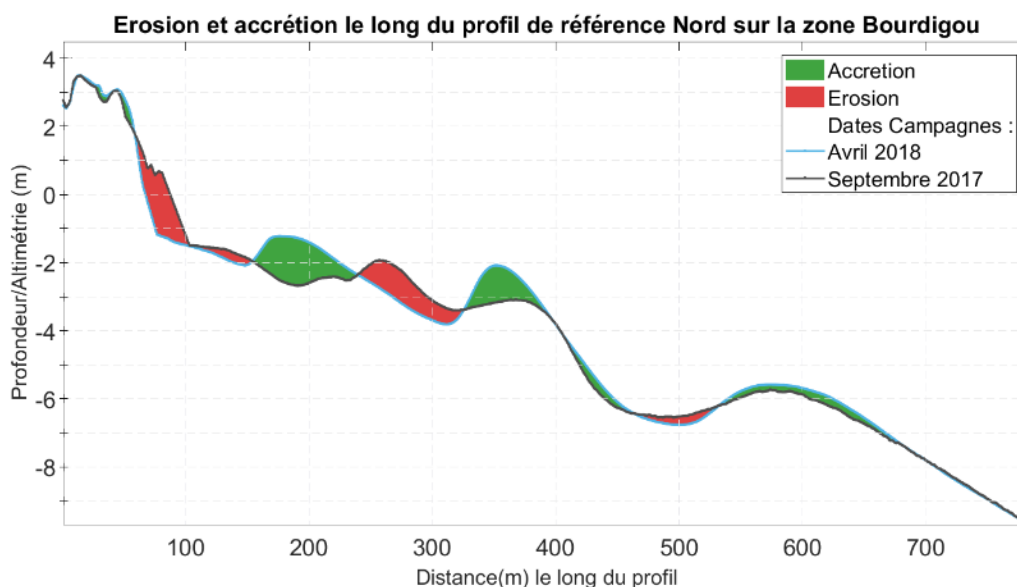


Illustration 149 - Profil de référence Bourdigou, entre Septembre 2017 et Avril 2018.

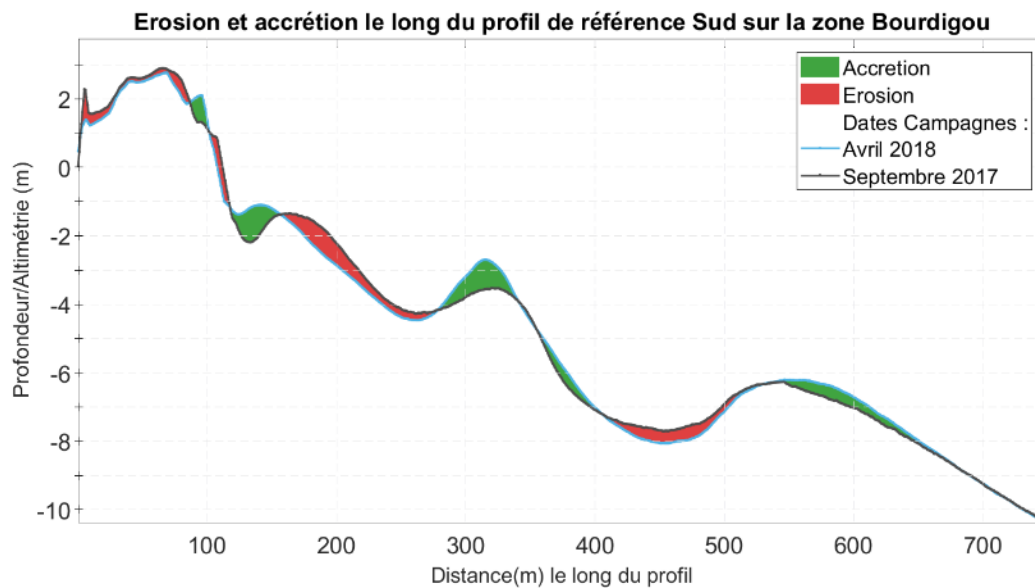


Illustration 150- Profil de référence BourdigS, entre Septembre 2017 et Avril 2018.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Au nord du secteur, l'évolution interannuelle montre une alternance dans les positions du trait de côte. Depuis 2013, la partie nord tend à reculer avec un maximum de recul atteint en avril 2018 avec près de 33 m perdu par rapport à octobre 2013 (Illustration 152). Les reculs du trait de côte se déroulent généralement lors des périodes hivernales. A contrario, le sud du secteur voit son trait de côte s'avancer et se linéariser le long de la digue sud de l'embouchure (élargissement de la plage de 29 m entre octobre 2013 et septembre 2017, Illustration 152). L'embouchure tend à se remplir depuis 2013, la migration de la flèche sud vers le nord rétrécit la largeur de l'embouchure depuis 2013.

En termes de volume, malgré la forte érosion sur la partie nord du site, la zone émergée comprenant l'embouchure accumule des sédiments depuis 2015 (Illustration 151). Cette année, la zone émergée a perdu un volume sableux à hauteur de -1 500 m³. La zone complète a connu un gain important durant l'été 2017 avec près de +30 000 m³. A la sortie de l'hiver, le bilan de la zone complète reste à l'accrétion avec environ 7 000 m³ de sédiments apportés au sein du site. Cet apport de sédiments remonte le budget sédimentaire total qui était en tendance baissière depuis septembre 2015.

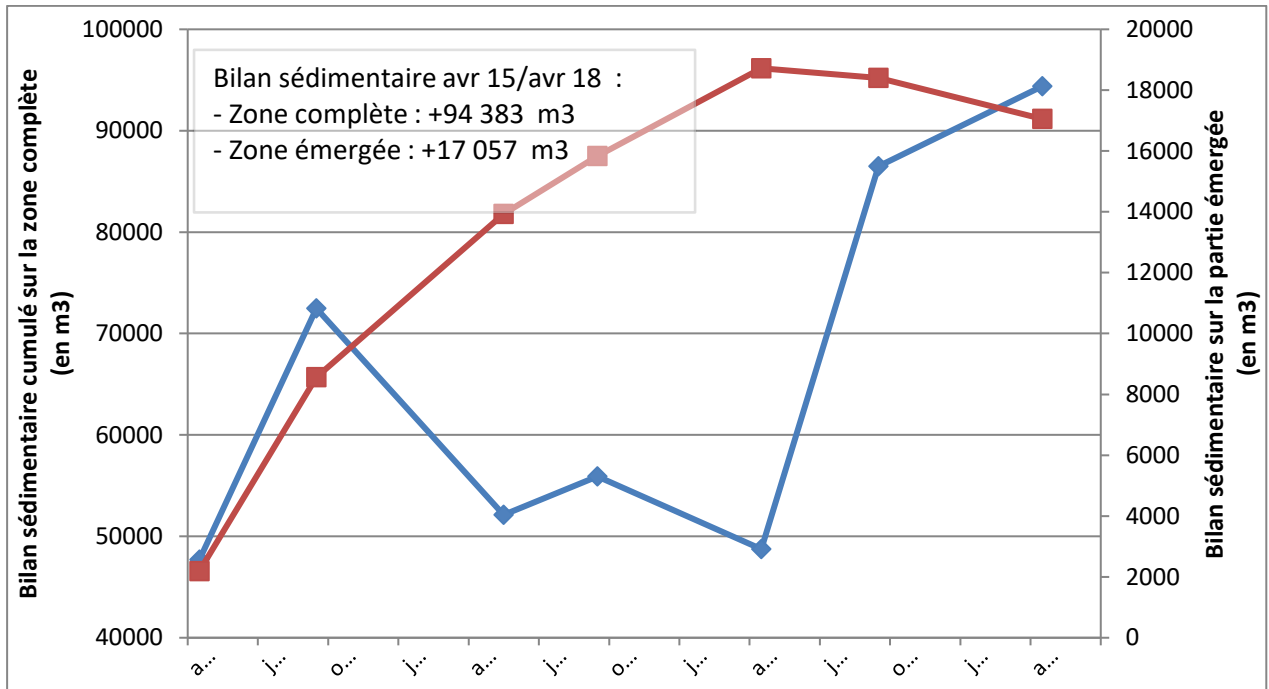
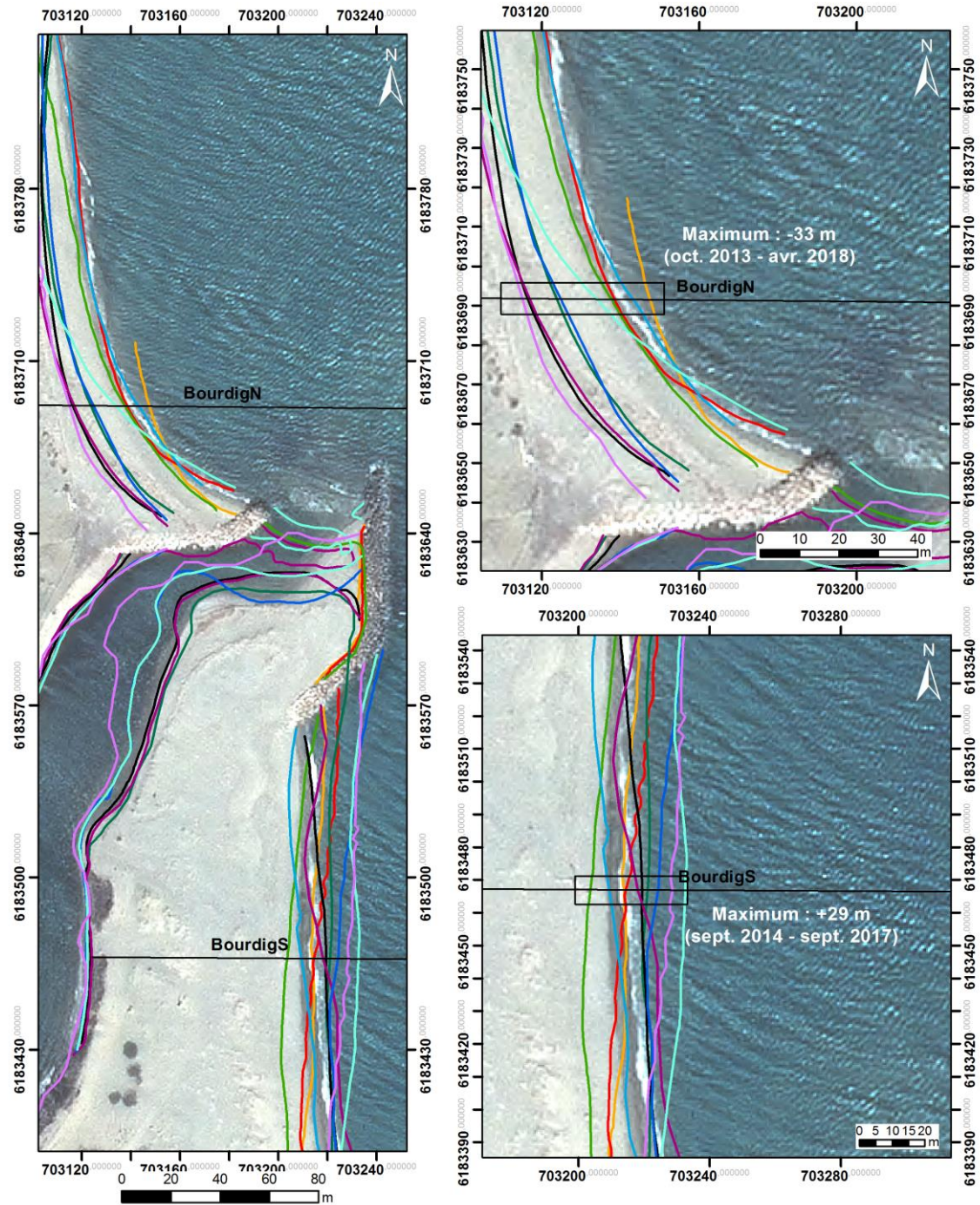


Illustration 151 - Bilans sédimentaires cumulés des zones complètes et émergées entre avril 2015 et avril 2018 pour le secteur du Bourdigou



Traits de côte :

- | | | |
|------------------|------------------|------------------------|
| — Avril 2018 | — Avril 2015 | — Profils de référence |
| — Septembre 2017 | — Septembre 2014 | |
| — Avril 2017 | — Avril 2014 | |
| — Septembre 2016 | — Octobre 2013 | |
| — Mai 2016 | | |
| — Septembre 2015 | | |

Source:
 campagne OBSCAT
 oct13/avr14/sep14/avr15/sep15/mai16/
 sep16/avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Illustration 152 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur du Bourdigou.

Suivi in-situ de la végétation dunaire

Sur ce secteur un suivi *in-situ* de la végétation est réalisé chaque année à raison d'un transect sur chaque rive de l'embouchure du fleuve (Illustration 153) en complément du suivi photogrammétrique annuel de l'embouchure.

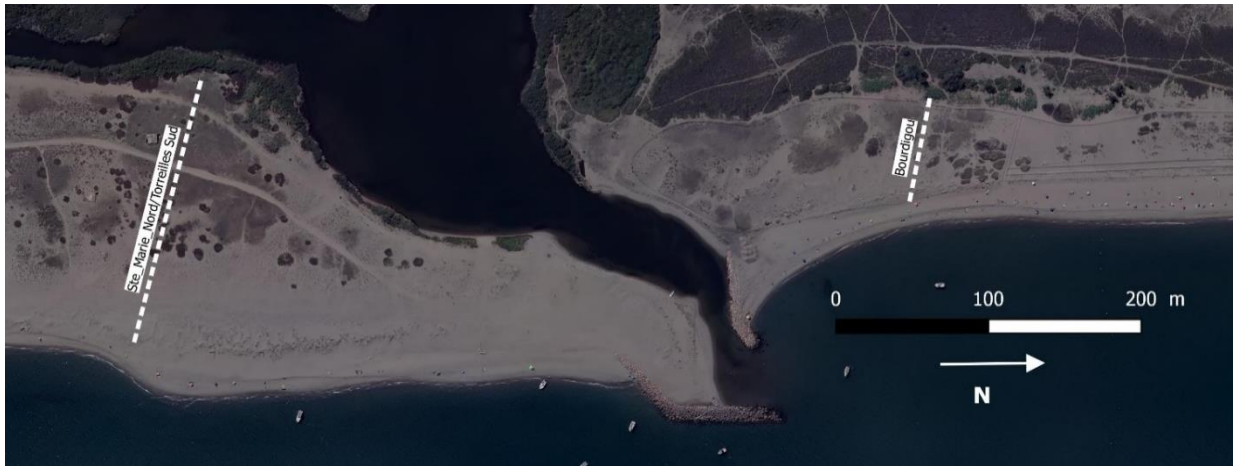


Illustration 153 - Localisation des transects Sainte-Marie Nord (ou Torreilles Sud) et Bourdigou

Le recouvrement végétal du transect Sainte-Marie nord est en progression par rapport à 2016 avec une moyenne de 56% et une progression de 10 % entre 2017 et 2018 (Illustration 154).

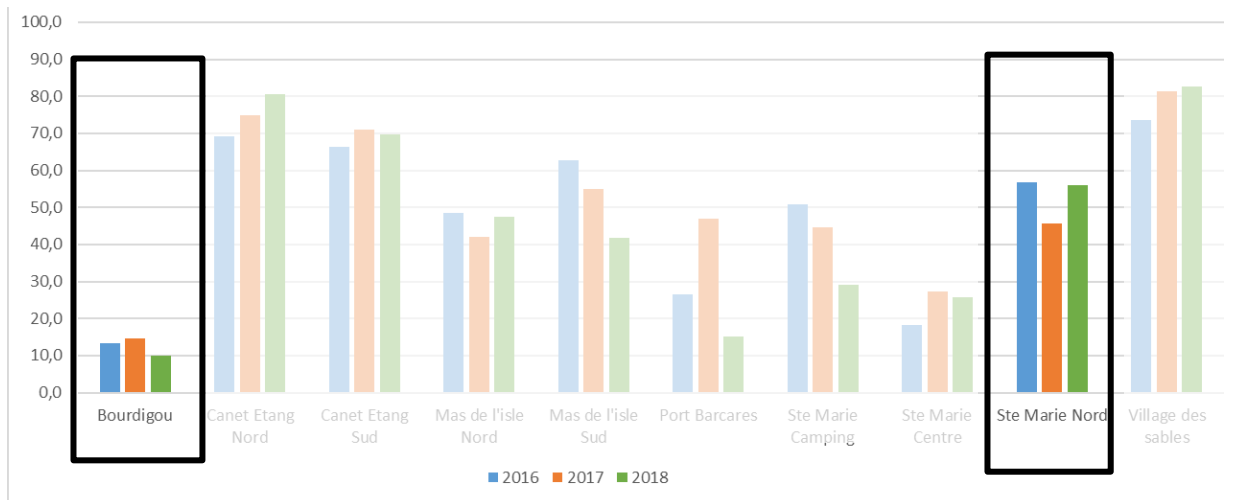


Illustration 154 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement sur les transects Sainte-Marie Nord (ou Torreilles Sud) et Bourdigou entre 2016 et 2018

Ce transect, en plus d'être dégradé du côté mer, en front dunaire, est concerné par un cheminement longitudinal d'arrière-dune venant scinder en deux la dune fixée. Sur les deux casiers concernés par ce cheminement, le taux de recouvrement est de l'ordre de 40 à 60 % au lieu de 90% pour les casiers adjacents. Cependant, ce taux n'est pas nul, ce qui montre que le potentiel de colonisation de la végétation est fort et pourra être exploité en cas de travaux de restauration dunaire.

Le transect du Bourdigou est placé sur une forte zone d'érosion en lien avec sa situation d'aval dérive par rapport aux enrochements du Bourdigou. Cela se retrouve également dans les écosystèmes où le taux de recouvrement est minimal et toujours régressif (10% en moyenne en 2018). Cela est dû à un taux de recouvrement nul dans les 5 casiers les plus proches de la plage, qui ne comportent plus aucune trace de végétation aujourd'hui malgré les travaux de mise en défens réalisés par PMM en 2015 (Illustration 155).



Illustration 155 - Illustration du recouvrement végétal au Bourdigou entre 2014 et 2018 grâce aux orthophotos ObsCat issues des vols drone (BRGM / Ecocéanodrone)

Le nombre d'espèces comptées dans les casiers du transect Sainte-Marie Nord est en progression (de 2,5 en 2016 à 3,7 en 2018) (Illustration 156).

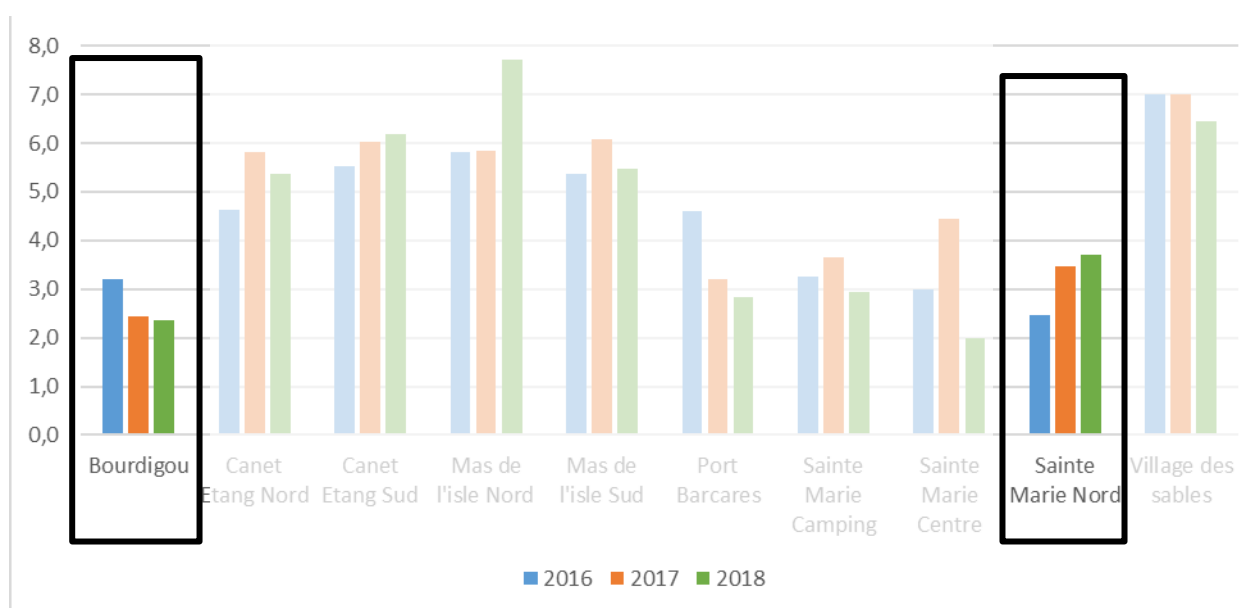


Illustration 156 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur les transects Sainte-Marie Nord (ou Torreilles Sud) et Bourdigou entre 2016 et 2018

Ce résultat positif doit être mis en regard avec la forte présence d'invasives : 19 casiers contiennent de la Griffes de sorcière en avril 2018 (Illustration 157) et 5 casiers contiennent du Seneçon du Cap sur un total de 34 casiers sur ce transect.



Illustration 157 – Griffes de sorcière en avril 2018 sur le transect Ainte-Marie Nord

A Sainte-Marie nord, on compte 82% de casiers contiennent une espèce patrimoniale, un taux au-dessus de la moyenne globale et au Bourdigou 64% des casiers sont concernés (Illustration 158). L'œillet et Catalogne a été repéré sur l'un des casiers de Sainte Marie Nord.

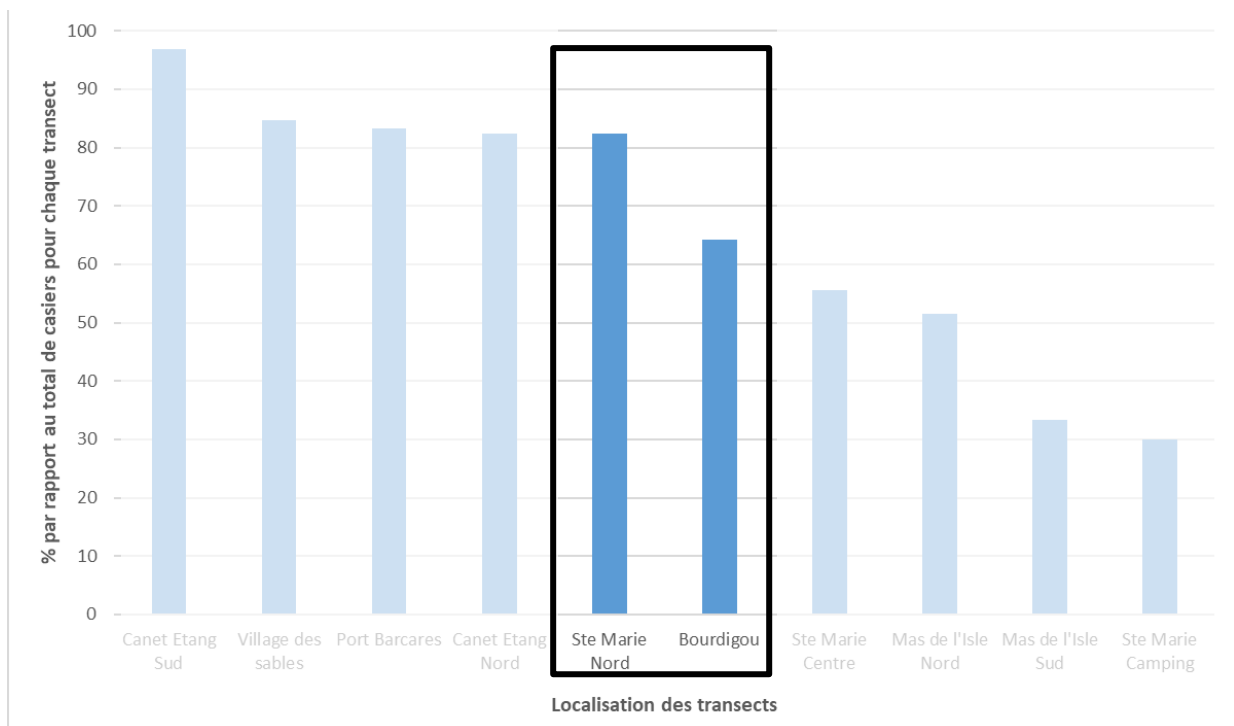


Illustration 158 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur les transects Sainte-Marie Nord (ou Torreilles Sud) et Bourdigou

D'un point de vue biologique ce secteur a un fort potentiel notamment au sud de l'embouchure. Au nord, la situation érosive est telle que les apports de sable et la faible altimétrie empêche la fixation de la végétation.

5.7. 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-la-Mer et les embouchures de la Têt et du Bourdigou, soit les secteurs 7, 8 et 9 (Illustration 159).

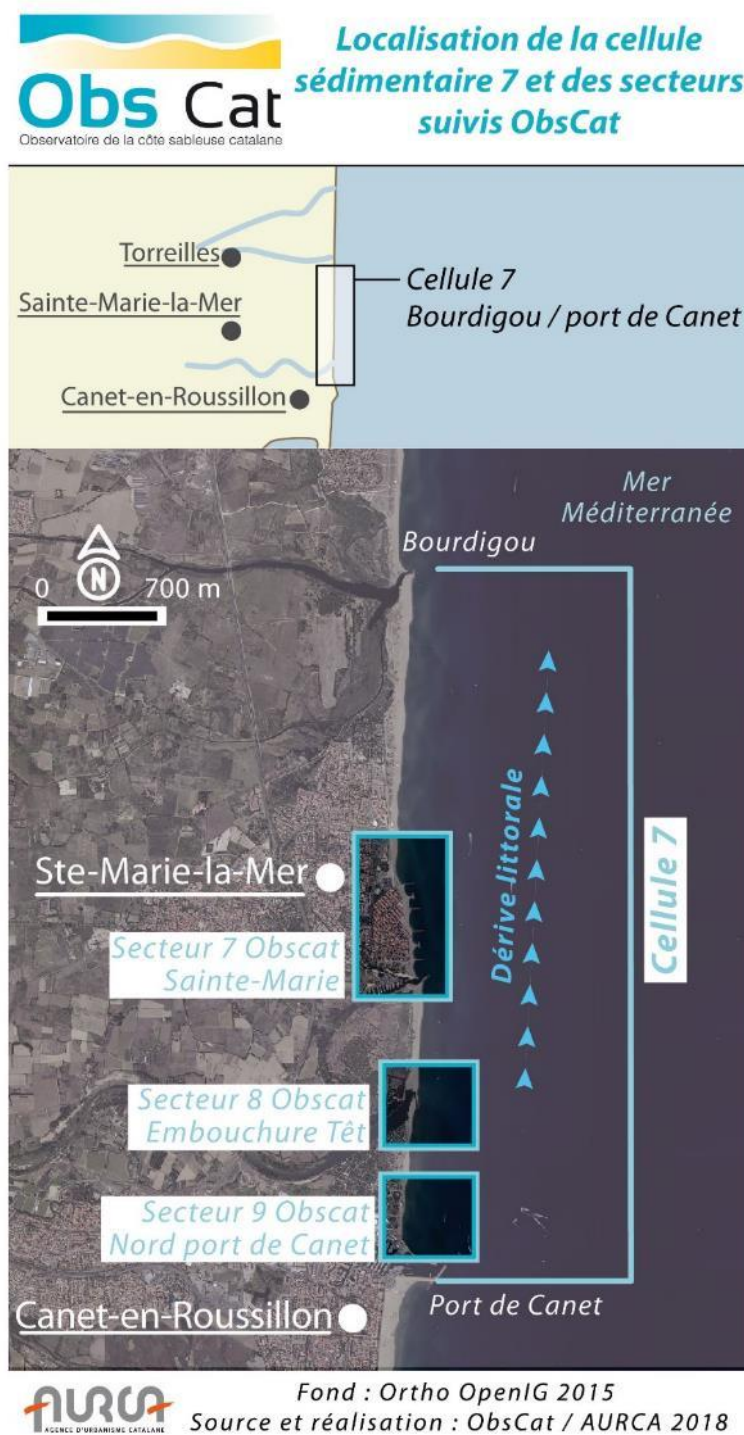


Illustration 159 - Localisation de la cellule hydro-sédimentaire 7 et des secteurs Sainte-Marie, embouchure de la Têt et Nord du Port de Canet.

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 (AERMC 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, des reprofilages, des rechargements en sable (27 800 m³ en 2018, PMM) et des opérations de restauration dunaire y ont été réalisés et en développement. L'embouchure de la Têt n'est pas endiguée contrairement à celles du Bourdigou et de l'Agly. De même, le secteur de La Croste 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 la commune, s'étend un zone moins urbanisée et peu artificialisée jusqu'à la zone humide de l'Agouille de l'Auque, et ensuite l'embouchure du Bourdigou sur la commune de Torreilles.

Les jetées portuaires de Canet-en-Roussillon, 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 avant-ports et le sud du port de Sainte-Marie (la Crouste, à Canet) constituent des secteurs potentiels de prélèvements en sable pour les opérations de rechargements.

5.7.1. Plage de Sainte-Marie nord

Suivi in-situ de la végétation dunaire

Sur ce secteur un suivi in-situ de la végétation est réalisé chaque année en complément du suivi photogrammétrique réalisé tous les deux ans (Illustration 160).



Illustration 160 - Localisation des transects Sainte-Marie centre et Sainte-Marie camping

Le recouvrement végétal du transect Sainte-Marie centre se stabilise en 2018 après avoir progressé entre 2016 et 2017 (Illustration 161). Toutefois la valeur reste faible (25,7%) en 2018 en raison de la position très urbaine de ce transect. Le transect au droit du camping voit son recouvrement végétal diminuer depuis 2016, de 50,8% à 29%, probablement en lien avec le manque de mise en défens de ce cordon dunaire dans une zone de forte fréquentation estivale.

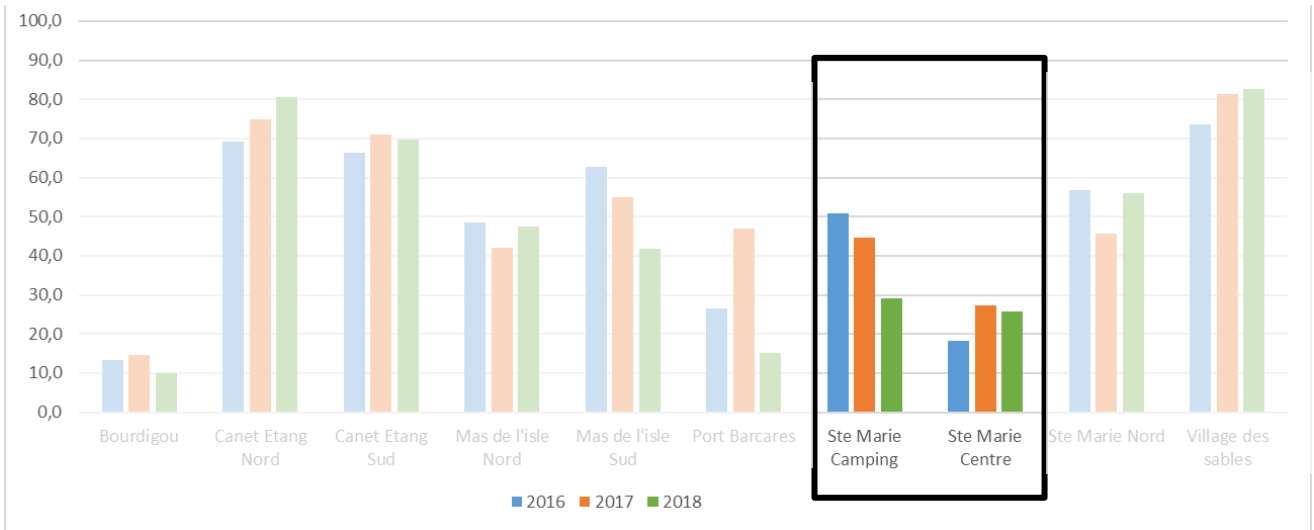


Illustration 161 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement sur les transects de Sainte-Marie entre 2016 et 2018

Le nombre d'espèces comptées dans les casiers du transect Sainte-Marie Centre a diminué fortement entre 2017 (4,4 espèces en moyenne) et 2018 (2 espèces en moyenne) (Illustration 162). Contrairement au taux de recouvrement, le nombre d'espèces présentes sur le transect Sainte-Marie camping est relativement stable ; en 2018, on y dénombre 3 espèces par casier en moyenne.

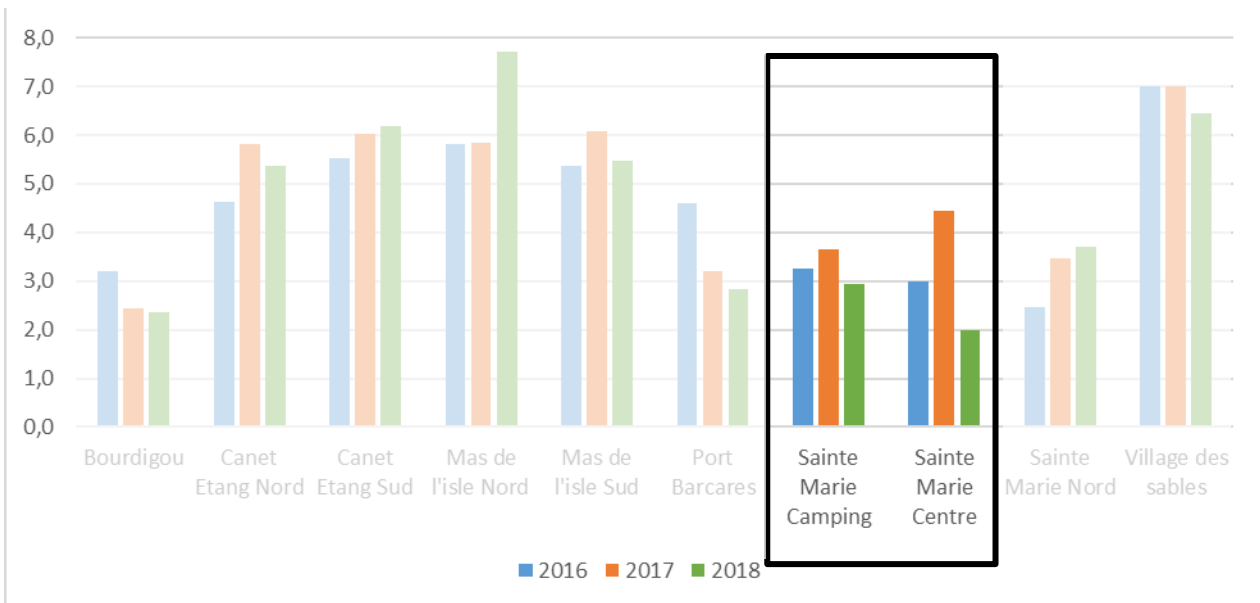


Illustration 162 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées sur les transects de Sainte-Marie entre 2016 et 2018

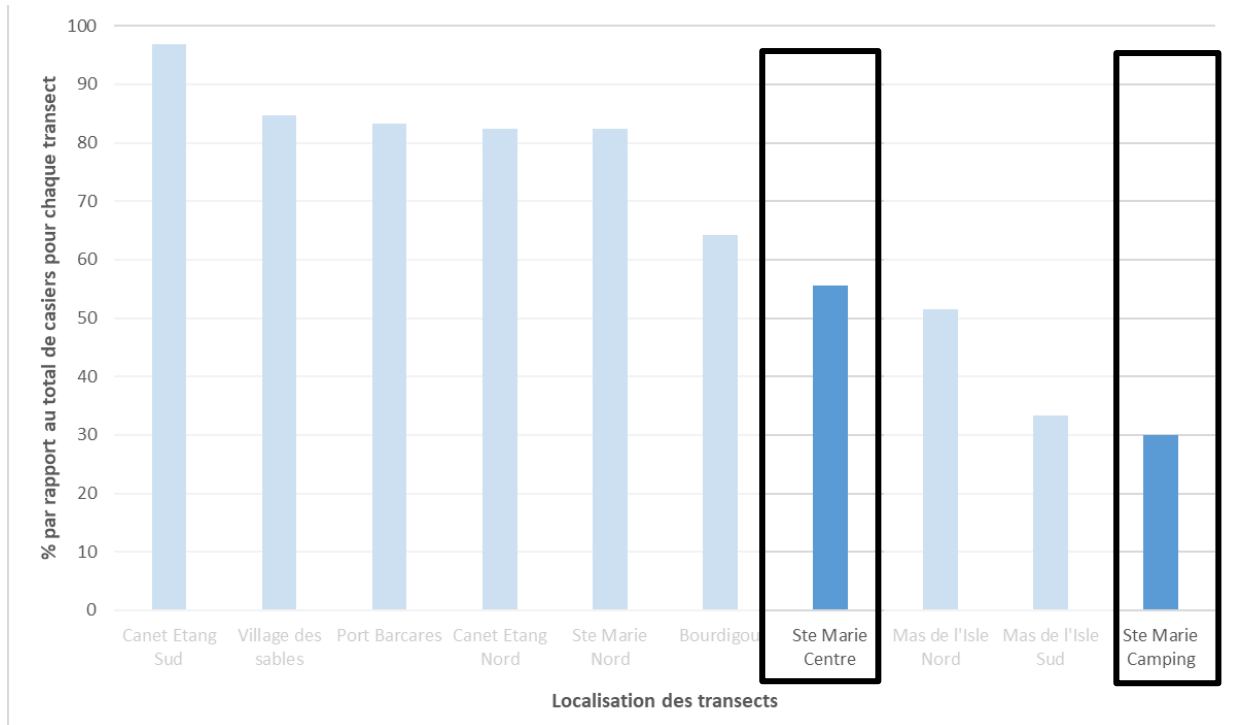


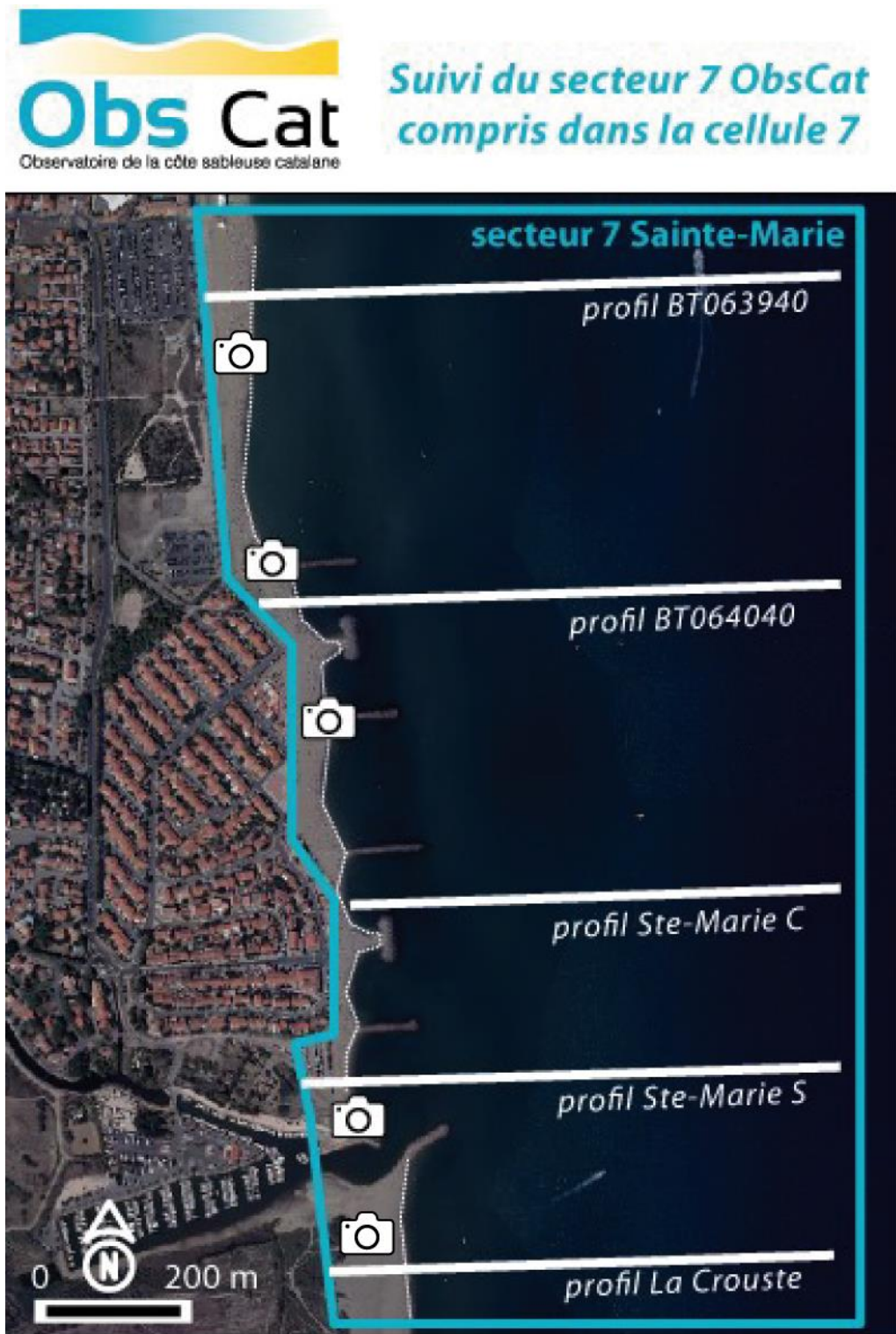
Illustration 163 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur les transects de Sainte-Marie

Les espèces recensées sont caractérisées en fonction de leur intérêt pour l'écosystème dunaire. Ainsi, à Sainte-Marie centre, on compte 56% de casiers contenant une espèce patrimoniale, c'est une donnée relativement faible mais peu étonnante dans cette situation urbaine. Le transect de Sainte-Marie camping, moins urbain, détient le minimum d'espèces patrimoniales atteint pour tous les transects suivis. Sur ces deux transects, il n'y a pas d'espèce endémique et on note la présence, relativement faible, de griffe de sorcière sur le transect du camping.

D'un point de vue biologique, ce secteur est pauvre en raison de la forte fréquentation et le défaut de mise en défens. De futurs aménagements devront venir améliorer la situation, particulièrement au droit du camping où le potentiel de conservation est fort, en raison de la présence d'un cordon dunaire plus large qu'au centre, apte à abriter tous les habitats dunaires.

5.7.2. Plage de Sainte-Marie centre

Dans un but de protection des enjeux urbains en arrière de la plage, des ouvrages (4 épis et 2 brise-lames) y ont été construits, artificialisant fortement cette portion de littoral (Illustration 164). 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 et les relaient plus au nord à Sainte-Marie plage avec une encoche d'érosion bien observable.



Fond : Ortho OpenIG 2015
Source et réalisation : ObsCat / AURCA 2018

Illustration 164 - Secteur de Sainte-Marie, profils de référence et prises de vue.

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. Au nord du port, sur la portion où sont installés les ouvrages de défense, l'arrière-plage est 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 (Illustration 165).



Illustration 165 - Secteur de Sainte-Marie au niveau du profil topographique de référence BT064040 (secteur des ouvrages). A droite, vue vers le Nord, accumulation de sable en aval-dérive du dernier épi ; à gauche vue vers le Sud, tombolo au droit du dernier brise-lames, plage en forme de baie. Campagne ObsCat 18 Avril 2018.

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) par rapport au secteur au sud du port, elle est également globalement moins marquée.

Au nord des ouvrages, la pente du haut de plage est relativement faible, et s'intensifie sur le bas de plage (Illustration 166) excepté au niveau des premiers 100 mètres vers le nord depuis le dernier épi où se trouve une zone d'érosion récurrente.

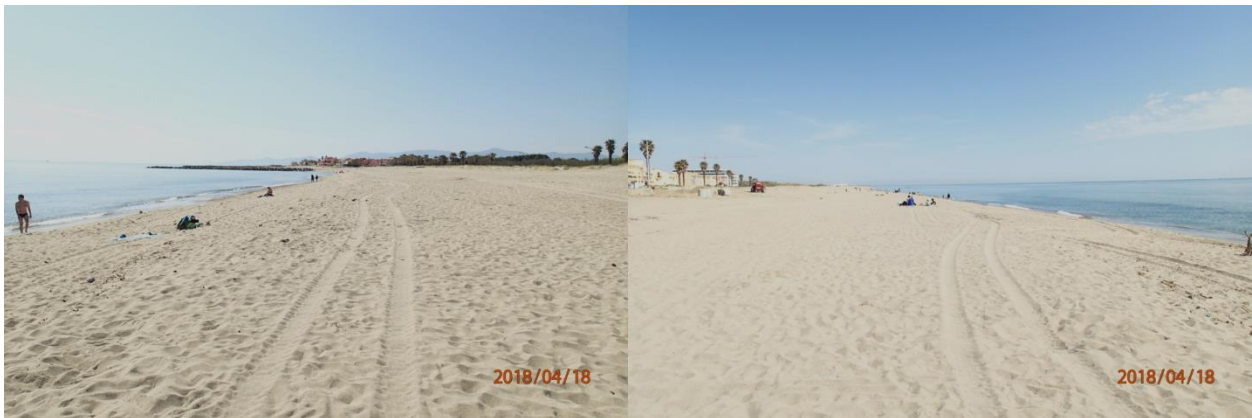


Illustration 166 - Secteur de Sainte-Marie au niveau du profil topographique de référence BT063940 (au nord des ouvrages). A droite, vue vers le Nord ; à gauche vue vers le Sud. Campagne ObsCat 18 Avril 2018.

A cet endroit la plage présente une forte pente (diminuant en s'éloignant de l'ouvrage) et une falaise d'érosion. Ce secteur très localisé fait l'objet chaque année d'un rechargement de plage de petite ampleur par PMM (+6 000 à +10 000 m³) (Illustration 167).



Illustration 167 - Opérations de rechargement le 24 avril 2017 et le 18 juin 2018 réalisées par PMM pour le confortement de l'ancrage de l'épi Nord de Sainte-Marie. Source ObsCat.

Evolution saisonnière du trait de côte

Les évolutions du trait de côte sur la période 2017-2018 sont différentes selon les saisons.

En effet, l'été est marqué par des avancées (+5 m à +11 m) sur toutes les parties aménagées du littoral, y compris l'encoche d'érosion récurrente au nord (Illustration 168). Le linéaire côtier compris entre le profil de référence BT063940 et l'encoche d'érosion est l'unique zone en recul (-15 m) du secteur à la sortie de la saison estivale. Cette avancée générale du trait de côte est reliée au rechargement de plage effectué par la commune avec les sédiments dragués dans l'avant-port au printemps 2017.

L'hiver 2017/2018, en revanche, est marqué par un recul du trait de côte sur la quasi-totalité du site (Illustration 169). Les retraits les plus importants se situent au nord et au sud de la batterie d'ouvrages de défense avec un maximum de -18 m. Un recul de -13 m du trait de côte est aussi constaté au niveau du 2^{ième} épi en partant du Nord.

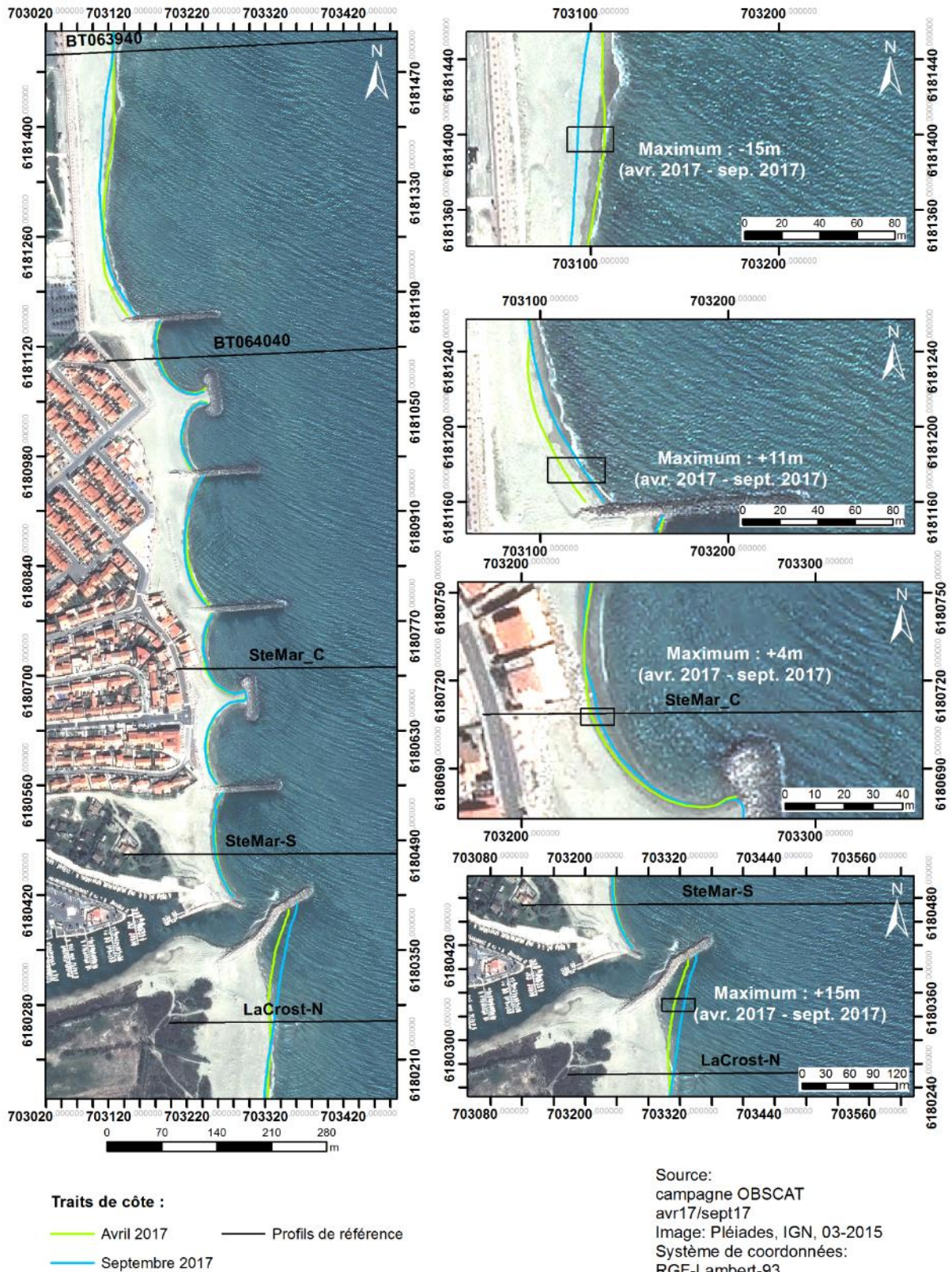
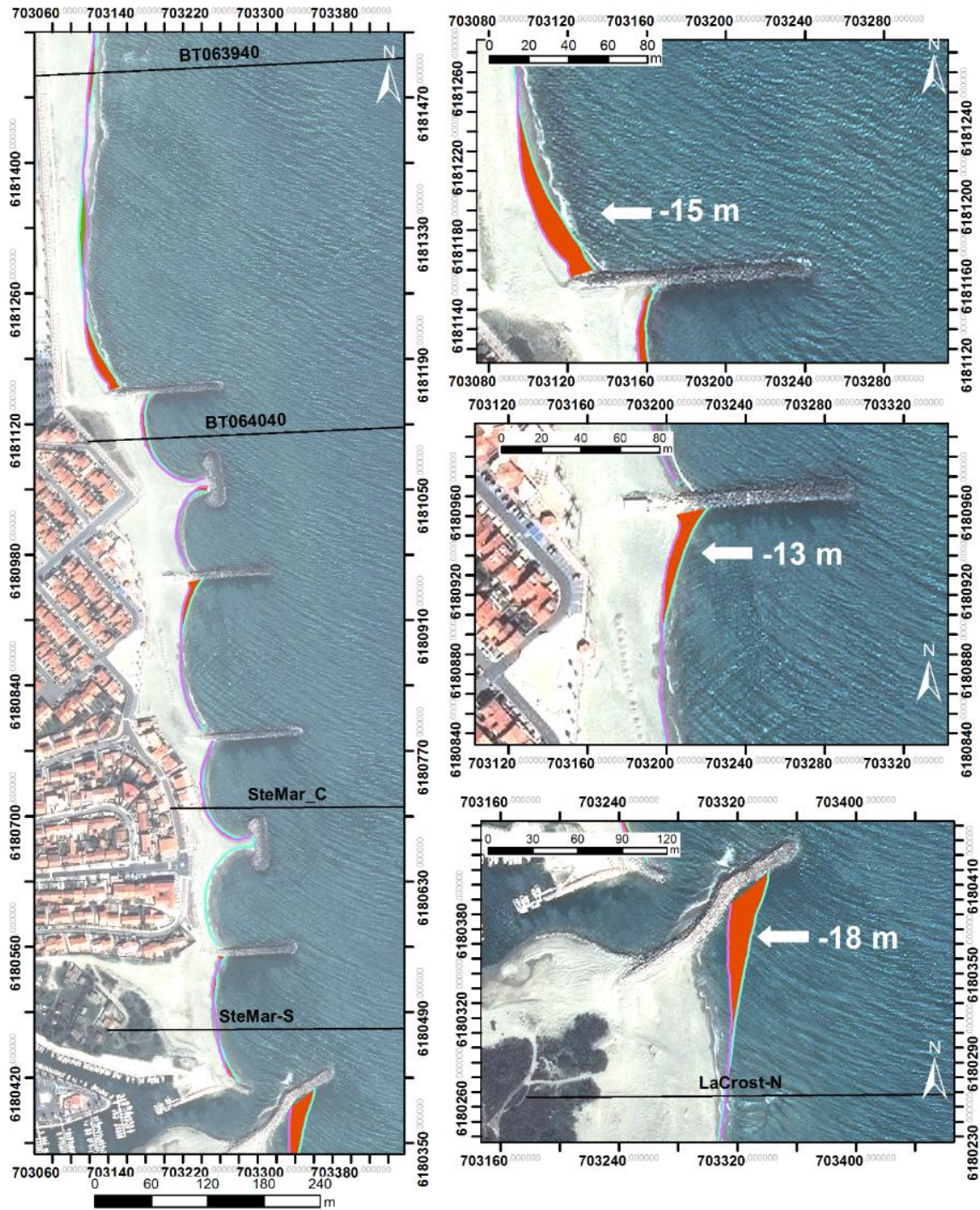


Illustration 168 - Carte des traits de côte et évolution d'Avril 2017 à Septembre 2017 pour le secteur de la plage de Sainte-Marie.



Traits de côte :

- Avril 2018
- Septembre 2017

— Profils de référence

Evolution du trait de côte :

- Avancée
- Recul

Source:
 campagne OBSCAT
 avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93

Auteur: BRGM

Illustration 169 - Carte des traits de côte et évolution de Septembre 2017 à Avril 2018 pour le secteur de la plage de Sainte-Marie.

Une partie du trait de côte, située entre le premier brise-lame et les dernières habitations, n'a pas pu être levé en Avril 2018 car des travaux de réfection de la digue en enrochements de cette zone étaient en cours (Illustration 169 et Illustration 170).



Illustration 170 - Travaux de mise en place de nouveaux enrochements entre le premier épis et le premier brise lame par la commune de Sainte-Marie en Avril 2018.

Déplacements sédimentaires saisonniers

La saison estivale 2017 a été marquée par un rechargement de +10 000 m³ (PMM) sur la plage émergée au mois de mai 2017 suite au désensablement du port. Ce rechargement constitue sans doute une partie des 26 000 m³ de sable emmagasinés sur la partie émergée de Sainte-Marie (Illustration 172). Ce gain de sédiment se concentre sur le bas de plage et représente une élévation moyenne de 44 cm sur l'ensemble de la plage émergée (Illustration 171). L'encoche d'érosion rengraissée en avril 2017 correspond au maximum d'épaisseur (+1,7 m) gagnée sur le secteur de Sainte-Marie. La zone immergée a également vu son volume sédimentaire augmenter avec près de +89 000 m³ de sédiments emmagasinés sur le secteur.

A la sortie de la saison hivernale, la plage émergée a perdu près de 5 300 m³ de sédiments. Cette perte se concentre sur les secteurs non aménagés (Illustration 172). Les ouvrages semblent donc avoir joué leur rôle protecteur lors des tempêtes. Le volume perdu lors de l'hiver représente près de 20% du volume emmagasiné durant la saison estivale 2017. La partie immergée a vu son stock sédimentaire croître de +19 000 m³. Cette accumulation semble s'être plutôt concentrée dans la partie centrale du secteur, entre l'encoche d'érosion et l'épi sud (Illustration 171). La barre externe a reculée de près de 50 m vers le large au cours de l'hiver 2017-2018 sur l'ensemble du secteur (Illustration 171, Illustration 173, Illustration 174, Illustration 176 et Illustration 177).

Sainte-Marie-La-Mer

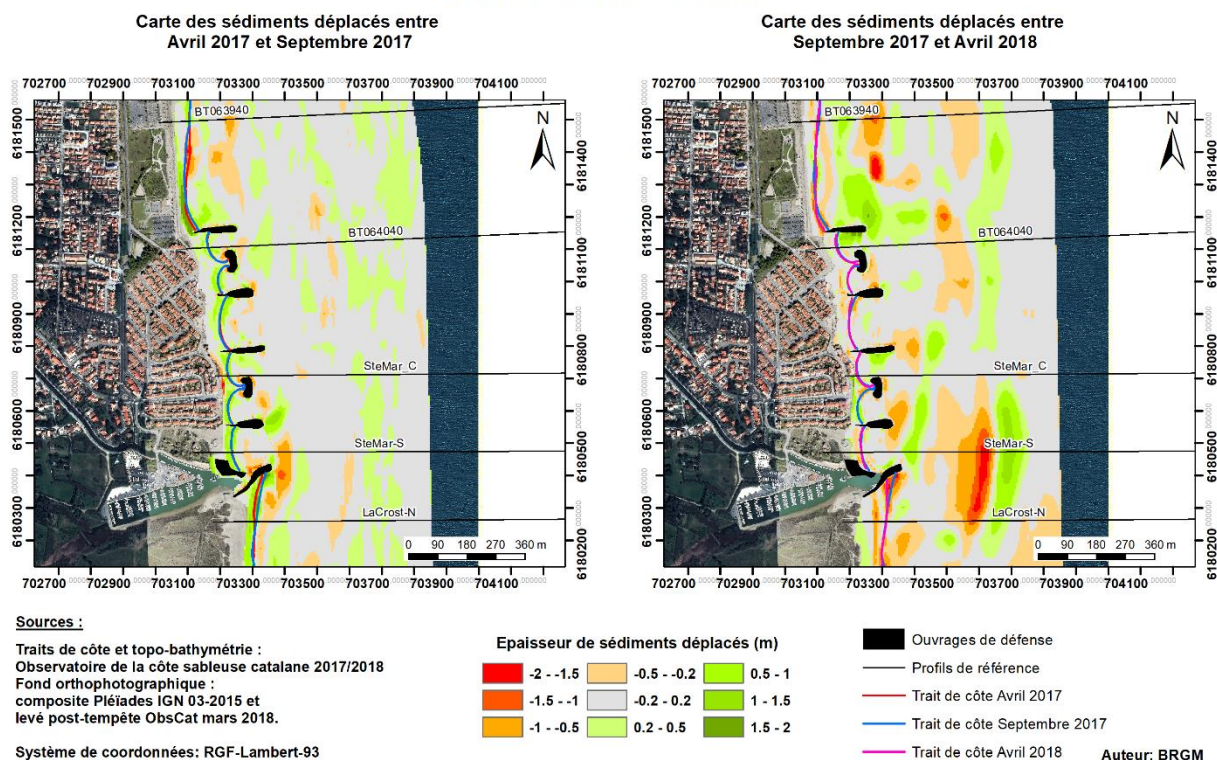


Illustration 171 - Carte annuelle et saisonnière des volumes de sédiments déplacés entre Avril 2017/ Septembre 2017 et Septembre 2017/Avril 2018 pour le site de Sainte-Marie-la-Mer.

Sainte-Marie - Eté avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-55 640	170 732	115 092	1 091 400	10,5	240
Zone Immergée	-53 685	142 681	88 996	1 149 850	7,7	108
Zone émergée	-1 956	28 051	26 095	58 450	44,6	132
Sainte-Marie- Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-160 774	175 160	14 386	1 098 500	1	2 603
Zone immergée	-146 421	166 163	19 742	1 019 850	2	2 440
Zone émergée	-14 353	8 997	-5 356	78 650	-7	210

Illustration 172 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Sainte-Marie-la-Mer.

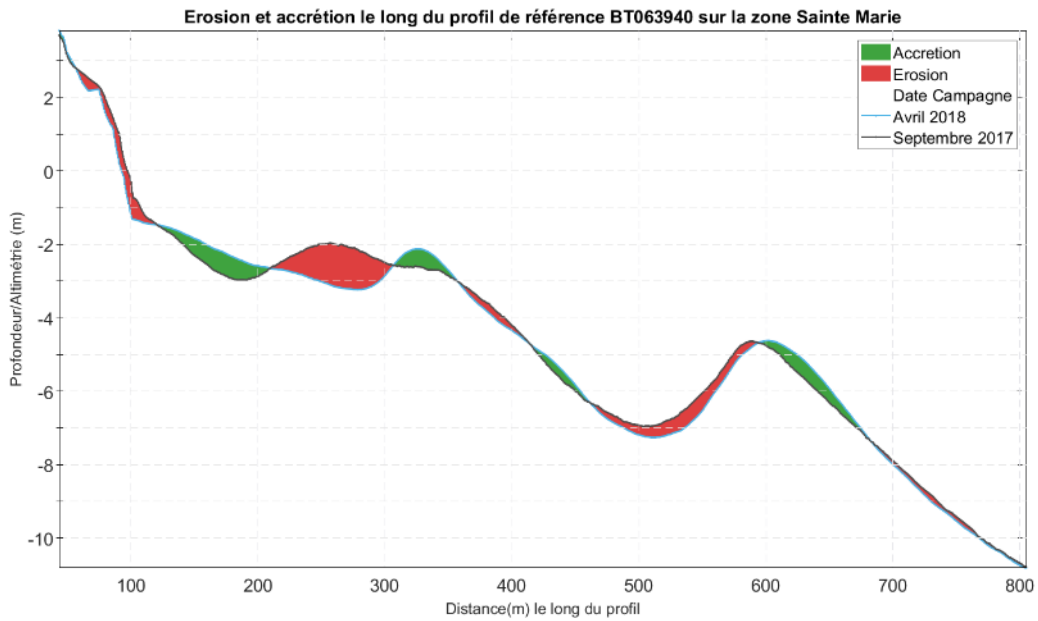


Illustration 173 - Profil BT063940 entre Septembre 2017 et Avril 2018

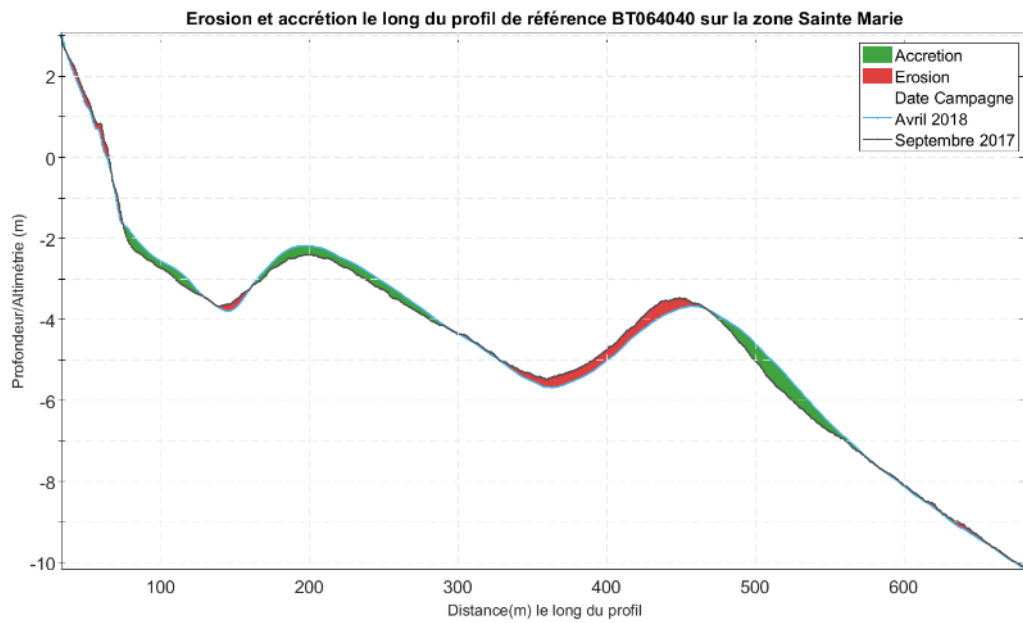


Illustration 174 - Profil BT064040 entre Septembre 2017 et Avril 2018

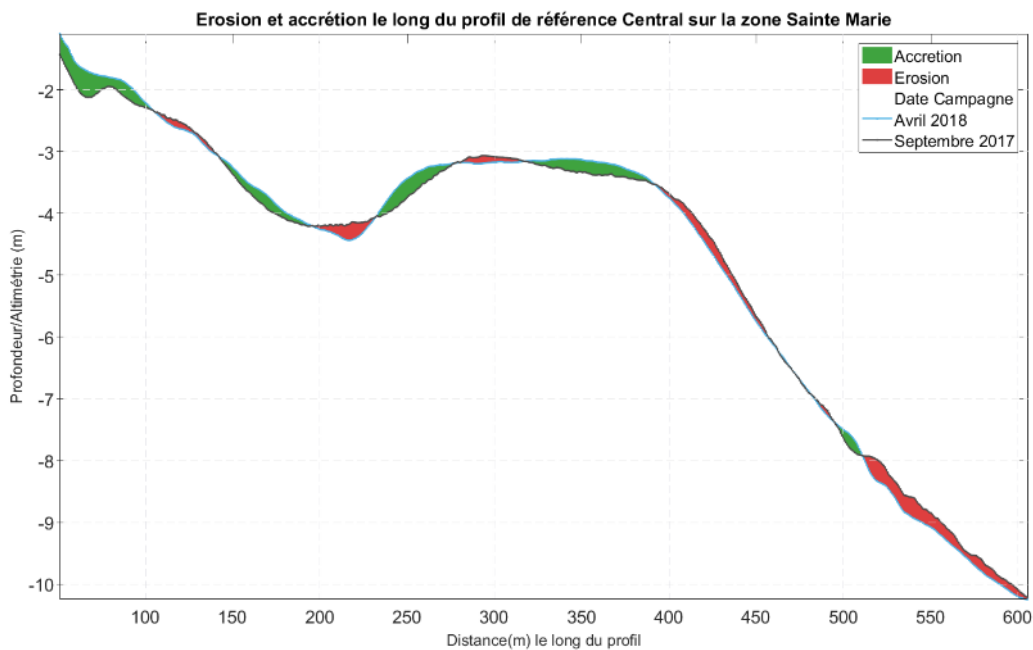


Illustration 175 - Profil SteMarC entre Septembre 2017 et Avril 2018

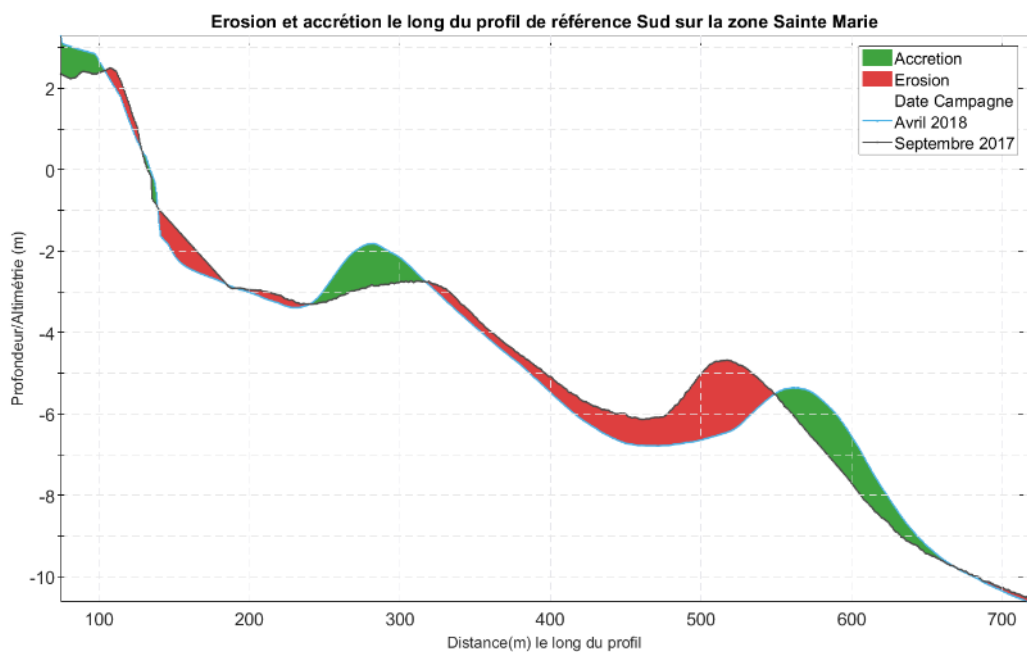


Illustration 176 Profil SteMarS entre Septembre 2017 et Avril 2018

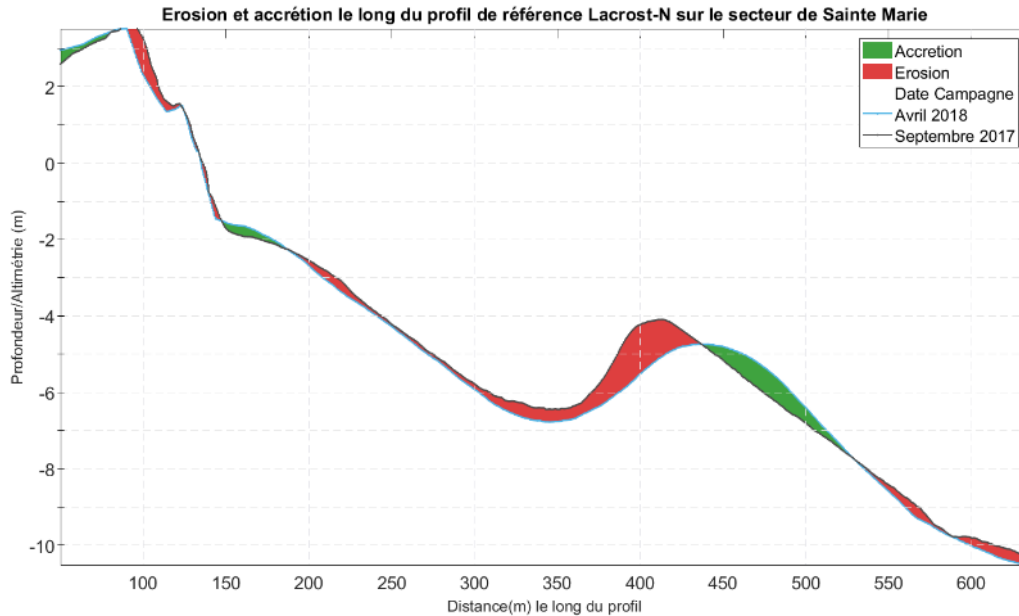


Illustration 177 - Profil LaCrost-N entre Septembre 2017 et Avril 2018

Evolution altimétrique de l'environnement dunaire de Sainte-Marie la Mer

Le secteur dunaire de Sainte-Marie long de 830 m a fait l'objet de deux levés photogrammétriques dédiés : le premier en avril 2016 et le deuxième en avril 2018. Sa largeur augmente du sud vers le nord (40 m au sud, plus de 100 m au nord). Il comporte le plus souvent une dune grise assez bien développée mais très morcelée dans la moitié nord du secteur. La dune blanche est assez discontinue sur l'ensemble du linéaire.

L'analyse du différentiel altimétrique entre avril 2016 et avril 2018 montre un cordon dunaire relativement stable sur la dune grise (Illustration 178). Le front dunaire s'est globalement avancé sur l'ensemble du secteur, souvent de plusieurs mètres. La crête dunaire s'est engraisée et enregistre une progression de son altitude sur la quasi-totalité du linéaire suivi (30 cm en moyenne). Néanmoins, le pied de dune n'a pas avancé de façon significative.

Observé également sur les cordons dunaires des secteurs du Lydia et de Port-Barcarès Nord, cet épaissement dunaire, est très probablement lié aux nombreux franchissements dunaires qui se sont opérés lors de la tempête de mars 2018 sur de nombreux secteurs dont celui de Sainte-Marie. Ces franchissements ont apporté des quantités de sédiment qui localement sont assez importantes comme au niveau du profil réalisé au sud du cordon dunaire. Cette partie sud est d'ailleurs celle qui présente le plus de modifications.

Reste à savoir si cet apport sédimentaire important pourra, à plus long terme perdurer et permettre une croissance de la végétation dunaire sur un cordon qui, en l'absence de mise en défens, était par endroits assez fortement dégradé et morcelé. Un projet de restauration dunaire porté par PMM est en cours d'instruction et aura sans doute des impacts positifs sur ce secteur.

Evolution altimétrique de l'environnement dunaire de Sainte-Marie la mer

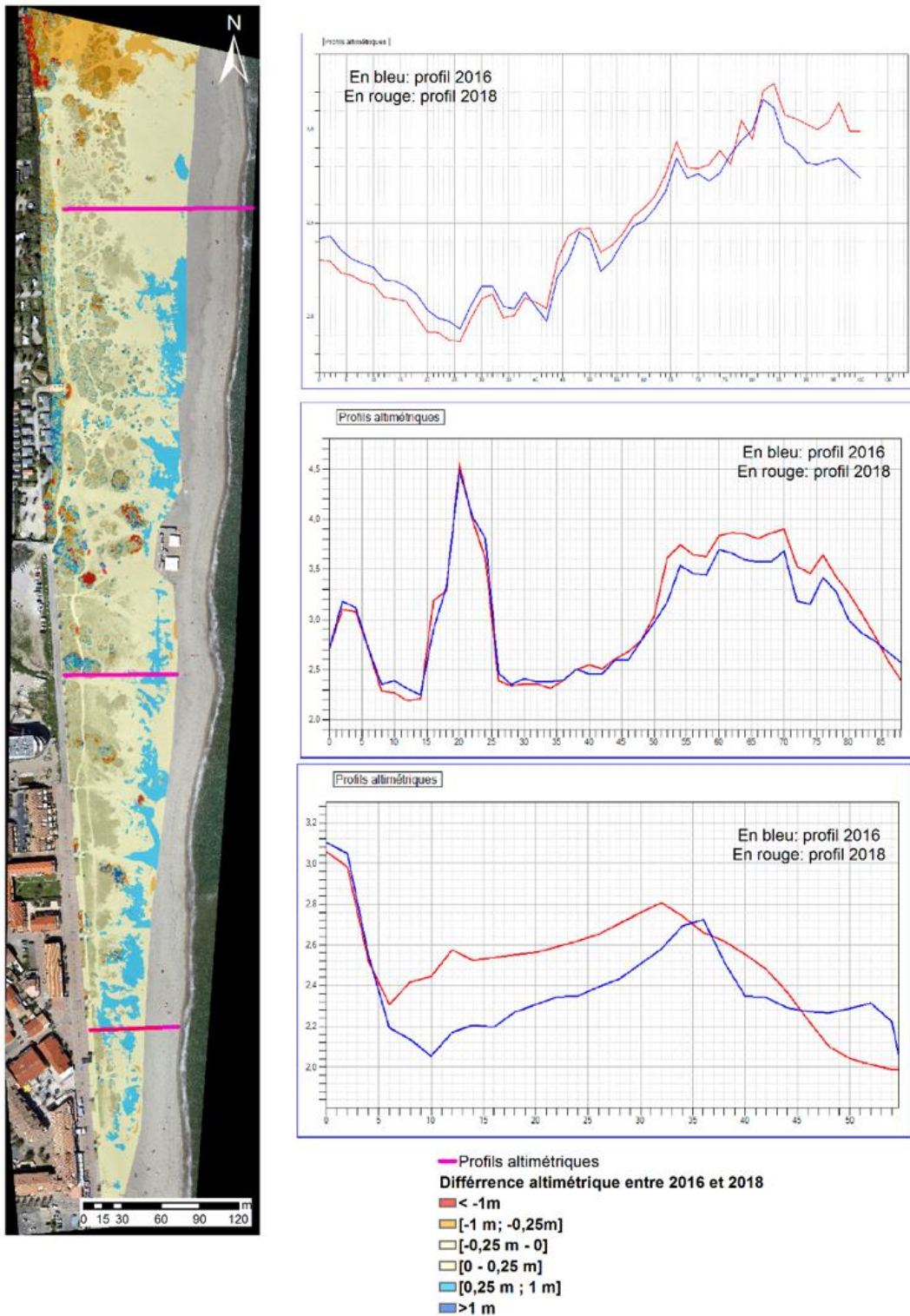


Illustration 178 - Comparaison des altimétries 2016, 2018 et évolutions morphologiques du cordon dunaire de Sainte-Marie. En fond, mosaïque orthophotographiques autogire ObsCat 2018.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Le site de Sainte-Marie est en accrétion depuis 2013, avec près de +390 000 m³ emmagasinés depuis octobre 2013 (Illustration 179). La partie émergée ne suit pas forcément les mêmes fluctuations. Après une grosse perte de sédiments lors de l'hiver 2014-2015, la plage se rengraisse progressivement entre 2015 et 2017. Le rechargement du bas de plage de la saison estivale 2017 a permis de retrouver le volume de sédiments d'avril 2014. L'hiver 2017-2018 a fait perdre près de 20% du volume accumulé lors de l'été 2017.

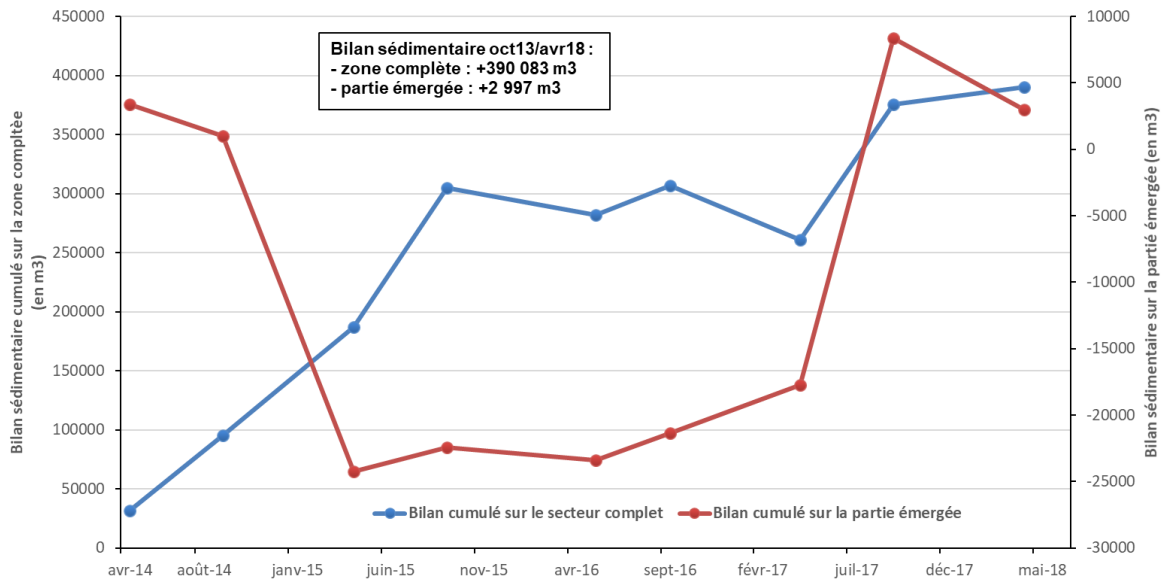
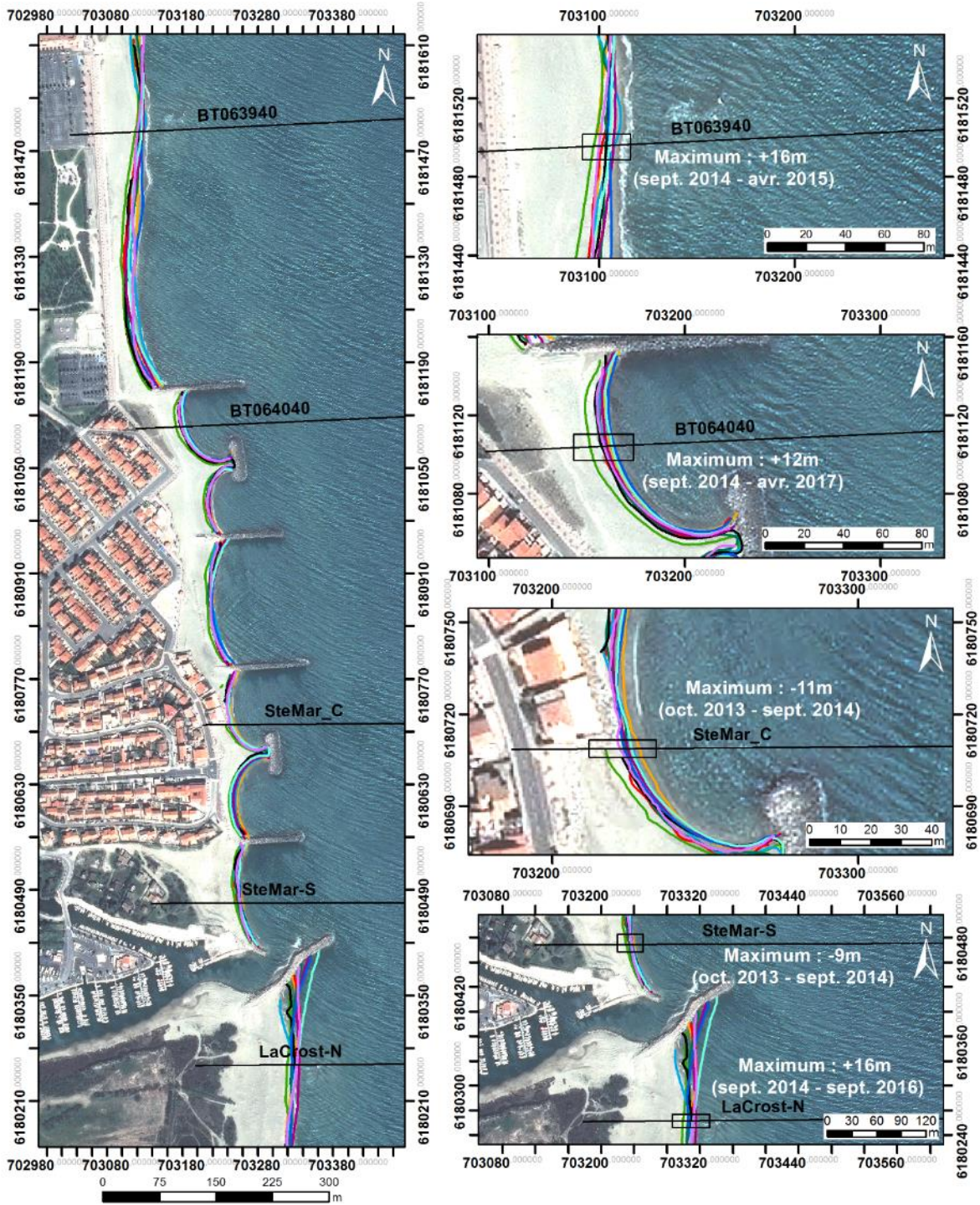


Illustration 179 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Sainte-Marie.

Les variations du trait de côte les plus importantes se situent au nord et au sud des zones protégées (Illustration 180). Elles sont majoritairement d'origines anthropiques avec des prélèvements de sable au sud du port, afin de recharger l'encoche d'érosion au nord du site. Le confortement de l'ouvrage frontal dans la partie sud du boulevard du front de mer constituent un nouveau renforcement du point dur de ce secteur, induisant ainsi un risque d'affouillement. L'impact de ces derniers sur le trait de côte devra être suivi les prochaines années.



Traits de côte :

- | | | | | | |
|--|----------------|--|----------------|--|----------------------|
| | Avril 2018 | | Avril 2015 | | Profils de référence |
| | Septembre 2017 | | Septembre 2014 | | |
| | Avril 2017 | | Avril 2014 | | |
| | Septembre 2016 | | Octobre 2013 | | |
| | Mai 2016 | | | | |
| | Septembre 2015 | | | | |

Source:
 campagne OBSCAT
 oct13/avr14/sep14/avr15/sep15/mai16/
 sep16/avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Illustration 180 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Sainte-Marie.

5.7.3. Embouchure de la Têt

L'embouchure de la Têt (Illustration 181) est caractérisée par une forte variabilité spatiale, 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 2017 et avril 2018, l'embouchure s'est déplacée de 60 m vers le sud, et entre septembre 2014 et avril 2015, d'environ 200 m.



Illustration 181 - Secteur de l'embouchure de la Têt, profils de référence et prises de vues

D'un point de vue morphologique, cette embouchure se distingue aujourd'hui par une rive nord large et homogène et une rive sud beaucoup moins uniforme avec une retenue d'eau qui s'est formée le long de la piste cyclable. Néanmoins, cette morphologie était beaucoup moins homogène en septembre 2017 : la rive nord était caractérisée par la présence de deux flèches sableuses l'une plus fine, longue de 60 m et l'autre plus large, longue de 90 m, située à l'intérieur

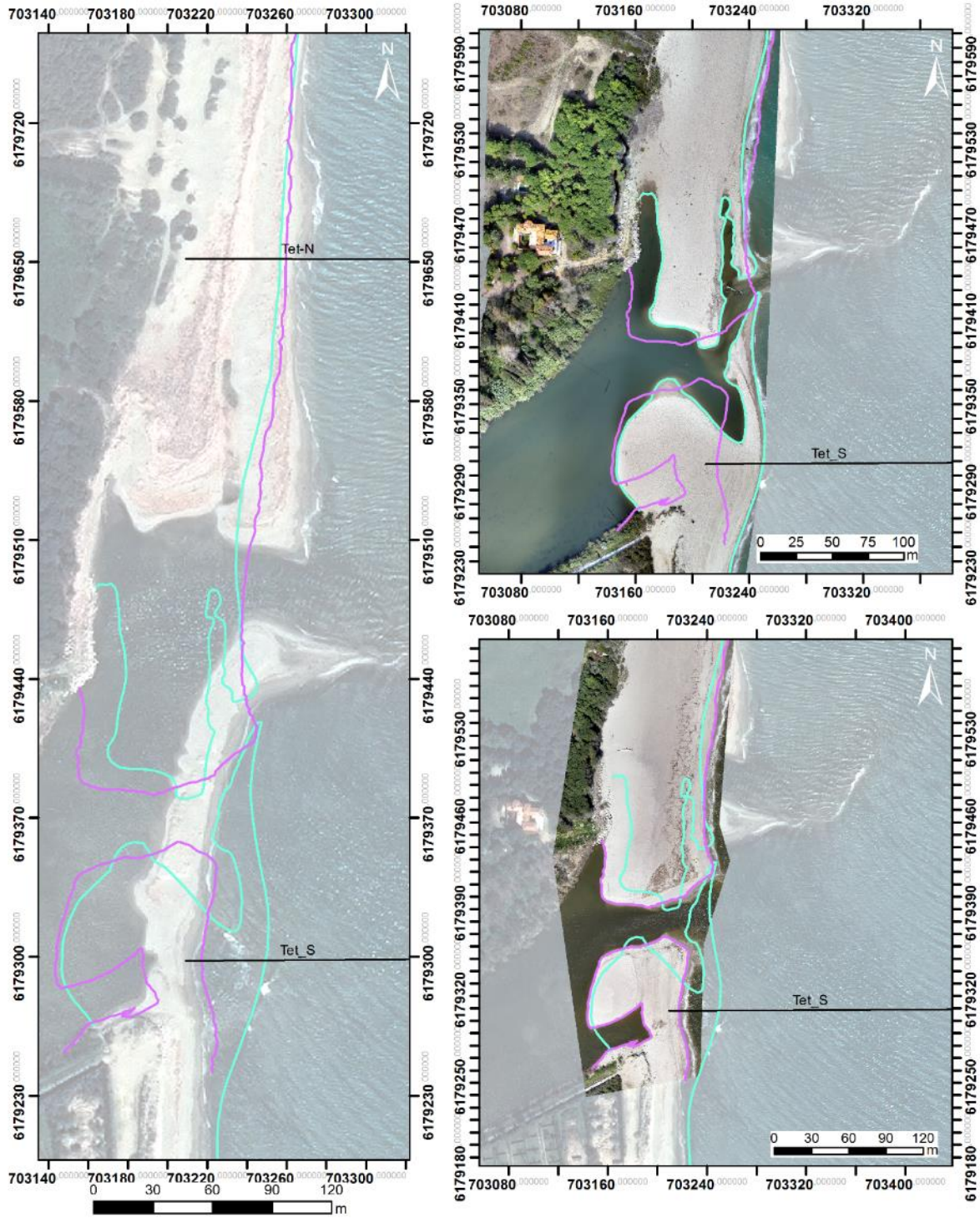
de l'embouchure. La rive sud présentait également une flèche sableuse allant du Sud vers le Nord et longue d'une centaine de mètres. Le rapprochement entre les flèches limitait la largeur de l'embouchure à 15 m. L'ouverture de l'embouchure s'est élargie de 15-20 m entre septembre 2017 et avril 2018 (Illustration 182).

Evolution saisonnière du trait de côte

L'élargissement provoqué par l'augmentation du débit et la migration vers le Sud de l'embouchure due aux épisodes de Tramontane ont engendrés des mouvements importants du trait de côte au cours de l'hiver 2017-2018.(Illustration 182)

La partie nord a vu son trait de côte avancer (+10 m) et se linéariser. La position de l'embouchure, en plus de migrer vers le sud, a reculé d'une dizaine de mètres. La partie sud du site a reculé de façon importante (-30 m) suite à la disparition de la flèche sableuse. Ce recul important se constate également le long du profil de référence Sud (Illustration 184).

Les parties internes de l'embouchure ont aussi évoluées avec la rive nord qui s'est élargie et homogénéisée en passant de deux langues sableuses plus ou moins larges (50 m et 15 m) à une langue plus épaisse de 90 m. Sur la rive sud, en plus de la disparition de sa flèche sableuse, il s'est formée une retenue d'eau qui pourrait devenir une nouvelle ouverture sur la mer.



Traits de côte :

- Avril 2018
- Septembre 2017

Source:
 campagne OBSCAT
 sep17/avr18
 Image (fond): Pléiades, IGN, 03-2015
 Images (embouchure): Ecocéanodrone 09/2017 et 04/2018
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Illustration 182 - Carte des traits de côte et évolution de septembre 2017 à avril 2018 pour le secteur de la Têt.

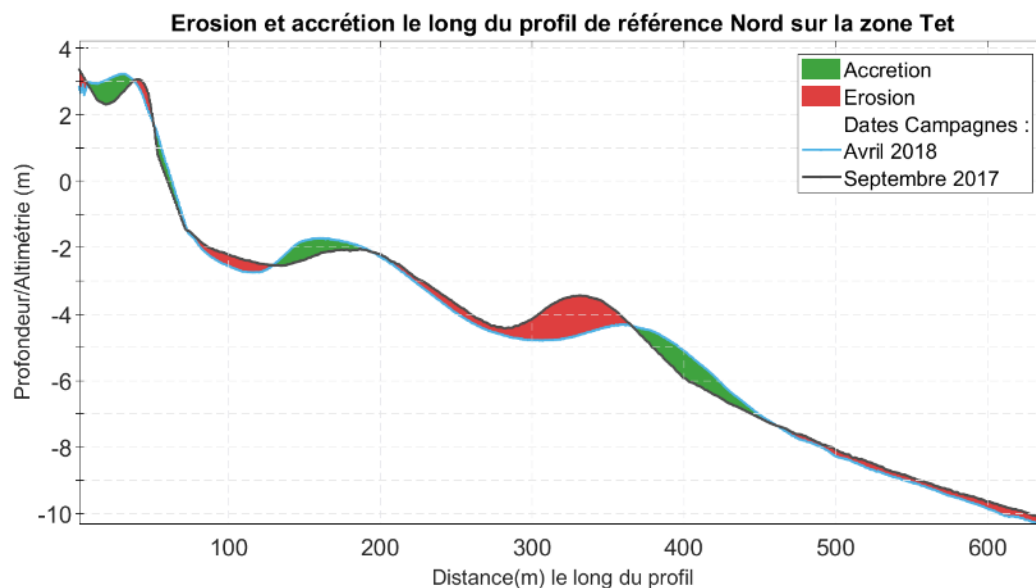


Illustration 183 - Profil Têt-N, entre septembre 2017 et avril 2018

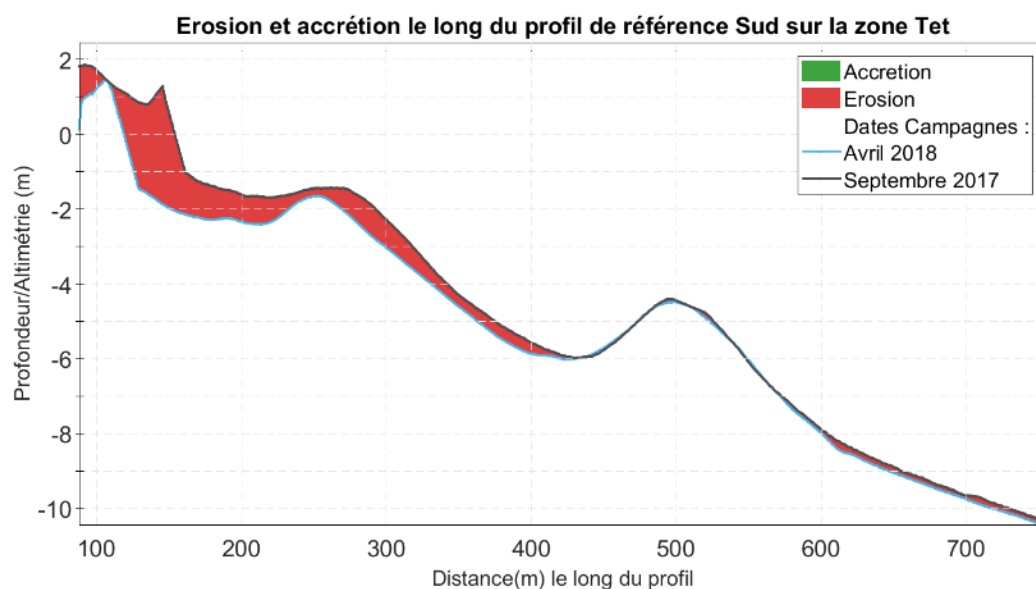


Illustration 184 - Profil Têt-S, entre Septembre 2017 et Avril 2018

Déplacements sédimentaires saisonniers

La période hivernale est marquée par une forte mobilisation sédimentaire sur l'ensemble du secteur (Illustration 185). La zone complète a vu son budget sédimentaire se réduire de près de 61 000 m³ de sédiments et ce malgré un gain de +8 991 m³ de sédiments sur la partie nord du secteur émergé (Illustration 186).

Cette perte de sédiments importante se concentre donc sur la partie immergée du secteur avec notamment un affaissement global de toutes les barres sous-marines ainsi qu'un recul de la barre externe sur la partie nord. Les sédiments recrachés par la Têt semblent migrer vers le nord. Cela a provoqué l'élévation de la bathymétrie au nord de la nouvelle embouchure.

La perte massive de sédiments au niveau de la rive sud de la Têt est le résultat de l'érosion de la flèche sableuse sud en septembre 2017. Le remplissage de l'embouchure du Nord vers le Sud a engendré un gain important de sédiments sur le secteur émergé.

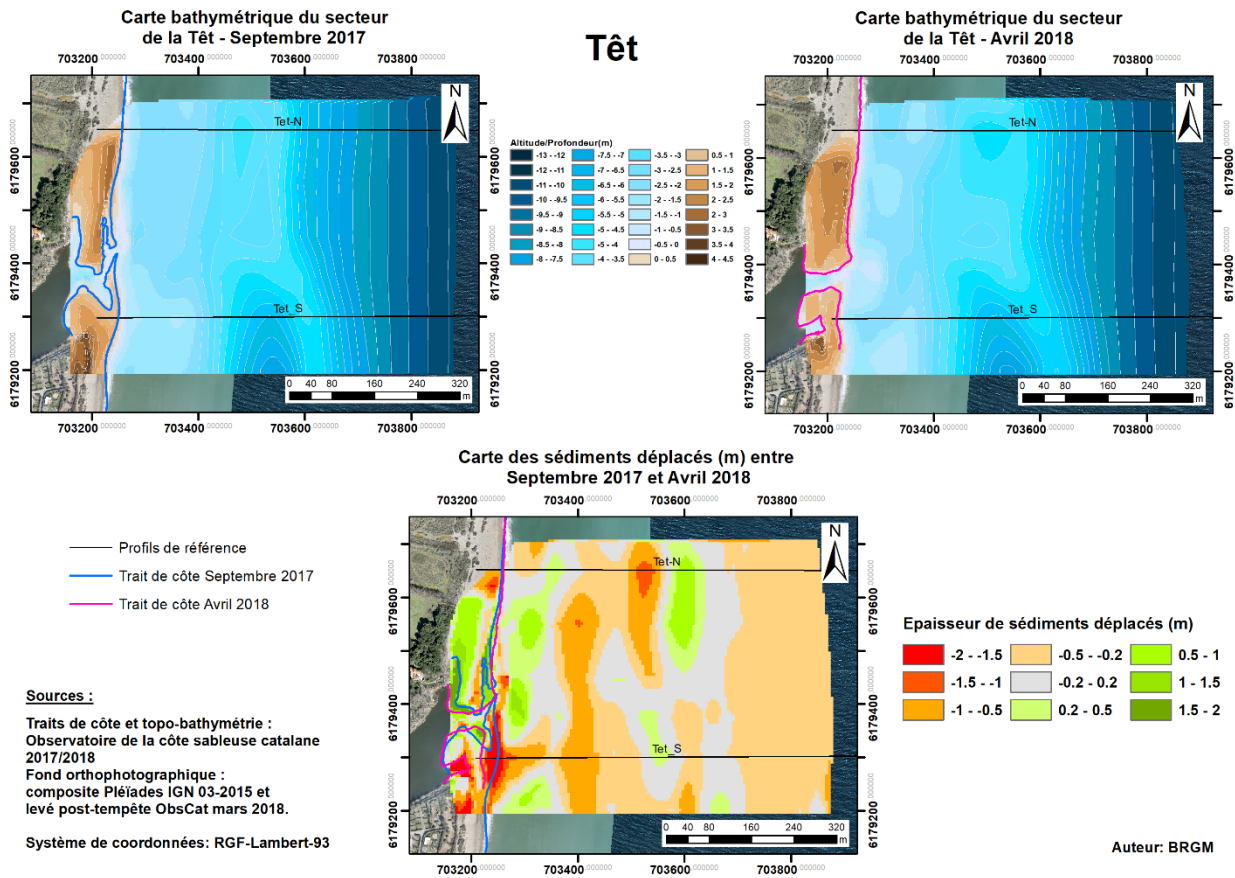


Illustration 185 - Cartes topobathymétriques de septembre 2017 et d'avril 2018 ; Carte des volumes déplacés entre septembre 2017 et avril 2018 pour le secteur de la Têt.

Têt - Eté avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume(m3) +/-
Zone complète	-21 477	47 963	26 486	333 700	8	26
Zone immergée	-12 556	40 687	28 132	301 600	9	26
Embouchure et zone émergée	-8 921	7 275	-1 646	32 100	-5	0
Têt - Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-96 442	35 207	-61 234	356 275	-17	121
Zone immergée	-90 863	20 638	-70 225	330 225	-21	104
Embouchure et zone émergée	-5 579	14 569	8 991	26 050	35	17

Illustration 186 - Tableau des volumes sédimentaires déplacés entre avril 2017 et septembre 2017 et entre septembre 2017 et avril 2018 pour le secteur de la Têt.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Depuis septembre 2014, la zone complète a vu son budget sédimentaire baisser de 30 000 m³. (Illustration 187). Cette perte de sédiments est essentiellement pendant la période hivernale. Une chute importante avait également été constatée durant l'hiver 2015-2016. Le budget sédimentaire a augmenté avec un gain important entre avril et septembre 2017. Au cours de l'hiver 2017/2018, le budget sédimentaire chute à nouveau très fortement jusqu'à atteindre son niveau le plus bas depuis le début des suivis de l'ObsCat, soit -75 328 m³. A contrario, la partie émergée (courbe rouge) a vu son stock sédimentaire s'accroître avec le temps, et est aujourd'hui à +54 947 m³.

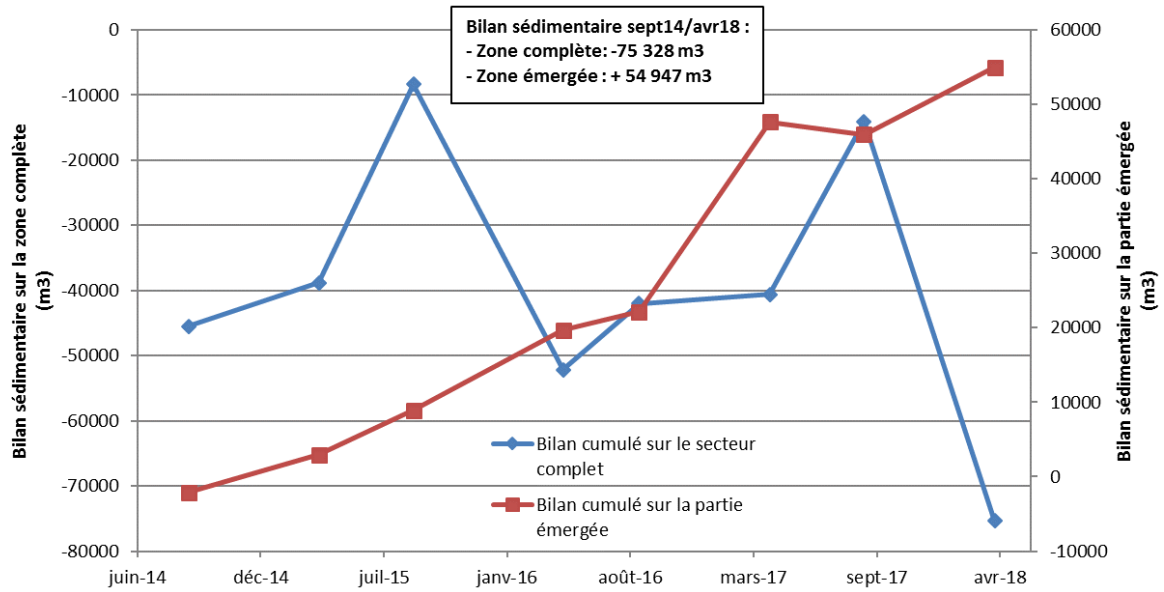
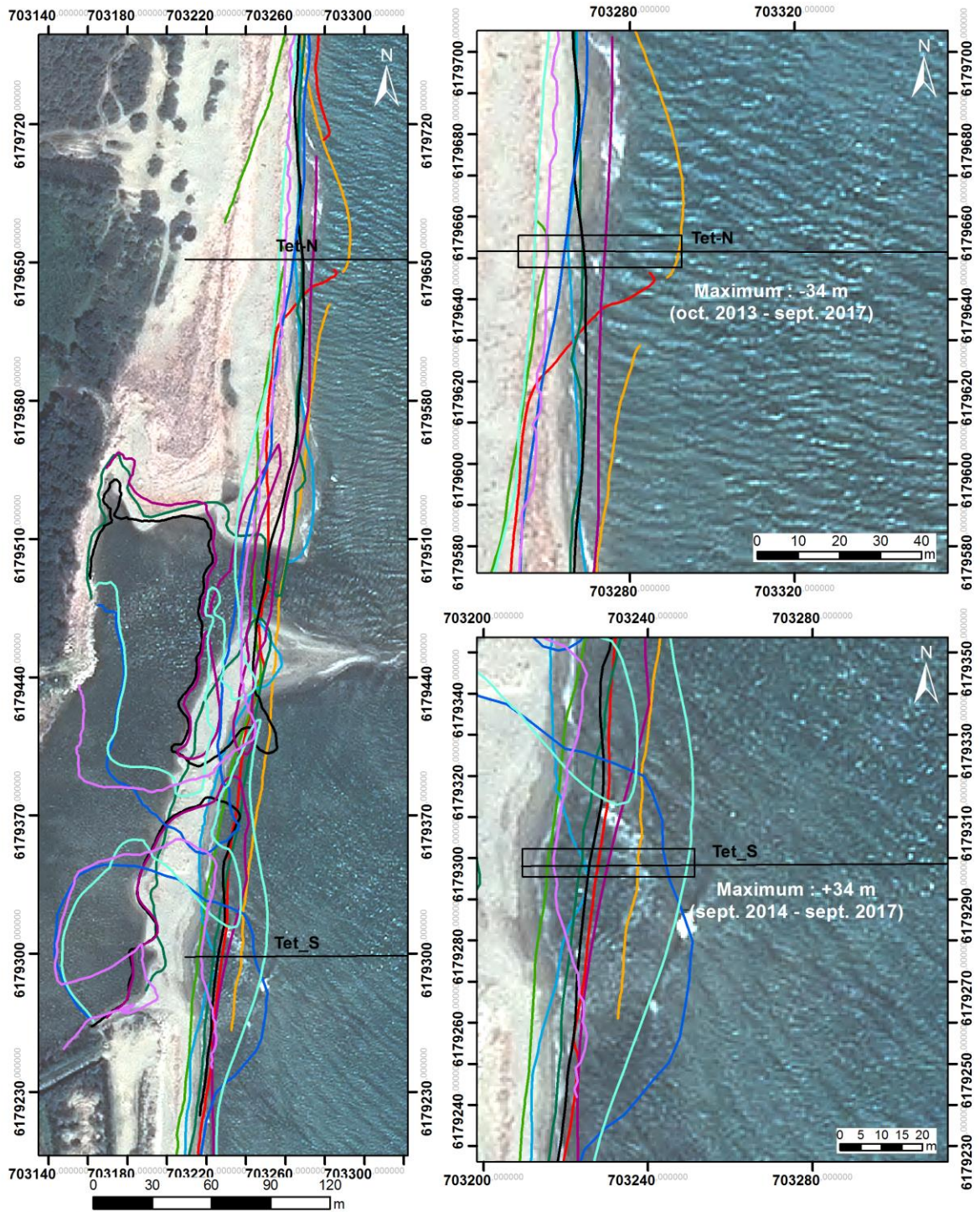


Illustration 187 - Bilans sédimentaires cumulés des zones complètes et émergées entre septembre 2014 et avril 2018 pour le secteur de la Têt

Les variations du trait de côte sont parmi les plus importantes de tout le linéaire de l'ObsCat en raison du caractère encore naturel du site. Les migrations de l'embouchure de la Têt contrôlent fortement les mouvements du trait de côte. En effet, entre septembre 2014 et septembre 2017, la migration vers le Sud de l'embouchure a fait reculer de 34 m la position du trait de côte le long du profil de référence Nord et inversement à engendrer une avancée du même ordre de grandeur sur le profil de référence sud (Illustration 188, Illustration 189).



Traits de côte :

- | | | |
|------------------|------------------|------------------------|
| — Avril 2018 | — Avril 2015 | — Profils de référence |
| — Septembre 2017 | — Septembre 2014 | |
| — Avril 2017 | — Avril 2014 | |
| — Septembre 2016 | — Octobre 2013 | |
| — Mai 2016 | | |
| — Septembre 2015 | | |

Source:
 campagne OBSCAT
 oct13/avr14/sep14/avr15/sep15/mai16/
 sep16/avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Illustration 188- Carte des traits de côtes entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de la Têt .

Sources : Eococéanodrone, 2014-2018. Campagnes ObsCat: 2014-2018. Pléiades 2015



Illustration 189 - Orthophotographies aériennes de l'embouchure de la Têt prises entre septembre 2014 et avril 2018. Entre 2014 et avril 2017 : levés par drone. Depuis septembre 2017 : levés par autogire.

5.7.4. Nord du port de Canet-en-Roussillon ou Canet Nord

La jetée portuaire de Canet-en-Roussillon (Illustration 190) diminue les apports issus du transit sédimentaire longitudinal qui s'opère naturellement du Sud vers le Nord. Ce secteur situé en aval-dérive du port est considéré comme étant en érosion (De la Torre *et al.*, 2014). Des reprofilages de plage ont lieu régulièrement sur ce site afin de compenser cette perte occasionnée par la présence de la jetée et de maintenir l'activité du restaurant de plage sur la partie sud.



Illustration 190 - Secteur Nord du Port de Canet, profils de référence et prises de vue.

La plage est étroite et relativement pentue selon les périodes et les zones, des falaises d'érosion sont souvent constatées au sortir des périodes hivernales. L'illustration 191 présente des vues du secteur au niveau du profil de référence BT061140, au mois d'avril des années 2017 et 2018, après les opérations de reprofilage du site et avant le rechargement de 27 800 m³ (PMM) en mai 2018. En avril 2017, la pente est faible et ne reflète donc pas une situation post-hivernale, les travaux de reprofilage ayant consisté à l'aplanir et à l'abaisser afin d'élargir la plage au droit du camping Brasilia et du restaurant de plage Swim-Club plus au sud. En avril 2018, on voit très nettement que le reprofilage peine à maintenir une largeur de plage suffisante au niveau du phare pour protéger le pied de dune d'une portion déjà très fragilisée, signe d'un déficit chronique en sable de la plage émergée.

La zone située immédiatement au nord de la jetée portuaire (au niveau du profil PortCanet-S) n'est plus émergée depuis les suivis réalisés en mai 2016. L'avant-côte est caractérisée par une barre externe située entre 500 et 550 m de la côte à environ -7 m NGF. Le système de barres internes est plus complexe. On retrouve ainsi 1 à 3 barres internes selon les portions de littoral.

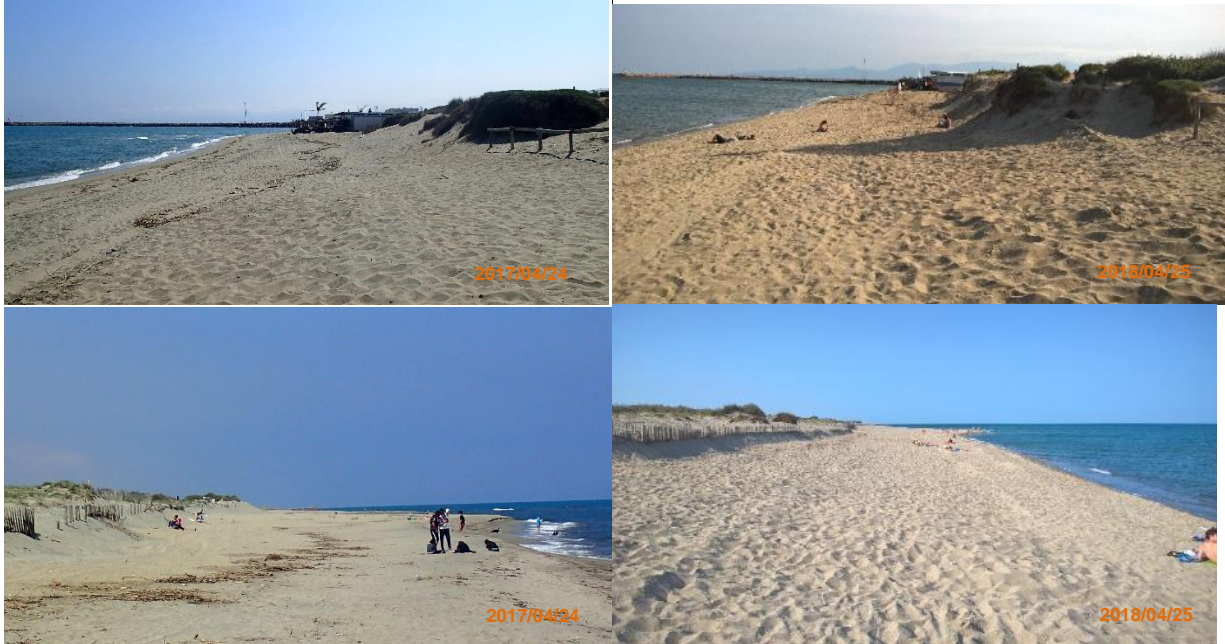
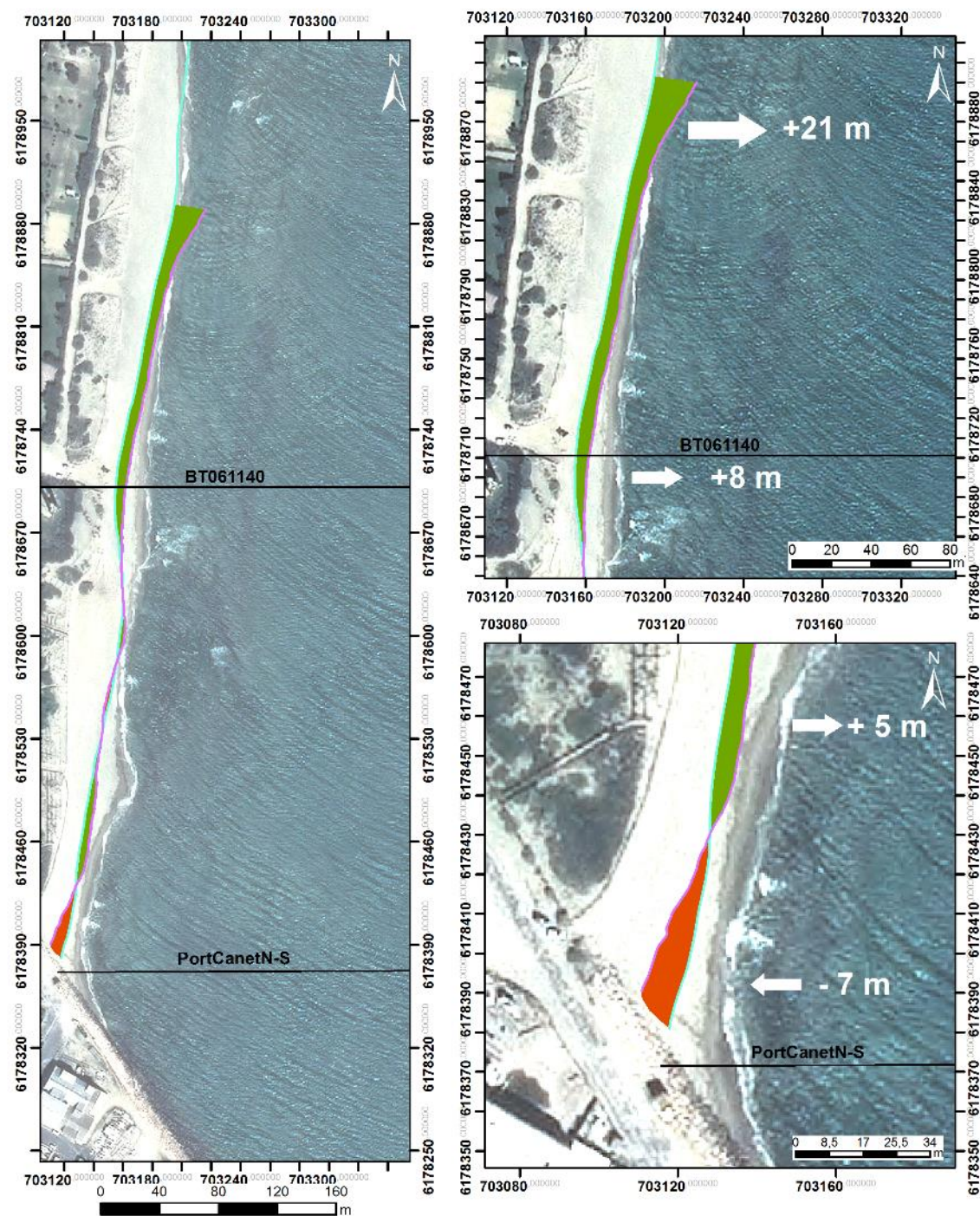


Illustration 191 - Suivi photographique du secteur de Canet Nord au niveau du profil de référence BT061140 après le reprofilage de la plage. A gauche le 24/04/2017 et à droite le 25/04/2018. En haut vues vers le Sud, en bas vues vers le Nord.

Evolution saisonnière du trait de côte

Les relevés de printemps d'avril 2018 concernant ce secteur ont été réalisés après les travaux de reprofilage localisés au niveau du restaurant Swim-Club ainsi que plus au nord, au droit du camping Brasilia, afin d'élargir la plage. Les observations ne reflètent donc pas une situation naturelle au sortir de la période hivernale (Illustration 192). A l'exception des derniers 50 mètres au sud du secteur qui présentent un recul maximal de -7 mètres, on constate partout ailleurs une avancée du trait de côte allant de +5 m au sud, et de +8 à +21 m au nord. Cette évolution est le résultat des travaux de reprofilage réalisés quelques jours avant le levé topo-bathymétrique de l'ObsCat. A noter que le trait de côte est stable au droit du restaurant le Swim-club, les équipes techniques ont probablement attendu l'opération de rechargement réalisée en mai / juin par PMM pour reprofiler ce secteur, réservant le stock disponible au sortir de l'hiver à la plage du camping Brasilia.



- | | |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Traits de côte : | Evolution du trait de côte : |
| — Avril 2018 | ■ Avancée |
| — Septembre 2017 | ■ Recul |
| — Profils de référence | |

Source:
 campagne OBSCAT
 avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93

Auteur: BRGM

Illustration 192 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur de Canet Nord.

Déplacements sédimentaires saisonniers

Comme sur la plupart des secteurs, les situations de fin d'été 2017 et de fin d'hiver 2017/2018 sont fortement contrastées (Illustration 193). Durant la période estivale, les déplacements de sédiments sur la zone immergée sont assez faibles et assez uniformément répartis. Il faut toutefois noter une érosion très locale au niveau du profil de référence BT061140 (Illustration 195) à proximité immédiate du trait de côte. Cette zone est régulièrement soumise, même en été, à l'érosion et à la formation de falaise d'érosion dans la berme de bas de plage. La plage émergée présente une accrétion sur la quasi-totalité de sa surface (Illustration 193) correspondant à un volume de 5 656 m³ (Illustration 194). Cette accrétion est probablement liée aux travaux de reprofilage qui ont pu se poursuivre après le levé ObsCat d'avril 2017. Au final, le bilan estival zone complète est positif avec 63 132 m³.

Pour la période hivernale, on constate que les déplacements sédimentaires sont beaucoup plus importants (161 672 m³ contre 95 398 m³ l'été). Sur la zone immergée, les mouvements les plus importants sont localisés dans la moitié nord du secteur. A noter sur l'ensemble de la zone une érosion non négligeable au large, sur le tombant de la barre externe. L'évolution du profil de référence sud (Illustration 196) montre que ces déplacements ont conduit à une migration des barres internes et de la barre externe vers le large. Le bilan sur la zone immergée est assez fortement négatif avec -92 997 m³. Sur la plage émergée, on observe une érosion au sud du profil de référence BT061140 et une accrétion au nord. Cette accrétion traduit les effets du reprofilage réalisé juste avant le levé d'avril 2018. Au Sud, l'érosion constatée est également très probablement liée au reprofilage de cette zone mais qui a globalement abaissé le profil. Le sable a pu être dans un premier temps transféré de la zone sud vers la zone nord sur la plage au droit du camping Brasilia. Le bilan sur la plage émergée est au final presque équilibré, en léger déficit, (-863 m³).

Pour l'ensemble de la zone le bilan est assez fortement négatif (-93 820 m³) au regard de la taille réduite du secteur concerné.

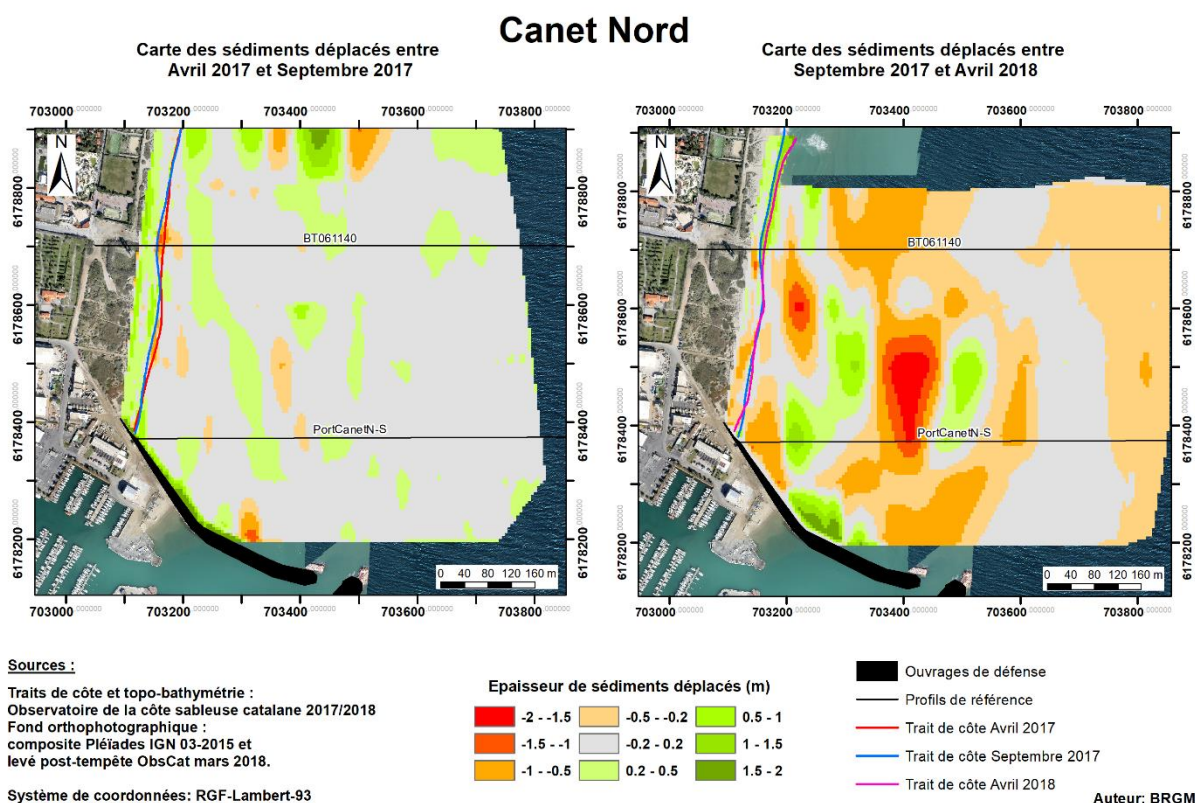


Illustration 193 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur de Canet Nord, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).

Canet Nord - Été avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume(m3) +/-
Zone complète	-16 133	79 265	63 132	464 725	13,6	599
Zone Immergée	-15 728	73 203	57 476	445 650	15,6	556
Zone émergée	-406	6 061	5 656	19 075	29,6	44
Canet Nord - Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-127 746	33 926	-93 820	439 900	-21	2 947
Zone immergée	-125 492	32 495	-92 997	426 975	-22	2 916
Zone émergée	-2 254	1 431	-823	12 925	-6	31

Illustration 194 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Canet Nord.

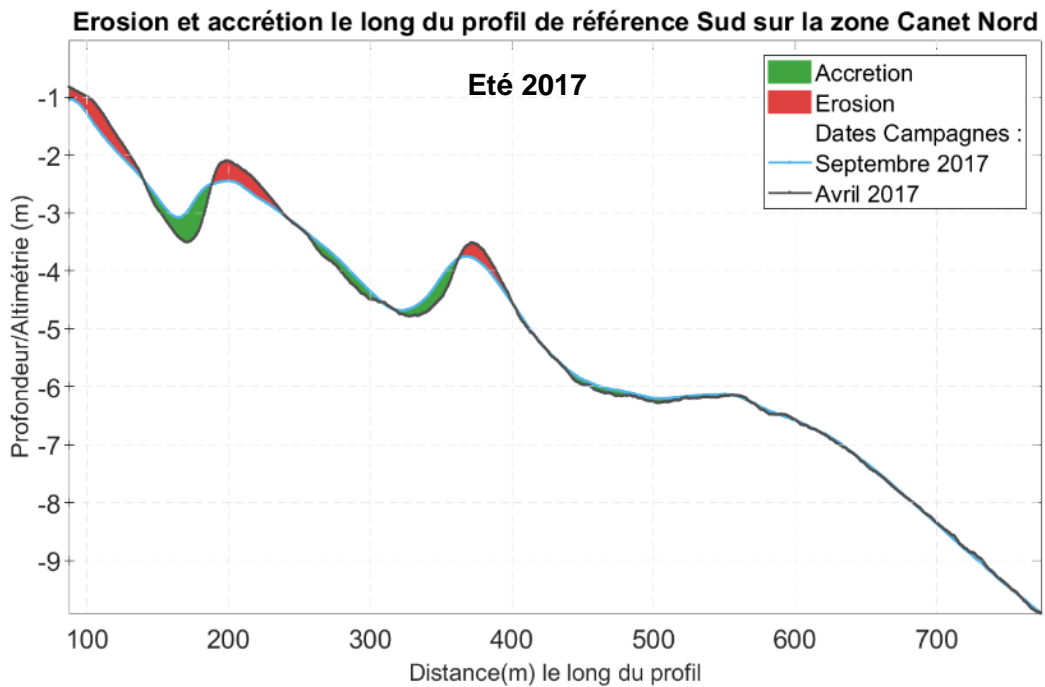
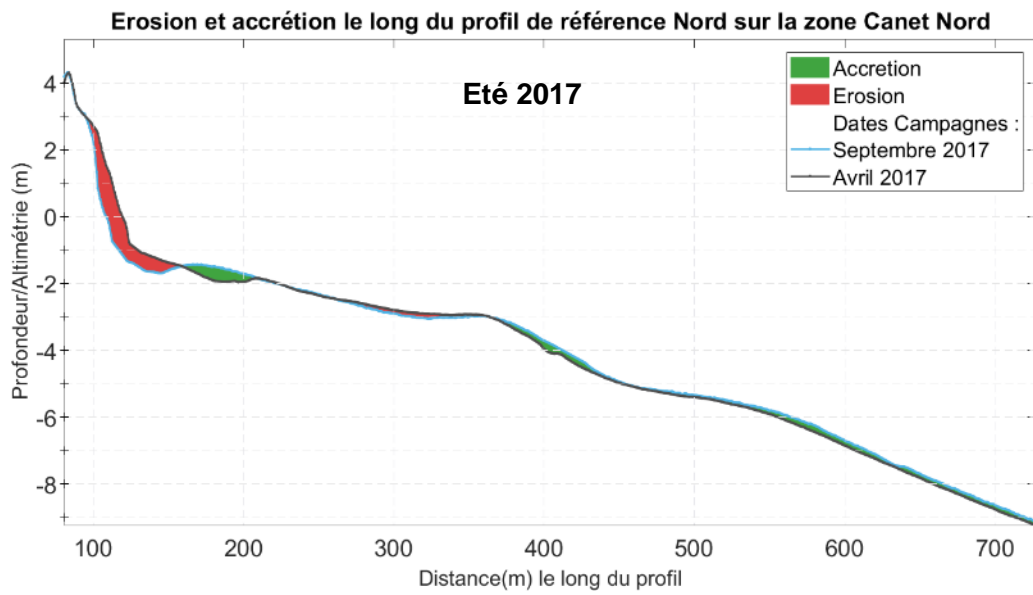


Illustration 195 - Profils de référence BT061140 et PortCanetN-S, évolutions pour la période estivale d'avril à septembre 2017.

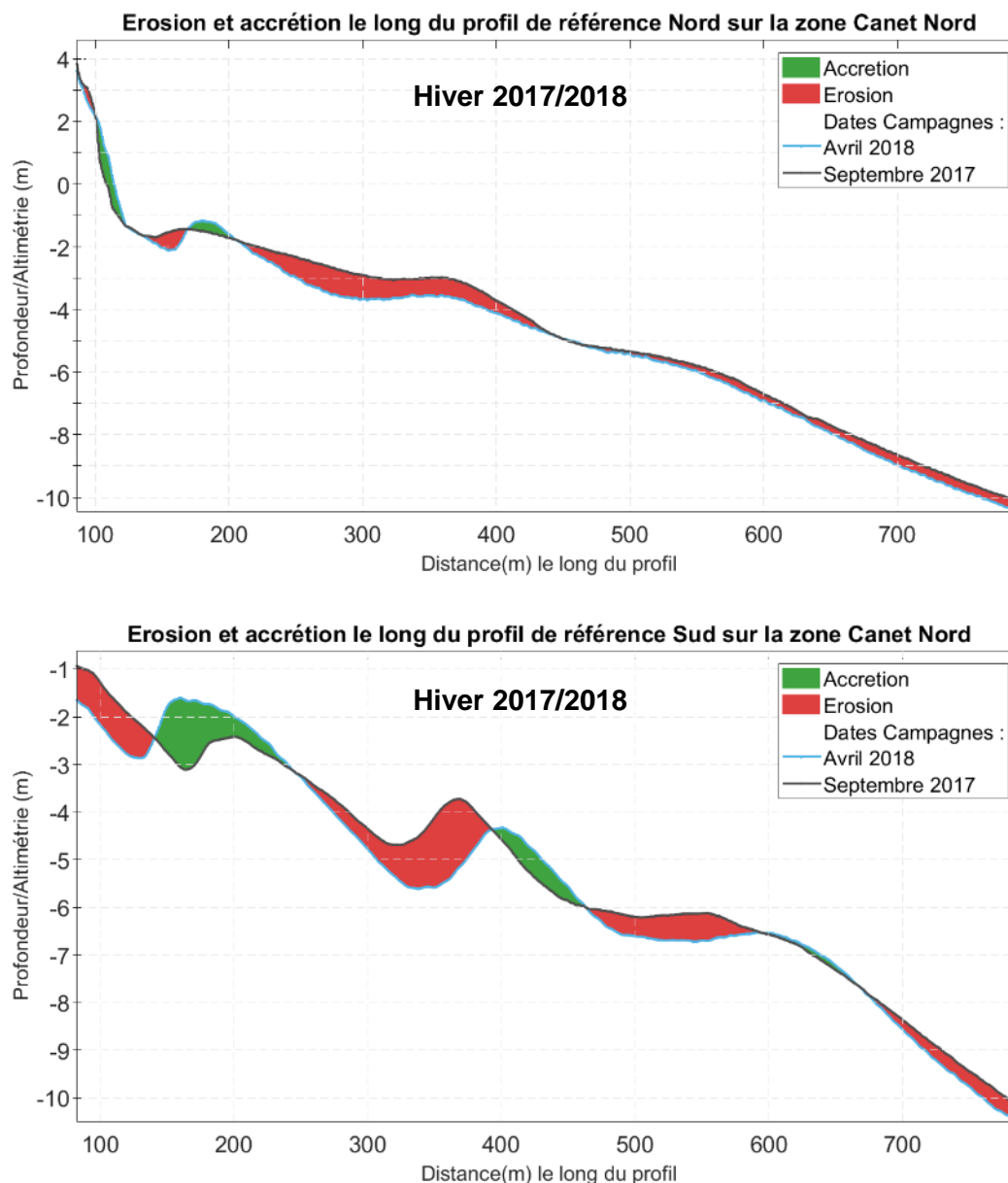


Illustration 196 - Profils de référence BT061140 et PortCanetN-S, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

L'évolution sédimentaire sur la zone complète depuis le début des relevés de l'ObsCat sur le secteur était globalement en forte accrétion jusqu'en septembre 2016 (+149 717 m³) (Illustration 197). Mais, à partir d'avril 2017, le secteur enregistre une baisse de son bilan sédimentaire malgré une période estivale 2017 en forte hausse. En fin de période hivernale 2017/2018 le bilan cumulé est aujourd'hui de +93 614 m³, soit une baisse de 56 103 m³ depuis septembre 2016.

On notera également la forte instabilité de la zone émergée, caractéristique de ce secteur. La plage peut enregistrer des baisses importantes de son bilan comme lors de la période mars 2016 à avril 2017. Même si les volumes en jeu sont assez faibles, la plage étant très étroite, ces phénomènes font que ce secteur est très vulnérable.

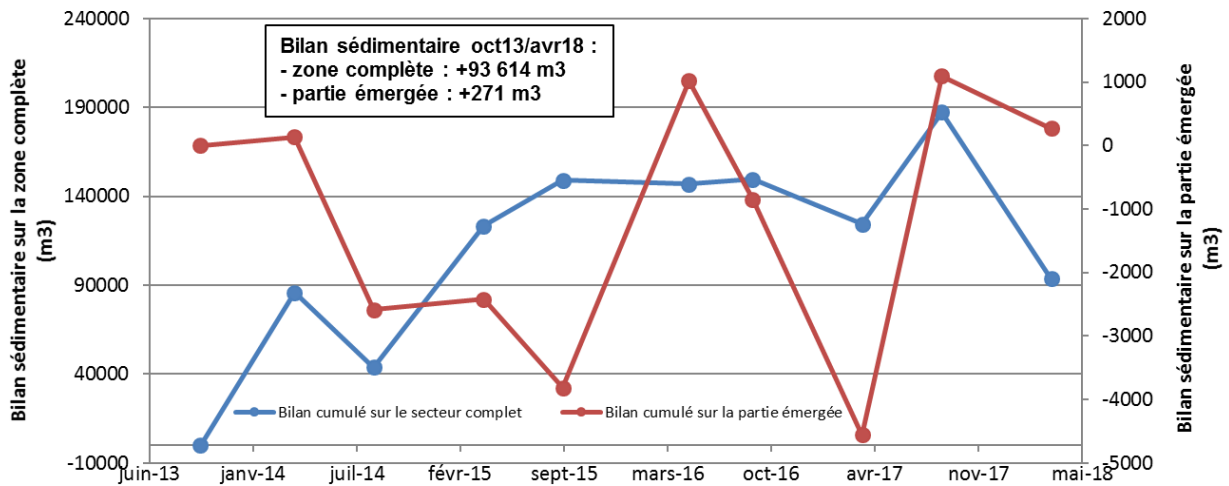
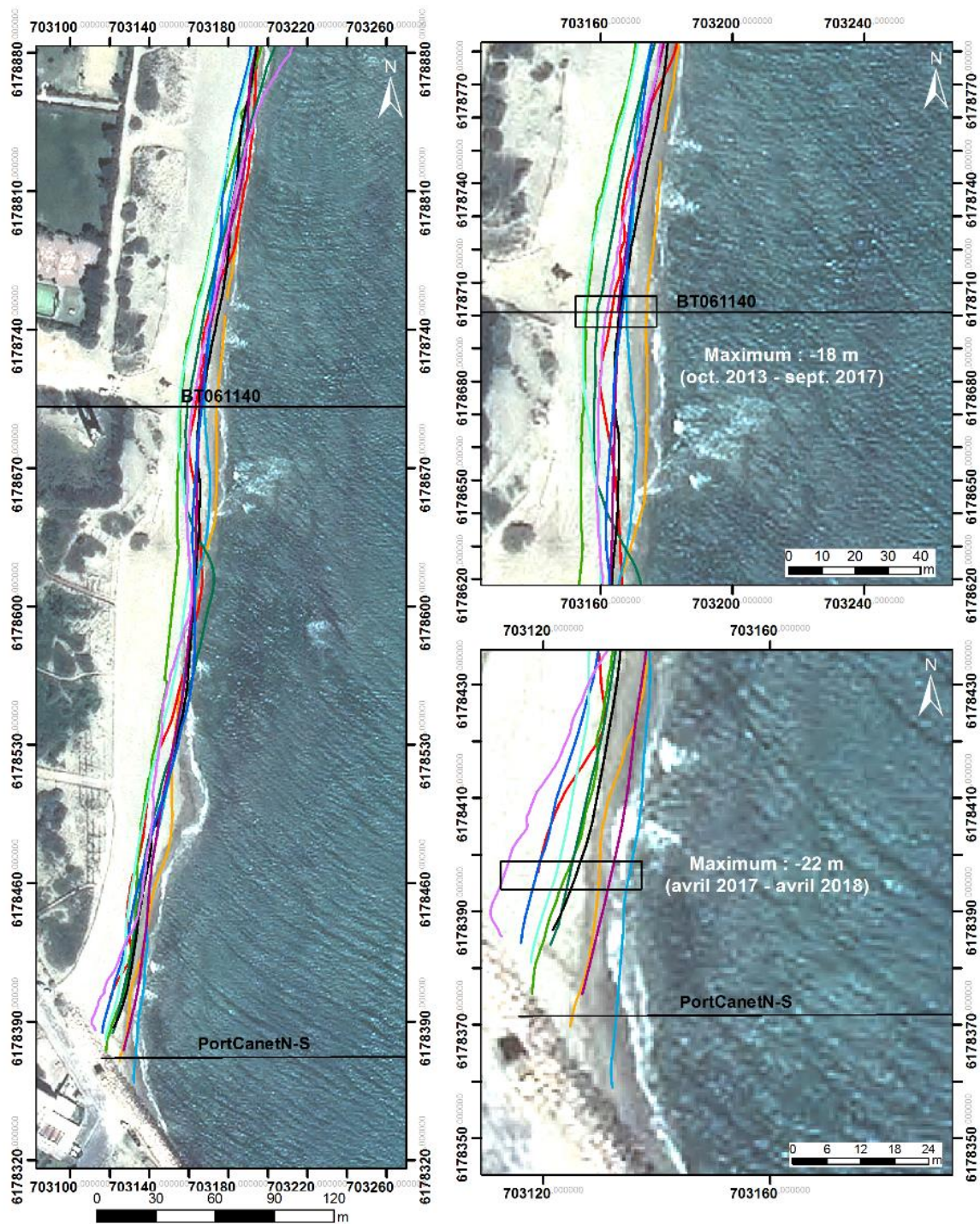


Illustration 197 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Canet Nord Sardinal.

Durant ces dernières années, le recul du trait de côte s'est accéléré au sud du secteur, dans les 100 premiers mètres au nord de la jetée du port de Canet (-17 m entre avril 2015 et avril 2017, Illustration 198).

Les observations faites au printemps 2018 apportent peu à l'analyse car elles ont été réalisées après le reprofilage de la plage. Cependant, la position du trait de côte dans la partie sud près de la jetée du port est la plus reculée observée depuis le depuis des levés de l'ObsCat. Cette situation reflète certainement encore les impacts de la tempête de mars 2018 sur le trait de côte.

D'une manière globale, les variations de la position du trait de côte dans ce secteur semblent autant être dues aux remaniements d'origine anthropique qu'à la dynamique des barres d'avant-côte.



Traits de côte :

- Avril 2018 — Avril 2015 — Profils de référence
- Septembre 2017 — Septembre 2014
- Avril 2017 — Avril 2014
- Septembre 2016 — Octobre 2013
- Mai 2016
- Septembre 2015

Source:
 campagne OBSCAT
 oct13/avr14/sep14/avr15/sep15/mai16/
 sep16/avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93
 Auteur: BRGM

Illustration 198 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Canet Nord.

5.8. 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 (Illustration 199). Cette cellule est caractérisée par une zone très urbanisée au nord, correspondant au front de mer de la commune de Canet-en-Roussillon, qui fait 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).

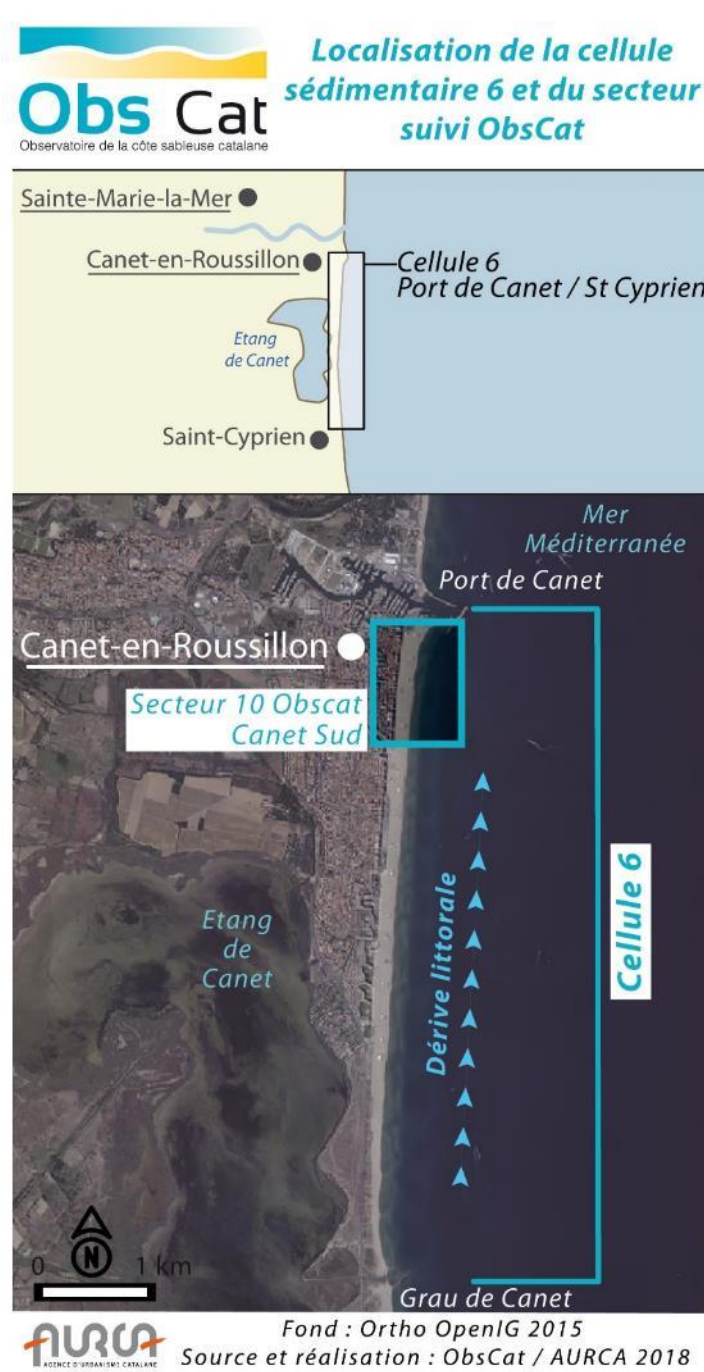


Illustration 199 - Localisation de la cellule hydro-sédimentaire 6 et du secteur Canet Sud ou Sud du Port de Canet.

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 du port de Canet-en-Roussillon (Illustration 199). La plage émergée est homogène et large de plus de 100 m 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, qui deviennent moins marqués et plus irréguliers au nord de la cellule. De la même manière, la barre interne est plus marquée et régulière au sud de la cellule.

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

5.8.1. Sud du port de Canet-en-Roussillon ou Canet Sud

Le secteur Sud du Port de Canet-en-Roussillon ou Canet Sud, dont la partie émergée couvre 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 (Illustration 200).



Illustration 200 - Secteur de Canet Sud, profils de référence et prises de vue.

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 (140 m au nord et 120 m au sud, au niveau respectivement du profil de référence nord et sud en avril 2017, Illustration 201 et Illustration 202). Le haut de plage est caractérisé par une pente douce et la berme est moins marquée que sur le site de Canet Nord.



Illustration 201 - Secteur de Canet Sud au niveau du profil de référence PortCanetSud-N. En haut vues du haut de plage, vers le sud (gauche) et vers le nord (droite). En bas vues du bas de plage, vers le sud (gauche) et vers le nord (droite). OBSCAT campagne septembre 2017.

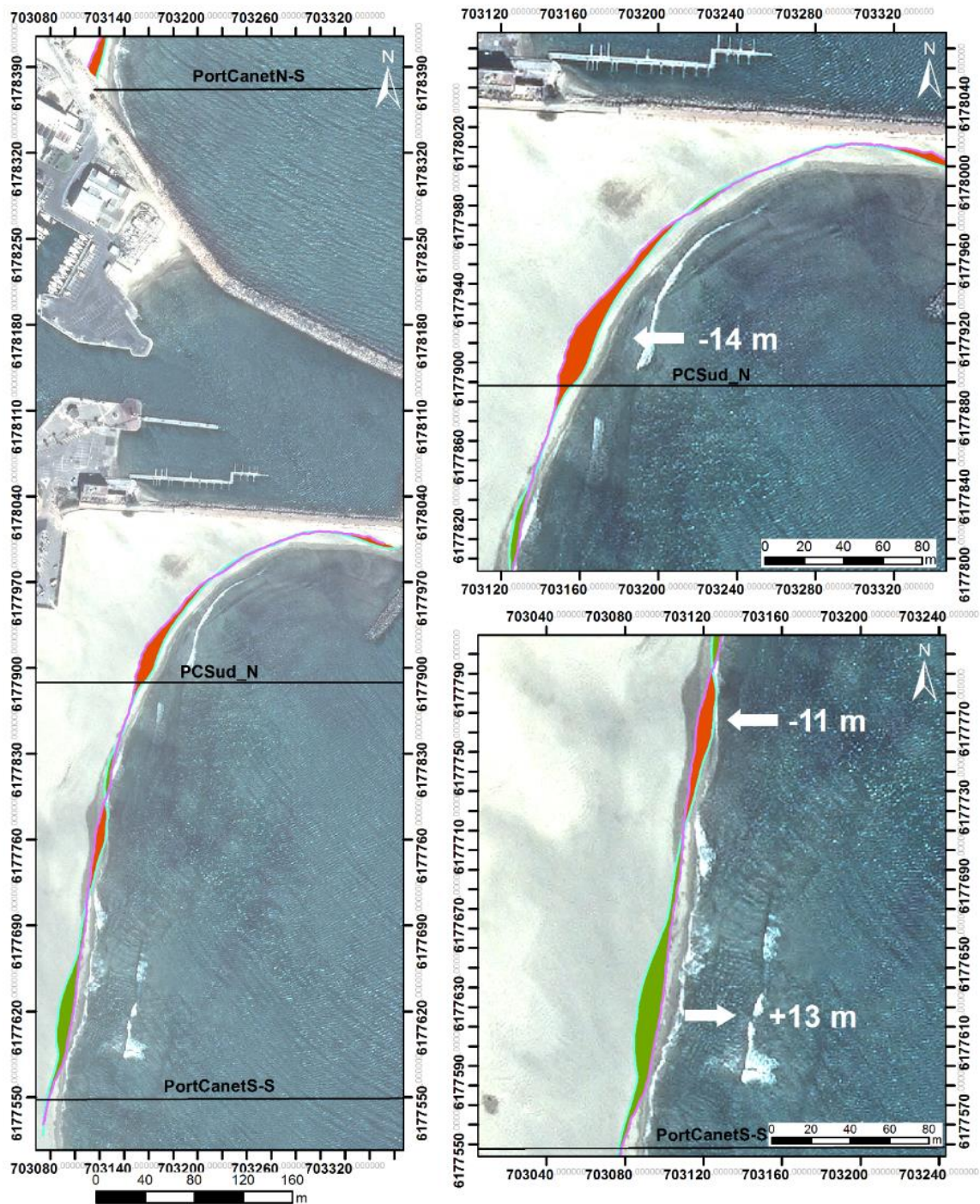


Illustration 202 - Secteur de Canet Sud au niveau du profil de référence PortCanetSud-S. En haut vues du haut de plage, vers le sud (gauche) et vers le nord (droite). En bas vues du bas de plage, vers le sud (gauche) et vers le nord (droite). OBSCAT campagne septembre 2017.

Evolution saisonnière du trait de côte

Les sédiments déplacés par la dérive littorale s'exerçant du Sud vers le Nord sont bloqués par la jetée sud du port de Canet-en-Roussillon. Jusqu'en mai 2016, une progression généralisée du trait de côte était observée depuis le début des levés ObsCat sur ce secteur (septembre 2014). A l'issue de l'hiver 2015/2016, une première phase de recul a été relevée (Christmann *et al.*, 2017 - rapport Obscat année 4). A l'issue de l'hiver 2017/2018 on note à nouveau une phase de recul du trait de côte (-14 m) mais localisée principalement dans la partie nord du secteur (Illustration 203). Ce recul place le trait de côte dans une de ses positions les plus reculées dans cette portion du site et en particulier le long de la jetée du port (Illustration 209).

Au sud du secteur, on note une avancée du trait de côte de +13 mètres maximum, ce qui le place dans une des positions les plus avancées de cette portion (Illustration 209). Un peu plus au sud, où un recul important avait été relevé en avril 2017 (-17 m), le trait de côte en avril 2018 y est sensiblement à la même position.



- | | |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Traits de côte : | Evolution du trait de côte : |
| — Avril 2018 | ■ Avancée |
| — Septembre 2017 | ■ Recul |
| — Profils de référence | |

Source:
 campagne OBSCAT
 avr17/sep17/avr18
 Image: Pléiades, IGN, 03-2015
 Système de coordonnées:
 RGF-Lambert-93

Auteur: BRGM

Illustration 203 - Carte des traits de côte de septembre 2017 et d'avril 2018 et évolution hivernale sur le secteur de Canet Sud.

Déplacements sédimentaires saisonniers

Les déplacements sédimentaires pendant la saison estivale 2017 ont été faibles comme on peut le constater sur l'illustration 204 et dans le tableau de l'illustration 205, avec seulement 43 050 m³ de sédiments en jeu. Le bilan sédimentaire est légèrement négatif mais les variations calculées se situent dans la marge d'erreur. On peut donc considérer le secteur comme stable (zone émergée comme zone immergée) du point de vue du bilan sédimentaire au cours de l'été 2017.

Sur la zone immergée, les déplacements principaux se situent au niveau des barres internes (Illustration 206 - profil de référence sud) et au niveau de la fosse inter-barres (Illustration 206 - profil de référence nord). A noter une accumulation contre la moitié sud de l'enrochement prolongeant la jetée sud du port.

Lors de l'hiver 2017/2018 (Illustration 204 et Illustration 205) les déplacements sont nettement plus importants : 95 224 m³ mis en jeu. Zone émergée et zone immergée sont en érosion (-67 946 m³ et -5 526 m³ respectivement) pour un bilan sur la zone complète de -73 472 m³. Les volumes mis en jeu sont très nettement inférieurs à ceux de l'hiver 2016/2017 (376 011 m³) mais avec un bilan global stable malgré un hiver assez énergétique.

Sur la zone immergée, les principaux mouvements concernent tout le profil, barres internes et barre externe dans la moitié nord du secteur (Illustration 204 et Illustration 207 profil nord), et la zone inter-barres et la barre externe dans la moitié sud (Illustration 204 et Illustration 207 profil sud). Des déplacements érosifs non négligeables sont à noter sur l'ensemble du linéaire dans des profondeurs comprises entre 6 et 10 m de profondeur, phénomène également visible sur le secteur de Canet Nord sur la même période.

La zone émergée sur la période hivernale 2017/2018, présente peu de déplacements sédimentaires. Ils sont localisés principalement dans 50 mètres en arrière du trait de côte. Ces mouvements peuvent s'expliquer par un remaniement de la berme de basse plage lors des tempêtes hivernales et en particulier celle de mars 2018. A noter également une érosion le long de la digue sud du port de Canet.

Canet Sud

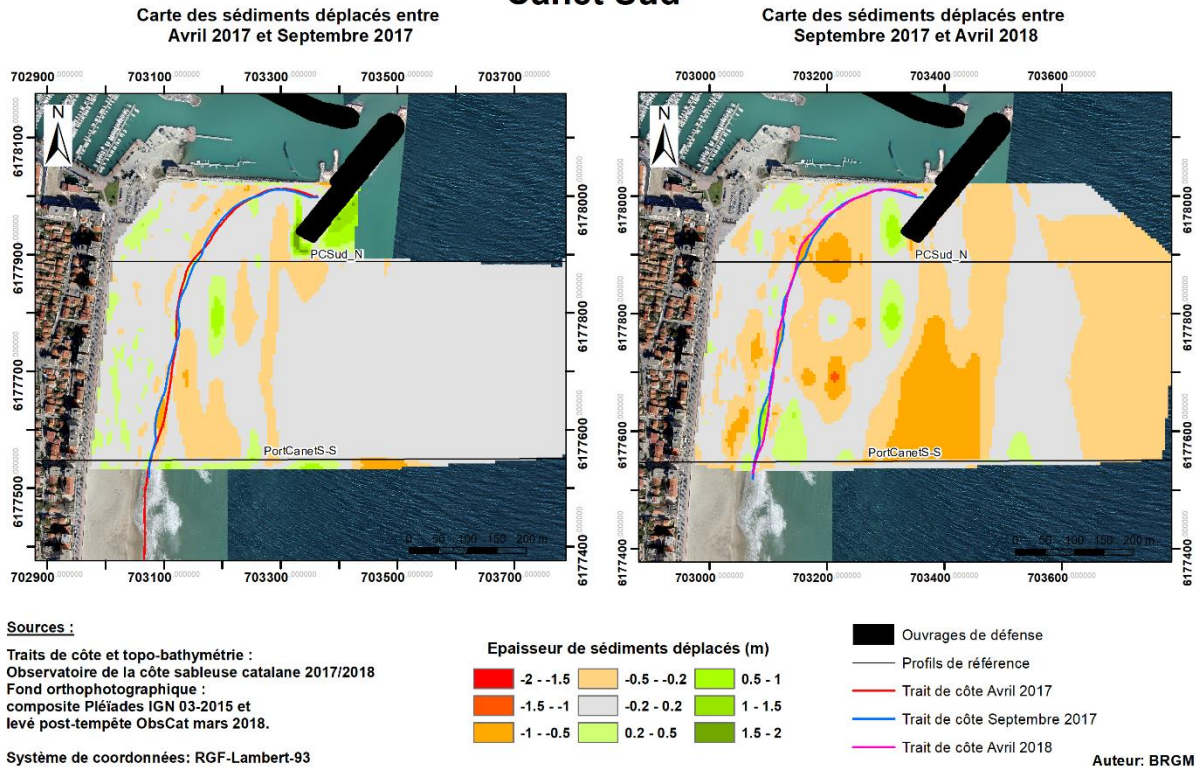


Illustration 204 - Cartes saisonnières des déplacements sédimentaires du secteur de Canet Sud, été 2017 à gauche (avril - septembre) et hiver 2017-2018 à droite (septembre 2017 - avril 2018).

Canet Sud- Eté avril à septembre 2017						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume(m3) +/-
Zone complète	-23 482	19 568	-3 914	332 628	-1,2	3 656
Zone Immergée	-19 533	15 288	-4 245	272 655	-1,6	3 313
Zone émergée	-3 949	4 279	331	59 973	0,6	343
Canet Sud - Hiver septembre 2017 à avril 2018						
Zone	Erosion (m3)	Accrétion (m3)	Total (m3)	Surface (m2)	Hauteur (cm)	Erreur volume (m3) +/-
Zone complète	-84 348	10 876	-73 472	367 500	-20	2 361
Zone immergée	-76 144	8 198	-67 946	310 250	-22	1 817
Zone émergée	-8 204	2 678	-5 526	57 250	-10	543

Illustration 205 - Tableaux de synthèse des volumes de sédiments déplacés pour la période estivale 2017 (en haut) et la période hivernale 2017-2018 (en bas) pour le secteur de Canet Sud.

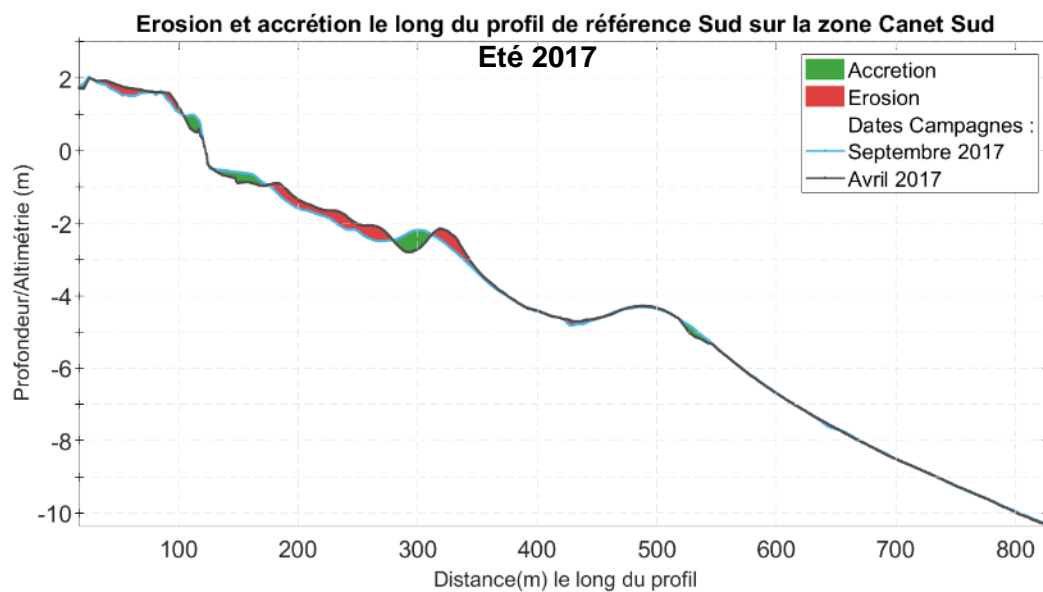
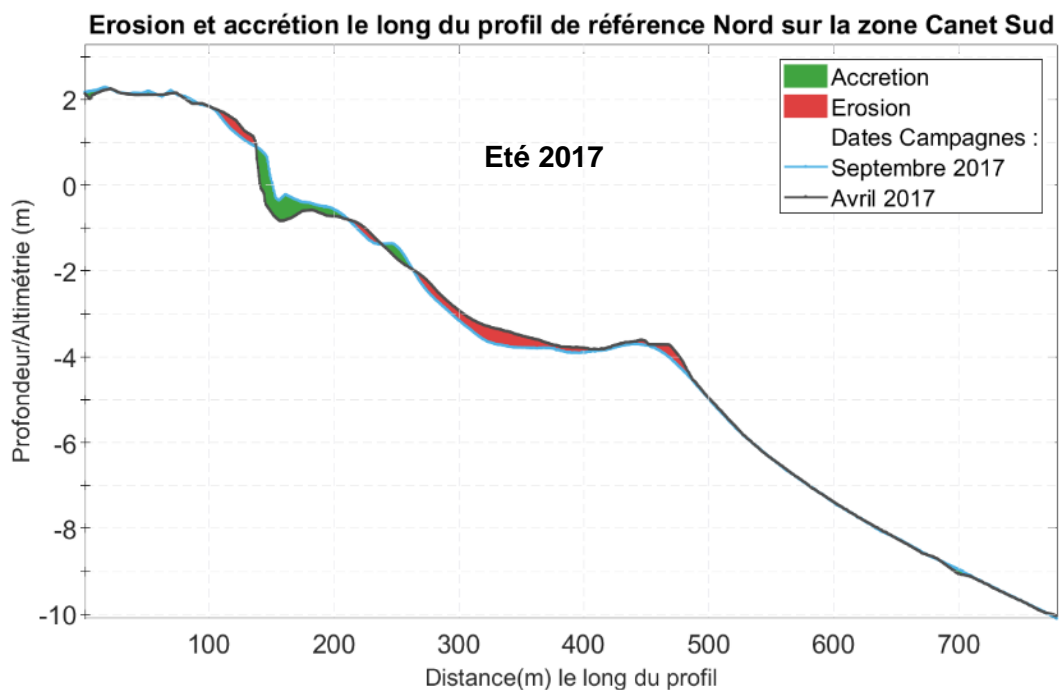


Illustration 206 - Profils de référence PortCanetSud-N et PortCanetSud-S, évolutions pour la période estivale d'avril à septembre 2017.

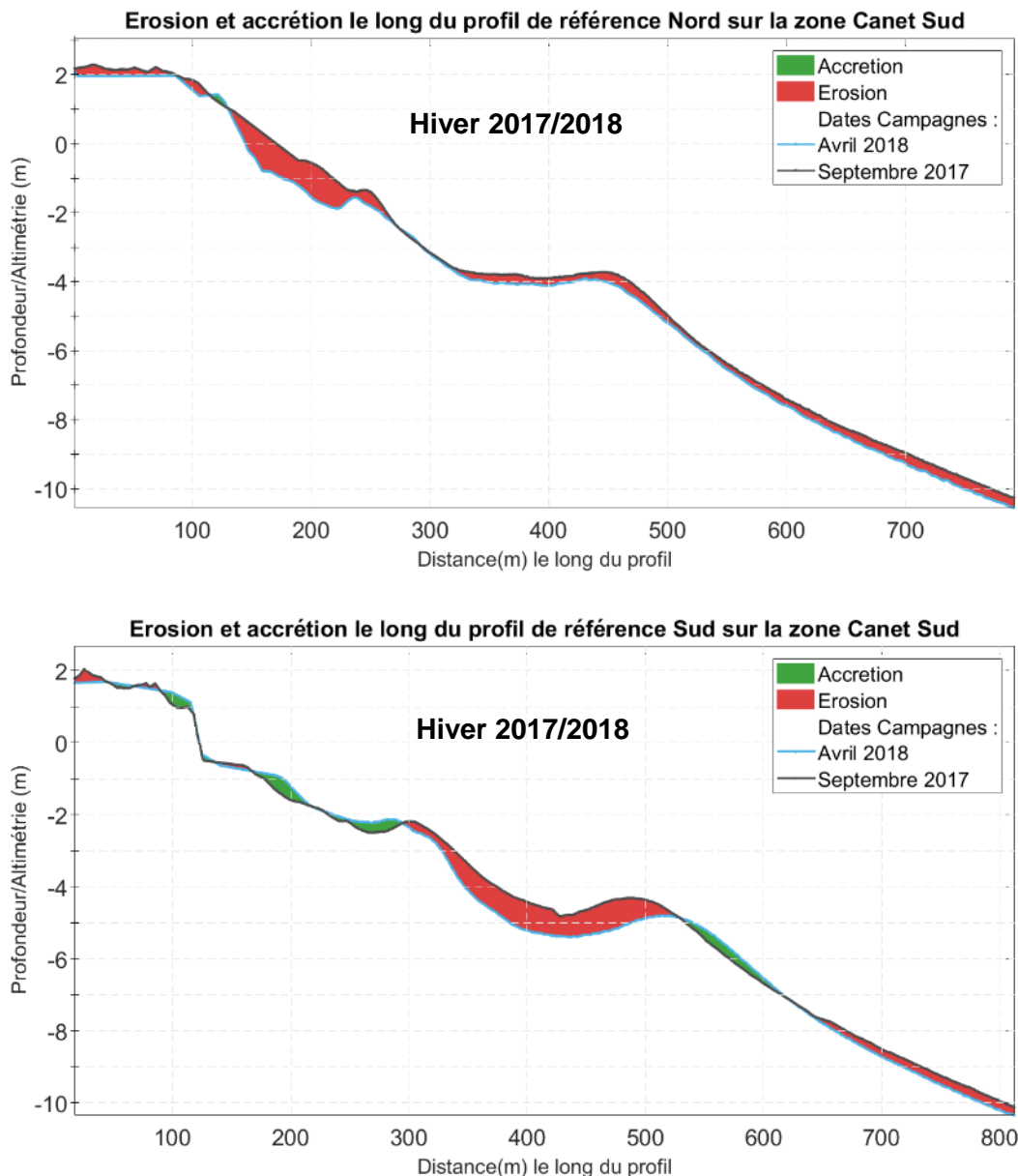


Illustration 207 - Profils de référence PortCanetSud-N et PortCanetSud-S, évolutions pour la période hivernale de septembre 2017 à avril 2018.

Bilan interannuel : bilan sédimentaire et trait de côte

Depuis le début des suivis de l’ObsCat sur Canet Sud (septembre 2014), le secteur (zone complète) présente une accrétion constante jusqu’en mars 2017. Les deux derniers levés mettent en évidence pour la première fois une érosion du secteur. Cette baisse du bilan sédimentaire est même assez importante puisqu’elle atteint $-77\,385\text{ m}^3$ sur une année. La zone émergée suivait cette tendance à l’accrétion mais de manière plus irrégulière. Mais une chute du bilan sédimentaire sur la dernière année est également observée. Le bilan cumulé est même légèrement négatif en sortie de l’hiver 2017/2018, -797 m^3 .

L’évolution du bilan sédimentaire de secteur est donc à surveiller.

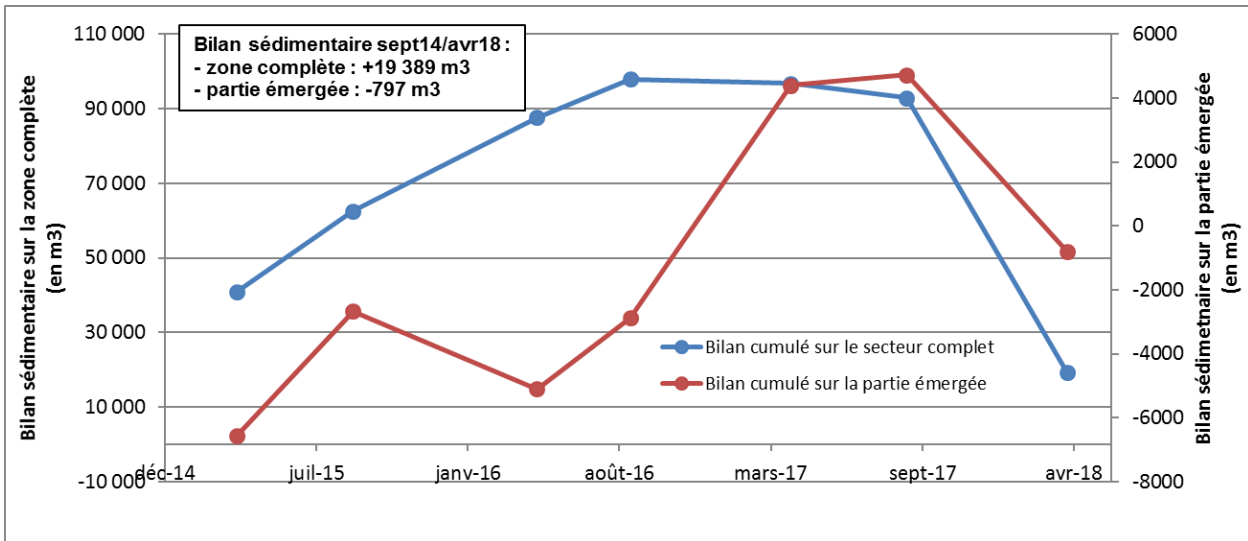


Illustration 208 - Bilans sédimentaires cumulés zone complète et zone émergée entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Canet Sud.

Malgré une accumulation importante de sédiments jusqu'en 2016 sur le secteur, un premier recul significatif du trait de côte (-22 m) a été relevé en avril 2017 (Christmann *et al.*, 2017 - rapport Obscat année 4). Les intempéries de l'hiver 2017/2018 ont entraîné une nouvelle phase de recul (-14 m) mais le recul est localisé principalement dans la partie nord du secteur (Illustration 203). Au final, trait de côte se retrouve dans une de ses positions les plus reculées connues depuis le début des levés ObsCat dans cette portion du site et en particulier le long de la jetée du port.

Au regard de la largeur de la plage qui reste encore assez importante dans cette portion nord, le recul observé ne présente de risque à court terme. Mais il convient de maintenir le suivi du secteur pour en surveiller l'évolution à plus long terme. Le recul dans l'anse au nord, contre la digue du port de Canet, est également à surveiller car des conséquences à court terme voire très court terme pourraient apparaître si cette érosion se poursuivait et s'accroissait.

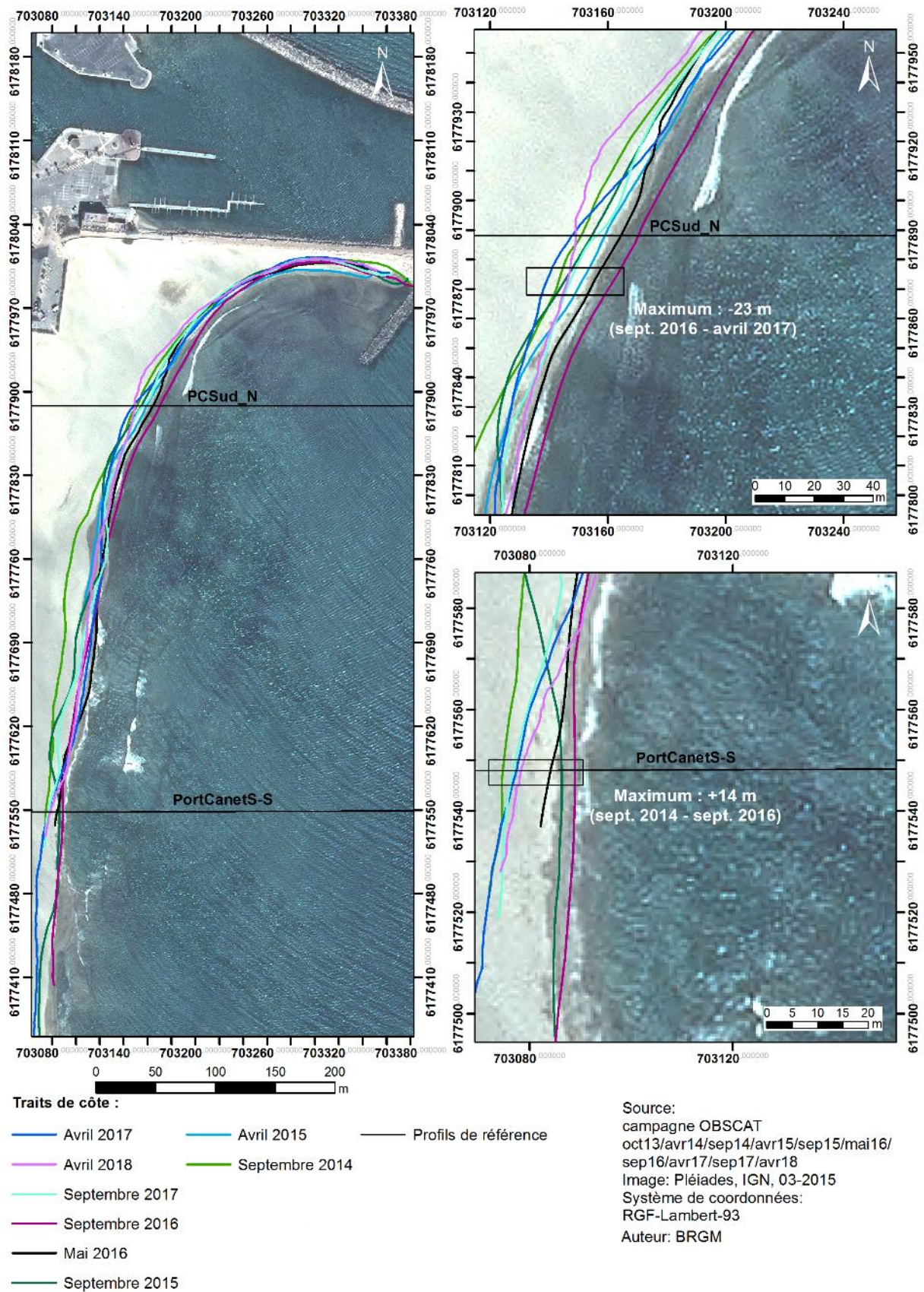


Illustration 209 - Carte des traits de côte entre octobre 2013 et avril 2018 pour le secteur de Canet Sud.

Suivi in-situ de la végétation dunaire

Le lido de Canet, situé au sud du front urbain fait l'objet d'un suivi du cordon dunaire tous les deux ans par photogrammétrie. Les données de septembre 2016 seront comparées à celles de septembre 2018 au sein du rapport de l'année 6 (2018-2019). Ces levés topographiques permettront de connaître l'évolution morphologique du cordon dunaire et de l'état de la végétation par photo-interprétation.

En complément, la dynamique végétale est également étudiée grâce aux levés *in-situ* réalisés par les gardes du littoral de PMM (Illustration 210) selon la méthodologie décrite dans la partie méthodologique de ce rapport. En attendant l'interprétation des données photogrammétriques acquises entre 2016 et 2018, il est possible de présenter quelques résultats sommaires de la dynamique des écosystèmes.

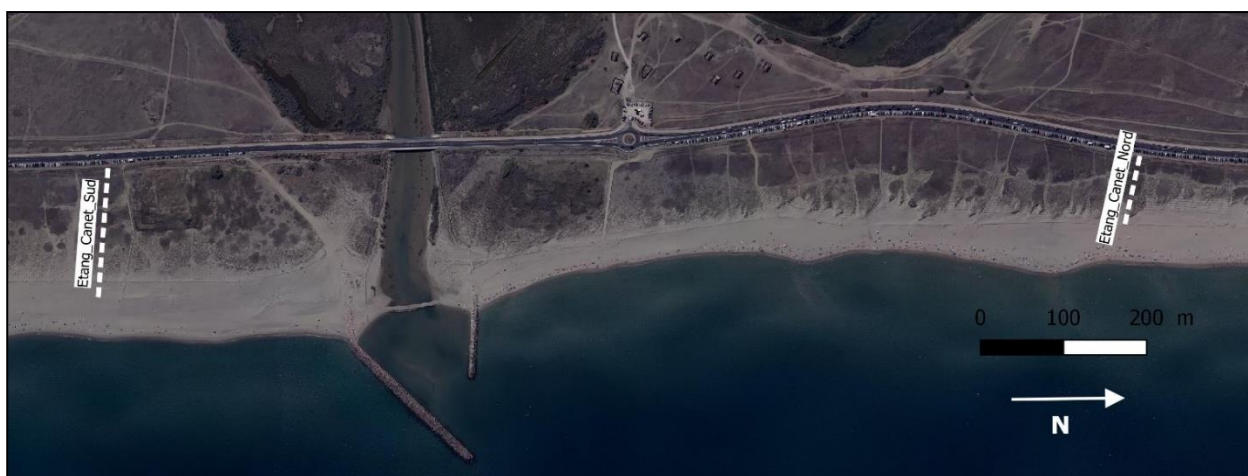


Illustration 210 - Localisation des transects Canet Nord et Canet Sud

Le taux de recouvrement moyen (tous les casiers confondus) sur les deux transects du lido de Canet est satisfaisant (Illustration 211). Depuis le début du suivi il se situe entre 66 et 81 %. Il est en progression sur le transect Nord.

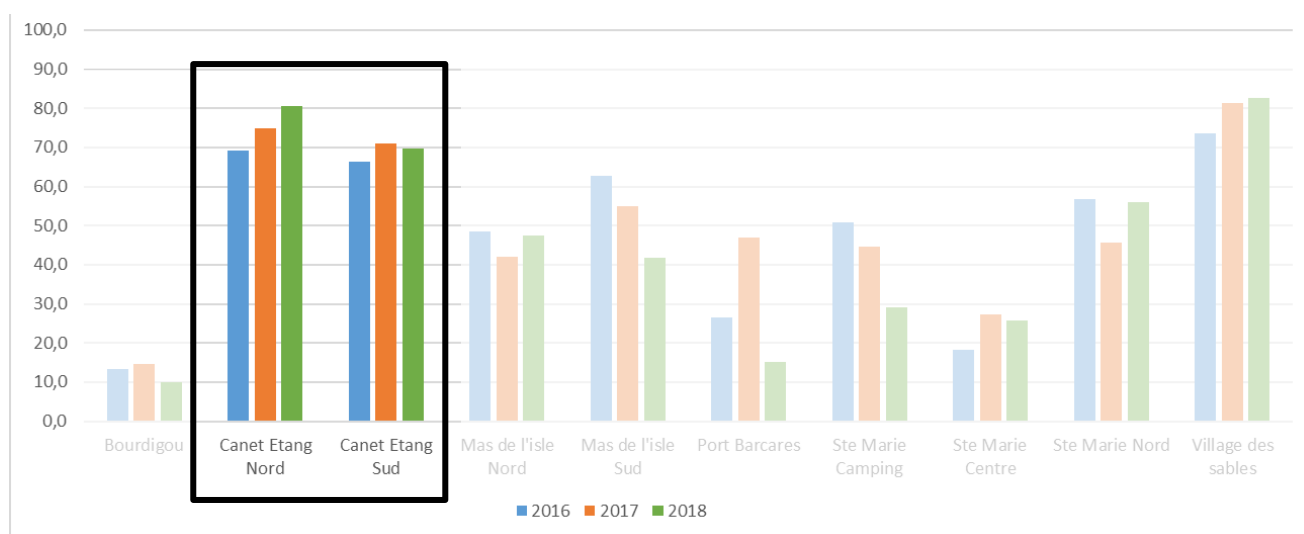


Illustration 211 - Evolution de la moyenne du taux de recouvrement pour Canet Nord et Canet Sud entre 2016 et 2018

Le nombre d'espèces présentes sur les transects du lido de Canet est relativement important par rapport à l'ensemble des transects suivis (Illustration 212). A Canet Nord, le nombre d'espèces diminue légèrement mais reste à 5,4 espèces par casier en moyenne. A Canet Sud, l'indicateur reste stable avec 6,2 espèces recensées en moyenne par casier avec un maximum, tous transects confondus, enregistré à 11 espèces pour le casier 024 situé entre limite de dune vive et dune semi-fixée.

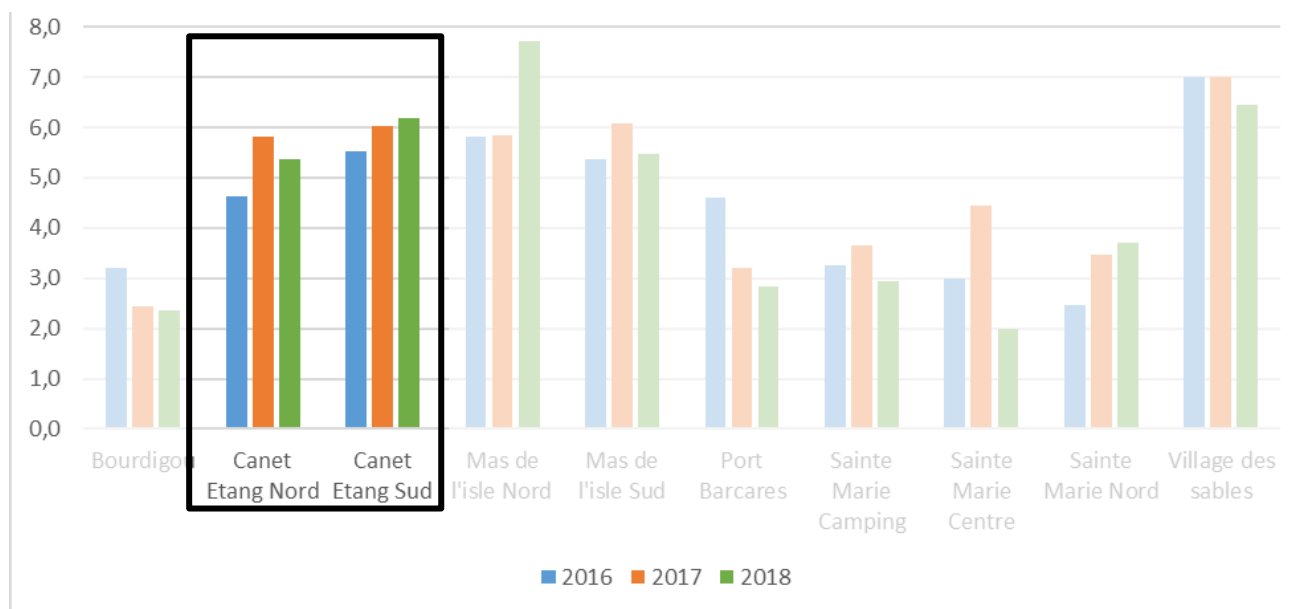


Illustration 212 - Evolution du nombre moyen d'espèces identifiées pour Canet Nord et Canet Sud entre 2016 et 2018

Les espèces recensées sont caractérisées en fonction de leur intérêt pour l'écosystème dunaire. Ainsi, à Canet sud on compte 97% de casier contenant une espèce patrimoniale, et c'est le maximum atteint pour tous les transects suivis (Illustration 213). Sur le transect Nord, 82% des casiers sont concernés par la présence d'espèce patrimoniale. On notera aussi la présence de l'œillet de catalogne, espèce endémique de la côte sableuse du Roussillon sur 3 casiers au Sud et 2 casiers au nord. Par ailleurs, aucune griffe de sorcière (*Carpobrotus*) n'est recensée sur ces transects.

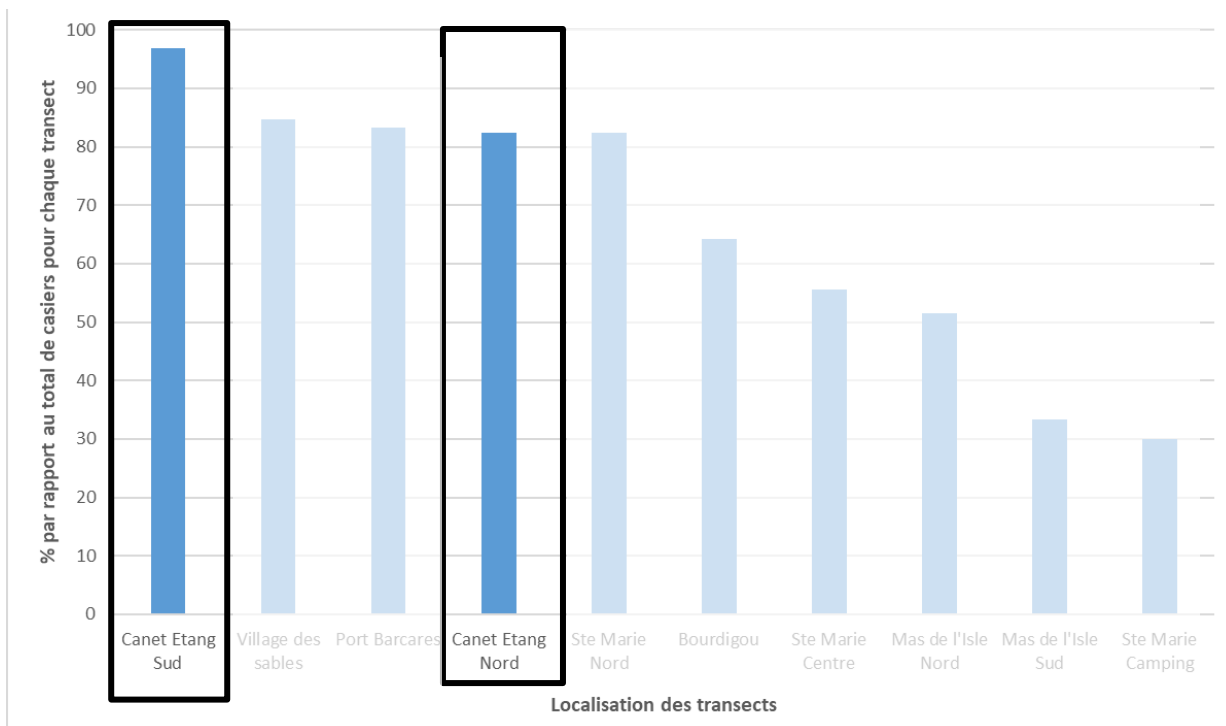


Illustration 213 - Part de casiers contenant une espèce patrimoniale en Mai 2018 sur les transects du lido de Canet

D'un point de vue biologique ce secteur du lido de Canet est particulièrement riche par rapport aux autres secteurs étudiés. Le lien avec l'altimétrie sera à mettre en valeur lors des prochaines interprétations mais on peut déjà observer que l'entretien de la mise en défens joue un rôle important dans ce secteur.

6. Bilan global des évolutions observées – Année 5

6.1. BILAN MORPHO-SEDIMENTAIRE

Le bilan morpho-sédimentaire global pour la période Avril 2017 - Avril 2018 est analysé suivant l'illustration 214 et l'illustration 215. Elles présentent respectivement pour chacun des secteurs suivis :

- Les bilans sédimentaires sur la zone complète (plage émergée + plage immergée) ;
- L'évolution du trait de côte sur les profils de référence et l'évolution de l'épaisseur de sable émergé et de sable immergé.

Sur les 12 secteurs suivis, **7 présentent un bilan sédimentaire positif**. Les plus importants (hors embouchures) sont : **Barcarès Nord, Sainte-Marie et Torrellles**. **3 secteurs présentent un bilan négatif** (hors embouchures) : **Leucate-plage, Canet-Nord-du-port et Canet-Sud-du-port**.

Le secteur de **Barcarès Nord** est celui qui enregistre le plus fort bilan positif sur cette année de suivi (+148 224 m³). D'une manière générale, ce site présente une certaine tendance à l'engraissement depuis septembre 2016. On peut y voir les effets favorables des opérations régulières de rechargement en sable, associées au système de défense contre la mer et à la réhabilitation du cordon dunaire.

L'analyse des données obtenues depuis 2014 par le suivi haute fréquence du trait de côte par caméra vidéo apporte les précisions suivantes sur ce secteur :

Zone Nord au droit des 3 brise-lames les plus récents :

- Début de la stabilité des tombolos assez tardive, à compter de l'hiver 2016/2017 (2 ans après la construction des brise-lames), avec un décalage temporel du Sud vers le Nord ;
- Importante résilience observée à la suite des fortes tempêtes d'octobre 2016 et de mars 2018, malgré de forts reculs du trait de côte pendant ces épisodes.

Zone Sud au droit des plus anciens brise-lames et épis :

- Importante stabilité depuis le début du suivi vidéo. Léger recul depuis la tempête d'octobre 2016, avec des variations qui sont aussi plus fortes qu'auparavant ;
- Recul du trait de côte de la baie située entre le brise-lames 2 et 3, aux alentours du poste de secours au centre du secteur, depuis la tempête d'octobre 2016. On pourrait y voir un lien avec des rechargements moins fréquents sur cette portion du secteur.

Pour **Sainte-Marie**, le bilan assez fortement positif observé (+129 478 m³) est en partie influencé par l'opération de rechargement qui s'est déroulée en avril 2017 (après la campagne de mesure ObsCat). Malgré un hiver 2017/2018 érosif sur la plage émergée, le gain important de l'été 2017 permet au secteur d'emmagasiner une quantité de sable importante sur la zone émergée comme sur la zone immergée. Sur ce secteur, l'évolution du trait de côte sur l'année 5 est relativement stable au niveau des profils de référence. En revanche, les secteurs au sud du port et au nord immédiat du système de défense contre l'érosion (épîs et brises-lames) montrent des variations importantes et récurrentes. Au sud du port, les variations sont principalement liées aux prélèvements en sable effectués régulièrement pour recharger la plage du secteur protégé et aux périodes d'accumulations contre la jetée du port. Au nord immédiat du dernier épî, on observe de manière récurrente la formation d'une encoche d'érosion malgré les rechargements réguliers effectués pour y palier. Les reculs à ce niveau peuvent atteindre une quinzaine de mètres

certaines années, en lien principalement avec le départ du sable déposé au printemps lors du rechargement.

Pour le secteur de **Torreilles**, on observe un bilan assez nettement positif (+42 071 m³) en lien avec un engraissement modéré de la plage immergée, la plage émergée restant en bilan légèrement négatif (-2 887 m³). La dynamique de cette dernière est forte, se traduisant par des variations saisonnières et inter saisonnières importantes de sa largeur, en lien avec le déplacement des barres d'avant-côte. Ce secteur reste à surveiller, en raison d'une plage qui globalement est étroite comparativement à d'autres secteurs suivis.

Le secteur du **Lydia** bien que présentant un bilan positif (+15 496 m³) reste à surveiller en raison des fortes variations de largeur de plage au droit d'un secteur fortement urbanisé. Il en résulte un trait de côte très fortement festonné. Les suivis de l'ObsCat ont permis de montrer que ces oscillations sont liées à une dynamique importante des barres d'avant-côte au droit de ce secteur qui tendent à migrer vers le Nord au fil du temps. Cette migration entraîne en parallèle la migration des festons du trait de côte expliquant, d'une saison à l'autre, ces importantes variations de largeur de plage.

Le bilan négatif du secteur de **Leucate-plage** (-45 133 m³) est lié à d'importants mouvements sédimentaires durant l'hiver 2017/2018 avec très probablement un effet prépondérant de la tempête de fin février-début mars 2018.

Le secteur de **Canet-Nord-du-Port** enregistre pour la deuxième année consécutive (cf. année 4) un bilan déficitaire (-30 688 m³). La position du trait de côte sur ce site est assez difficile à interpréter en raison des opérations de reprofilage réalisées chaque année. Une tendance au recul semble cependant se concentrer dans la partie centrale.

C'est la première fois depuis le début des suivis de l'ObsCat que le secteur de **Canet-Sud-du-Port** présente un bilan annuel négatif (-77 386 m³). Cette évolution se traduit par une diminution moyenne de l'épaisseur de sable à la fois sur la plage émergée (-9,1 cm) et sur la plage immergée (-23,5 cm). Ce sont les mouvements sédimentaires de l'hiver 2017/2018 qui sont à l'origine de ce déficit, l'été 2017 ayant été stable (volumes non significatifs). La position du trait de côte est stable, excepté dans la partie nord du secteur où l'on observe un recul au printemps 2018 (-14m). Un recul y avait déjà été observé lors de l'année 4. On ne peut parler à ce stade de tendance, mais la position actuelle du trait de côte est cependant la plus reculée depuis le début des levés de l'ObsCat (2014). Le long de la jetée du port, le recul est plus modéré mais la petite plage au pied de cet ouvrage a quasiment disparu. Cela constitue donc un point de vigilance car cette situation pourrait potentiellement favoriser des désordres sur cet aménagement.

Les embouchures de l'**Agly** et du **Bourdigou** en léger déficit sédimentaire en sortie d'année 4 (-4 017 m³ et -3 370 m³) sont cette année en net bénéfice (+48 245 m³ et +45 640 m³). L'embouchure de la **Têt** est au contraire en net déficit au printemps 2018 (-34 748 m³) par rapport à l'année 4 (+11 568 m³).

Comparativement à l'année 4 à l'issue de laquelle de nombreux secteurs présentaient un déficit sédimentaire, cette année 5 est globalement positive.

L'hiver 2017/2018 a été assez peu énergétique avec seulement 2 événements tempétueux significatifs :

- du 6 au 8 janvier 2018 ;
- du 28 février au 2 mars 2018

et 5 coups de mer dont un seul avec une hauteur de houle significative supérieur à 3 m, du 7 au 11 avril 2018.

La tempête majeure du 28 février au 2 mars 2018 a cependant été particulièrement marquante sur le littoral de l'Occitanie provoquant d'importants impacts érosifs et des submersions marines en de nombreux secteurs de la côte sableuse de la région. A l'appui de la fiche synthétique de mesure d'état de mer réalisée par le CEREMA pour la bouée houlographe de Leucate (CEREMA, 2018), on estime que son intensité, en termes de période de retour, est autour de 10 ans pour la houle. En combinant hauteur de houle et niveau d'eau (entre 20 et 30 ans en combinant hauteur de houle et niveau d'eau (estimation BRGM). Mais au demeurant sur le plan du bilan sédimentaire, peu de secteurs en ont subi des conséquences néfastes, à l'exception de Leucate-plage, Canet-Nord-du-Port et Canet-Sud-du-Port.

On retiendra de cette année 5, les 3 points sensibles suivants :

- La vulnérabilité des secteurs du Lydia et de Torreilles en raison des fluctuations importantes de la largeur de ces plages ;
- Le déficit sédimentaire répété du secteur de Canet-Nord-du-Port ;
- Le déficit notable du secteur du Canet-Sud-du-Port et un recul du trait de côte à surveiller dans la partie nord.

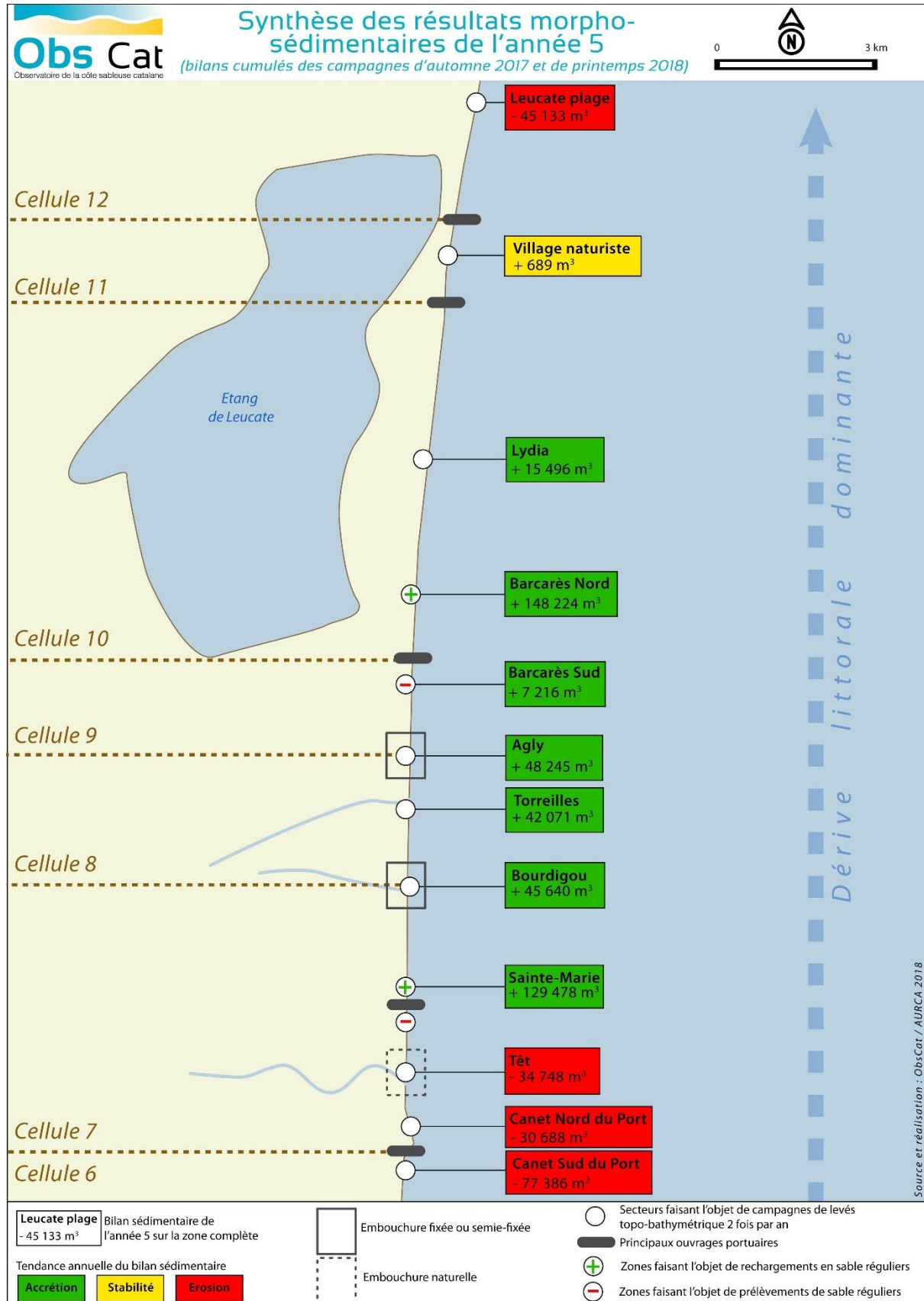


Illustration 214 – Synthèse des résultats morpho-sédimentaires de l'année 5 – Bilan sédimentaire sur la zone complète de chaque secteur - Avril 2017 / Avril 2018.

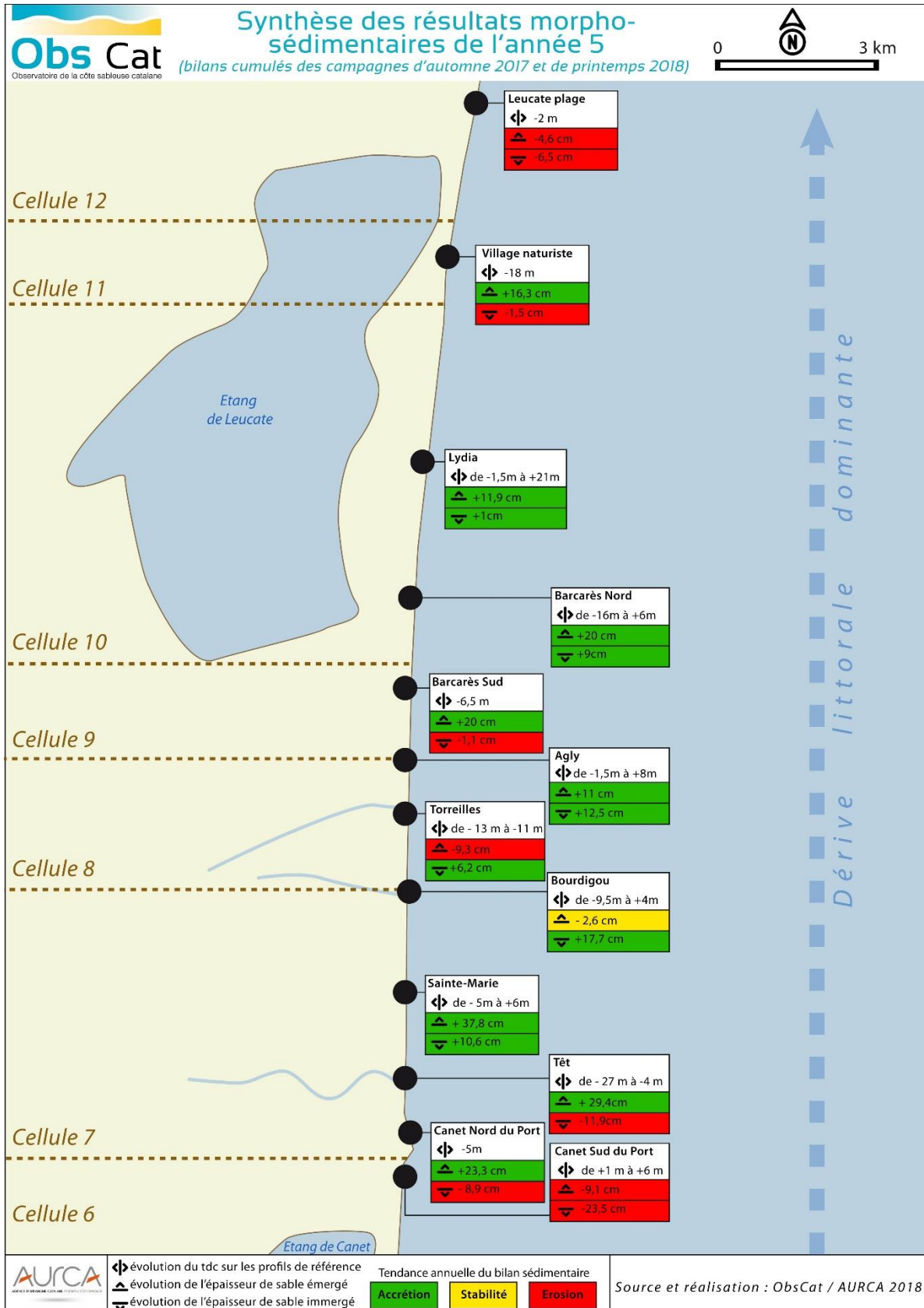


Illustration 215 - Synthèse des résultats morpho-sédimentaires de l'année 5 – Evolution du trait de côte sur les profils de référence, évolution de l'épaisseur de sable émergé et de sable immergé pour chaque secteur - Avril 2017/Avril 2018.

6.2. ENVIRONNEMENTS DUNAIRES

La qualité des environnements dunaires suivis sur le territoire de l'ObsCat a été appréciée au regard de comparaisons altimétriques et de suivi *in-situ* de la végétation. Les principaux résultats sur l'année 5 sont les suivants :

Le Lydia

La comparaison altimétrique avril 2016/avril 2018 du cordon dunaire du secteur du Lydia, montre une accréation nette se traduisant par une avancée et une élévation modérée du front dunaire sur la quasi-totalité du secteur, et par un adoucissement des pentes du haut de plage. Ces éléments tendent à montrer l'efficacité des travaux de mise en défens du cordon notamment sur la partie nord. Les apports sableux de la tempête du 28 février au 2 mars sur le haut de plage (recouvrements dunaires), et leur piégeage dans ce dispositif, y sont très probablement pour une part importante. La poursuite du suivi permettra de savoir si cette progression est liée simplement à cet événement ponctuel ou bien si elle résulte d'une tendance à plus long-terme.

Barcarès - Mas de L'Isle

La situation biologique du cordon dunaire du Mas de l'Isle pourrait être plus satisfaisante au vu d'un environnement peu artificialisé (terrain du Conservatoire du littoral). Les indicateurs étudiés, taux de recouvrement par la végétation et nombre d'espèces, sont moins bons que sur des milieux similaires comme Canet Lido par exemple.

Barcarès – Port Barcarès

Sur le plan morpho-sédimentaire ce cordon dunaire est en bonne santé, la mise en défens étant très efficace sur ce secteur. La tempête du 28 février au 2 mars 2018 a également contribué à une forte progression altimétrique par rapport à 2015. D'un point de vue biologique, ce secteur se maintient dans un état acceptable par rapport à sa situation très urbaine et artificialisée, malgré une forte diminution des taux de recouvrement et du nombre d'espèces, en relation probable avec les recouvrements dunaires provoqués par la tempête fin février-début mars 2018.

Torreilles – Village des sables

Le cordon dunaire de Torreilles présente dans ce secteur un état biologique de qualité très satisfaisante tant du point de vue du taux de recouvrement, en progression depuis 2016 que de la diversité spécifique. On compte également 85% des casiers observés contenant une espèce patrimoniale.

Torreilles – Bourdigou (rive nord du Bourdigou)

Le transect du Bourdigou, à l'extrême sud du cordon dunaire de Torreilles est placé sur une forte zone d'érosion en lien avec sa situation d'aval dérive par rapport aux enrochements du Bourdigou. Cela se retrouve également dans les écosystèmes où le taux de recouvrement est minimal et toujours régressif (10% en moyenne en 2018). Cela est dû à l'absence de toute trace de végétation (recouvrement nul) dans les 5 casiers les plus proches de la plage, malgré les travaux de mise en défens réalisés par PMM en 2015, inefficaces face à l'action des houles de tempête (érosion et submersion).

Sainte-Marie Nord (Sainte-Marie Centre et Sainte-Marie Camping) – Torrelles sud (rive sud du Bourdigou)

Sur la zone nord de Sainte-Marie, l'état des lieux biologique est médiocre en lien avec la forte fréquentation et le défaut de mise en défens. De futurs aménagements devront venir améliorer la situation, particulièrement au droit du camping où le potentiel de conservation est fort en raison d'un cordon dunaire, plus large qu'au centre, et apte à abriter tous les habitats dunaires.

Sur Torrelles Sud ; les taux de recouvrement sont bons et en progression mais restent fortement impactés par un cheminement d'arrière-dune. Le potentiel de colonisation de la végétation est cependant fort et sera à exploiter en cas de travaux de restauration dunaire. La diversité spécifique est en progression mais ce point positif doit être mis en regard de la forte présence locale d'espèces invasives.

Canet Lido - Canet Etang Nord et Canet Etang Sud

Le lido de Canet paraît en bon état morphologique malgré un front dunaire souvent mis à mal par la fréquentation estivale et qui mériterait une mise en défens plus régulièrement entretenue. D'un point de vue biologique, ce secteur du lido de Canet est particulièrement riche par rapport aux autres secteurs étudiés.

7. Conclusion

L'ObsCat, Observatoire de la côte sableuse catalane est entré dans sa 5^{ème} année de suivi. 15 secteurs ont été analysés, dont 12 secteurs de plage (suivis topo-bathymétrie et trait de côte) et 8 environnements dunaires (suivis altimétrique et/ou de la végétation). L'analyse des évolutions observées permet de dresser les bilans suivants :

Evolutions morpho-sédimentaires

Sur les 12 secteurs de plage suivis, **7 présentent un bilan sédimentaire positif**. Les plus importants (hors zones d'embouchures) sont : **Barcarès Nord, Sainte-Marie et Torreilles**. **3 secteurs présentent un bilan négatif** (hors zones d'embouchures) : **Leucate-plage, Canet-Nord-du-port et Canet-Sud-du-port**.

Le secteur de **Barcarès Nord** est celui qui enregistre le plus fort bilan positif sur cette année de suivi (+148 224 m³). D'une manière générale, ce site présente une certaine tendance à l'engraissement depuis septembre 2016. On peut y voir les effets favorables des opérations régulières de rechargement en sable associées au système de défense contre la mer et à la réhabilitation du cordon dunaire.

L'analyse des données obtenues depuis 2014 par le suivi haute fréquence du trait de côte par caméra vidéo apporte les précisions suivantes :

- La zone nord (au droit des 3 brise-lames les plus récents) tarde à se stabiliser au niveau des tombolos, mais présente une résilience importante face aux épisodes de fortes tempêtes (octobre 2016 et mars 2018) ;
- La zone sud quant à elle, stable depuis le début des suivis de l'ObsCat, a enregistré un léger recul depuis la tempête d'octobre 2016 avec des variations qui sont aussi plus fortes qu'auparavant lors des coups de mer et tempêtes, ce qui suggère une conséquence probable des rechargements annuels moins fréquents qu'à l'accoutumée sur ce secteur.

Pour **Sainte-Marie**, le bilan fortement positif observé (+129 478 m³) est en partie influencé par l'opération de rechargement qui s'est déroulée en avril 2017. Malgré un hiver 2017/2018 érosif sur la plage émergée, l'été 2017 permet au secteur d'emmagasiner une quantité de sable importante sur la zone émergée comme sur la zone immergée. Sur ce secteur l'évolution du trait de côte sur l'année 5 est relativement stable au niveau des profils de référence. En revanche les secteurs au sud du port et au nord immédiat du système de défense contre l'érosion (épis et brises-lames) enregistrent des variations importantes et récurrentes. Au nord immédiat du dernier épi, on observe de manière récurrente la formation d'une encoche d'érosion malgré les rechargements réguliers effectués pour y palier.

Pour le secteur de **Torreilles**, on observe un bilan positif (+42 071 m³) en lien avec un engraissement modéré de la plage immergée, la plage émergée restant elle en bilan légèrement négatif (-2 887 m³). La dynamique de cette dernière est forte se traduisant par des variations saisonnières et inter saisonnières importantes de sa largeur, en relation avec le déplacement des barres d'avant-côte.

Le secteur du **Lydia** bien que présentant un bilan positif (+15 496 m³) reste à surveiller en raison des fortes variations interannuelles voire saisonnières de la largeur de plage au droit d'un secteur fortement urbanisé.

Le bilan négatif du secteur de **Leucate-plage** (-45 133 m³) est lié à d'importants mouvements sédimentaires durant l'hiver 2017/2018 avec très probablement un effet prépondérant de la tempête de fin février-début mars 2018.

Le secteur de **Canet-Nord-du-Port** enregistre pour la deuxième année consécutive (cf. année 4) un bilan déficitaire (-30 688 m³), avec une tendance au recul qui semble se concentrer dans la partie centrale. Mais les interprétations de la position du trait de côte sont assez difficiles en raison des opérations de reprofilage qui y sont réalisées chaque année.

C'est la première fois depuis le début des suivis de l'ObsCat que le secteur de **Canet-Sud-du-Port** présente un bilan annuel négatif (-77 386 m³). Ce sont les mouvements sédimentaires importants de l'hiver 2017/2018 qui sont à l'origine de ce déficit, alors que l'été 2017 a été stable. Un recul modéré du trait de côte est observé dans la partie nord du secteur depuis l'année 4 (2016-2017 ??). On ne peut parler à ce stade de tendance, mais la position actuelle du trait de côte est cependant la plus reculée depuis le début des levés de l'ObsCat (2014). Le recul le long de la jetée du port, est plus modéré mais pourrait potentiellement favoriser des désordres sur cet aménagement.

Les embouchures de l'**Agly** et du **Bourdigou** en léger déficit sédimentaire en sortie d'année 4 (-4 017 m³ et -3 370 m³) sont cette année en net bénéficiaire (+48 245 m³ et +45 640 m³). L'embouchure de la **Têt** est au contraire en net déficit au printemps 2018 (-34 748 m³) par rapport à l'année 4 (+11 568 m³).

Comparativement à l'année 4 à l'issue de laquelle de nombreux secteurs présentaient un déficit sédimentaire, cette année 5 est globalement positive. L'hiver 2017/2018 a globalement été moins énergétique comparativement à l'hiver 2016/2017. La tempête majeure du 28 février au 2 mars 2018 a cependant été particulièrement marquante sur le littoral de l'Occitanie provoquant d'importants impacts érosifs et des submersions marines en de nombreux secteurs de la côte sableuse de la région. Son intensité, en terme de période de retour, a été estimée autour de 10 ans pour la houle (estimation CEREMA) et entre 20 et 30 ans en combinant hauteur de houle et niveau d'eau (estimation BRGM). Mais au demeurant sur le plan du bilan sédimentaire, peu de secteurs en ont subi des conséquences néfastes, à l'exception de Leucate-plage, Canet-Nord-du-Port et Canet-Sud-du-Port.

On retiendra pour cette année 5, les points sensibles suivants :

- La vulnérabilité des secteurs du Lydia et de Torreilles en raison des fluctuations importantes de la largeur de ces plages ;
- Le déficit sédimentaire répété du secteur de Canet-Nord-du-Port ;
- Le déficit notable du secteur du Canet-Sud-du-Port et un recul du trait de côte à surveiller dans la partie nord.

Qualité des environnements dunaires

La qualité des environnements dunaires suivis sur le territoire de l'ObsCat a été appréciée au regard de comparaisons altimétriques et de suivi *in-situ* de la végétation.

4 secteurs de dune présentent une **qualité satisfaisante voire très satisfaisante** :

- Barcarès – Port Barcarès : bon état sur le plan morpho-sédimentaire comme sur le plan biologique malgré une situation en bordure d'un secteur très urbanisé ;
- Torreilles – village des sables : il s'agit de l'environnement dunaire présentant l'état le plus satisfaisant tant du point de vue morpho-sédimentaire que biologique. Les mises en défens sont efficaces notamment vis-à-vis de la fréquentation ;
- Canet Lido : c'est l'environnement dunaire le plus riche sur le plan biologique mais les mises en défens mériteraient d'être plus régulièrement entretenues ;
- Lydia : bon état morpho-sédimentaire en lien avec des mises en défens efficaces.

2 secteurs sont de **qualité satisfaisante avec un potentiel de restauration insuffisamment exploité** :

- Torreilles sud (rive sud du Bourdigou) : taux de recouvrement satisfaisants et en progression mais impact encore important des cheminements d'arrière-dune et présence fréquente d'espèces invasives ;
- Barcarès – Mas de l'Isle : cordon dunaire large mais peu élevé, remplissant cependant bien son rôle tampon lors des tempêtes. Satisfaisant sur le plan biologique mais moins bon que pour d'autres environnements similaires (Canet lido par exemple).

1 secteur présente une **qualité médiocre** :

- Sainte-Marie Nord (centre et camping) : une forte fréquentation et le défaut de mise en défens contribuent à un état biologique médiocre. Mais le potentiel de conservation y est fort en raison de la largeur du cordon dunaire (notamment au droit du camping) et les travaux de restauration permettront d'améliorer la situation.

1 secteur en en **dégradation** :

- Torreilles – Bourdigou (rive nord du Bourdigou) : ce secteur est situé dans une zone exposée à des phénomènes d'érosion récurrents en raison de sa position en aval dérive par rapport aux enrochements du Bourdigou. Le recul de la végétation y est notable malgré les travaux de mise en défens réalisés en 2015 inefficaces face à l'action des houles de tempête.

L'impact érosif de la tempête majeure du 28 février au 2 mars 2018 a été relativement peu important au regard de son énergie. En revanche de nombreux franchissements dunaires ont eu lieu pendant l'événement sur toute la façade sableuse catalane, impactant les taux de recouvrement sur les secteurs de Barcarès – Port Barcarès notamment. En contrepartie cet épisode a engendré un apport de sable sur le haut de plage et la dune proprement dite qui, à relativement court terme, pourra être bénéfique à la croissance de l'environnement dunaire.

Perspectives

Les suivis à venir de l'année 6, levés de l'automne 2018 et du printemps 2019, permettront de :

- Mettre en évidence les effets du rechargement en sédiment sur le site de Canet Nord (Sardinal) réalisé au printemps 2018, sur la santé morphologique du secteur ;
- Vérifier la poursuite ou non du recul observé sur le nord du secteur de Canet Sud-du-port ;
- Les effets des apports sédimentaires importants de la tempête du 28/02 au 2/03/2018 en de nombreux points des cordons dunaires suivis, sur leur santé biologique (reprise de la végétation et des taux de recouvrement).

8. Bibliographie

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

Aleman N. (2013) - Morphodynamique à l'échelle régionale d'une avant-côte 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.

Aleman N., Robin N., Certain R., Anthony E.J., Barusseau J.P. (2015) – Longshore variability of beach states and bar types in a microtidal, storm-influenced, low wave-energy environment. *Geomorphology*, Vol. 241, p. 175-191.

Barneoud V. (2009) – Etude des espaces littoraux de Leucate (11) et Le Barcarès (66) - Eléments de géographie physique territoriale et historique des modifications anthropiques (1948 – 2008). Rapport du Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, 34 p.

Billy J., Robin N., Hein C., Certain R., Fitzgerald D. (2014) – Internal architecture of mixed sand and gravel beach ridges : Miquelon Landglade Barrier, NW Atlantic. *Marine Geology*, Vol. 357, pp. 53-71.

BRGM et SOGREAH (2011) – Actualisation de l'aléa érosion en Languedoc-Roussillon. Rapport final. n°1713060. 78 p., 10 ann.

Brunel C., Certain R., Sabatier F., Robin N., Barusseau J.P., Aleman N., Raynal O. (2014) – 20th century sediment budget trends on the Western Gulf of Lion shoreface (France), an application of an integrated method for the study of sediment coastal reservoirs. *Geomorphology*, Vol. 204, pp. 625-637.

Cerema (2018) – Rapport campagne CANDHIS - 01101 – Leucate (mise à jour février 2018). 9 p.

Christmann H., Palvadeau E., Stépanian A., Coll. Bodéré G., Bouvier C., Hureau S., Maldan F., Maurice B., Portal A., Dailloux D., Sabarich L., Sibert V. (2017) – Observatoire de la côte sableuse catalane – OBSCAT : rapport technique d'année 4, Rapport final. BRGM/RP-67386-FR, 185 p., 163 ill., 1 ann.

De la Torre Y., Balouin Y., Heurtefeux H., Lanzellotti P., Guérinel B. (2013) - The «storm network» as a participative network for monitoring the impacts of coastal storms along the littoral zone of the Gulf of Lions, France. *Journal of Coastal Research*, Special Issue n°65, 927-932.

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.

EID (2010) - CPER 2007 – 2013 Gérer durablement le Littoral - Etudes stratégiques et prospectives sur l'évolution des risques littoraux. Module 2 : stratégies d'adaptation, Action 3 : le nettoyage des plages, problèmes et solutions. Rapport de phase 1 – L'état des pratiques aujourd'hui en Languedoc-Roussillon. 91 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.

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..

Neal A. (2004) – Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: Principles, problems and progress. Earth-Science Reviews, Vol. 66, pp. 361-330.

Raynal O. et Certain R. (2011) – Plan de gestion des sédiments du Languedoc-Roussillon - Tâche A1 – Les pratiques de gestion des sédiments dans le Languedoc-Roussillon. Rapport final. 49 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, 46 p.

Sass O. (2006) – Determination of the internal structure of alpine talus using different geophysical methods (Lechtaler Alps, Austria). Geomorphology, Vol. 80, pp. 45-58.

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.

Schwamborn G.J., Dix J.K., Bull J.M., Rachold V. (2002) – High resolution seismic and ground-penetrating radar geophysical profiling of a thermokarst lake in the western Lena Delta, Northern Siberia. Permafrost and Periglacial Processes, Vol. 13, pp. 259-269.

Tirard, E. et Balouin, Y. (2011) – Evaluation des submersions marines lors des tempêtes en Languedoc-Roussillon – Validation de la méthodologie. Rapport BRGM/RP-60196-FR ; 44 p. ; 21 ann.

Annexe 1

Exemple de fiche terrain utilisée pour les relevés de végétation sur le terrain lors de la campagne de mai 2018

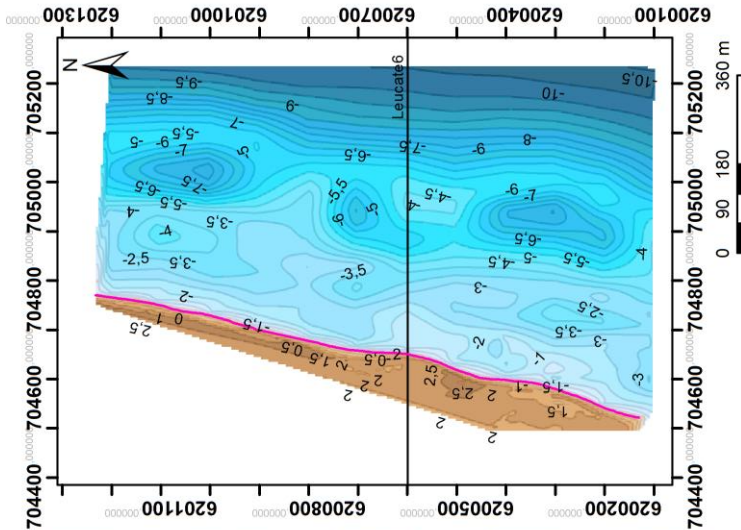
Végétation 2018		Transect "nom du transect"		Cap 102°					
Date :	jj / mm / aaaa	X1 : 703155,150	Y1: 61910206,168	terre=>mer					
Case n° :	numéro de la case concernée	X2 : 703313,306	Y2: 703313,586						
		Opérateur :	nom de l'opérateur						
Espèces identifiées									
% recouvrement									
une croix pour le % trouvé	10	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Alysson maritime	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Liseron des dunes	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Plantain des sables	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Souchet des dunes
une croix pour le % trouvé	20	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Anthémis maritime	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Euphorbe des moissons	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Queue de lièvre	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Soude en buisson
une croix pour le % trouvé	30	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Armoise bleutée	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Euphorbe pépils	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	CEillet de Catalogne	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Soude maritime
une croix pour le % trouvé	40	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Armoise poisseuse	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Fenouil sauvage	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Orcanette des teinturiers	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	
une croix pour le % trouvé	50	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Arroche marine	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Géranium	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Orobanche des sables	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	
une croix pour le % trouvé	60	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Chiendent des sables	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Germandrée des dunes	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Panais épineux	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	
une croix pour le % trouvé	70	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Corynéphore argenté	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Giroflée des dunes	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Panicaut champêtre	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	
une croix pour le % trouvé	80	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Crépidé fédite	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Griffe de sorcière	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Panicaut de mer	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	
une croix pour le % trouvé	90	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Euphorbe de Terracine	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Immortelle	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Paronyque argentée	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	
une croix pour le % trouvé	100	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Euphorbe des dunes	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Lavande à toupet	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	Pavot cornu	cocher la case quand la plante apparaît dans la case étudiée	
									Seneçon du Cap

Annexe 2

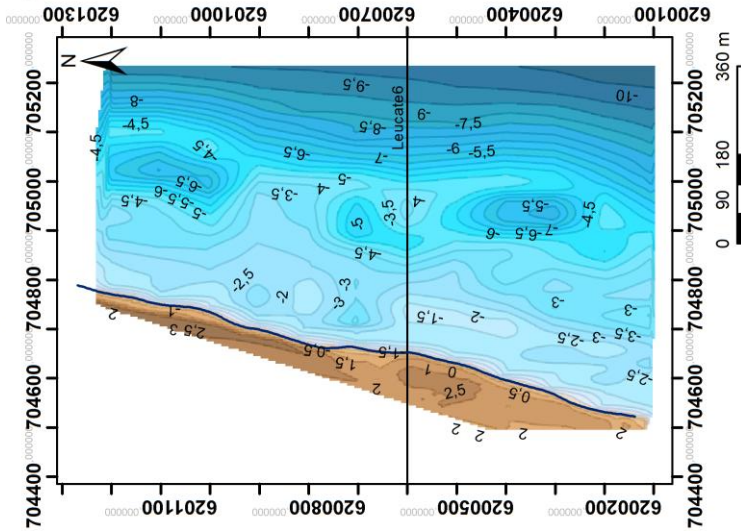
Cartes bathymétriques avril 2017, septembre 2017 et avril 2018

Leucate Plage

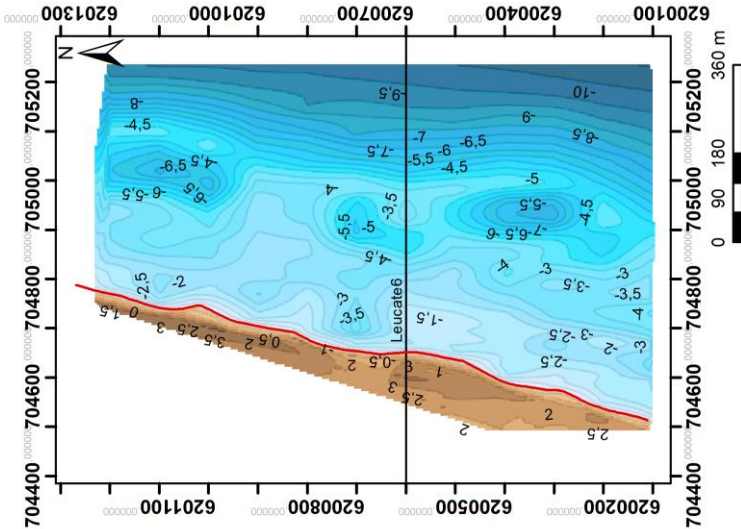
Carte topo-bathymétrique de Leucate
avril 2018



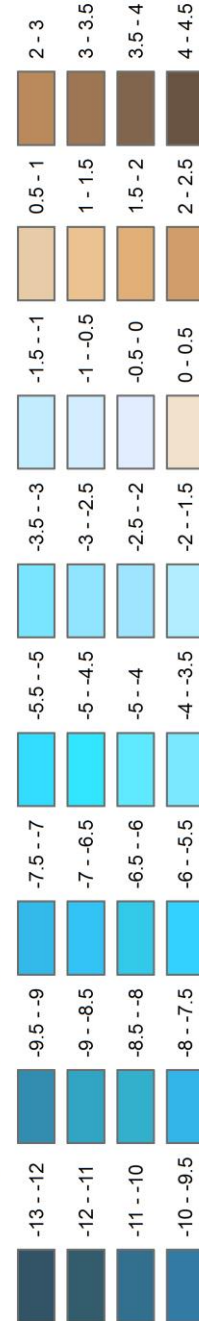
Carte topo-bathymétrique de Leucate
septembre 2017



Carte topo-bathymétrique de Leucate
avril 2017



Altitude/profondeur(m)

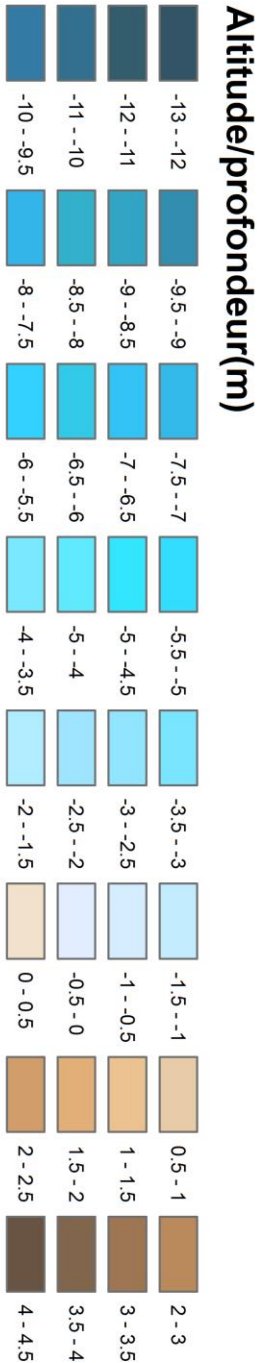


Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2017-2018

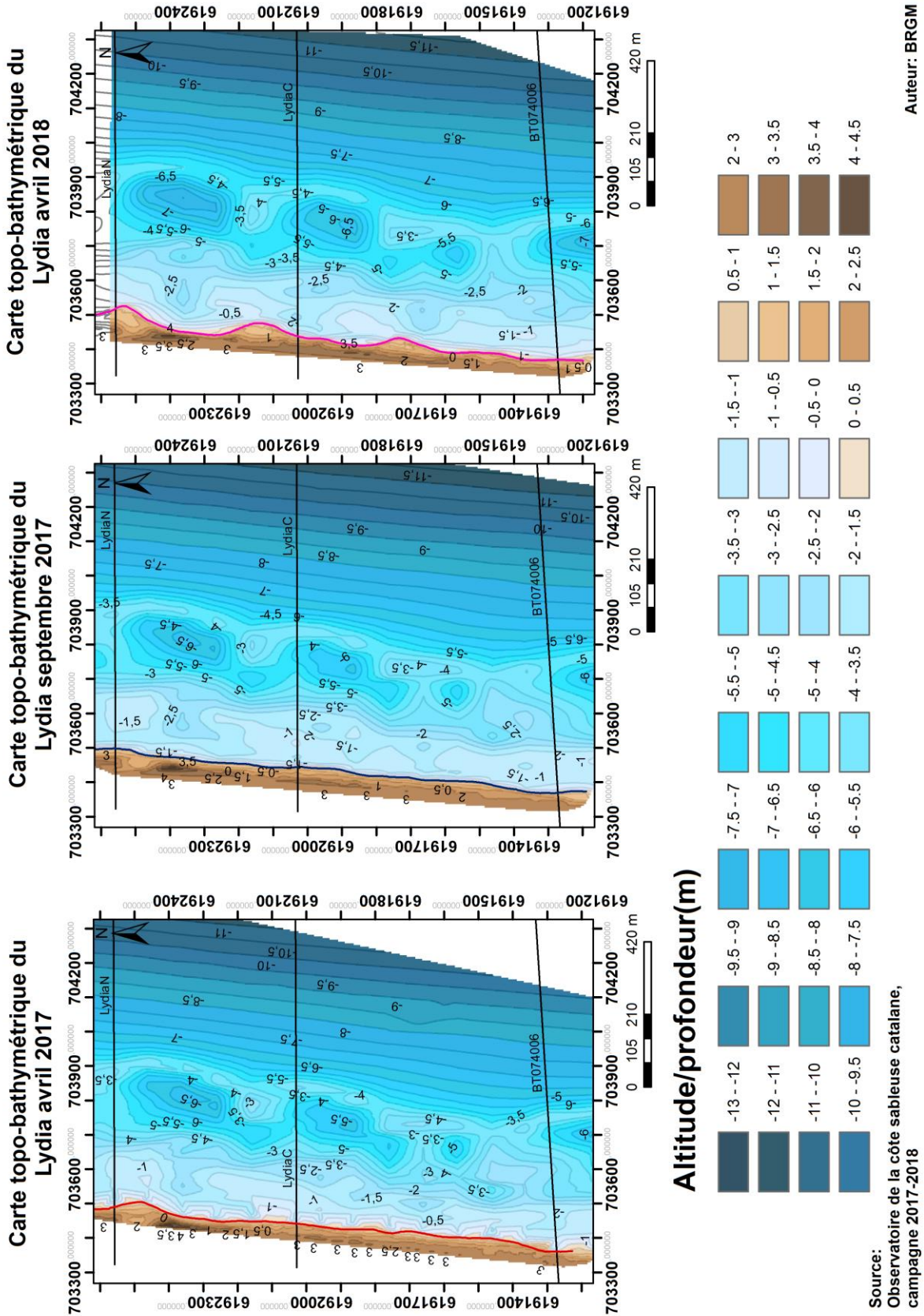
Auteur: BRGM

Village naturiste de Leucate

Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2017-2018

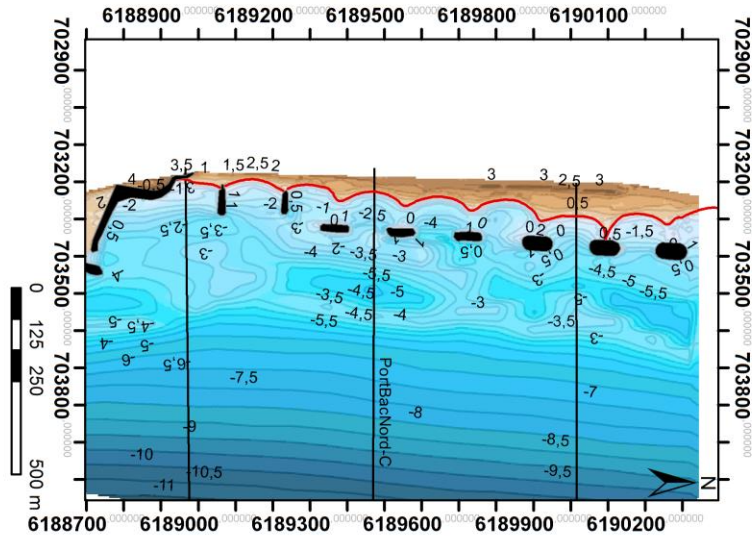


Le Lydia

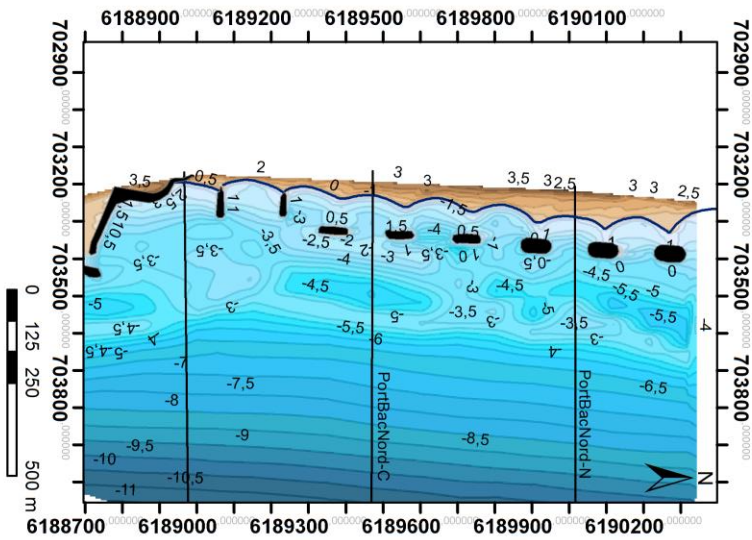


Port Barcarès Nord

Carte topo-bathymétrique de Port-Barcarès Nord avril 2017



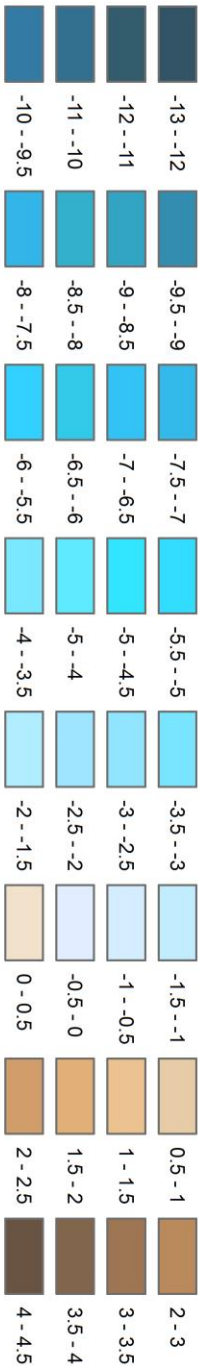
Carte topo-bathymétrique de Port-Barcarès Nord septembre 2017



Carte topo-bathymétrique de Port-Barcarès Nord avril 2018



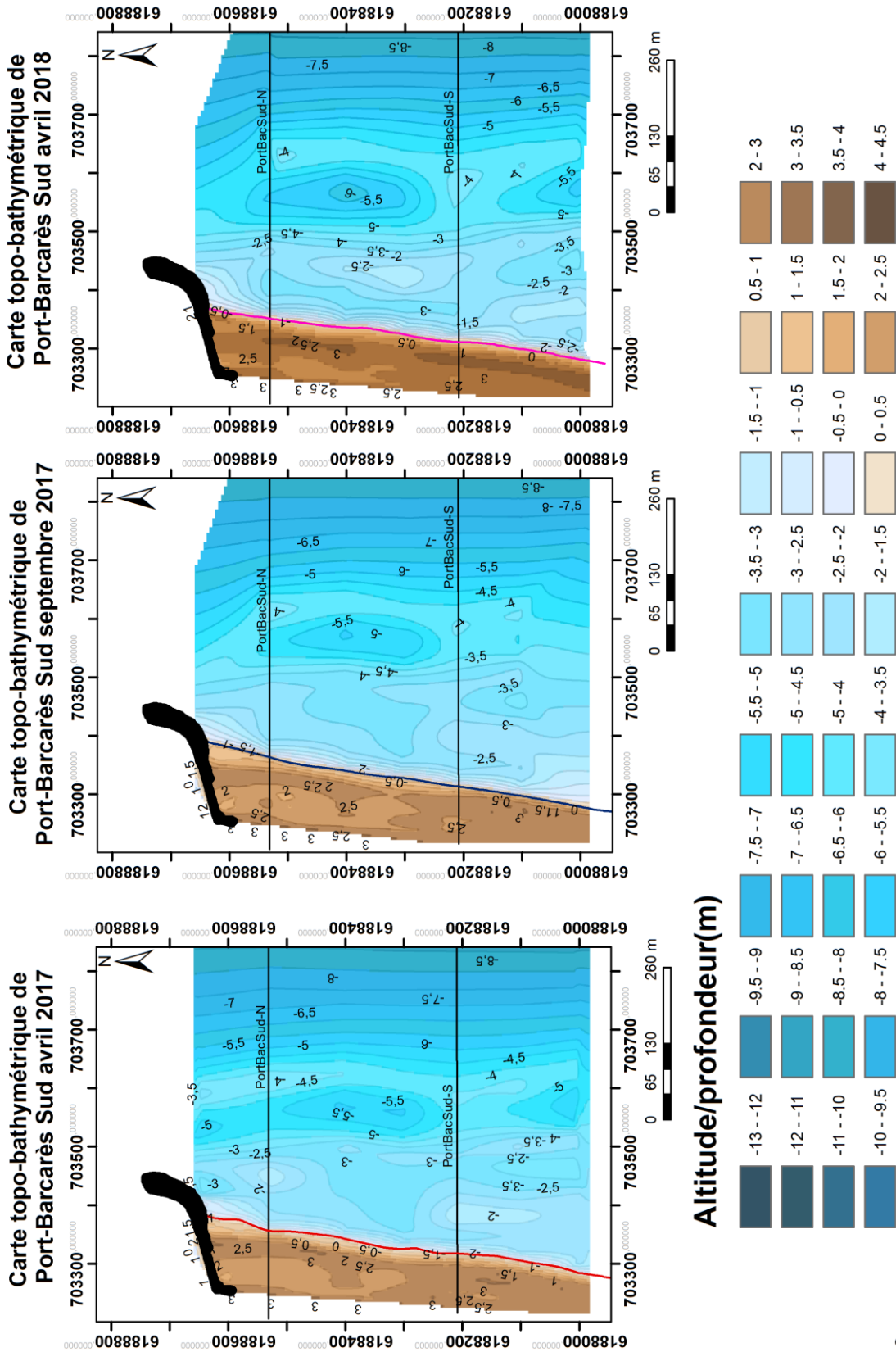
Altitude/profondeur(m)



Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2017-2018

Auteur: BRGM

Port Barcarès Sud

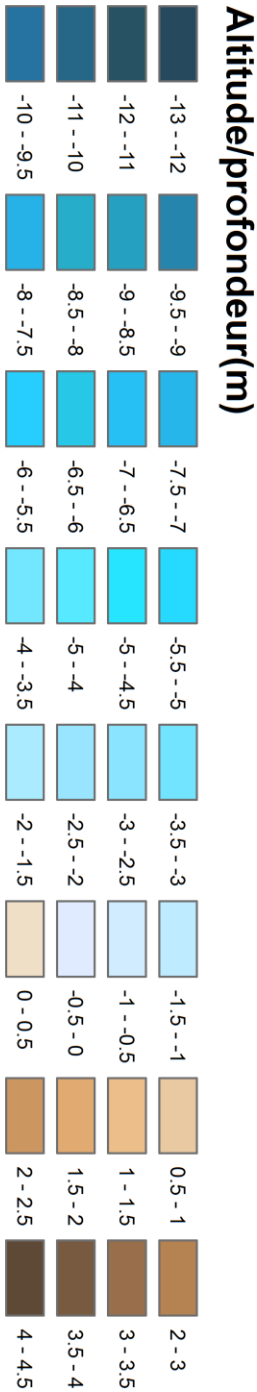


Auteur: BRGM

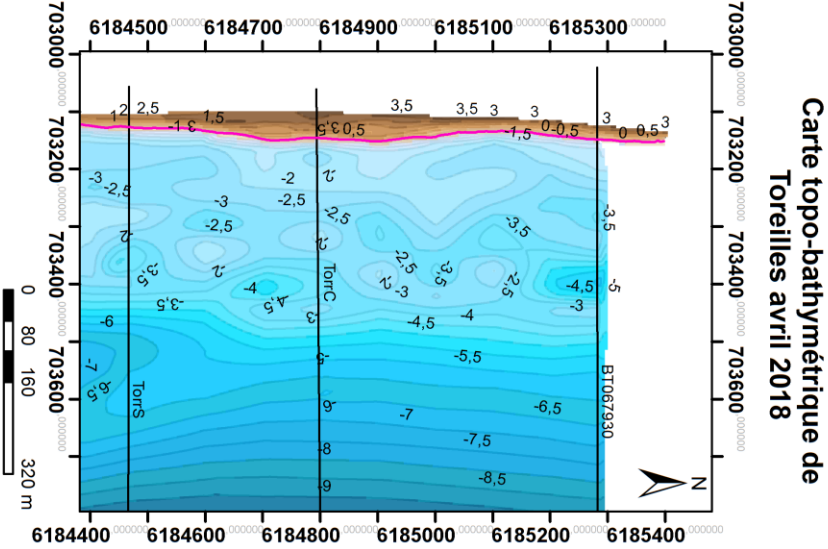
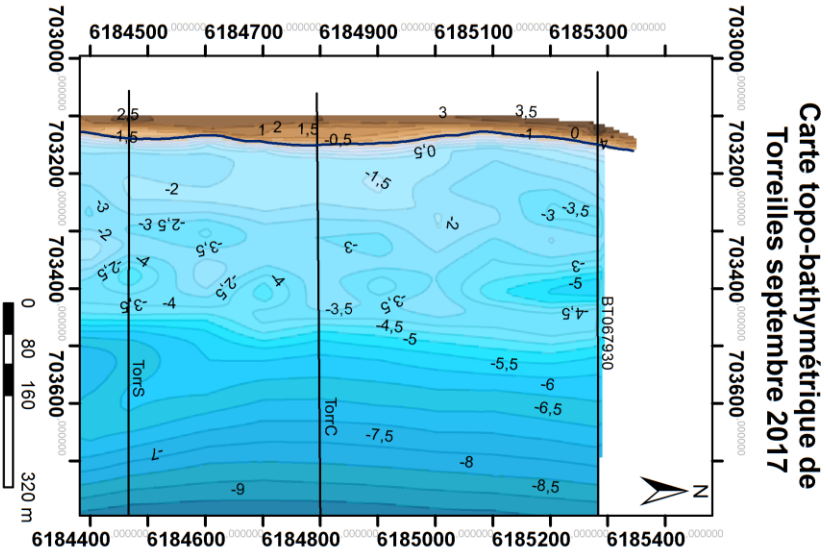
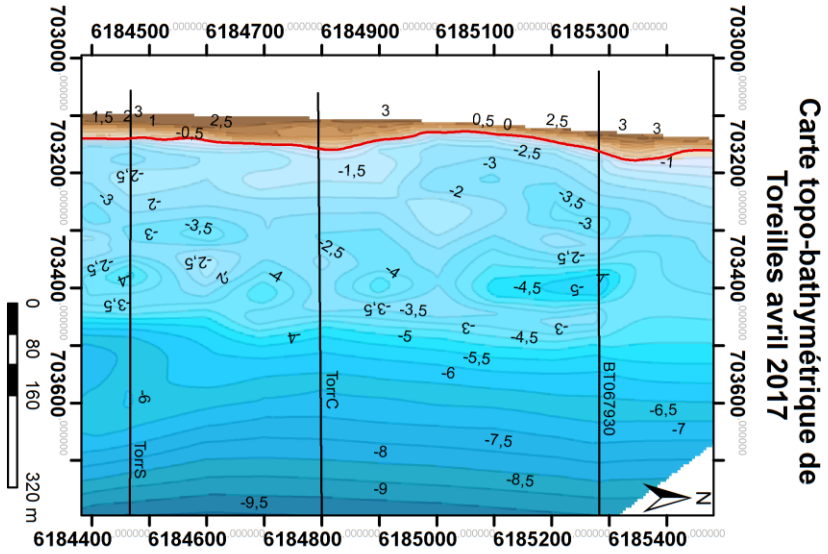
Source: Observatoire de la côte sableuse catalane, campagne 2015-2016

Torreilles

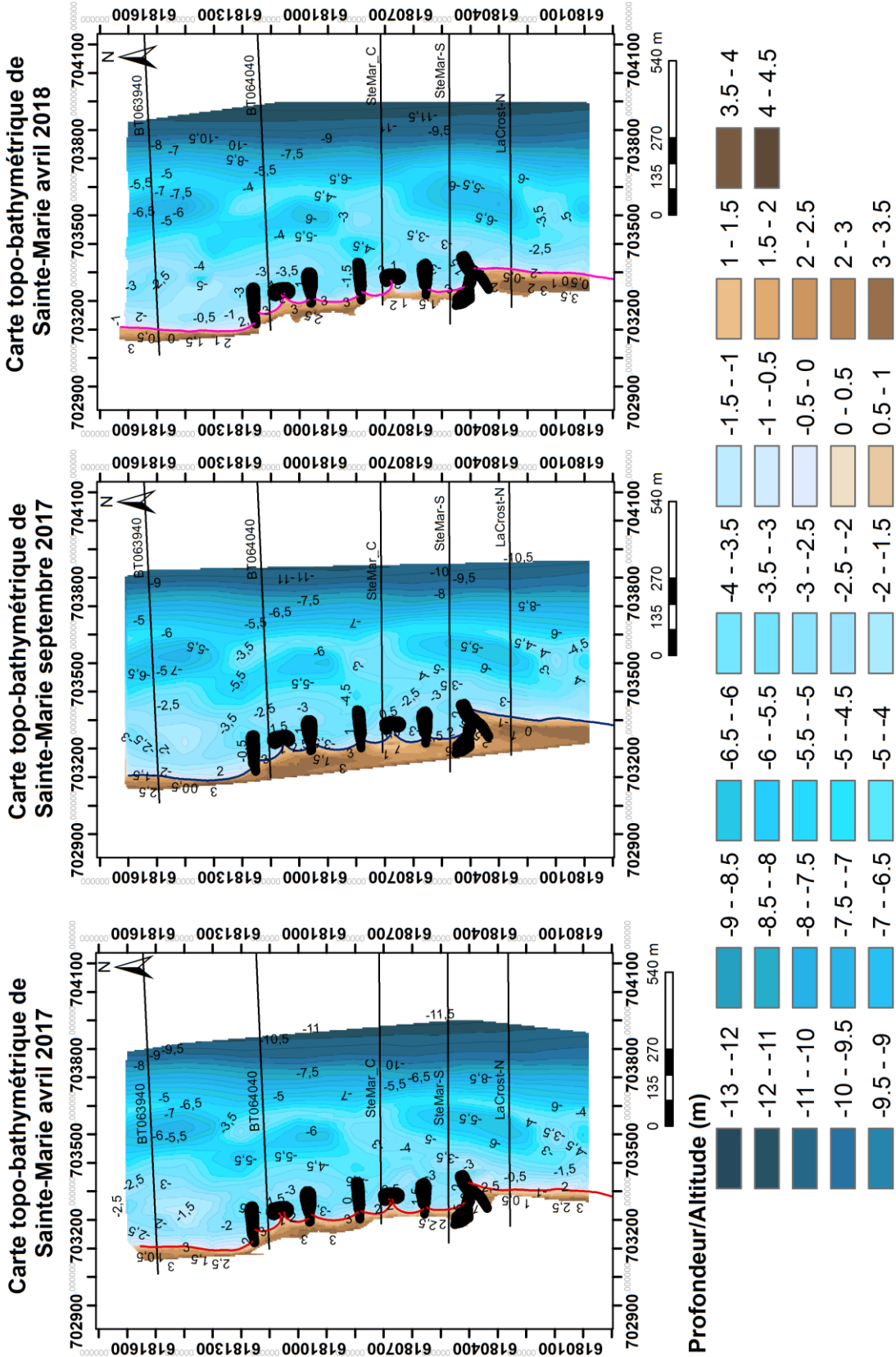
Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2015-2016



Auteur: BRGM



Sainte-Marie

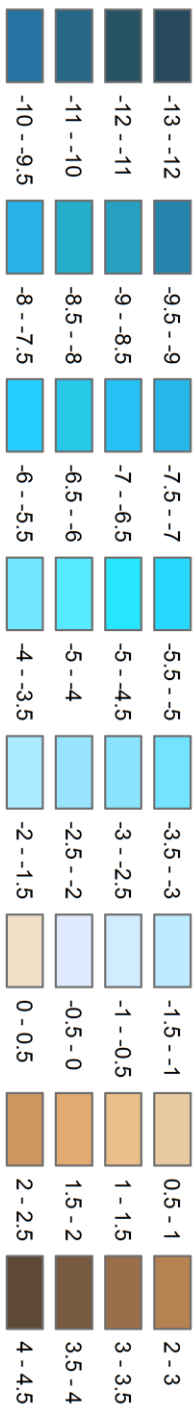


Auteur: BRGM

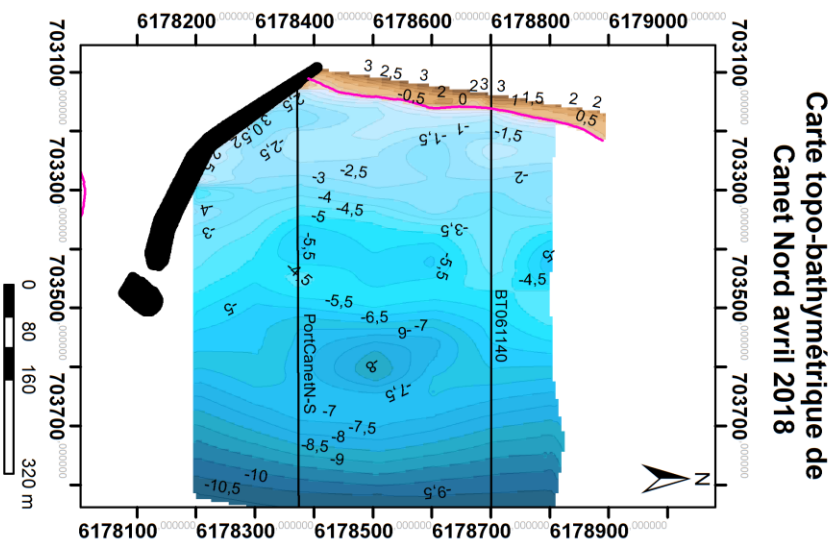
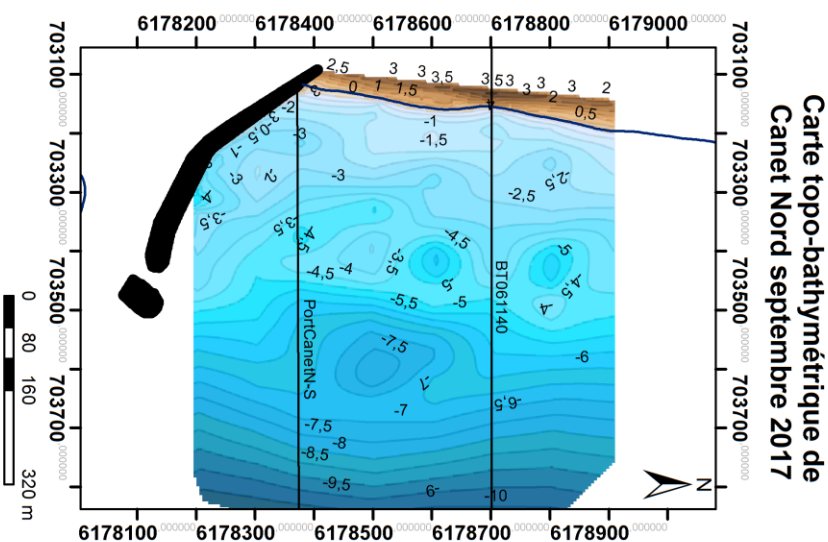
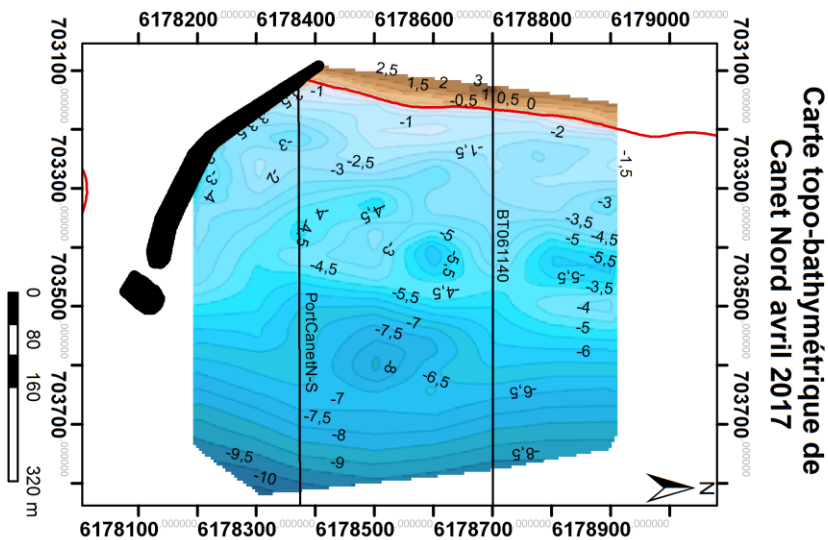
Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2015-2016

Canet Nord

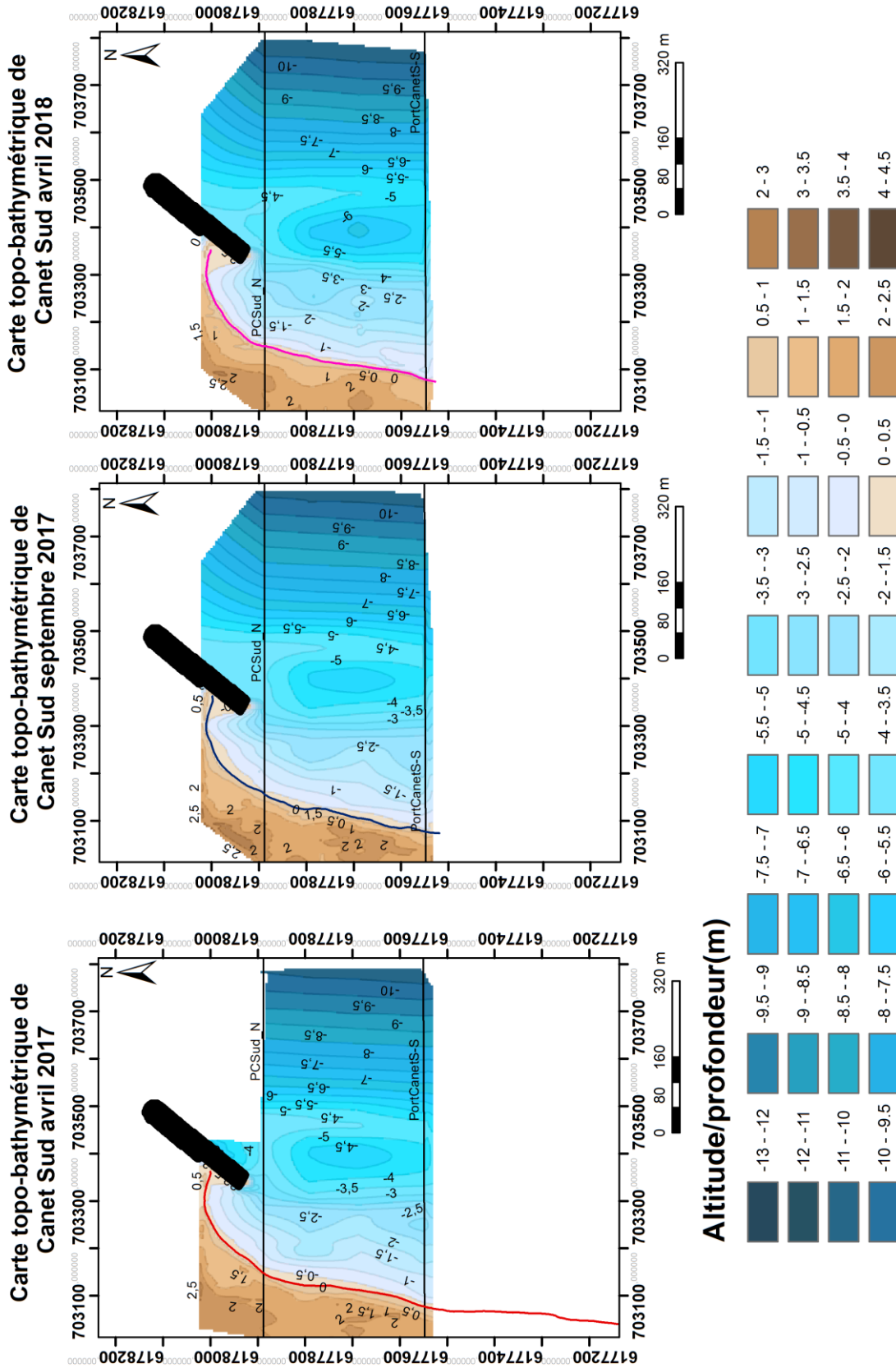
Source:
Observatoire de la côte sableuse catalane,
campagne 2017-2018



Auteur: BRGM



Canet Sud



Auteur: BRGM

Source: Observatoire de la côte sableuse catalane, campagne 2017-2018



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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