

Document public



Observatoire de la côte sableuse catalane - OBSCAT: rapport technique d'année 1

Rapport final

BRGM/RP-63774-FR
Juillet 2014



Observatoire de la côte sableuse catalane - OBSCAT: rapport technique d'année 1

Rapport final

BRGM/RP-63774-FR

Juillet 2014

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 2013-LRO-12

Y. De la Torre, C. de Santis, Y. Balouin et R. Belon

Avec la collaboration de

F. Maldan

Vérificateur :

Nom : E. Palvadeau

Date : 03/10/14

Signature :



Approbateur :

Nom : A. Blum

Directrice BRGM LRO

Date : 12/11/2014

Signature :



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



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

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

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., 185 ill., 7 ann..

Synthèse

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

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

Dans ce but, l'observatoire de la côte sableuse catalane (OBSCAT) est lancé 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). Ce projet, cofinancé par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, PMCA et la dotation 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 1 présente un diagnostic de l'état de la dynamique sédimentaire sur les sites identifiés par PMCA comme « sensibles » sur la zone d'étude en termes de gestion de son trait de côte : soit 12 sites dont 9 sites de plage et 3 sites de dunes. L'analyse est réalisée à partir de la collecte des informations et des données disponibles, ainsi que des deux premières campagnes de mesures topobathymétriques (octobre 2013 et avril 2014).

Ce diagnostic fait apparaître que la grande majorité des plages du territoire de PMCA présente un bilan sédimentaire à l'érosion que ce soit à long terme (1942 à 2014) comme à plus court terme (2009-2014). Les pertes maximales sont mesurées à Sainte-Marie avec environ 100 m de recul du trait de côte entre 1942 et 2014 et 200 000 m³ de sable en moins entre 2013 et 2014.

Les zones en érosion pouvant être considérées comme posant problème au vue de l'étude sont :

- dans le secteur N°2 - Port Barcarès Nord : la zone située au nord immédiat de la jetée du port, ainsi que la plage située entre les deux épis ;
- dans le secteur N°7 - Sainte Marie : les plages situées entre les ouvrages et notamment celle entre le premier brise-lame et le second épi qui avait complètement disparue en 2014. La zone située immédiatement au nord du dernier ouvrage ;
- dans le secteur N°9 - Canet-en-Roussillon, la zone située au nord immédiat de la jetée, les enjeux sont cependant moindres du fait de la présence d'un cordon dunaire en arrière plutôt que d'infrastructures comme c'est le cas à Sainte-Marie et le Barcarès.

Les causes sont essentiellement à rechercher du côté de l'implantation des ouvrages tels que les jetées portuaires et les épis, avec des situations caractéristiques :

- Port Barcarès où le trait de côte recule jusqu'à 70m au nord de la jetée et avance d'environ 100 m au Sud entre 1942 et 2014 ;
- cette situation se répète au nord du port de Sainte-Marie et au nord du port de Canet (- 75 000m³ de sable entre 2013 et 2014). En effet, qu'il s'agisse d'une embouchure ou d'une structure portuaire, la dynamique est principalement contrôlée par le piégeage du transit sédimentaire au sud. Cette accumulation se poursuit jusqu'au remplissage de l'ouvrage et l'initiation d'un by-pass naturel via les barres d'avant-côte, ou d'un by-pass mécanique pour combler les déficits d'apports au nord ;
- au Barcarès et à Sainte-Marie, l'implantation d'épis et de brise-lames protège très localement la plage mais reporte l'érosion à proximité, soit en aval-dérive des épis, soit entre les brise-lames.

Il est à noter par ailleurs que sur la période de démarrage du suivi de l'observatoire, la saison hivernale 2013-2014 a été relativement calme avec des hauteurs de houles significatives atteignant difficilement les 3m, et ne permettant probablement pas de générer une énergie suffisante pour impacter les barres externes et occasionner des pertes importantes de sable vers le large. D'autre part, les niveaux marins ne sont pas montés suffisamment haut pour avoir un effet réel en termes de submersion.

D'autre part, la dynamique des formations dunaires entre 2009 et 2011 présente des tendances opposées d'une année à l'autre, à mettre en relation avec la dynamique éolienne et la reprise de la végétation. La période 2009-2010 est plutôt marquée par une érosion généralisée alors que la période 2010-2011 semble caractérisée par un engraissement se traduisant par une surélévation (soit du sol, soit de la végétation) :

- entre 2009 et 2010, Canet-en-Roussillon est le secteur dont la tendance à l'érosion de la formation dunaire est la plus importante avec une perte estimée à plus de -20 000 m³ localisée sur l'arrière-dune ;
- entre 2010 et 2011, le bilan général est plutôt positif, avec au Barcarès une surélévation pouvant être supérieure à 1 m soit + 110 000 m³.

Sur la base de ces éléments, les premières recommandations de gestion consistent à préférer le rechargement des plages à l'implantation de nouveaux ouvrages afin de pallier aux déficits sédimentaires présentés. Les sources de sable à privilégier sont, dans un premier temps, les chenaux des ports du Barcarès, de Sainte-Marie et de Canet (partie sableuse non souillée uniquement) puis, dans un second temps les zones de plage en accrétion (by-passing), dans la limite de la reconstitution naturelle du stock. L'adéquation entre la capacité de recharge naturelle de ces sources potentielles et les besoins en sable doit donc être estimée, ainsi que le rythme auquel doivent se faire les rechargements.

Plus spécifiquement dans le secteur N°2 - Port-Barcarès Nord, il sera souhaitable de surveiller les zones situées au nord des nouveaux brise-lames afin de noter s'il y a un déplacement de l'érosion. La zone située au sud du port de Canet sera également intégrée à l'analyse afin de quantifier l'accrétion affectant ce secteur.

Dans les secteurs dunaires, les travaux de restauration doivent être maintenus (remplacement des ganivelles endommagées notamment) sur leurs installations existantes et étendues aux zones dunaires non protégées présentant une perte de couvert végétal et/ou d'altitude. Dans les secteurs urbains en érosion tel que ceux situés au nord de Port-Barcarès ou à Sainte-Marie, il est souhaitable de restaurer les petites dunes existantes mais dégradées, voire de recréer les

conditions favorables au développement de la végétation (plantations et installation de ganivelles).

Sur du plus long terme, une réflexion de fond doit être engagée sur des perspectives d'atténuation du risque via la relocalisation potentielle de biens ou la favorisation de l'arrivée des sédiments fluviaux sableux à la côte (limitation des blocages liés aux barrages et des aménagements des lits fluviaux).

Sommaire

1. Introduction	19
2. Contexte général du littoral étudié.....	21
2.1. CADRES GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE.....	21
2.1.1. Le Golfe du Lion et son plateau continental	21
2.1.2. Formation de la plaine du Roussillon	23
2.1.3. Morphotypes du littoral méditerranéen	26
2.2. LES FORÇAGES DYNAMIQUES	34
2.2.1. Régime climatique	34
2.2.2. Régime hydrodynamique	35
2.2.3. Régime hydrologique continental	42
2.2.4. Les évènements extrêmes	47
2.3. CADRE ANTHROPIQUE	53
2.3.1. Historique de l'aménagement littoral	53
2.3.2. Les aménagements et ouvrages de défense présents	55
2.3.3. Prélèvements et rechargements de sédiments	58
2.4. ALEAS ET VULNERABILITE	59
2.4.1. Aléas.....	59
2.4.2. Vulnérabilité	64
3. Méthodologie.....	67
3.1. BIBLIOGRAPHIE	67
3.1.1. Inventaire	67
3.1.2. Bancarisation	67
3.2. SYNTHÈSE DES DONNÉES EXISTANTES.....	68
3.3. ACQUISITION ET TRAITEMENT DES DONNÉES DE TERRAIN.....	68
3.3.1. Suivi topo-bathymétrique	68
3.3.2. Suivi spécifique aux dunes.....	75
4. Etat des lieux et tendances d'évolution.....	79
4.1. ZONAGE DES CELLULES SEDIMENTAIRES ET SITES SUIVIS	79
4.1.1. Cellule 10 : de Port Barcarès à Leucate.....	79
4.1.2. Cellule 9 : de l'Agly à Port Barcarès	83
4.1.3. Cellule 8 : du Bourdigou à l'Agly	84
4.1.4. Cellule 7 : du Port de Canet à l'embouchure du Bourdigou.....	87
4.1.5. Cellules 6 et 7 : du Port de Canet à St Cyprien	92

4.2. CONDITIONS DE FORCAGE SUR LA PERIODE D'ETUDE	93
4.2.1. Données disponibles	93
4.2.2. Conditions météorologiques	94
4.2.3. Conditions de houle.....	95
4.2.4. Niveaux d'eau.....	97
4.2.5. Débits fluviaux	98
4.2.6. Conclusions sur les conditions de forçage de l'hiver 2013-2014.....	99
4.3. SECTEUR A : DUNES DU BARCARES (JUSQU'À PORT-LEUCATE)	100
4.3.1. Description morphologique	100
4.3.2. Evolution morphologique :	101
4.4. SECTEUR 1 : LE LYDIA.....	106
4.4.1. Evolution pluri-décennale	106
4.4.2. Evolution interannuelle	108
4.4.3. Bilan	113
4.5. SECTEUR 2 : PORT BARCARES NORD.....	113
4.5.1. Evolution pluri-décennale	113
4.5.2. Evolution interannuelle	116
4.5.3. Bilan	120
4.6. SECTEUR 3 : PORT BARCARES SUD.....	121
4.6.1. Evolution pluri-décennale	121
4.6.2. Evolution interannuelle	123
4.6.3. Bilan	127
4.7. SECTEUR 4 : EMBOUCHURE DE L'AGLY	127
4.7.1. Evolution pluri-décennale	127
4.7.2. Evolution interannuelle	129
4.7.3. Bilan	132
4.8. SECTEUR 5 : TORREILLES	132
4.8.1. Evolution pluri-décennale	132
4.8.2. Evolution interannuelle	134
4.8.3. Bilan	138
4.9. SECTEUR B : DUNES DES TORREILLES	138
4.9.1. Description morphologique	138
4.9.2. Evolution morphologique	139
4.10. SECTEUR 6 : EMBOUCHURE DU BOURDIGOU	143
4.10.1. Evolution pluri-décennale.....	143
4.10.2. Evolution interannuelle	145
4.10.3. Bilan	148

4.11.	SECTEUR 7 : SAINTE-MARIE.....	148
4.11.1.	Evolution pluri-décennale.....	148
4.11.2.	Evolution interannuelle.....	150
4.11.3.	Bilan.....	155
4.12.	SECTEUR 8 : EMBOUCHURE DE LA TET.....	155
4.12.1.	Evolution pluri-décennale.....	155
4.12.2.	Evolution interannuelle.....	157
4.12.3.	Bilan.....	160
4.13.	SECTEUR 9 : CANET-EN-ROUSSILLON.....	160
4.13.1.	Evolution pluri-décennale.....	160
4.13.2.	Evolution interannuelle.....	162
4.13.3.	Bilan.....	165
4.14.	SECTEUR C : DUNES DE CANET-EN-ROUSSILLON.....	165
4.14.1.	Description morphologique.....	165
4.14.2.	Evolution morphologique.....	168
5.	Synthèse des évolutions et premiers éléments de recommandations.....	171
5.1.	DYNAMIQUE DES PLAGES.....	171
5.2.	DYNAMIQUE SPECIFIQUE AUX EMBOUCHURES.....	175
5.3.	DYNAMIQUE SPECIFIQUE AUX DUNES.....	179
5.3.1.	Période 2009-2010.....	179
5.3.2.	Période 2010-2011.....	179
5.4.	PREMIERS ELEMENTS DE RECOMMANDATIONS.....	182
6.	Conclusion.....	183
7.	Bibliographie.....	185

Liste des illustrations

Illustration 1 :	Localisation de la zone d'étude et des sites de suivi - fond de carte IGN.....	20
Illustration 2 :	Morphologie du Golfe du Lion (©Ifremer).....	21
Illustration 3 :	Chronologie des événements géodynamiques et sédimentaires responsables de la formation du Golfe du Lion (Raynal, 2008).....	22
Illustration 4 :	Profondeurs du mur des formations littorales sur la plaine côtière du bassin du Roussillon (Duvail, 2008). Le toit du Pliocène inférieur (Zancléen) est érodé sous forme de vallées incisées, comblées par des formations marines et palustres sous la plaine côtière actuelle. On observe que l'épaisseur de ces formations littorales est importante avec un maximum de dépôt centre localisé dans la partie nord du bassin, sous l'étang de Leucate et la plaine de la Salanque.....	23

Illustration 5 : Modèle conceptuel d'une côte dominée par la houle et contrôlée par la progradation parallèle à la côte de flèches sableuses. Ce modèle souligne l'influence de : la dérive littorale, la distance à une source de sédiments et l'héritage morphologique de la côte (Raynal, 2008)	25
Illustration 6 : Terminologie des littoraux sableux microtidaux (Aleman, 2013)	28
Illustration 7 : Classification morphodynamique des plages influencées par la houle (Whright et Short, 1983)	29
Illustration 8 : Localisation des compartiments morphologiques identifié sur la cote du Languedoc-Roussillon (Aleman, 2013)	30
Illustration 9 : Typologie des systèmes de barres d'avant-côte dans le Golfe du Lion (Aleman, 2013 d'après Raynal, 2008 pour la carte géologique et Certain, 2002 pour la morphologie des barres)	31
Illustration 10 : Carte de la côte du Roussillon présentant l'imagerie LiDAR 2009 sur laquelle on peut observer le système à deux barres festonnées (barres internes en jaune et barres externes en bleu - Aleman, 2013)	32
Illustration 11 : Volume de sable par mètre linéaire associé à l'USU avec des indications sur les tendances évolutives pour les secteurs prospectés (Certain, 2002)	33
Illustration 12 : Rose des vents au sémaphore de Leucate 1995-2002 (Barneoud, 2009 d'après Météo France)	34
Illustration 13 : Répartition statistique des intensités des vents à Leucate pour la période 1995-2002 (Barneoud, 2009 d'après Météo France)	34
Illustration 14 : compilation de paléo-données de niveau marin, de marées, de données altimétriques et projections moyenne de l'augmentation globale du niveau marin pour différents scénarios (a) projections moyenne de l'augmentation globale du niveau marin pour différents scénarii (b) (GIEC, 2013)	35
Illustration 15 : Comparaison des hypothèses d'élévation du niveau marin du GIEC 2007 et 2013	36
Illustration 16 : Valeurs extrêmes de marées astronomiques calculées à Banyuls (SHOM, 2012)	36
Illustration 17 : Impacts des tempêtes marines sur le niveau marin : phénomène de surcote et de setup (Gervais, 2012)	37
Illustration 18 : Répartition des fortes sucotes hivernales et de leurs niveaux maximums à Port Vendres en fonction de leurs durées (Ulmann, 2008)	37
Illustration 19 : Hauteur significative et direction de la houle au niveau des houlographes du Languedoc-Roussillon lors de condition de vent marin générant (A) une tempête de Sud-Est, (B) un tempête d'Est, (C) une tempête de Sud et (D) lors de condition de vent de terre générant des petites houles à la côte (Aleman, 2013)	38
Illustration 20 : Les houles locales générées par la Tramontane dans le Roussillon (Durand, 1999 d'après LCHF, 1984)	39
Illustration 21 : Répartition des Hm0 en fonction des directions de provenance des vagues pour les stations de Banyuls-sur-Mer (a) et Leucate (b) (données de houle : CANDHIS ; données cartographiques : ©2014 Google)	39
Illustration 22 : Courant Nord Méditerranéen et Courants Ouest et Est Corse (Gatti, 2008)	40
Illustration 23 : Caractéristiques du Courant Nord Méditerranéen en fonction des saisons (Rainaud, 2011)	40
Illustration 24 : Courants cycloniques et anticycloniques du Golfe du Lion (Conseil Général 34, 2008)	41
Illustration 25 : Carte de synthèse de la dérive littorale dans le Golfe du Lion (Aleman, 2013)	42

Illustration 26 : Réseau hydrographique et barrages des Pyrénées-Orientales (http://www.cg66.fr/573-les-barrages.htm)	43
Illustration 27 : Synthèse des caractéristiques des fleuves du Roussillon (Certain (2002), Durand (1999) et Agence de l'eau et Université de Perpignan (2000) d'après les données de la DDAF des Pyrénées-Orientales et de la DIREN du Languedoc-Roussillon ; (1) valeurs de la station de jaugeage la plus en aval pour chaque cours d'eau ; (2) Sogreah (2007))	44
Illustration 28 : Période de retour des crues des fleuves du Roussillon et débits instantanés associés (Bourrin, 2007 d'après les données de la banque Hydro)	44
Illustration 29 : Débits maximaux annuels de la Têt à Perpignan. D'après Delorme (1980), pour les données de 1876 à 1970 et données issues de la banque Hydro de 1970 à 2004. Deux plateaux (droites rouges) sont identifiés correspondant à la moyenne des débits maximaux avant et après la construction du barrage de Vinça (Bourrin, 2007).	45
Illustration 30 : Synthèse des données sur les apports sédimentaires des fleuves ((1) DDAF des Pyrénées-Orientales, BCEOM, Koulinsky (1998) ; (2) Parde (1941) ; (3) Safege (2010) ; (4) Durand (1999) d'après les données de la DRIRE des Pyrénées-Orientales)	46
Illustration 31 : Synthèse des caractéristiques des barrages (Wikipedia, http://www.cg66.fr , http://pyreneescatalanes.free.fr , http://www.colinmaire.net et (1) Agence de l'eau et Université de Perpignan (2000))	47
Illustration 32 : Saisonnalité des tempêtes majeures à Leucate et Argelès-sur-Mer et nombre d'événements par hiver depuis 1979 (échantillon de 46 événements majeurs) (Balouin et al, 2011)	48
Illustration 33 : Tableau récapitulatif des différents types de tempêtes marines rencontrés dans le Golfe du Lion (Balouin et al., 2011)	48
Illustration 34 : Caractéristiques hydrodynamique des tempêtes au niveau de Leucate et d'Argelès-sur-mer (Balouin, De La Torre et Tirard, 2011)	49
Illustration 35 : Représentation des directions moyennes des houles de tempêtes pour la bouée de Leucate (a) et de Banyuls (b) (Balouin et al., 2011)	50
Illustration 36 : Caractéristiques morphodynamiques des impacts liés aux tempêtes (Sallenger, 2000)	51
Illustration 37 : Impacts observés sur le littoral du Roussillon en fonction de l'intensité des tempêtes (d'après Balouin et al., 2011)	51
Illustration 38 : Inventaire des tempêtes de 1979 à 2014 (de 1979 à 2008 données issues de Balouin et al., 2011 et de 2009 à 2014 de CANDHIS)	52
Illustration 39 : Présentation théorique de l'étendue d'une inondation en cas de submersion marine (a), de crue (b) et de concomitance entre les deux (c) (Fay, 2013)	53
Illustration 40 : Le degré d'anthropisation du littoral (Extrait d'après Durand, 1999)	55
Illustration 41 : Photographie d'ouvrages dans le Roussillon (a : jetée de port ; b : ganivelles et brise-lame ; c : brise-lame ; d : épis et enrochements de haut de plage)	56
Illustration 42 : Répartition pendant le XIX ^{ème} siècle de la construction des ouvrages de protection marine sur le littoral du Languedoc-Roussillon (Vanroye, 2011)	57
Illustration 43 : Les grandes étapes de l'aménagement du littoral sur le territoire du PMCA et dans le Golfe du Lion (d'après Moulis et Barbel 1999 ; SMNLR, BRL et EID 2003, Sogreah 2007 ; Barneoud 2009 ; Rayanl et Certain 2011 et EID 2010 a)	58
Illustration 44 : Travaux de dragage et de rechargement par pompage hydraulique (Le Barcarès, juin 2014)	59

Illustration 45 : Evolution d'une plage suite à l'installation d'ouvrages (Artelia, 2011)	60
Illustration 46 : Evolution temporelle de "Upper Sand Unit" pour 1895-1984, 1984-2009 et 1895-2009 (en %). Les flèches indiquent la direction de la dérive littorale (Aleman, 2013)	61
Illustration 47 : Budget sédimentaire (m ³) entre 1895/1984 et 1984/2009 par compartiments, ainsi que la marge d'erreur (m ³) (Aleman, 2013)	61
Illustration 48 : Répartition statistique des aléas avec entretien des ouvrages (Artelia, 2011)	62
Illustration 49 : Zones potentiellement submersibles sur le littoral du Golfe du Lion (EID, 2011 a)	63
Illustration 50 : Etat des lieux des PPRi en Languedoc-Roussillon et de leur prise en compte de la submersion marine en 2011 (EID, 2011 a)	64
Illustration 51 : Extrait de l'inventaire bibliographique réalisé dans le cadre de l'Observatoire de la côte Catalane sous EndNote	67
Illustration 52 : Carte de localisation des secteurs d'étude et des profils de références	69
Illustration 53 : Photographies de la campagne topographique d'avril 2014 (a : mesure d'un point de référence ; d : mesure d'un profil de référence ; c : mesure en quad)	70
Illustration 54 : Photographie de la campagne bathymétrique d'octobre 2013	71
Illustration 55 : Carte des levés topo-bathymétriques du secteur de Torreilles pour la campagne d'octobre 2013	71
Illustration 56 : Schéma des traitements appliqués aux données topographiques et bathymétriques	74
Illustration 57 : Cartes des secteurs pour le calculs des volumes sédimentaires aux embouchures	75
Illustration 58 : Localisation des massifs dunaires suivis	76
Illustration 59 : Localisation des sites suivis au sein des cellules sédimentaires du PGSLR	79
Illustration 60 : Localisation des secteurs A ; 1 et 2 au sein de la cellule 10 (fond Google Earth)	80
Illustration 61 : Caractéristiques de la morphologie de l'avant-côte à Port Leucate (Certain, 2002)	80
Illustration 62 : Profils sismiques logitudinaux (A) et perpendiculaire (F) au rivage avec interprétation à Leucate (USU : Unité sableuse supérieure ; BRL : couche de beach-rock) (Certain, 2002)	81
Illustration 63 : Inventaire des aménagements doux sur la cellule 10 (EID, 2010 a)	81
Illustration 64 : Inventaire des ouvrages durs présent sur la cellule 10 (d'après Barneoud, 2009 et Artelia, 2011)	82
Illustration 65 : Inventaire des rechargements sur le Barcarès (Raynal et Certain, 2011 d'après DREAL-LR, DDTM66, Safège, EID, SDPL et rapport de dragage ; données postérieures à 2010 : communication PMCA)	82
Illustration 66 : Localisation des secteurs 3 et 4 au sein de la cellule 09 (fond Google Earth)	83
Illustration 67 : Photographie du monticule de sable formé au Sud du Port du Barcarès	84
Illustration 68 : Inventaire des ouvrages durs présent sur la cellule 9 (1 : Sogreah, 2007 ; 2 : d'après Barneoud, 2009 et Artelia, 2011)	84
Illustration 69 : Localisation des secteurs 4, 5 et 6 au sein de la cellule 8 (fond Google Earth)	85
Illustration 70 : Inventaire des aménagements doux sur la cellule 8 (EID, 2010 a)	86
Illustration 71 : Inventaire des ouvrages durs présent sur la cellule 8 (Sogreah, 2007)	86
Illustration 72 : Evolution du trait de cote de la cellule 8 secteur par secteur sur la période de 1980 à 2004 (Sogreah, 2007)	86
Illustration 73 : Localisation des secteurs 7, 8 et 9 au sein de la cellule 7 (Fond Google Earth)	87
Illustration 74 : Caractéristiques de la morphologie de l'avant-côte de la cellule 7 (Certain, 2002)	88

Illustration 75 : Profils sismiques perpendiculaires au rivage avec interprétation à Canet (nord du port) et à Sainte-Marie (USU : Unité sableuse supérieure ; BRL : couche de beach-rock) (Certain, 2002)	88
Illustration 76 : Profils sismiques logitudinaux au rivage avec interprétation à l'embouchure de la Têt et de Sainte-Marie (USU : Unité sableuse supérieure ; BRL : couche de beach-rock) (Certain, 2002)	89
Illustration 77 : Inventaire des aménagements doux sur la cellule 7 (EID, 2010 a)	90
Illustration 78 : Inventaire des ouvrages durs présent sur la cellule 7 (1 : Sogreah, 2007 ; 2 : Raynal et Certain, 2011)	91
Illustration 79 : Inventaire des rechargements sur la cellule 7 (1 : Sogreah, 2007 ; 2 : Raynal et Certain, 2011 d'après DREAL-LR, DDTM66, Safège, EID, SDPL et rapport de dragage).....	91
Illustration 80 : Evolution du trait de côte de la cellule 7 secteur par secteur sur la période de 1980 à 2004 (Sogreah, 2007)	92
Illustration 81 : Localisation du secteur C au sein de la cellule 6 (fond Google Earth)	93
Illustration 82 : Conditions météorologiques du 01/01/2013 au 01/06/2014 : a) Température de l'eau (d°) à la bouée de Leucate; b) Température de l'air (d°) à la station de Leucate ; c) Vitesse du vent (km/h) à la station de Leucate.....	94
Illustration 83 : Rose des vents à la station de Leucate.	95
Illustration 84 : Conditions de houle du 01/01/2013 au 01/06/2014 : a)Hauteur significative à Banyuls (m) ; b) Hauteur significative à Leucate (m) ; c) Puissance longitudinale de la houle ($J.m^{-1}.s^{-1}$, positive vers le nord) et d) période de la houle (s). source : Houlographes de Banyuls et Leucate, DREAL, CANDHIS.	96
Illustration 85 : Rose des houles à Leucate (gauche) et Banyuls (droite) entre les deux campagnes de mesurent.	97
Illustration 86 : Niveaux d'eau au marégraphe de Port-Vendres : a) niveau marin mesuré (m/ZH) ; b) marée théorique (m/ZH) et c) surcote (niveau mesuré moins la marée théorique, en m/ZH). Source du a) : Refmar.	98
Illustration 87 : Précipitations (mm) à Rivesaltes depuis Janvier 2013 : en bleu cumul mensuel, en rouge maximum sur 24h. Données infoclimat.fr.	99
Illustration 88 : Débits journaliers (m3/j) des fleuves Têt (station Perpignan) et Agly (station Rivesaltes) depuis 2013. Données SPC Méditerranée Ouest.	99
Illustration 89 : Formation dunaire du « Mas de l'Ille » bénéficiant d'aménagements de protection	100
Illustration 90 : Proximité des aménagements urbains avec la formation dunaire	100
Illustration 91 : Altimétrie de la formation dunaire sur le secteur de Barcarès (données lidar MNT Aldès 2010 – fonds IGN).	102
Illustration 92 : Différence altimétrique entre les MNT issus des acquisitions Lidar de 2009 et 2010 (fonds IGN)	103
Illustration 93 : Différence altimétrique entre les MNS issus des acquisitions Lidar de 2010 et 2011 (fonds IGN).	105
Illustration 94 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°1 -Le Lydia	107
Illustration 95 : Photographie du bas de plage sur le secteur du Lydia	108
Illustration 96 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°1 - Le Lydia pour les périodes (a) d'octobre 2013 et (b) avril 2014	108
Illustration 97 : Cartes des lignes de contour du secteur N°1 - Le Lydia	109

Illustration 98 : Profils LydiaN - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011).....	110
Illustration 99 : Profils LydiaC - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011).....	110
Illustration 100 : Profils BT074006 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 2001 (SMNLR)	111
Illustration 101 : Cartes des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 du secteur N°1 - Le Lydia.....	112
Illustration 102 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°1-Le Lydia	112
Illustration 103 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°2 - Port Barcarès Nord	115
Illustration 104 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°2 - Port Barcarès Nord pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014.....	117
Illustration 105 : Cartes des lignes de contour du secteur N°2 - Port Barcarès Nord	118
Illustration 106 : Profils PortBacNord-N - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	118
Illustration 107 : Profils PortBacNord-C - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	119
Illustration 108 : Profils PortBacNord-S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	119
Illustration 109 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°2 - Port Barcarès Nord	119
Illustration 110 : Cartes des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 du secteur N°2 - Port Barcarès Nord	120
Illustration 111 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°3 - Port Barcarès Sud.....	122
Illustration 112 : Cartes des lignes de contour du secteur N°3 - Port Barcarès Sud	124
Illustration 113 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°3 - Port Barcarès Sud pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014.....	125
Illustration 114 : Profils PortBacSud-N - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	125
Illustration 115 : Profils PortBacSud-S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	125
Illustration 116 : Profils BT070215 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 1988-2001 (SMNLR)	125
Illustration 117 : Profils BT070215 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 1990 et 2001 (SMNLR)	126
Illustration 118 : Profils BT070215 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011).....	126
Illustration 119 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°3 - Port Barcarès Sud	126
Illustration 120 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°3 - Port Barcarès Sud.....	127
Illustration 121 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly.....	128

Illustration 122 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°4 - L'embouchure de l'Agly pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014	130
Illustration 123 : Cartes des lignes de contour du secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly	130
Illustration 124 : Profils Agly_N - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	130
Illustration 125 : Profils Agly_C - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	131
Illustration 126 : Profils Agly_S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	131
Illustration 127 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly	131
Illustration 128 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly.....	132
Illustration 129 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur l'embouchure entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly.....	132
Illustration 130 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°5 - Torreilles	133
Illustration 131 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°5 - Torreilles pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014	135
Illustration 132 : Cartes des lignes de contour du secteur N°5 - Torreilles	136
Illustration 133 : Profils BT067930 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 2001 (SMNLR)	136
Illustration 134 : Profils TorrC - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	136
Illustration 135 : Profils TorrS - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	137
Illustration 136 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°5 - Torreilles	137
Illustration 137 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°5 - Torreilles.....	138
Illustration 138 : Présence ponctuelle de ganivelles en haut de plage sur le secteur nord (à gauche). Canalisation de la fréquentation sur le secteur au centre (à droite).....	139
Illustration 139 : Altimétrie de la formation dunaire sur le secteur de Torreilles (à gauche, données lidar MNT Aldès 2010 – fonds IGN). Différence altimétrique entre les MNT issus des acquisitions Lidar de 2009 et 2010 (à droite, fonds IGN).	141
Illustration 140 : Altimétrie de la formation dunaire sur le secteur de Torreilles (à gauche, données MNS lidar litto3d 2011 – fonds IGN). Différence altimétrique entre les MNS issus des acquisitions Lidar de 2010 et 2011 (à droite, fonds IGN).	142
Illustration 141 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou.....	144
Illustration 142 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°6 - L'embouchure du Bourdigou pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014	146
Illustration 143 : Cartes des lignes de contour du secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou	146
Illustration 144 : Profils BourdigN - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	146
Illustration 145 : Profils BourdigS - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	147

Illustration 146 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou.....	147
Illustration 147 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou.....	147
Illustration 148 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés de l'embouchure entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou	148
Illustration 149 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°7 - Sainte-Marie.....	149
Illustration 150 : Photographie d'une falaise d'érosion située au nord de l'épi le plus au nord à Sainte-Marie.....	150
Illustration 151 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°7 - Sainte-Marie pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014	151
Illustration 152 : Cartes des lignes de contour du secteur N°7 - Sainte-Marie.....	152
Illustration 153 : Profils BT063940 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 1989 (SMNLR)	152
Illustration 154 : Profils BT064040 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 1990-2001 (SMNLR)	152
Illustration 155 : Profils SteMar_C - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011).....	153
Illustration 156 : Profils SteMar_S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011).....	153
Illustration 157 : Profils LaCrostN - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011).....	153
Illustration 158 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°7 - Sainte-Marie.....	154
Illustration 159 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°7 - Sainte-Marie	154
Illustration 160 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°8 - L'embouchure de la Têt.....	156
Illustration 161 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°8 - L'embouchure de la Têt pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014	158
Illustration 162 : Cartes des lignes de contour du secteur N°8 - L'embouchure de la Têt.....	158
Illustration 163 : Profils Tet_N - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011).....	158
Illustration 164 : Profils Tet_S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011).....	159
Illustration 165 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°8 - L'embouchure de la Têt	159
Illustration 166 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°8 - L'embouchure de la Têt	160
Illustration 167 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés de l'embouchure entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°8 - L'embouchure de la Têt	160
Illustration 168 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°9 - Canet-en-Roussillon	161
Illustration 169 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°9 - Canet-en-Roussillon pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014.....	163

Illustration 170 : Cartes des lignes de contour du secteur N°9 - Canet-en-Roussillon	163
Illustration 171 : Profils BT061140 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 2001 (SMNLR)	163
Illustration 172 : Profils PortCanetN-S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)	164
Illustration 173 : Carte des volumes de sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°9 - Canet-en-Roussillon	164
Illustration 174 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°9 - Canet-en-Roussillon	164
Illustration 175 : En haut, l'arrière-dune avec des accès canalisés vers la mer et en bas le front dunaire fragilisé au nord (photo de gauche) et au sud (photo de droite). Date : 10/06/14.	165
Illustration 176 : Altimétrie de la formation dunaire séparant l'étang de Canet de la mer Méditerranée (données lidar MNT Aldès 2010 – fonds IGN)	167
Illustration 177 : Différence altimétrique entre les MNT issus des acquisitions Lidar de 2009 et 2010 sur la formation dunaire séparant l'étang de Canet à la mer Méditerranée.	169
Illustration 178 : Différence altimétrique entre les MNS issus des acquisitions Lidar de 2010 et 2011 sur la formation dunaire séparant l'étang de Canet à la mer Méditerranée.	170
Illustration 179 : Tableau de synthèse des évolutions puri-décennale et interannuelle des secteurs d'étude du territoire du PMCA.....	173
Illustration 180 : Synthèse cartographique des évolutions puri-décennale et interannuelle des secteurs d'étude du territoire du PMCA.....	174
Illustration 181 : Evolution et dynamique sédimentaire supposée entre les campagnes de 2013 et 2014 sur les embouchures de l'Agly, le Bourdigou et la Têt.	176
Illustration 182 : Evolution et dynamique sédimentaire supposée entre les campagnes de 2013 et 2014 sur les embouchures portuaires de Port-Barcarès et Sainte-Marie.	177
Illustration 183 : Synthèse de la dynamique et des bilans sédimentaires 2013-2014 aux embouchures et structures portuaires.	178
Illustration 184 : Tableau de synthèse des évolutions topographiques des formations dunaires entre 2009 et 2011.....	180
Illustration 185 : Bilan volumique des évolutions constatées sur les formations dunaires entre 2009 et 2011	181

Liste des annexes

Annexe 1	Cartes de visualisation de l'Aléa Erosion et de projections du trait de côte selon un scénario d'entretien des ouvrages dans le Roussillon d'après Sogreah (2011)	191
Annexe 2	Cartes de submersion marine sur les communes de Port-Barcarès, Torreilles-Plage, Sainte-Marie et Canet-en-Roussillon d'après Balouin et Belon (2012)	197
Annexe 3	Liste des des documents intégrés dans l'inventaires bibliographiques réalisé dan sle cadre de l'observatoire de la côte sableuse Catalane.....	203
Annexe 4	Tableau de syntèse des données existantes sur le littoral des Pyrénées-Orientales.....	211
Annexe 5	Méthodologie de calcul des marges d'erreur des volumes sédimentaires déplacés entre deux campagnes topo-bathymétriques	219
Annexe 6	Profils complémentaires	223
Annexe 7	Cartes d'évolution topo-bathymétrique entre 2009 (Lidar DREAL) et 2014 (OBSCAT)	241

1. Introduction

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

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

Dans ce but, l'observatoire de la côte sableuse catalane (OBSCAT) est lancé 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). Ce projet, cofinancé par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, PMCA et la dotation 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 1 présente un diagnostic de l'état de la dynamique sédimentaire sur les sites identifiés par PMCA comme « sensibles » sur la zone d'étude en termes de gestion de son trait de côte : soit 12 sites dont 9 sites de plage et 3 sites de dunes. Au travers de ces sites, seront abordées les problématiques relatives aux relations de cause à effets entre le « disponible sédimentaire » des plages et la dynamique des barres d'avant-côte, des embouchures, des dunes et des aménagements et usages côtiers.

Pour ce faire, après une synthèse bibliographique sur le contexte général de la zone d'étude, le rapport présentera la méthodologie mise en œuvre pour les suivis et les traitements associés puis un diagnostic de chaque site sensible en termes de tendance d'évolution et enfin, une synthèse des évolutions constatées sur les secteurs en érosion, les embouchures et les massifs dunaires.



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

2. Contexte général du littoral étudié

2.1. CADRES GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

2.1.1. Le Golfe du Lion et son plateau continental

Le Golfe du Lion est situé sur la partie nord de la marge méditerranéenne occidentale, il s'étend du Cap Creus (Pyrénées Orientales) au Cap Couronne (Bouches du Rhône) et forme un large plateau continental atteignant près de 70 km de large dans sa partie centrale (Aleman, 2013). Le Golfe du Lion est influencé essentiellement par les apports liquides et solides du Rhône et dans une moindre mesure par une série de petits fleuves côtiers à caractère torrentiel (Vidourle, le Lez, l'Hérault, l'Orb, l'Aude, l'Agly, la Têt et le Tech) (Monaco, et al., 2009).

La morphologie du Golfe du Lion est caractérisée par (Illustration 2) :

- un plateau continental large relativement lisse et dont les reliefs les plus notables correspondent à des pointements rocheux ou des sables cimentés (Samat, 2007),
- une bordure de plate-forme fortement incisée par des canyons correspondant aux paléo-vallées des fleuves méditerranéens.

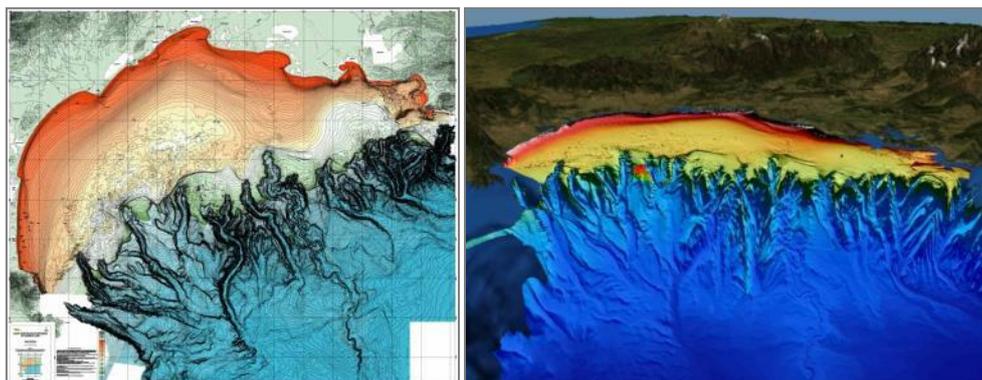


Illustration 2 : Morphologie du Golfe du Lion (©Ifremer¹)

L'histoire du plateau continental du Golfe du Lion débute à l'Oligocène (-28 Ma) par une période de rifting² caractérisé par une extension nord-ouest à sud-est, résultant du mouvement relatif des plaques Afrique et Europe. Cette étape s'achève vers -23 Ma (Seranne, 1999). Elle est suivie jusqu'à -18/-15 Ma par une période d'expansion océanique entraînant subsidence thermique et surcharge sédimentaire. Le Miocène est caractérisé par une sédimentation importante (turbidites et argilites déposés dans des bassins profonds et des dépôts deltaïques sur la plate-forme (Gorini et al., 1993). Il est marqué dans sa phase terminale par un événement hors norme, la crise de salinité Messinienne (Hsu et al., 1977), qui se caractérise par la fermeture du détroit de Gibraltar par surrection, la déconnection de la Méditerranée et de l'Océan Atlantique (5,96-5,33 Ma) asséchant ainsi en partie la Méditerranée (Gautier et al., 1994 ; Clauzon et al., 1996). Cette période d'assèchement entraîne le dépôt dans le bassin de

¹ <http://flotte.ifremer.fr/fleet/Presentation-of-the-fleet/R-D-projects/SonarScope/Import-Export/Nasa-World-Wind> et http://envlit.ifremer.fr/infos/actualite/2003/carte_morpho_bathymetrique_du_golfe_du_lion

² Formation d'un fossé d'effondrement suite à l'action de force d'étirement, le rifting est le plus souvent la première phase de la formation d'un océan.

grande quantité de sel ainsi qu'une importante érosion subaérienne (Guennoc et al., 2000 ; Lofi, 2002). La sédimentation de la période Pliocène-Quaternaire est caractérisée par une épaisse série déposée sur la marge du Golfe et résultant de la surrection bordière associée à la subsidence du bassin et aux changements climatiques (Lofi et al., 2003). La dernière transgression post-glaciaire voit la mise en place d'un ensemble d'unités rétrogradantes surmontées par des dépôts progradants correspondant à un haut niveau marin datant la fin de l'Holocène (Gensous et Tesson, 2003). Enfin au cours de l'Holocène terminal, les cordons littoraux du Languedoc-Roussillon se mettent en place lorsque le niveau marin atteint son maximum (6500-5500 ans BP (Aloisi et al., 1978 ; Raynal, 2008 ; Ferrer, 2010)). La formation des cordons littoraux se fait par le biais de grandes flèches sableuses enracinées aux pointements rocheux qui ferment progressivement de larges baies littorales, ne laissant que des communications temporaires sous la forme de petits de chenaux (appelés graus).

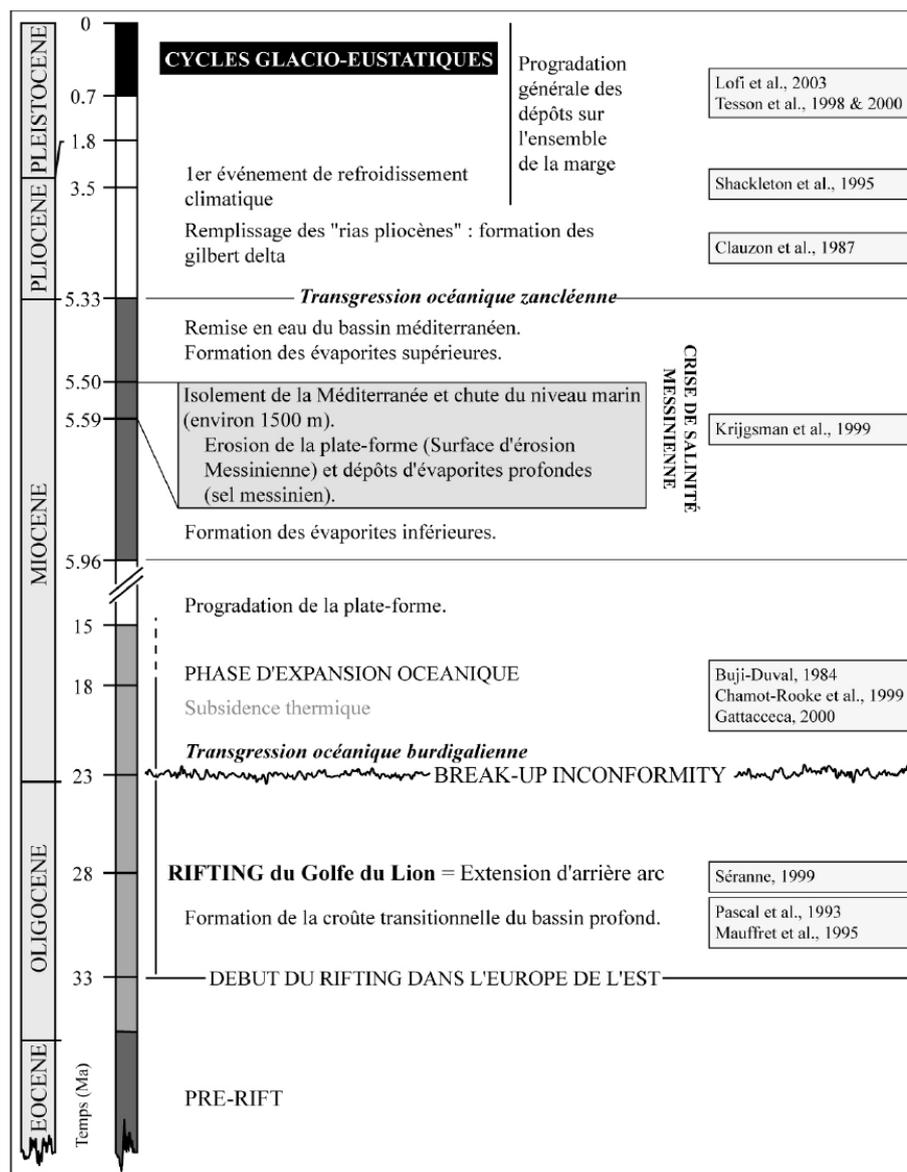


Illustration 3 : Chronologie des événements géodynamiques et sédimentaires responsables de la formation du Golfe du Lion (Raynal, 2008)

2.1.2. Formation de la plaine du Roussillon

Les côtes sableuses et rocheuses du Roussillon sont situées sur les alluvions holocènes de plaines littorales du bassin d'effondrement de la plaine du Roussillon (Durand, 1999). Cette plaine est bornée au sud par le massif cristallin des Albères, au sud-ouest par le massif cristallin des Aspres et au nord-ouest par le massif calcaire du Secondaire des Corbières.

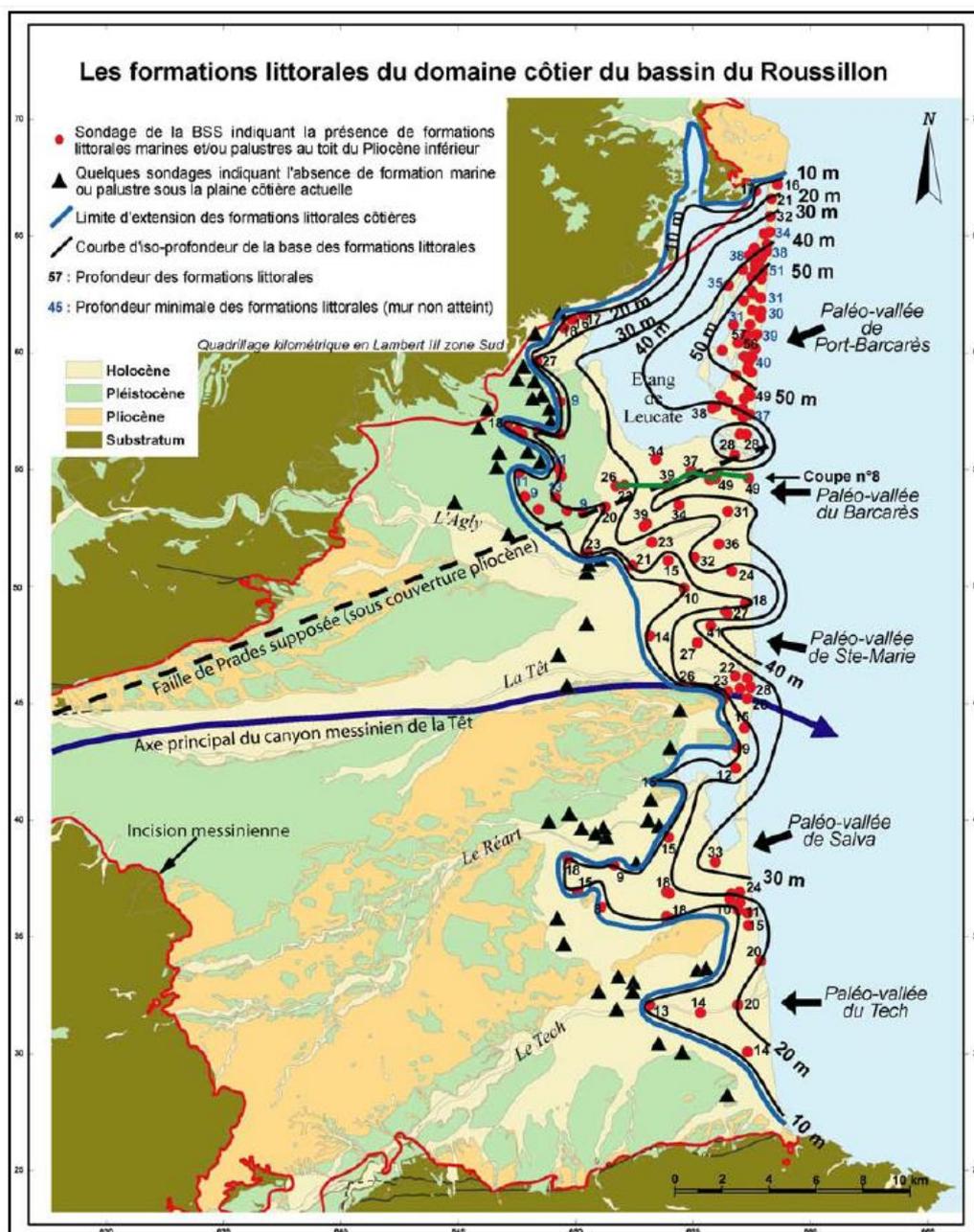


Illustration 4 : Profondeurs du mur des formations littorales sur la plaine côtière du bassin du Roussillon (Duvail, 2008). Le toit du Pliocène inférieur (Zancléen) est érodé sous forme de vallées incisées, comblées par des formations marines et palustres sous la plaine côtière actuelle. On observe que l'épaisseur de ces formations littorales est importante avec un maximum de dépôt centre localisé dans la partie nord du bassin, sous l'étang de Leucate et la plaine de la Salanque

La plaine du Roussillon est caractérisée par un remplissage sédimentaire particulièrement important, notamment au sud du cours de la Têt. Les séries sédimentaires présentes sont principalement de types : argiles, limons, marnes et sables. Les épaisseurs de sédiments pouvant dépasser les 2000 m (Durand, 1999), leurs poids cumulés donnent lieu à des phénomènes de subsidence non négligeables au niveau de la plaine du Roussillon.

La configuration actuelle de la côte du Roussillon en "cordon littoral et lagunes" date de l'Holocène. Les formations littorales forment des dépôts relativement importants, dont la morphologie et l'épaisseur sont fortement contraintes par la présence des vallées incisées des fleuves roussillonnais (Duvail, 2008, cf. ill. 4). D'après les nombreux travaux réalisés sur l'ouest du Golfe du Lion (Monaco, 1971 ; Aloïsi *et al*, 1978 ; Ambert, 1981, 1982, 1987, 1991 et 1993, ainsi que Aloïsi, 1993), il est possible de distinguer deux grandes étapes dans l'évolution du système (Durand, 1999) : la transgression holocène et la variation des lidos depuis l'Antiquité.

a) La transgression holocène

La transgression holocène, initiée il y a 18 000 ans BP et achevée il y a 4 500 ans (Aloïsi, 1986), est responsable de la configuration actuelle des rivages marins et des cordons littoraux successifs de la côte du Roussillon. Plus précisément les cordons littoraux se sont mis en place sous l'action de l'élévation du niveau de la mer, qui a repoussé les matériaux détritiques accumulés sur la plate-forme continentale pendant le Würm, isolant ainsi les lagunes.

Le système lido-lagune (Illustration 5) se forme progressivement par la progradation de flèches sableuses, parallèlement à la côte. La finalité de l'évolution de ces flèches étant la fermeture de l'environnement lagunaire (Raynal, 2008). La formation des flèches est provoquée par le transport de sédiments suite à la dérive littorale et nécessite la présence d'une formation "dure" (cap rocheux) sur laquelle les flèches s'accrochent.

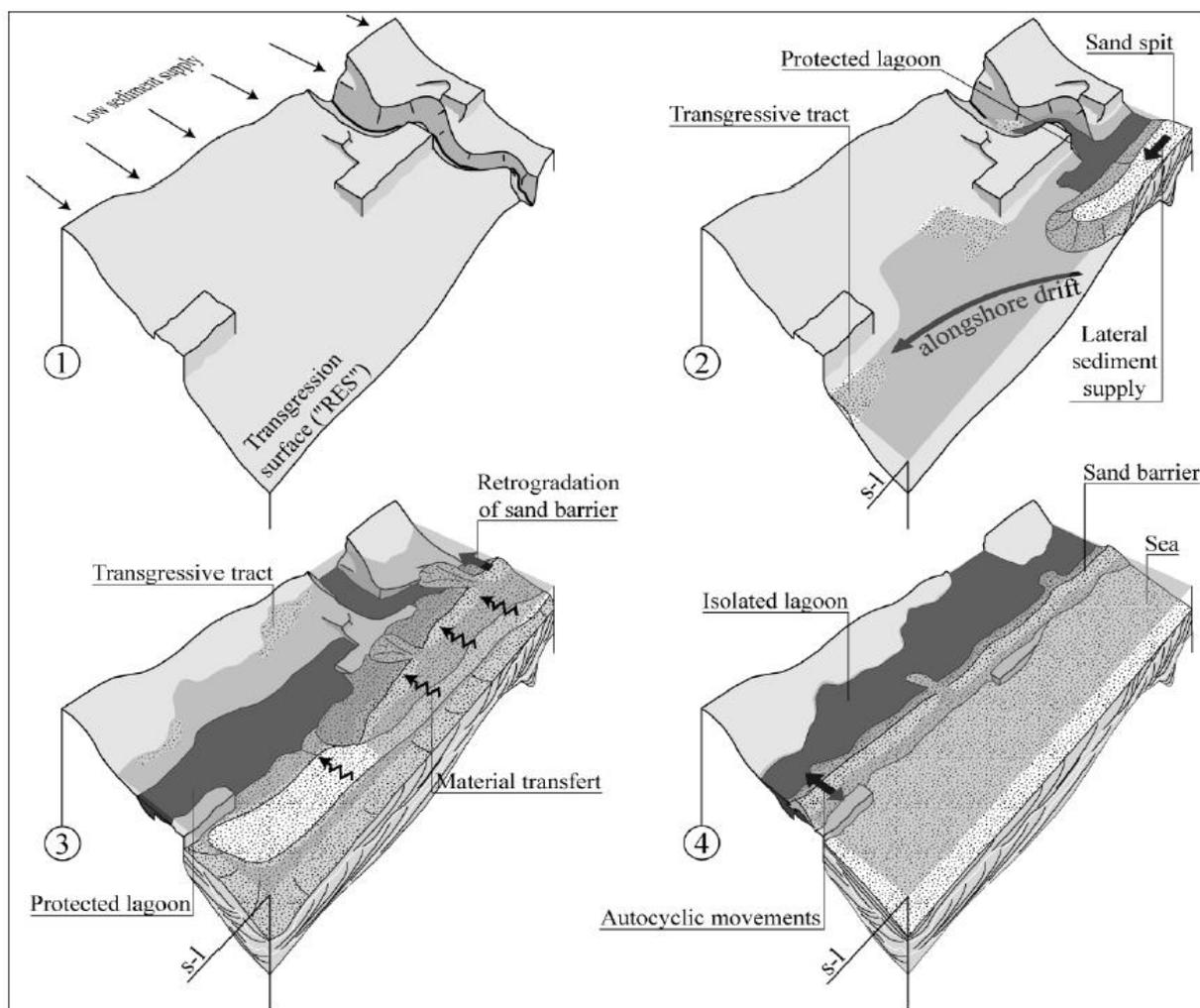


Illustration 5 : Modèle conceptuel d'une côte dominée par la houle et contrôlée par la progradation parallèle à la côte de flèches sableuses. Ce modèle souligne l'influence de : la dérive littorale, la distance à une source de sédiments et l'héritage morphologique de la côte (Raynal, 2008)

b) La variation des lidos depuis l'Antiquité

D'après Durand (1999), le trait de côte du Roussillon n'a subi depuis l'Antiquité que de très légères variations de position (de l'ordre de quelques mètres), dues à des oscillations du niveau marin. Au VI^{ème} siècle avant JC, le littoral est décrit comme une bande sableuse s'étendant des Albères jusqu'au Barcarès et interrompu par un fleuve correspondant probablement à la Têt (Monaco, 1971). Plus au nord s'ouvrait un vaste golfe de lagunes et de marais. Au XVII^{ème} siècle, le littoral de la zone d'étude peut être séparé en deux ensembles. Le premier, situé au sud de Le Barcarès, présente un cordon stable et continu qui isole plusieurs lagunes communiquant avec la mer (étangs de Canet et de Saint-Cyprien entre autres). Le second situé au nord, est constitué de nombreux graus morcelant le cordon littoral (grau du Bourdigou, grau de Leucate...). Par la suite les étendues saumâtres se sont colmatées jusqu'à atteindre leur configuration actuelle. De nos jours, la tendance est toujours au comblement et d'ici quelques décennies certaines lagunes comme l'étang de Canet pourraient avoir totalement disparues (BRL Ingénierie, 1995).

De nombreux éléments (successions sédimentaires, comblement des lagunes, comparaison avec des cartes anciennes) mettent en évidence que la dernière dynamique observée sur la zone d'étude avant l'urbanisation massive du littoral, allait majoritairement dans le sens d'une accrétion générale du littoral.

2.1.3. Morphotypes du littoral méditerranéen

Au niveau du Golfe du Lion, le système littoral sableux peut être compartimenté en deux grandes unités : l'arrière-plage souvent caractérisée par la présence d'une lagune et le cordon sédimentaire littoral proprement dit comprenant les dunes, la plage et l'avant-côte (Illustration 6).

a) L'arrière-plage

L'arrière plage correspond généralement à une zone plus basse que la dune située en arrière et pouvant servir de zone d'inondation (Gervais, 2012). Dans le Roussillon les formations d'arrière plages sont majoritairement des lagunes (étangs de Canet et de Salses-Leucate) ou des marais (en grande partie assainis pour l'installation d'infrastructures).

L'écologie des lagunes est dépendante de trois paramètres principaux : la salinité, la température et la profondeur (Scavia *et al.*, 2002 ; Cahoon *et al.*, 1997). Sur le territoire de l'OBSCAT sont présents deux complexes lagunaires.

- **Le complexe lagunaire de Canet**

Le site Natura 2000 FR9101465 du "Complexe lagunaire de Canet" s'étend sur 1872 ha dont 1030 appartenant au Conservatoire de l'Espace littoral et des rivages lacustres. La lagune s'étend quant à elle sur 630 ha et présente une profondeur moyenne de 0,4 m (jusqu'à 1 m maximum) (Hydreco-Guyane et Biotope, 2012). Les apports d'eau douce dans l'étang proviennent de plusieurs cours d'eau à régime torrentiel méditerranéen, le plus important étant le Réart avec un bassin versant de 157 km².

La lagune de Canet est la plus ancienne du littoral mais aussi la plus exposée au comblement naturel (la surface en eau de l'étang a diminué de moitié depuis 1750). Les scénarios les plus pessimistes envisagent un comblement complet en une seule crue du Réart. Du fait du faible niveau d'eau, cette lagune est également fortement menacée par des phénomènes d'eutrophisation.

La lagune possédait à l'origine trois graus, actuellement seul le Grau de la basse est resté ouvert. La disparition de deux graus a entraîné des problématiques d'adoucissement de l'étang et de diminution des échanges biologiques entre mer et lagune. De plus, le Grau de la basse est fortement aménagé. Sa largeur a été réduite lors de la construction de la route des plages et des vannes ont été installées pour maintenir le niveau de l'étang à + 30 cm NGF, gérer les flux entrants et sortants ainsi que la salinité de la lagune. Cet aménagement favorise le comblement de la lagune, en réduisant l'évacuation des sédiments vers la mer. En conséquence la lagune est de plus en plus proche du terme de son évolution naturelle, soit un isolement de plus en plus marqué avec la mer (comblement dû aux apports considérables d'alluvions) et la prépondérance de son apport en eau douce venant de son bassin versant (diminution de la salinité).

Un comblement de la lagune entrainerait nécessairement un bouleversement de son lido et probablement une augmentation des apports fluviaux au niveau des plages (les sédiments n'étant plus piégés dans la lagune).

- **Le complexe lagunaire de Salses-Leucate**

Le complexe lagunaire de Salses-Leucate est alimenté par un bassin versant de 259 km². Celui-ci possède une unique nappe d'eau séparée en trois sous-unités (Syndicat Rivage de 2012):

- l'Anse du Paurel dans sa partie la plus septentrionale,
- le bassin de Leucate,
- le bassin de Salses.

Le bassin versant est de taille relativement limitée et possède une faible influence sur l'étang. Les apports en eau douce, se font principalement par des résurgences diffuses depuis le réseau karstique des Corbières et dans une plus faible mesure, par de petits ruisseaux à caractère torrentiel (principalement l'Arène et la Canaveire). Cependant l'influence de la mer est prépondérante, du fait d'échanges mer-lagune importants pouvant entrainer des variations du niveau d'eau de la lagune supérieures à 1 m. Ces échanges se font par l'intermédiaire de trois graus : le Grau des conchyliculteurs, le Grau de la Corrège et le Grau St Ange.

Les zones humides associées à la lagune s'étendent sur 2400 ha et sont séparées en deux ensembles :

- les zones humides situées en bordure immédiate de l'étang et directement alimentées par la nappe d'accompagnement de l'étang ;
- les zones humides plus éloignées de l'étang, accompagnant le réseau hydrographique ou constituées par des dépressions humides en secteur de plaine et essentiellement alimentées par des remontées de nappe.

La lagune présente une profondeur moyenne de 1,75 m avec des maximums pouvant atteindre 3 à 4 m.

La lagune subissant une influence principalement marine et la profondeur d'eau étant plus importante que pour le complexe de Canet le risque de comblement y est moins développé.

b) Le cordon sédimentaire littoral

Le cordon sédimentaire littoral constitue le principal sujet de cette étude. Il forme un continuum sableux du Cap Leucate au Racou et ses traits d'ensemble peuvent se compartimenter de manière transversale entre la dune et la plage aérienne sur la partie émergée et l'avant-côte et le glacis sur la partie immergée (Illustration 6).

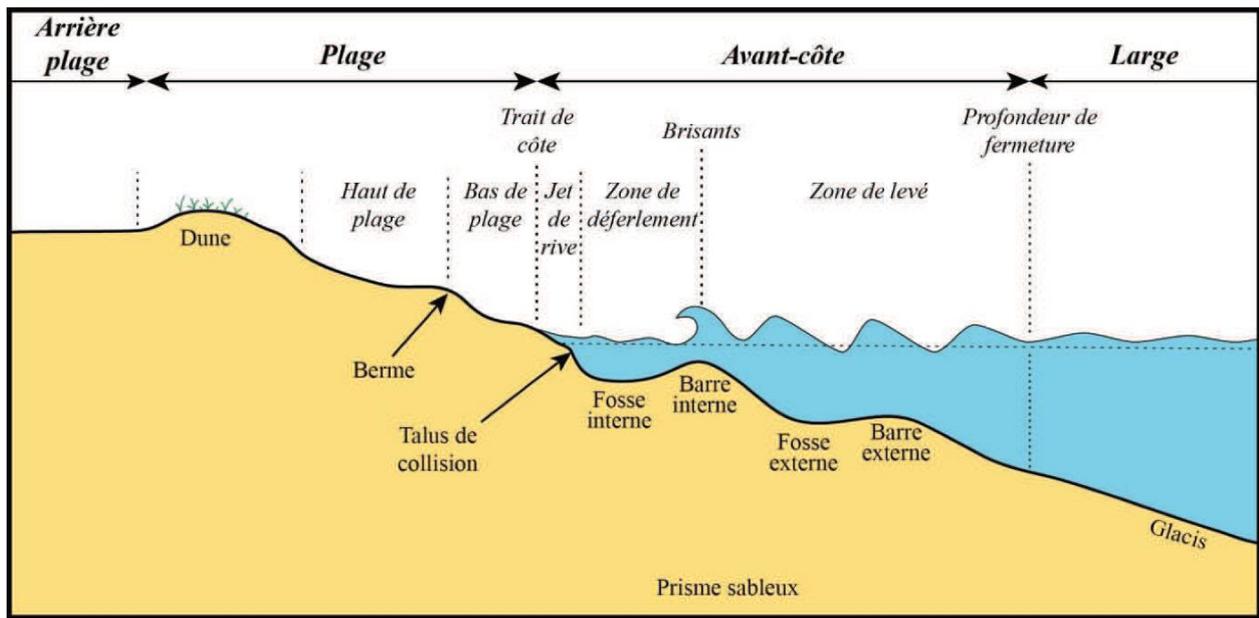


Illustration 6 : Terminologie des littoraux sableux microtidaux (Aleman, 2013)

- **Le système dunaire**

Les dunes sont des lieux de stockage important où le sable s'accumule sous l'action des grandes tempêtes et plus généralement des vents marins. Il permet ainsi de servir de tampon aux tempêtes les plus destructrices en compensant au fur et à mesure le sable emporté en mer. Les dunes sont donc un moyen naturel pour lutter contre l'érosion, mais ce sont également des systèmes qui se reconstruisent lentement.

Le cordon dunaire méditerranéen type est caractérisé par une altitude homogène relativement peu importante, celle-ci ne dépassant jamais une dizaine de mètres et étant le plus souvent comprise entre 3 et 4 m. Dans le Roussillon les dunes sont encore moins développées puisqu'elles dépassent rarement les 2 m de haut. Le cordon est organisé parallèlement au trait de côte et présente de faibles pentes du revers dû à l'exposition aux vents violents (Moulis et Barbel, 1999). Selon Durand (1999), les causes du faible développement, voire de l'absence du système dunaire méditerranéen sont les suivantes :

- un régime dominant de vents de terre qui limite le développement des avant-dunes en transportant le sable vers la mer ;
- une granulométrie à tendance grossière qui rend les sables difficilement mobilisables par les vents de mer (ceux-ci possédant des vitesses moyennes plus faibles que les vents de terre) ;
- l'anthropisation et la forte fréquentation des plages qui dégrade les dunes existantes, l'urbanisation entraînant par endroit l'arasement complet des formations dunaires.

Le système dunaire du Roussillon est organisé depuis la mer vers l'intérieur des terres en une série de dunes de plus en plus stables, séparées par des dépressions inter-dunaires (Sogreah, 2007). L'évolution temporelle et spatiale des dunes est la suivante (de la plage vers l'intérieur des terres) (EID, 2010) :

- la dune embryonnaire présente une végétation peu développée sous la forme d'espèces vivaces qui permettent l'accumulation puis le maintien du sable grâce à leur système racinaire. Cette végétation est responsable de la formation des premiers bourrelets

constituant les dunes embryonnaires. Le recouvrement végétal est naturellement faible (maximum 40 %),

- les dunes mobiles (aussi appelées dunes "blanches" ou "vives") pour lesquelles le substrat n'est toujours pas stabilisé et où le sable continue à s'accumuler. Le recouvrement végétal peut atteindre 70 %, principalement sous forme d'Oyat,
- les dunes de plus en plus anciennes et stabilisées (appelées dunes "grises" ou "fixées"), elles sont dans un premier temps semi-fixées, puis le substrat s'enrichit en matière organique et la couverture végétale augmente, ce qui a pour résultat de fixer entièrement la dune (Jolinon, 1983). Sur ce type de dune la végétation est plus variée et le recouvrement maximum peut atteindre les 90 %.

• La plage

La différence majeure des plages méditerranéennes avec les plages soumises à de fortes marées est l'absence d'estran. En conséquence, les plages du système méditerranéen sont le plus souvent de largeurs réduites, ce qui limite la capacité du vent à les recharger en sable. Les bermes de basse plage sont généralement assez marquées (Moulis et Barbel, 1999).

Les travaux de Wright et Short (1983), puis Masselink et Short (1993) et Davidson-Arnott (2010), ont mené à une classification des plages selon les conditions d'agitation (vagues, marnage,...) et les caractéristiques morphologiques. On distingue ainsi des plages dissipatives, à pente douce, sur lesquelles l'énergie des vagues est fortement dissipée, et des plages réfléchives, fortement pentues, où la houle est peu dissipée, voire réfléchiée. Entre ces deux extrêmes, plusieurs types de plages dites intermédiaires peuvent être décrits (Illustration 7). D'après cette classification, les plages de la côte ouest du Golfe du Lion présentent un caractère dissipatif dominant. Celui-ci est toutefois moins prononcé, voir intermédiaire pour les plages du Roussillon d'après Aleman, (2013) et jusqu'à réfléchif à l'extrémité sud de la côte sableuse (Illustration 8).

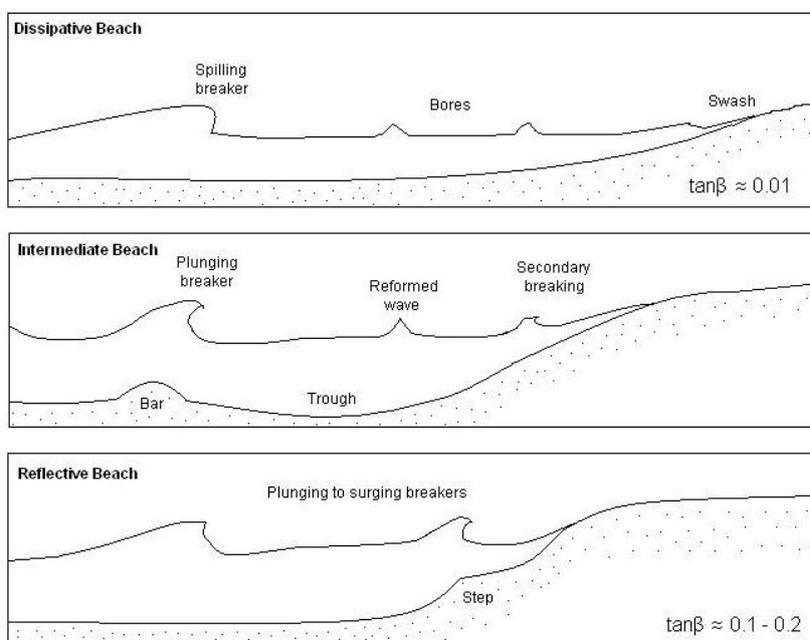


Illustration 7 : Classification morphodynamique des plages influencées par la houle (Whright et Short, 1983)

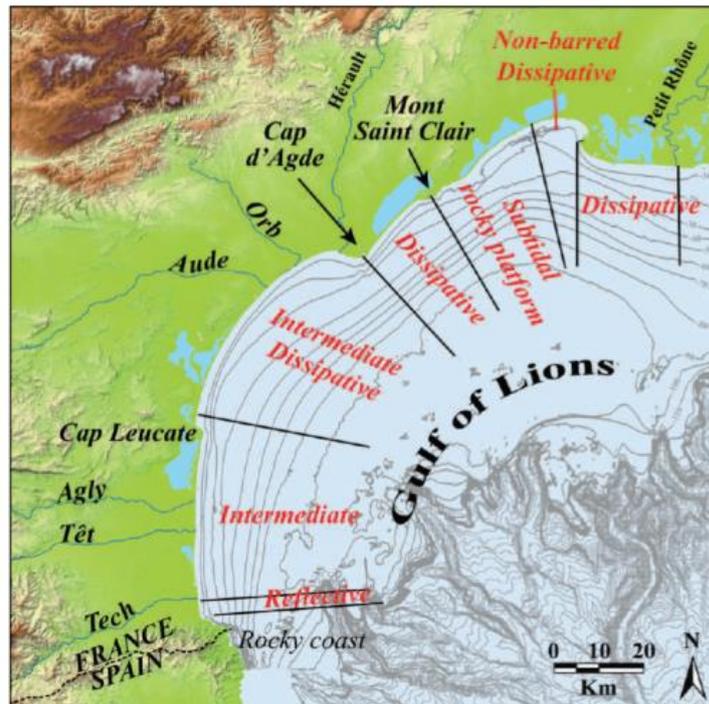


Illustration 8 : Localisation des compartiments morphologiques identifiés sur la côte du Languedoc-Roussillon (Aleman, 2013)

Les plages du Roussillon sont en comparaison de largeur relativement importante (jusqu'à 200 m), à l'exception de certaines zones d'érosion du fait de la présence d'ouvrages (nord des Ports de Barcarès et à Sainte-Marie) (Durand, 1999).

La plage peut être séparée en deux unités : la haute plage et la basse plage ou front de plage. Ces deux unités sont séparées par la berme qui est une zone d'accumulation au sommet des zones successives de jet de rive (Gervais, 2012).

La haute plage présente généralement une géométrie en pente douce et n'est submergée qu'en cas de très fortes vagues (Gervais, 2012). Au niveau de la côte roussillonnaise la pente est plus ou moins marquée en direction de la basse plage. Cette morphologie a essentiellement pour cause le caractère grossier des sédiments (Durand, 1999). La haute plage présente une végétation basse, à une seule strate et à développement linéaire et discontinu (Bensettiti *et al.*, 2004). Une grande partie de cette végétation disparaît pendant l'hiver. Elle est également très sensible au nettoyage mécanique de la plage. Ainsi, la haute plage correspond à la zone du système du cordon littoral où la végétation est la plus dégradée (EID, 2010).

La basse plage est la zone de battement du jet de rive. Dans le Roussillon la basse plage peut présenter des pentes relativement raides compte tenu d'une granulométrie assez grossière.

- **L'avant-côte**

L'avant-côte comprend la zone située entre le trait de côte et la profondeur de fermeture (Hallermeier, 1981). Celle-ci peut être définie comme la limite à partir de laquelle ne sont plus observées de modifications morphologiques.

Le littoral du Languedoc-Roussillon présente une grande diversité dans la morphologie des barres d'avant-côtes (deux à trois barres, linéaires ou festonnées séparées par des fosses) (Illustration 9). Le Roussillon est le plus souvent caractérisé par une géométrie à deux barres festonnées continues (Certain, 2002) (Illustration 9 et Illustration 10). Elles présentent une distance moyenne à la côte de 100 m pour la barre interne et de 400 m pour la barre externe. La pente moyenne de la zone d'avant-côte est d'environ 1,40 %.

La dynamique de ces barres est une composante essentielle de la variabilité du budget sédimentaire de la côte en raison du volume sédimentaire important qu'elles représentent.

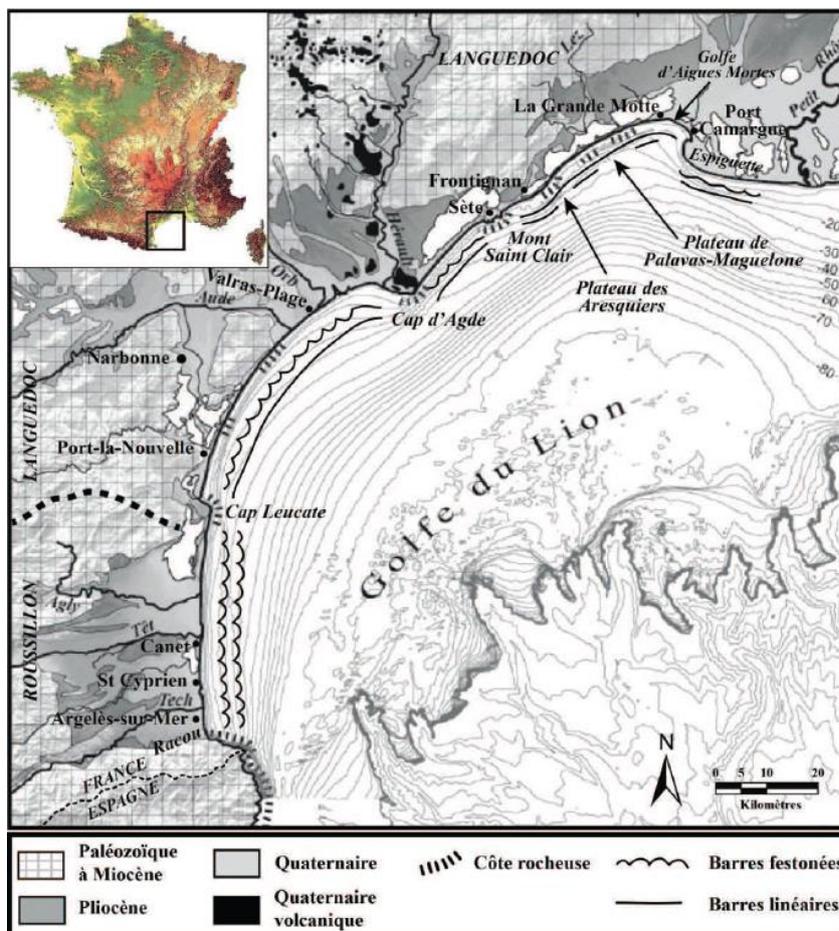


Illustration 9 : Typologie des systèmes de barres d'avant-côte dans le Golfe du Lion (Aleman, 2013 d'après Raynal, 2008 pour la carte géologique et Certain, 2002 pour la morphologie des barres)

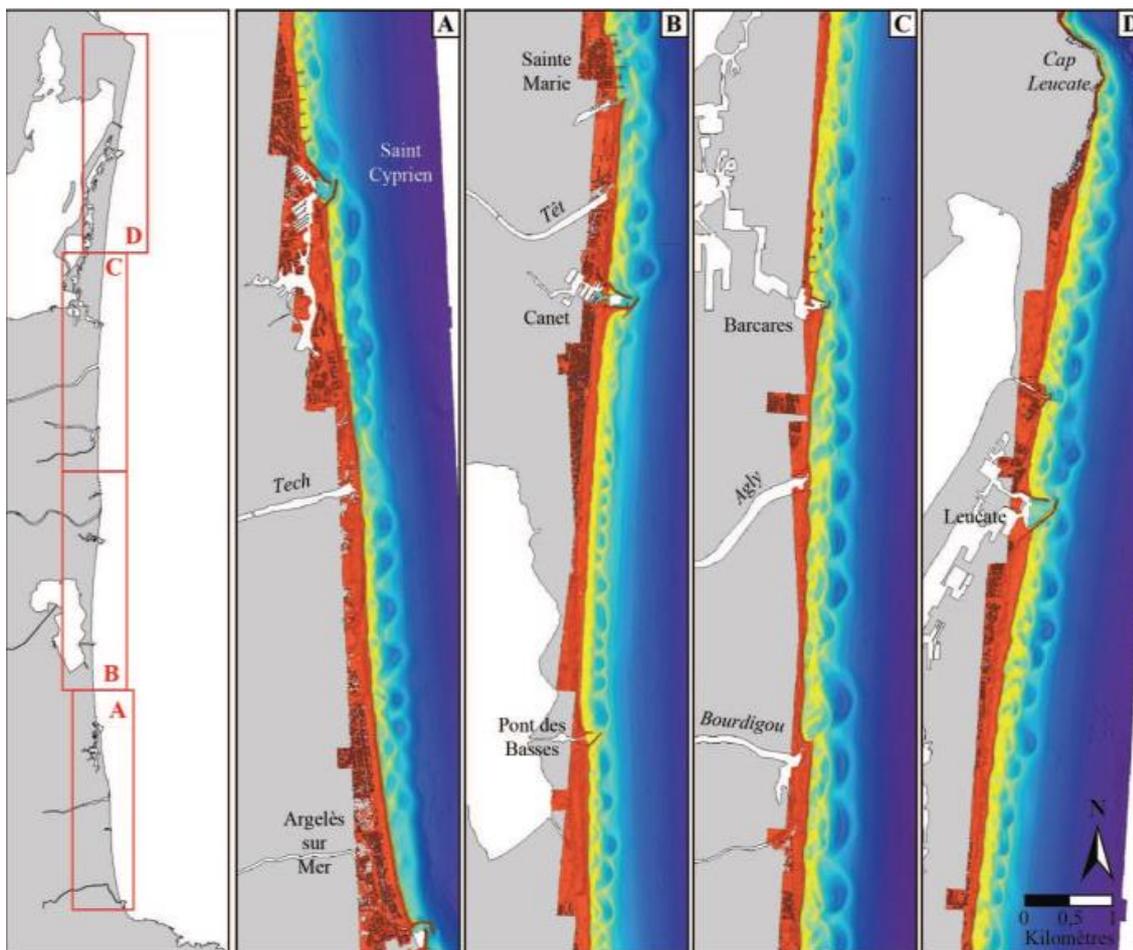


Illustration 10 : Carte de la côte du Roussillon présentant l'imagerie LiDAR 2009 sur laquelle on peut observer le système à deux barres festonnées (barres internes en jaune et barres externes en bleu - Aleman, 2013)

Dans le Golfe du Lion, deux modèles décrivent la dynamique des barres (Certain, 2002) : L'OPE (oscillation autour d'une position moyenne) et le N.OM. (Migration nette vers le large). A l'échelle saisonnière, les barres avancent et reculent en fonction des conditions de vagues, mais à l'échelle pluriannuelle, on observe une migration progressive de la barre la plus externe vers le large, puis sa dégénérescence. Cette migration puis disparition de la barre externe s'accompagne de l'apparition d'une nouvelle barre proche de la côte qui va réinitialiser ce cycle de migration.

L'étude de Certain (2002) sur le cas du sud du Cap Leucate (une barre externe festonnée et un système complexe de barres internes) a permis de mettre en évidence que les festons présentent une migration vers le nord parallèlement à la côte d'environ 30 à 100 m/an pour le système interne et 40 m/an maximum pour le système externe. Les barres au niveau de Canet-en-Roussillon et de Sainte-Marie présentent la même morphologie et donc théoriquement un comportement similaire. Cependant ces systèmes sont en réalité influencés par les ouvrages présents, entraînant par exemple à Canet-en-Roussillon un décalage de la barre externe vers le large, ainsi qu'une perturbation de la barre interne.

Les ouvrages ne stoppent pas systématiquement le transit de la barre externe, qui peut parfois les contourner. Dans ce cas le transit est maintenu, mais la barre externe est projetée à des profondeurs plus grandes, diminuant ainsi la protection qu'elle apporte à la plage et à l'avant-

côte. L'influence des ouvrages sur les barres dans la section en aval du transit, n'entraîne pas d'amointrissement du volume sédimentaire disponible, mais en revanche un recul du trait de côte, une perturbation de la granulométrie et la dégénérescence du système de barre interne. L'impact des ouvrages diminue avec l'augmentation du volume sédimentaire disponible, mais dans tous les cas il entraîne une perturbation des barres accompagnée le plus souvent par une perte de leur mobilité.

Le stock sableux du prisme littoral, appelé Unité sableuse supérieure (Upper Sand Unit - USU) possède des épaisseurs variables dans le Languedoc-Roussillon (Illustration 11). L'épaisseur moyenne sur la zone d'étude est de 3 m (Certain, 2003). L'étude de profils sismiques du LEGEM (2003) par Sogreah (2007) met en évidence la présence sous le revêtement sableux d'un niveau résistant constitué par l'induration *in situ* du sable sous l'effet de processus géochimiques. L'interface avec ce sable induré correspond à la limite de la zone considérée comme mobilisable par les agents de forçages. Les épaisseurs et volumes de sables mobilisables sont plus importants sur le littoral de l'Aude, zone de convergence de la dérive littorale que sur le littoral de l'Hérault et des Pyrénées Orientales.

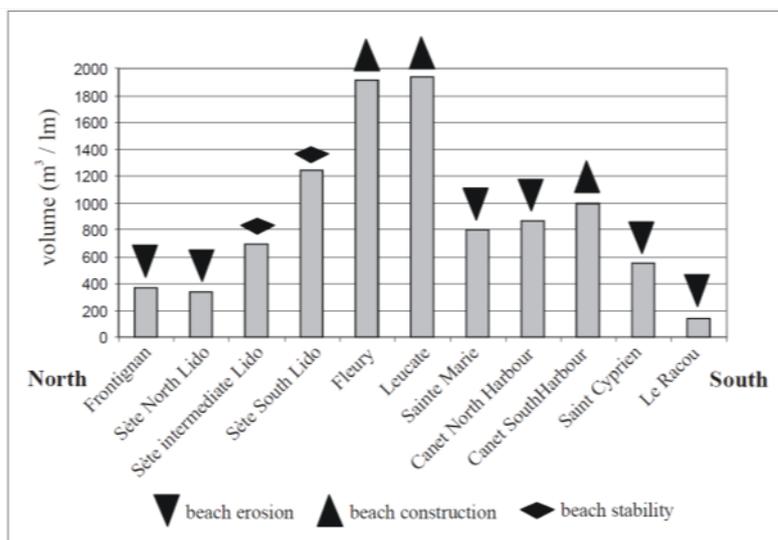


Illustration 11 : Volume de sable par mètre linéaire associé à l'USU avec des indications sur les tendances évolutives pour les secteurs prospectés (Certain, 2002)

- **Le glacis**

Le glacis est situé en arrière des barres où la pente vers le large devient plus uniforme et continue au-delà de l'avant-côte. Il correspond à une zone peu changeante jusqu'à une profondeur dite de fermeture des profils, au-delà de laquelle les modifications morphologiques sont considérées comme négligeables. Le glacis peut éventuellement comprendre une partie de la zone de déferlement des vagues. Quand c'est le cas des courants résultant de la houle peuvent agir sur le fond du glacis d'avant-côte et créer un transport vers la côte en condition de non tempête (Gervais, 2012).

2.2. LES FORÇAGES DYNAMIQUES

2.2.1. Régime climatique

a) Le vent

Il existe deux régimes dominants, la Tramontane de secteur nord-ouest à ouest et les vents marins de secteur sud-est à est. L'analyse statistique de Barneoud (2009) sur des données de Météo France d'avril 1995 à septembre 2002 du sémaphore de Leucate (Illustration 12) donne les résultats suivants :

- 55,5 % des observations correspondent au secteur nord-ouest dont 29,2 % avec une intensité supérieure à 8 m/s ;
- 17,6 % des observations correspondent au secteur sud-est à Est dont 6,3 % sont supérieures à 8 m/s.

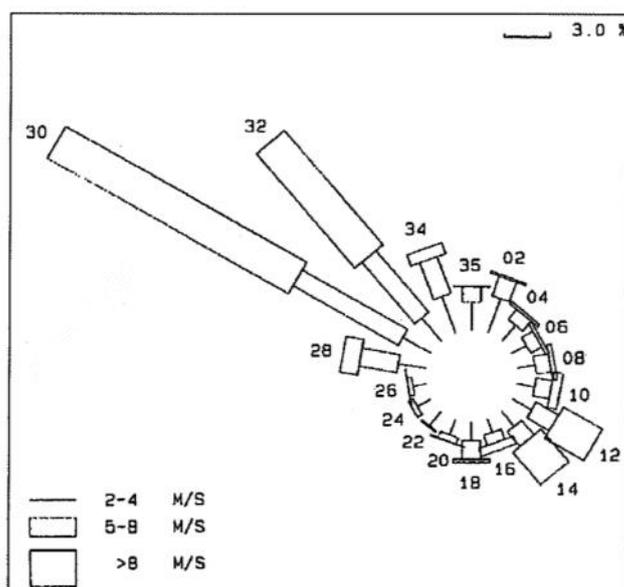


Illustration 12 : Rose des vents au sémaphore de Leucate 1995-2002 (Barneoud, 2009 d'après Météo France)

La répartition statistique des intensités de vent présentée dans l'illustration 13 montre que l'intensité du vent est 57,3% du temps comprise entre 2 et 8 m/s. Cependant les vents dans le Roussillon sont violents et irréguliers et peuvent atteindre pendant des événements de tempête des vitesses supérieures à 30 m/s (100 km/h) (Barneoud, 2009).

Intensité (m/s)	< 2	2 à 4	5 à 8	> 8
Répartition (%)	4,7	26,8	30,5	38

Illustration 13 : Répartition statistique des intensités des vents à Leucate pour la période 1995-2002 (Barneoud, 2009 d'après Météo France)

En termes de saisonnalité, les vents de Tramontane sont plus fréquents en automne et dans une moindre mesure en hiver, avec des intensités maximums au printemps (Sogreah, 2007). A l'inverse, les vents de mer sont plus fréquents en été et au printemps, avec des intensités maximums en automne.

b) Températures et précipitations

Le climat méditerranéen tempéré est caractérisé par un fort ensoleillement, des hivers doux et des étés chauds et secs. Dans le Languedoc-Roussillon, la proximité de la mer et des lagunes altère le climat méditerranéen donnant lieu à des précipitations parmi les plus faibles de France, mais pouvant augmenter très vite lors d'événements climatiques extrêmes (couramment 100 mm en quelques heures) (Barneoud, 2009). Les périodes présentant les précipitations les plus fortes sont la fin de l'automne, l'hiver et le début du printemps.

2.2.2. Régime hydrodynamique

a) Les niveaux marins

- **Élévation à long terme**

Il a été estimé par le GIEC (2013) que l'élévation du niveau moyen des mers de 1901 à 2010 s'élève à environ 0,19 m (0,17 à 0,21 m) (Illustration 14). Plus précisément la vitesse d'élévation du niveau de la mer entre 1993 et 2010 est estimée à 3,2 (2,8 à 3,6) mm.an⁻¹. Il est cependant important de noter que cette élévation n'est pas uniforme, que ce soit à l'échelle de la planète ou de celle de la Méditerranée.

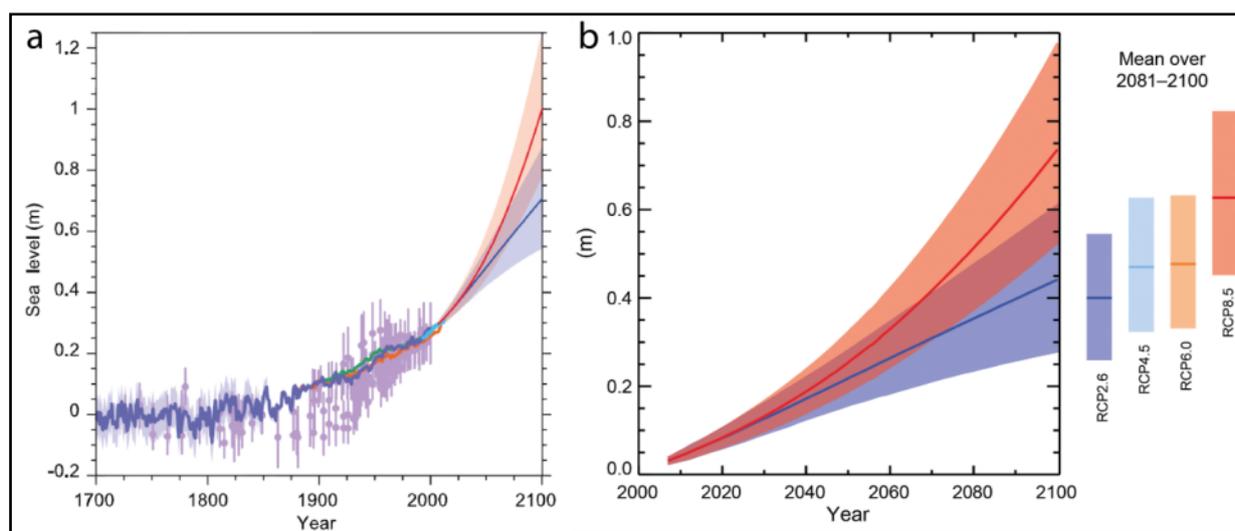


Illustration 14 : compilation de paléo-données de niveau marin, de marées, de données altimétriques et projections moyenne de l'augmentation globale du niveau marin pour différents scénarios (a) projections moyenne de l'augmentation globale du niveau marin pour différents scénarii (b) (GIEC, 2013)

Ullmann dans sa thèse en 2008 a formulé des hypothèses d'évolution du niveau marin brut et des surcotes. Son étude est basée sur les scénarii d'élévation du niveau marin du GIEC (2007). Dans son étude, le niveau marin brut inclut les variations liées aux forçages atmosphériques (surcotes et décotes), au forçage stérique³, aux ajustements tectoniques et isostatiques, aux apports sédimentaires et aux phénomènes de subsidence. A partir de cette définition il estime que le niveau hivernal moyen brut présente une variabilité interannuelle, qui se traduit à long terme par une vitesse d'élévation de 0,20 cm/an (plus ou moins 0,5 cm/an) sur la période de 1905 à 2005 dans le Golfe du Lion (Ullmann *et al.* 2007a).

³ Dilatation thermique des océans

Cependant, les scénarii du GIEC ont été revus à la hausse en 2013 du fait de la prise en compte de la fonte des glaces des pôles. L'illustration 15 présente l'écart entre les hypothèses d'élévation du niveau marin entre 2007 et 2013. Il est donc nécessaire de relativiser les résultats d'Ullmann présentés par la suite en fonction de cette évolution.

Etudes	Elévation (mm)			
	2000-2050		2000-2100	
	Optimiste	Pessimiste	Optimiste	Pessimiste
GIEC 2007	80	200	150	275
GIEC 2013	100	300	275	950

Illustration 15 : Comparaison des hypothèses d'élévation du niveau marin du GIEC 2007 et 2013

D'autre part, BCEOM a estimé en 2003 que la Méditerranée occidentale a vu son niveau augmenter de 5 mm entre 1993 et 2003. L'étude du projet MICORE (Balouin et al, 2009) à partir du marégraphe de Sète estime la remontée actuelle du niveau moyen des mers à environ 2.7 mm/an.

- **La marée**

Le Golfe du Lion possède un régime marégraphique microtidal semi-diurne à irrégularité diurne (SHOM, 2012). Ce type de régime donne lieu à un niveau de la mer relativement constant (Illustration 16), qui permet aux vagues d'attaquer le trait côte toujours au même niveau, amplifiant ainsi l'efficacité de l'érosion.

Ports	Banyuls
Niveau minimum (m)	+ 0.21 CM
Niveau maximum (m)	+0.58 CM
Marnage maximum (m)	0. 39

Illustration 16 : Valeurs extrêmes de marées astronomiques calculées à Banyuls (SHOM, 2012)

- **Les surcotes et les décotes**

Sous l'effet de décotes ou de surcotes, les niveaux marins observés sont presque systématiquement plus hauts ou plus bas que ceux attendus par la marée astronomique (Ullmann, 2008). Les surcotes et décotes peuvent avoir plusieurs origines dont les effets peuvent se cumuler augmentant ainsi l'amplitude des variations du niveau d'eau (Illustration 17). Les facteurs principaux de surcotes ou décotes sont les suivants (la référence altimétrique utilisée dans cette partie est le IGN69⁴) :

- la pression atmosphérique (une variation d'un hectopascal entraîne une variation d'un centimètre du niveau d'eau). Dans le Roussillon, la pression de référence est de 1020 hPa, la pression maximale de 1030 hPa soit une décote de 0,1 m et la pression minimale de 980 hPa soit une surcote de 0,40 m ;
- le régime des vents par poussée du plan d'eau. Les vents de terre peuvent entraîner une décote de 0,5 m et les vents de mer une surcote de 0,4 à 0,6 m ;

⁴ A banyuls, le zéro hydrographique situé à 0.538 m sous le zéro NGF. A Port Vendres à 0.391 m.

- entre la zone de déferlement et la côte, s'ajoute l'effet de set-up (surélévation du niveau moyen de la mer engendré par le déferlement des vagues). Il est fonction de la hauteur des vagues et donne lieu à des surcotes de 0,3 à 0,5 m lors des tempêtes.

Durant les tempêtes, ces phénomènes de surcote liés au vent et à la pression sont presque toujours coexistants, entraînant fréquemment des surcotes de 0,8 à 1,0 m. Cependant très localement et sous l'effet du jet de rive des vagues et des paquets de mer, le niveau peut atteindre les + 3,0 m (Sogreah, 2007).

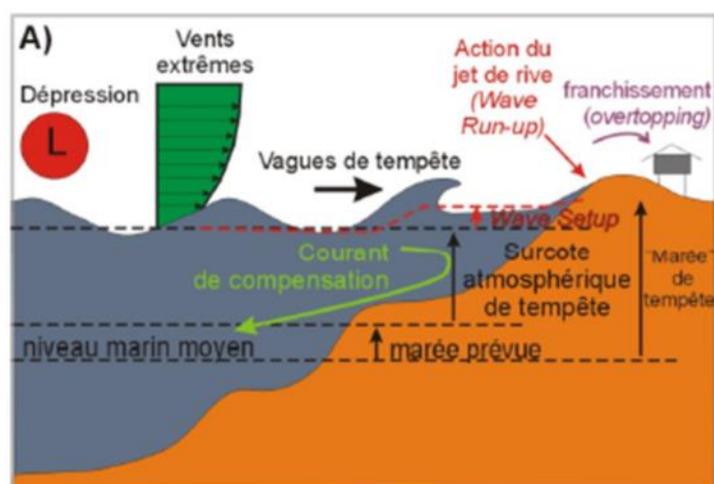


Illustration 17 : Impacts des tempêtes marines sur le niveau marin : phénomène de surcote et de setup (Gervais, 2012)

Dans le Golfe du Lion les surcotes sont considérées comme fortes quand l'augmentation du niveau d'eau dépasse les 20 cm et comme extrêmes quand celui-ci dépasse les 40 cm (Ulmann, 2008). Les surcotes dans ce golfe sont un phénomène quasiment exclusivement hivernal (80 % des surcotes supérieures à 20 cm pendant la période d'octobre à mars) dont la fréquence est bien plus forte en automne que sur le reste de la période hivernale. D'autre part la hauteur des surcotes augmente en fonction de la durée de l'événement, un seuil de saturation existe cependant lorsque sont atteints les 15 h (Illustration 18).

Durées des surcotes (h)	2 à 5	plus de 24	plus de 48
Fréquence (%)	50	20	< 10
Niveaux maximums observés à Port Vendres (cm)	40	62	65

Illustration 18 : Répartition des fortes surcotes hivernales et de leurs niveaux maximums à Port Vendres en fonction de leurs durées (Ulmann, 2008)

L'étude de l'évolution des surcotes au cours du 20^{ème} siècle de Ulmann a montré que la hauteur, la fréquence et la durée maximum des épisodes ont subi une légère augmentation. Les prévisions qu'il a réalisées pour le 21^{ème} siècle basées sur les projections du GIEC de 2007 ont fait ressortir les points suivants :

- la fréquence hivernale des niveaux marins considérés comme érosifs (> 40 cm) pourrait dépasser 20 % des jours sur une année pour les projections d'élévation du niveau marin les plus basses (jusqu'à 80 % pour d'autres projections),
- les niveaux marins décennaux (> 80 cm) deviendraient pluriannuels à la fin du 21^{ème} siècle pour les projections les plus basses,

- les niveaux centennaux (> 1 m) pourraient se produire plusieurs fois par hiver à la fin du 21^{ème} siècle (projection hautes),
- de manière générale dans le Languedoc-Roussillon, le niveau centennal statistique de submersion (sans effet de set-up) est estimé entre +1,5 m et +2,0 m (valeurs estimées par un retour d'observation sur les 20 dernières années) (Sogreah, 2007).

b) La houle

La houle dans le Golfe du Lion est engendrée par les vents de deux secteurs principaux (Akouago, 1997) :

- les houles formées par des vents d'origine continentale (Tramontane), qui se propagent vers le large du nord-ouest vers le sud-est et du nord vers le sud selon les secteurs et la direction des vents,
- les houles de vents d'origines marines, qui proviennent des secteurs est à sud-est.

Les houles du Golfe du Lion présentent des périodes courtes à moyenne (3 à 12 s). La période maximale moyenne de houle augmente du sud vers le nord. La direction houle au large change à l'approche de la côte suivant l'orientation de cette dernière (Illustration 19).

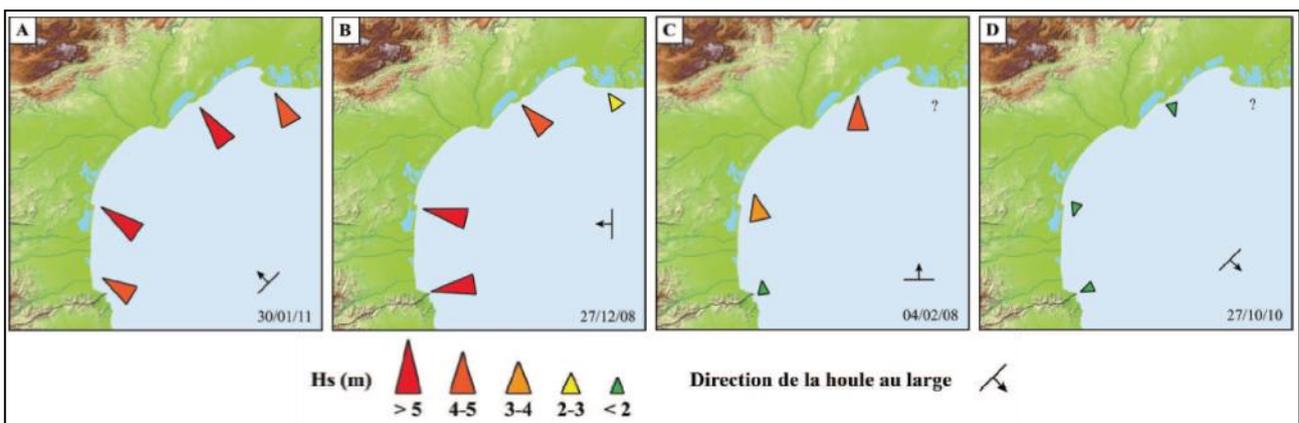


Illustration 19 : Hauteur significative et direction de la houle au niveau des houlographes du Languedoc-Roussillon lors de condition de vent marin générant (A) une tempête de Sud-Est, (B) un tempête d'Est, (C) une tempête de Sud et (D) lors de condition de vent de terre générant des petites houles à la côte (Aleman, 2013)

Dans le Roussillon, les houles issues de vents marins représentent en moyenne 80 % (observations à Port-Barcarès en 1983) (Durand, 1999). Les observations à Port-Barcarès en 1983 donnent des résultats identiques à ceux d'Akouago en 1997 pour le Golfe du Lion. D'autre part des phénomènes de réfraction se formant à l'approche du rivage, font pivoter la houle issue des vents de terres jusqu'à effectuer des changements de direction de 90° (Illustration 20).

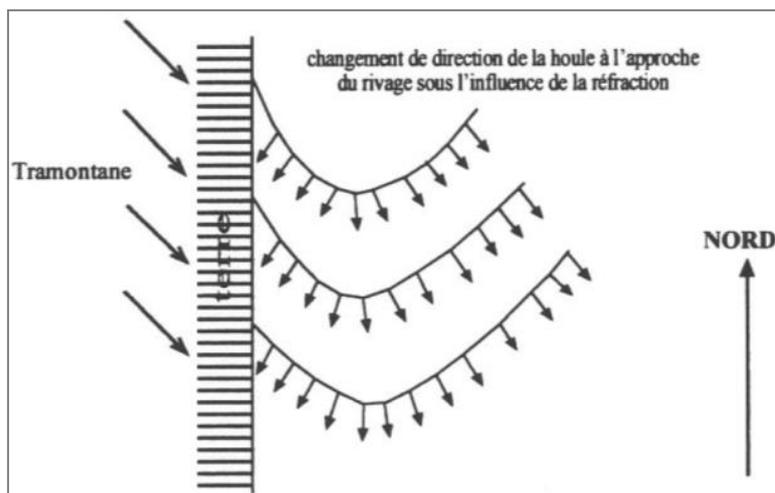


Illustration 20 : Les houles locales générées par la Tramontane dans le Roussillon (Durand, 1999 d'après LCHF, 1984)

La répartition de la direction des houles pour les bouées de Leucate (de décembre 2006 à décembre 2013) et de Banyuls (de décembre 2007 à décembre 2013) présenté sur l'illustration 21, permet de réaliser les mêmes observations pour la bouée de Leucate que Durand en 1999 à Port-Barcarès. Il existe en revanche quelques écarts avec les mesures de houle au niveau de la bouée de Banyuls où les vents de terre entraînent la formation de houles d'origine nord et les vents de mer d'origine est-sud-est.

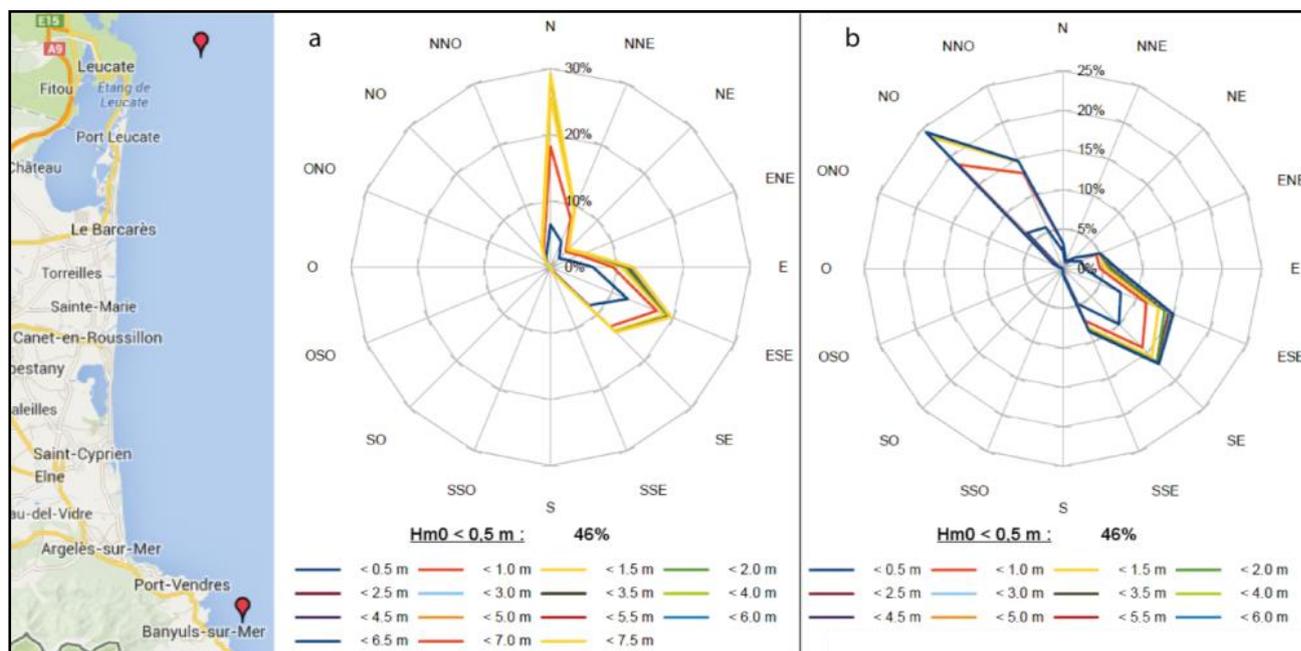


Illustration 21 : Répartition des Hm0 en fonction des directions de provenance des vagues pour les stations de Banyuls-sur-Mer (a) et Leucate (b) (données de houle : CANDHIS⁵ ; données cartographiques : ©2014 Google)

⁵ <http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>

La tendance générale montre des houles par vents de terre moins agressives que par vents de mer. En effet, pour une vitesse de vent et une durée de temps égales, l'énergie libérée par les houles générées par les vents marins est deux fois supérieure (Barusseau *et al*, 1991). La Tramontane peut induire des amplitudes de houle importantes lors d'épisodes venteux prolongés. Cependant, du fait de sa direction, le vent freine la propagation de la houle vers le rivage et abaisse le niveau d'eau (Durand, 1999). En conséquence, bien que les vents de terre soient mieux représentés, l'impact morphologique de leurs houles est très limité en comparaison de celui des houles d'origine marine.

c) Les courants

- **Courants « océaniques »**

Le courant nord méditerranéen ou Liguro-Provençal correspond à la partie nord de la circulation cyclonique de la Méditerranée, amorcée au sud par l'entrée des eaux atlantiques (Rainaud, 2011). Il se forme par la convergence des courants est et ouest Corse, puis longe le talus continental jusqu'à la mer Catalane (Illustration 22). Cependant, le régime de vent local intense peut entraîner la création d'intrusions du courant à l'intérieur du Golfe du Lion (Gatti, 2008). Les caractéristiques du courant nord méditerranéen varient suivant les saisons. En effet le courant est plus étendu, plus proche de la surface et présente des vitesses plus faibles pendant la saison estivale (Illustration 23). Les courants de dérive anticycloniques et cycloniques dans le Golfe du Lion sont pour la plupart temporaires et dépendent des conditions météorologiques (Illustration 24).

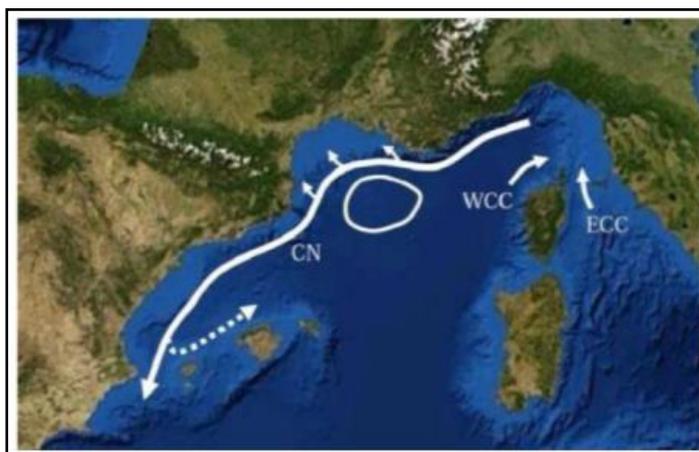


Illustration 22 : Courant Nord Méditerranéen et Courants Ouest et Est Corse (Gatti, 2008)

Saisons	Largeur (km)	Profondeur (m)	Vitesses maximales (cm/s)
Eté	35 à 50	moins de 250	30 à 50
Hiver	20 à 30	250 à 500	60 à 80

Illustration 23 : Caractéristiques du Courant Nord Méditerranéen en fonction des saisons (Rainaud, 2011)

La vitesse des courants généraux et des courants de marée est très faible dans le Golfe du Lion (quelques cm/s) et n'a pratiquement pas d'incidence sur le régime hydrosédimentaire. Les courants générés par le vent peuvent atteindre 1 à 1,5% de la vitesse moyenne du vent établi, ce qui est également insuffisant pour produire des mouvements sédimentaires (Sogreah, 2007).

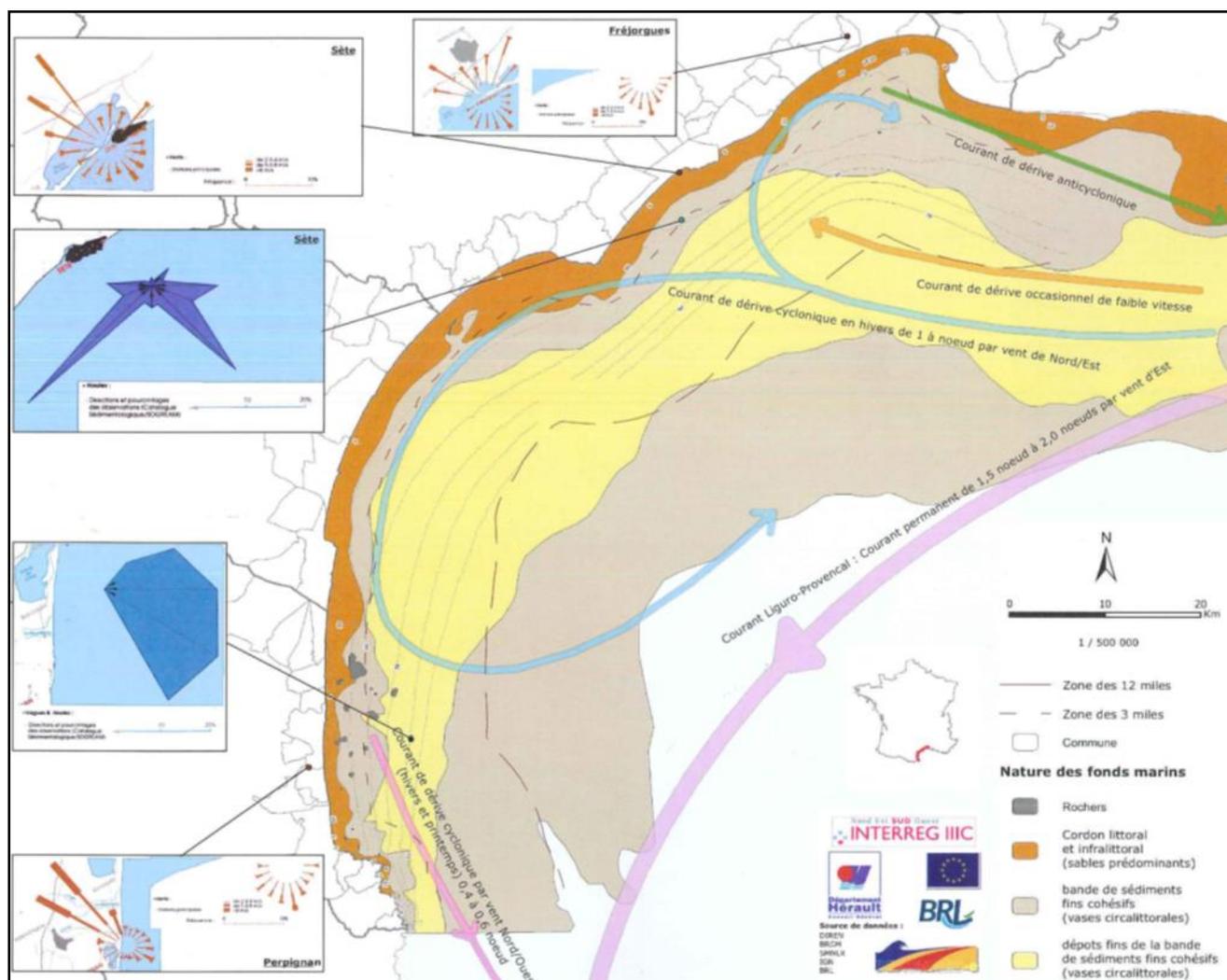


Illustration 24 : Courants cycloniques et anticycloniques du Golfe du Lion (Conseil Général 34, 2008)

• Courants induits par la houle

En conséquence, les seuls courants ayant un rôle notable dans la dynamique sédimentaire littorale sont ceux générés par la houle, soit d'après Sogreah (2007) :

- le courant littoral ou de dérive littorale est généré par l'arrivée oblique de la houle sur le rivage et s'établit dans la zone de déferlement de la houle. Ce courant est associé au jet de rive et est à l'origine du transit littoral des sédiments (parallèle au littoral). D'autre part, les plus fortes vagues peuvent également déferler sur les barres sableuses sous-marines et instaurer un transport sédimentaire dans ces zones. La dérive littorale présente toujours deux composantes, la résultante correspond au mouvement résiduel de celles-ci. De manière générale la répartition du transit sédimentaire dépend de la morphologie des petits fonds ;
- les courants de retour, orientés perpendiculairement au littoral, compensent les apports d'eau à la côte du fait du déferlement des vagues. Ils sont capables d'entraîner les sédiments

suffisamment loin de la côte pour que ceux-ci ne soient plus mobilisables par la houle (Durand, 1999).

La dérive littorale résiduelle dans le Roussillon est orientée du Sud vers le Nord à l'exception du littoral d'Argelès où la résultante est orientée du Nord vers le Sud (Illustration 25).

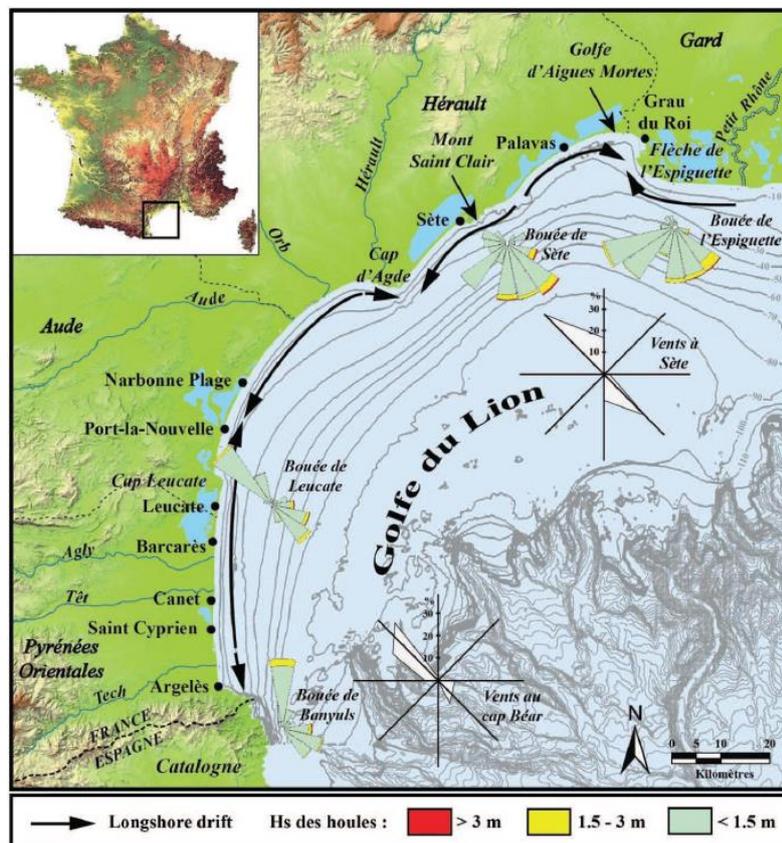


Illustration 25 : Carte de synthèse de la dérive littorale dans le Golfe du Lion (Aleman, 2013)

2.2.3. Régime hydrologique continental

a) Réseau hydrographique

Les fleuves du Roussillon présentent un régime d'écoulement très contrasté et caractérisé par des périodes d'étiage importantes et des crues pouvant être dévastatrices (Parde, 1941).

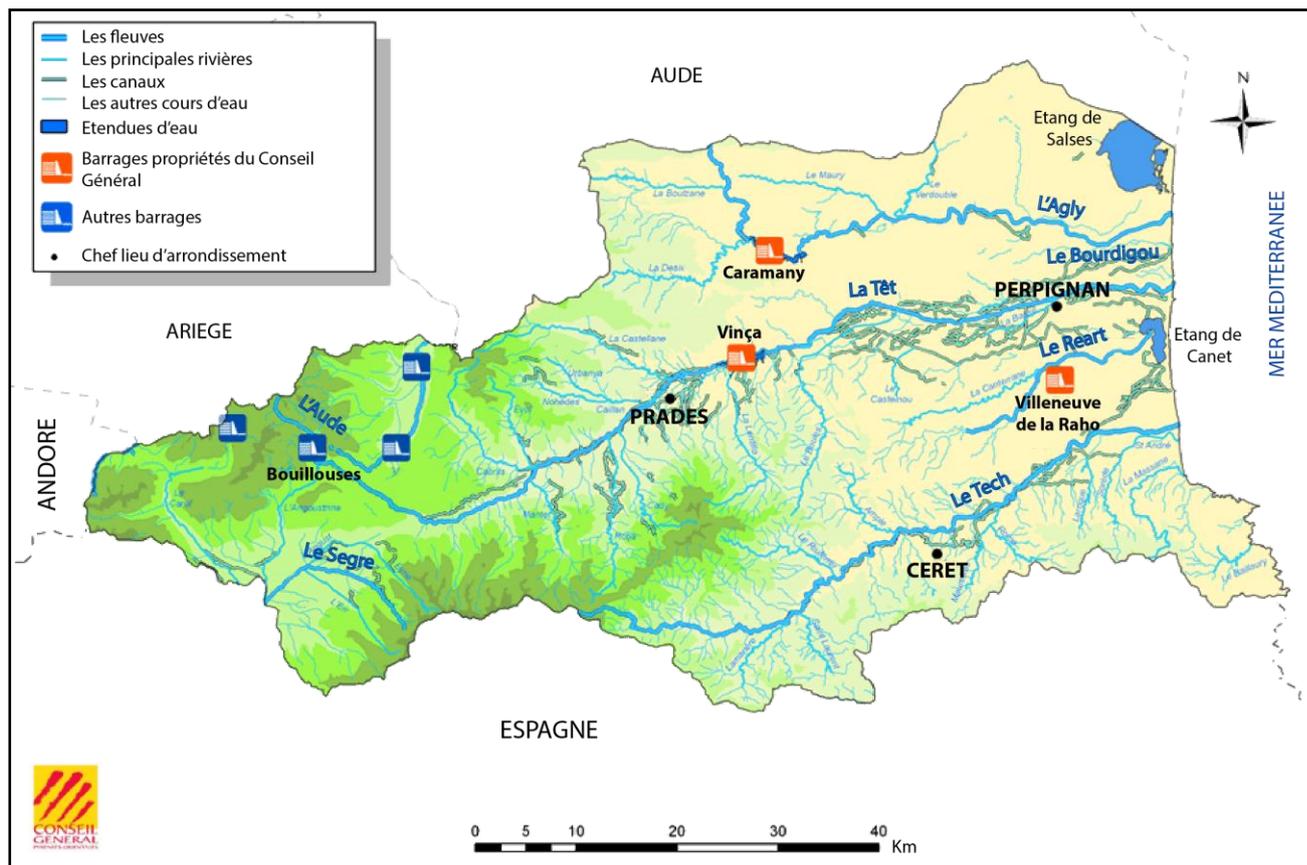


Illustration 26 : Réseau hydrographique et barrages des Pyrénées-Orientales (<http://www.cg66.fr/573-les-barrages.htm>)

Les deux fleuves principaux du Roussillon dont les embouchures sont situées directement sur le territoire du PMCA sont la Têt et l'Agly (Illustration 26). Au sud est présent le Tech qui participe également aux apports sédimentaires du littoral étudié. Le Bourdigou et le Réart sont deux cours d'eau de moindres importances également présents sur le territoire de PMCA. Les débits moyens annuels et les débits solides des petits fleuves côtiers du Roussillon peuvent varier énormément. Comme exemple il est possible de citer le débit de la Têt qui entre 1980-1999, a présenté des variabilités de facteur 300 (Monaco, *et al.*, 2009).

D'après Durand (1999) les régimes des principaux fleuves du Roussillon sont les suivants :

- la Têt et le Tech : régime nivo-pluvial méditerranéen, caractérisé par un étiage estival très prononcé et deux maxima, un au printemps avec la fonte des neiges et un second à l'automne lié aux précipitations,
- l'Agly : régime pluvio-nival méditerranéen caractérisé par un étiage estival et une période de hautes eaux s'étendant de l'automne au milieu du printemps.

Le caractère torrentiel des fleuves du Roussillon dépend de différents facteurs comme les fortes pentes des bassins versants, les pluviométries pouvant être très importantes sur de courtes périodes et la faible distance entre les débouchés dans la plaine roussillonnaise et l'embouchure (Illustration 27) (Durand, 1999).

Suite aux actions anthropiques et notamment à l'installation de grands barrages le débit des fleuves du Roussillon a considérablement diminué. En 2010, Brunel estime que le débit fluvial maximum de ces fleuves a été divisé par 20 du fait de ces actions.

Fleuves		Tech	Têt	Agly	Bourdigou (2)
Nature des terrains du bassin-versant (avant le débouché dans la plaine littorale)		roches cristallines et métamorphiques		roches cristallines et métamorphiques en faible proportion, calcaires et marnes	-
Superficie du bassin-versant (km ²)		726	1300	1040	90
Longueur (km)		82	114	80	20
Altitude de la source (m)		2400	2450	1230	-
Pente moyenne entre la source et l'embouchure (pour mille)		30	17	8,8	-
Débits	Débit moyen (m ³ /s)	9	13	7,2	-
	Débit maximal au cours du XX ^{ème} siècle en m ³ /s (1) (débits observés pendant la crue d'octobre 1940)	2800	3600	2000	-
	Débit d'étiage en m ³ /s (1)	0,97	1,5	0,17	-

Illustration 27 : Synthèse des caractéristiques des fleuves du Roussillon (Certain (2002), Durand (1999) et Agence de l'eau et Université de Perpignan (2000) d'après les données de la DDAF des Pyrénées-Orientales et de la DIREN du Languedoc-Roussillon ; (1) valeurs de la station de jaugeage la plus en aval pour chaque cours d'eau ; (2) Sogreah (2007))

b) Les crues

Le Golfe du Lion est affecté par deux types de crues :

- les crues de type cévenol (crue-éclair ou flash-flood) qui affectent des zones restreintes. Les impacts sont directs et rapides sur l'hydrologie de la zone côtière en raison d'apports en eaux douces et en éléments solides, de plus les effets sont dévastateurs ;
- les crues de type généralisé ou méditerranéen étendu pendant lesquelles tous les fleuves côtiers (du Tech jusqu'au Vidourle) sont simultanément affectés par des crues.

Les fleuves côtiers du Roussillon bien que possédant un comportement torrentiel similaire, ne présentent pas les mêmes niveaux de débits instantanés par rapport aux périodes de retours de crue. Entre les trois fleuves principaux du Roussillon, c'est le Tech qui possède en moyenne les débits les plus forts en période de crue (Illustration 28).

Fleuves	Période de mesure	Station de référence	Débits instantanés en m ³ /s, période de retour T en années				
			T2	T5	T10	T20	T50
Tech	1976-2007	Elne	550	940	1200	1500	1800
Têt	1970-2007	Perpignan	310	560	720	880	1100
Agly	1967-2004	Estagel	400	710	920	1100	1400

Illustration 28 : Période de retour des crues des fleuves du Roussillon et débits instantanés associés (Bourrin, 2007 d'après les données de la banque Hydro)

Comme abordé en 2.3.3., la construction des grands barrages du Roussillon a eu un effet considérable sur l'importance des phénomènes de crue en réduisant de manière drastique les débits pouvant être mobilisés. Cet état de fait est parfaitement illustré par l'illustration 29, qui

montre que les débits maximaux annuels de la Têt à Perpignan ont été divisés environ par dix à partir de l'installation du barrage de Vinça (Bourrin, 2007).

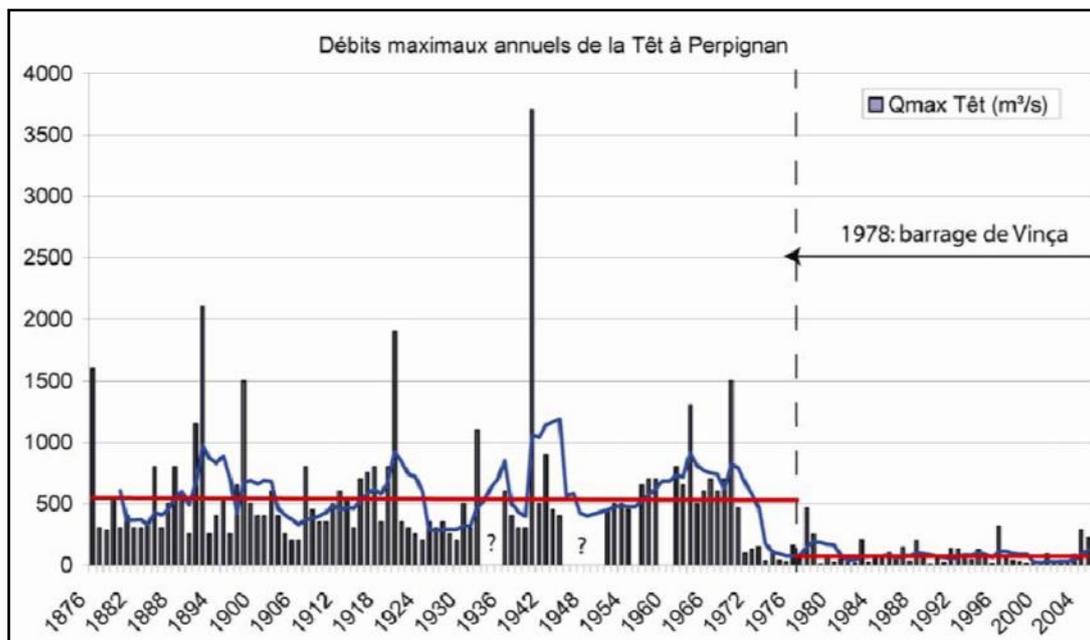


Illustration 29 : Débits maximaux annuels de la Têt à Perpignan. D'après Delorme (1980), pour les données de 1876 à 1970 et données issues de la banque Hydro de 1970 à 2004. Deux plateaux (droites rouges) sont identifiés correspondant à la moyenne des débits maximaux avant et après la construction du barrage de Vinça (Bourrin, 2007).

Le crue d'octobre 1940 a duré cinq jours (du 16 au 20) et correspond à un événement exceptionnel (période de retours estimé pour le Tech et la Têt de 250 ans (Benech, 1995)). Les apports de matériaux en Méditerranée ont été considérables (Illustration 30) (Parde, 1941). De ce fait, la crue de 1940 a joué un rôle majeur pour l'évolution du littoral roussillonnais dans les années qui ont suivi (et sur du plus long-terme) en fournissant un stock très important de matériel repris progressivement par la dérive littorale (Durand, 1999).

c) Apports sédimentaires et barrages

La zone alimentée par les fleuves du Roussillon en matériel sédimentaire est comprise entre le littoral des Albères au sud, et le secteur du Narbonnais au nord (Aloïsi et Charlet, 1975). De manière générale, les fleuves transportent deux types d'apport :

- la charge en suspension (Matières En Suspension - MES), qui correspond à la fraction silto-argileuse et n'a pas d'intérêt pour les plages ;
- la charge de fond constituée de galets, graviers et sables. C'est elle qui alimente les plages en matériel sédimentaire.

Le caractère torrentiel de fleuves comme la Têt ou le Tech est capable de déplacer jusqu'à la mer de grandes quantités de matériaux sur des périodes très courtes, le meilleur exemple étant les millions de tonnes de sédiments apportés sur le littoral par la crue de 1940 (Illustration 30). L'apport des fleuves au littoral dépend également de la nature des sédiments transportés. La Têt et le Tech qui charrient du matériel essentiellement magmatique et métamorphique permettent de produire des quantités de sable importantes. A l'inverse, l'Agly dont le matériel est d'origine essentiellement sédimentaire carbonatée (calcaires et marnes), est peu producteur

en sables (Illustration 27). Le Réart et le Bourdigou n'ont pratiquement aucun rôle dans la dynamique sédimentaire côtière, le premier du fait qu'il se jette dans l'étang de Canet et le second en raison de la faible étendue de son bassin versant.

D'après Durand (1999), la réduction contemporaine observée de la charge de fond et donc des apports solides à la côte est d'origine anthropique. Les principaux facteurs à l'origine de cette réduction sont : la mise en place de barrages sur la totalité des fleuves du Roussillon (Illustration 26 et Illustration 31), l'extraction de granulats dans le lit des fleuves qui a eu lieu entre 1950 et 1992 (date de l'interdiction complète) (Sogreah, 2007), le recalibrage des lits des fleuves et le reboisement des bassins versants.

Fleuves		Tech	Têt	Bourdigou	Agly
Charge solide (1)	Débit solide (m ³ /an)	1000-18000	18500-34000	1000-5200	
	Apports solides au rivage (m ³ /an)		0 à 7 300	7 300	
	Charge solide Crue de 1940 (fraction grossière en millions de Tonnes) (2)	10 à 15	5 à 7	3 à 5	
Volumes disponibles estimés au niveau des débouchés (m ³) (3)		10 000	10 000	120 000	20 000
Estimation des extractions de matériaux (non exhaustif) (4)	Volumes extraits (m ³ /an)	> 75 000	35 000 à 50 000		
	Périodes	Début des années 1950 à la fin des années 1980			
	Localisation	Entre Céret et Elne	Entre l'Isle-sur-Têt et la mer		

Illustration 30 : Synthèse des données sur les apports sédimentaires des fleuves ((1) DDAF des Pyrénées-Orientales, BCEOM, Koulinsky (1998) ; (2) Parde (1941) ; (3) Safege (2010) ; (4) Durand (1999) d'après les données de la DRIRE des Pyrénées-Orientales)

Barrage	Caramany	Bouillouses	Vinça	Villeneuve de la Raho
Fleuve	Agly	Têt	Têt	Réart
Type	-	barrage hydro-électrique	barrage réservoir écreteur de crue	-
Début de la construction	23/12/1988	1903	-	années 70
Date de la première mise en eau	Novembre 1994	1910	1976	1977
Capacité de retenue (millions de m ³)	30	19	25	18
Phase de remplissage	1 ^{er} juin - 30 juin	-	1 ^{er} janvier - 30 juin	-
Phase de déstockage	1 ^{er} juillet - 30 septembre	-	1 ^{er} juillet - 30 septembre	-
Période à vide	1 ^{er} octobre - 31 mars	-	1 ^{er} octobre - 31 mars	-
Charge solide annuelle (fraction grossière) (1)	41500 T/an (41.5 km de la mer)	-	55500 T/an (42 km de la mer)	

Illustration 31 : Synthèse des caractéristiques des barrages (Wikipedia, <http://www.cg66.fr>, <http://pyreneescatalanes.free.fr>, <http://www.colinmaire.net> et (1) Agence de l'eau et Université de Perpignan (2000))

2.2.4. Les événements extrêmes

a) Les tempêtes marines

Une tempête correspond à une violente perturbation atmosphérique. Dans le cas d'une tempête marine, la définition la plus couramment utilisée est celle d'un événement pour lequel la hauteur des vagues dépasse un seuil déterminé en fonction des caractéristiques locales durant un intervalle de temps assez long (Mendoza, 2008).

En Languedoc-Roussillon, la grande majorité des événements de tempêtes se déroulent lors de la période hivernale (Illustration 32). Cependant, la saison estivale (de mai à septembre) qui correspond généralement à une phase de rémission peut également présenter, plusieurs fois par décennies, des événements tempétueux, le plus souvent de grande violence. Il est possible de différencier plusieurs types de tempête dans le Golfe du Lion (Balouin *et al.*, 2011) (Illustration 33) :

- les tempêtes de sud-sud-est qui sont parmi les plus fortes et les plus destructrices ;
- les tempêtes d'est qui affectent particulièrement la partie sud du Golfe du Lion dont le littoral est globalement orienté nord-sud (littoral de l'Aude et des Pyrénées orientales) ;
- les tempêtes liées à des épisodes cévenols, caractérisées par des pluies intenses et durables. Ces tempêtes sont généralement de faibles intensités mais ont des impacts amplifiés par les précipitations (phénomènes de bouchons marins).

De manière générale les tempêtes les plus importantes dans le Golfe du Lion sont d'origine est à sud-est (Gervais, 2012).

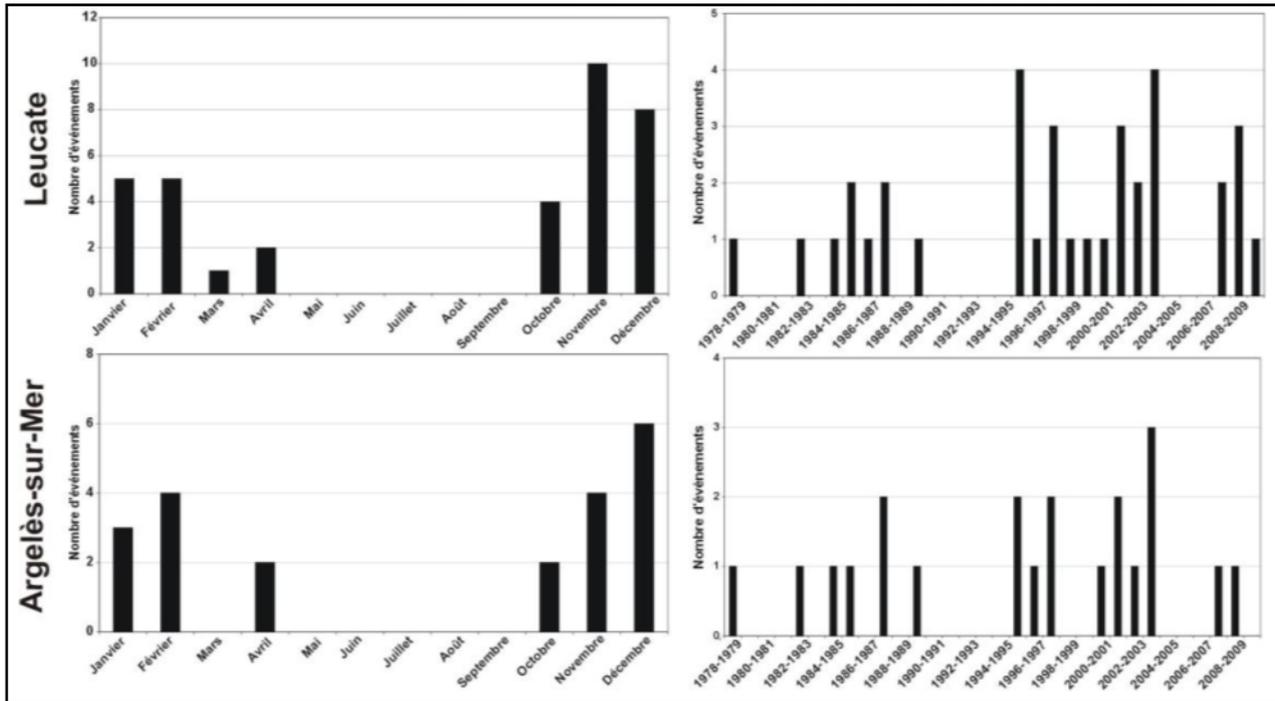


Illustration 32 : Saisonnalité des tempêtes majeures à Leucate et Argelès-sur-Mer et nombre d'événements par hiver depuis 1979 (échantillon de 46 événements majeurs) (Balouin et al, 2011)

	Vents	Houle	Exemples	Caractéristiques
Tempêtes de Sud-Sud-Est	Sud-Est	Sud-Est	Novembre 1982 Décembre 1997	Dépression centrée sur le Golfe de Gascogne couplée à un anticyclone en Europe Centrale
Tempêtes d'Est	Nord-Est	Est	Décembre 2008	Système dépressionnaire sur les Baléares Vaste anticyclone sur la Sibérie
	Est à Sud-Est	Est	Novembre 1999	Dépression sur les Baléares couplées à un anticyclone sur l'Irlande
Tempêtes liées à des épisodes cévenoles	Sud à Sud-Est	Sud à Sud-Est	Décembre 2003 Octobre 2009	Dépression centrée sur l'Atlantique Flux de Sud accompagné de fortes pluies

Illustration 33 : Tableau récapitulatif des différents types de tempêtes marines rencontrés dans le Golfe du Lion (Balouin et al., 2011)

L'analyse des tempêtes depuis 1979, met en évidence une exposition aux tempêtes différenciée pour les secteurs du Golfe du Lion, avec notamment une diminution du nombre d'événements du Nord vers le Sud. En revanche, la répartition des classes de vagues est similaire (hauteurs significatives rarement supérieures à 5 m et plus fréquemment supérieures à 4 m). Le nombre d'événements de tempête par hiver est très variable et il n'est pas possible de tirer des tendances fiables sur la base de cet échantillon statistique (Illustration 32).

D'après Gervais (2012), les secteurs sud du Golfe du Lion sont ceux qui subissent le moins souvent les tempêtes et reçoivent le moins d'énergie par la houle marine, cette tendance pouvant s'expliquer par la protection du Cap Béar. De plus, les sites du Roussillon présentent

une obliquité de la houle plus importante ce qui intensifie le phénomène de dérive littorale. De manière générale, les tempêtes majeures ont une incidence très faibles sur ces secteurs en raison du caractère bimodal de la houle (alternance d'événements est et sud).

Les tempêtes à Leucate et Argelès-sur-Mer sont le plus souvent caractérisées par des périodes de houle de l'ordre de 10 s, associées à des hauteurs de vagues de 2,5 m à 7 m et des directions de houle pour Leucate comprises entre N100 et N110 pour l'ensemble des événements (Illustration 34 et Illustration 35). En descendant vers Argelès-sur-Mer cette direction évolue légèrement et 90 % des observations sont comprises entre N85 et N90.

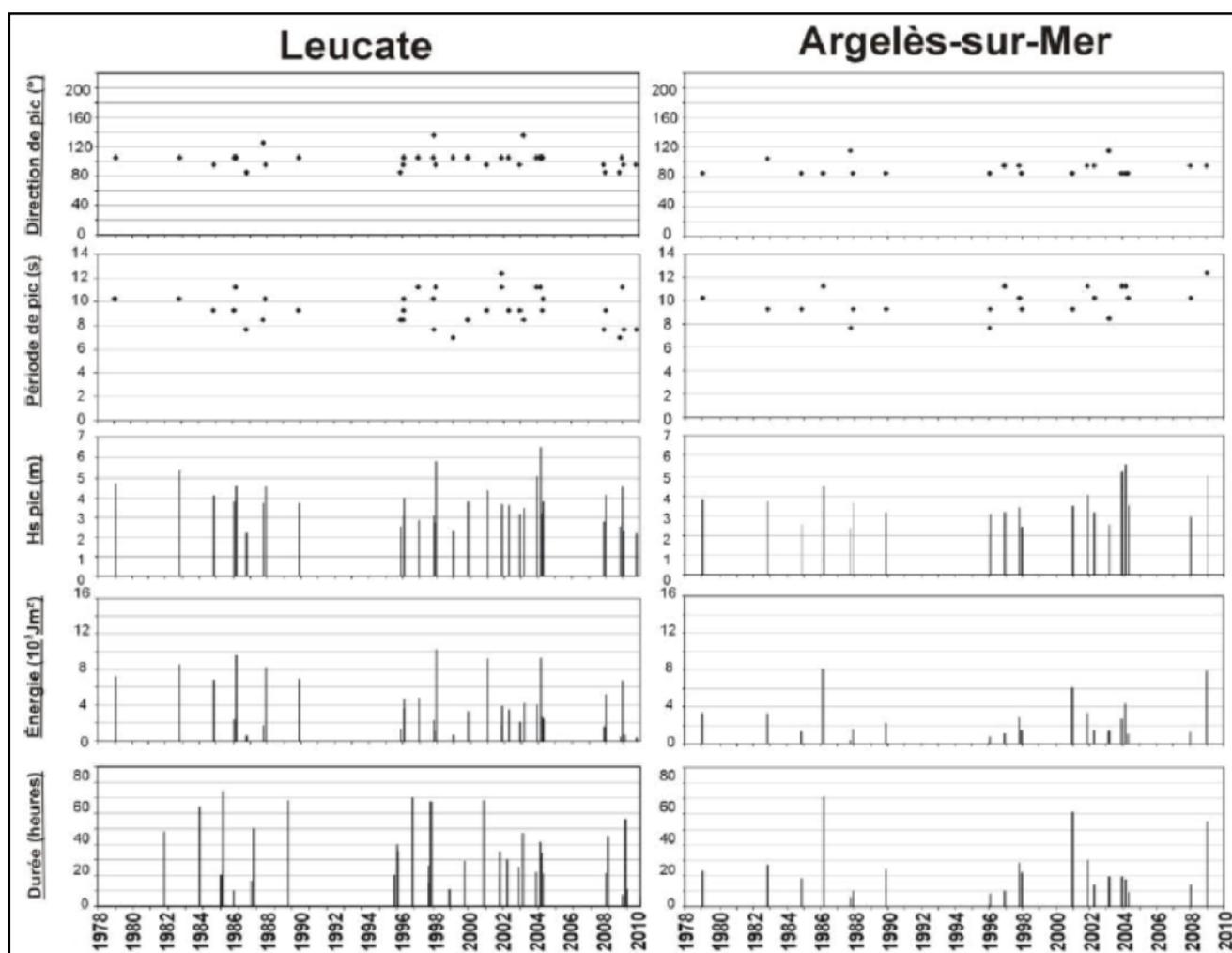


Illustration 34 : Caractéristiques hydrodynamique des tempêtes au niveau de Leucate et d'Argelès-sur-Mer (Balouin, De La Torre et Tirard, 2011)

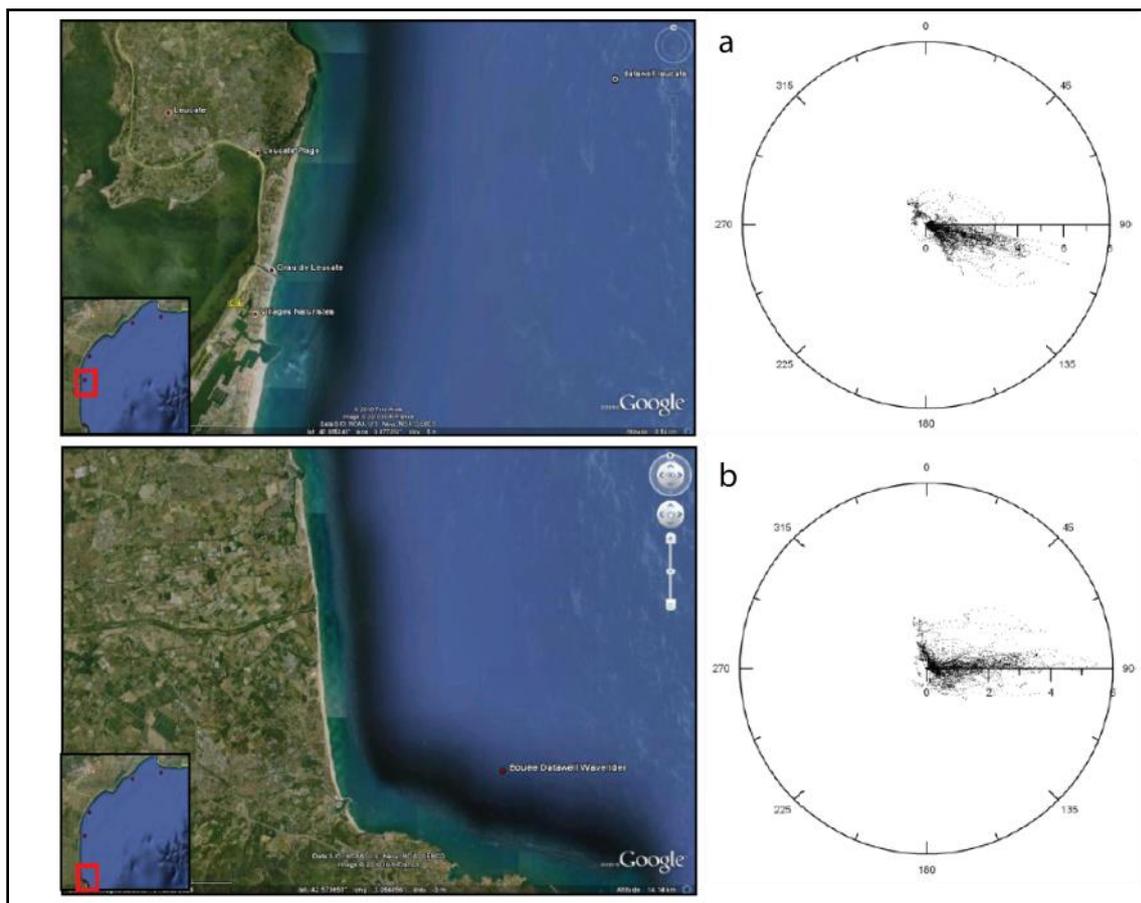


Illustration 35 : Représentation des directions moyennes des houles de tempêtes pour la bouée de Leucate (a) et de Banyuls (b) (Balouin et al., 2011)

D'après Sallenger (2000), les régimes d'impacts des tempêtes diffèrent en fonction de la hauteur maximale atteinte par le niveau d'eau lors de celles-ci (Illustration 36) :

- le régime de swash (jet de rive) correspond à de faibles tempêtes où le niveau d'eau reste inférieur au pied de dune. Il est caractérisé par une faible érosion de la plage avec retours des sédiments pendant les mois suivants la tempête ;
- le régime de collision présente un niveau d'eau compris entre le haut de la dune et le pied de dune. Il entraîne une érosion de la dune et un éventuel retrait du trait de côte, il a également tendance à favoriser l'apparition de brèches et ainsi, d'augmenter l'influence des impacts liés aux tempêtes ;
- le régime de submersion est caractérisé par un transport de sables vers l'intérieur des terres, il distingue deux types de submersions. Premièrement, le régime d'overwash (submersion temporaire) pour lequel l'ensemble du cordon dunaire est submergé momentanément, ce qui donne lieu à un phénomène de « roll-over » entraînant une migration globale de la dune. Deuxièmement, le régime d'Inondation (submersion permanente), où l'ensemble du cordon littoral et des terrains en arrière sont inondés pendant l'intégralité de la tempête. Ce régime a aussi des impacts sur les barres sédimentaires d'avant-côte, par exemple la barre externe peut migrer vers le large, voir disparaître complètement (Certain, 2002).

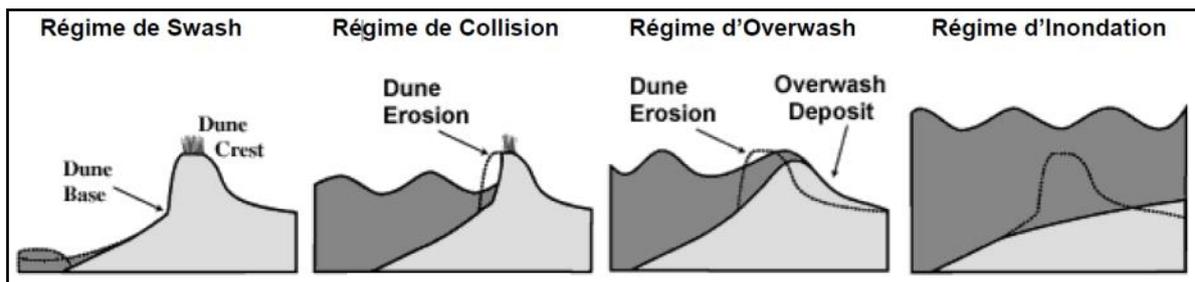


Illustration 36 : Caractéristiques morphodynamiques des impacts liés aux tempêtes (Sallenger, 2000)

Il est également possible dans le cas des tempêtes marines du Golfe du Lion, de définir des seuils morphogènes et des seuils d'impacts en fonction du critère de hauteur de vague. Ces seuils ont été utilisés par Balouin et al. 2011 pour créer 5 classes de tempêtes qui ont ensuite été regroupées en trois classes utilisées dans le cadre du Réseau Tempête⁶.

Classe de tempête	Impacts observés	Photographies
Classe I - Tempête faible 2 < Hs < 2,8	Peu ou pas d'impacts observés Légère érosion de la plage	
Classe II - Tempête modérée 2,8 < Hs < 3,5	Aucun impact recensé sur la zone d'étude	
Classe III - Tempête significative 3,5 < Hs < 4,3	Submersions observées Laissez de mer Bateaux coulés et échoués Légers dommages aux infrastructures	
Classe IV - Tempête sévère 4,3 < Hs < 5	Faible érosion du cordon dunaire Submersions Ensablement du front de mer Dommages aux infrastructures et ouvrages de protection marines : Basculement de postes de secours, ganivelles arrachées	
Classe V - Tempête extrême Hs > 5	Erosion générale du cordon dunaire Ouverture de graus Submersions et inondations des voiries et habitations Ensablement du front de mer et des habitations Dommages importants aux infrastructures: Destructions, effondrements de talus, affouillement des quais... Dommages importants aux ouvrages de protection marine: Destructions de brise-lames	

Sources Photographies: SMNLR, DRE, Mairies

Illustration 37 : Impacts observés sur le littoral du Roussillon en fonction de l'intensité des tempêtes (d'après Balouin et al., 2011)

⁶ Projet réalisé dans le cadre du Contrat de projet Etat/Région (CPER)

Entre 1979 et 2014 cinq événements exceptionnels de tempête ont eu lieu (Hs supérieur à 5 m) et de 2010 à 2013 au moins un événement de seuil 2 (Hs supérieur à 4 m) a été recensé chaque année (Illustration 38).

Dates	Leucate	Argelès	Dates	Leucate	Banyuls
18 au 20/01/1979	2	1	20 au 21/10/ 2009	1	0
06 au 11/11/1982	3	1	14/01/2010	2	1
08 au 09/11/1984	2	1	16 au 17/02/2010	-	1
30 au 31/01/1986	1	2	03/03/2010	-	1
26 au 28/02/1986	2	2	08/03/2010	-	1
10/10/1987	1	0	10 au 11/10/2010	2	-
03 au 05/12/1987	2	1	29/01/2011	1	1
16 au 20/11/1989	1	1	08/03/2011	1	1
21 au 23/01/1996	1	-	12 au 15/03/2011	2	2
28/01/1996	1	-	23/04/2011	1	1
03 au 04/02/1996	1	1	24 au 28/10/2011	2	1
08 au 14/12/1996	0	1	03/11/2011	1	0
28 au 30/10/1997	1	1	21 au 22/11/2011	0	1
16 au 18/12/1997	3	2	18 au 19/11/2012	1	1
12 au 13/11/1999	1	0	31/10/2012	2	1
21 au 23/12/2000	2	1	01/03/2013	0	1
10 au 11/11/2001	1	1	5 au 6/03/2013	3	2
15 au 17/11/2001	1	2	24 au 25/12/2013	0	0
11/04/2002	1	1	0 : Hs <3 1 : Hs [3;4[2 : Hs [4;5[3 : Hs > 5 - : pas de données		
10 au 12/12/2002	1	0			
25 au 27/02/2003	1	0			
28/02/2003	1	-			
01 au 05/12/2003	3	3			
20/02/2004	3	3			
29/03/2004	1	0			
15 au 17/04/2004	1	1			
02 au 04/01/2008	2	1			
26 au 27/12/2008	2	3			

Illustration 38 : Inventaire des tempêtes de 1979 à 2014 (de 1979 à 2008 données issues de Balouin et al., 2011 et de 2009 à 2014 de CANDHIS)

b) Concomitance avec les crues

Le concomitance des crues et des tempêtes est un phénomène qui permet à des événements de submersion marine et de crue d'ampleur limitée d'avoir des conséquences beaucoup plus importantes et d'entraîner de nombreux dégâts (Illustration 39) (Fay, 2013). La masse d'eau fluviale est piégée dans la zone d'embouchure par l'action des vagues et l'élévation du niveau marin (surcote). Cela entraîne, localement dans la zone d'embouchure, des niveaux d'eau extrêmes générant une inondation parfois bien supérieure à celle que pourraient produire les deux événements séparément.

L'analyse statistique réalisée par Fay en 2013 à partir de la méthode JOIN SEA⁷ dans le cadre du projet NivCote du BRGM, a montré une fréquence de concomitance des événements sur le Tech de 40 % pour une période d'environ 18 ans.

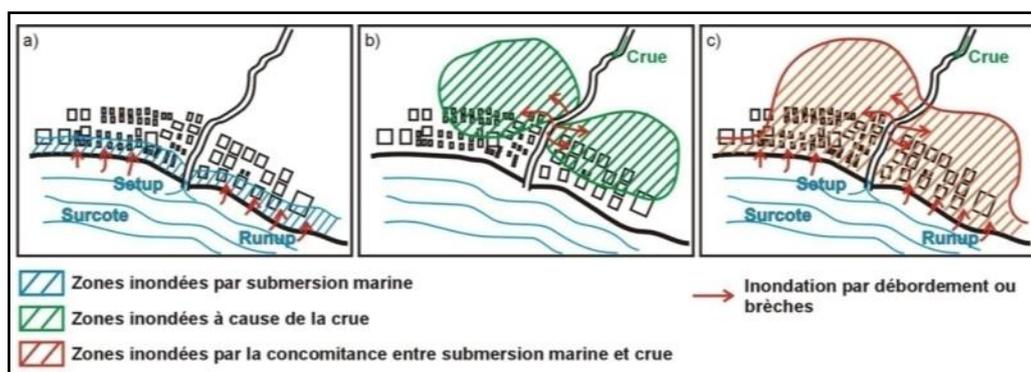


Illustration 39 : Présentation théorique de l'étendue d'une inondation en cas de submersion marine (a), de crue (b) et de concomitance entre les deux (c) (Fay, 2013)

2.3. CADRE ANTHROPIQUE

2.3.1. Historique de l'aménagement littoral

Avant 1950, le Languedoc-Roussillon se présentait sous la forme d'un littoral « sauvage » recouvert par de nombreuses zones humides et de quelques petits villages de pêcheurs principalement installés à l'intérieur des terres. Pendant la plus grande partie de l'histoire du littoral, l'existence des lagunes, des zones marécageuses et des dunes a été considérée comme une contrainte pour les activités humaines et particulièrement pour les grands projets d'aménagement.

Les premiers aménagements d'envergure réalisés sur le littoral du Languedoc-Roussillon ont été effectués au XIX^{ème} siècle et ont consisté au déboisement des formations dunaires (Moulis et Barbel, 1999). Ils ont été suivis de la fin du XIX^{ème} siècle à la première moitié du XX^{ème} siècle par l'implantation de vigne sur les littoraux sableux et par des travaux de nivellement pour combler les zones humides avec le sable des dunes. Puis, de 1960 à 1970, le repli de la viticulture sur les coteaux pour laisser la place à l'urbanisation touristique a vu la mise en œuvre d'un schéma global d'aménagement régional appelé la Mission Racine qui a permis de limiter les opérations urbanistiques à des secteurs prédéfinis. Néanmoins, il en a résulté la disparition de nombreux espaces dunaires du fait de la construction d'immeubles, de routes et de l'augmentation de la fréquentation.

- **Mission interministérielle Racine (1963-1983)**

La Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale (DATAR) créée en 1963 avait pour objectif de lutter contre les déséquilibres entre la répartition des hommes et des activités économiques sur le territoire national⁸. Une de ses premières opérations a été la création de la Mission Racine par le décret du 18 juin 1963. Courant 2005, le Gouvernement transforme la DATAR en DIACT (Délégation Interministérielle à l'Aménagement et à la

⁷ Programme développé par HR Wallingford et l'université de Lancaster au Royaume-Uni

⁸ <http://fresques.ina.fr/jalons/fiche-media/InaEdu01827/la-creation-de-la-datar.html>

Compétitivité des Territoires). Ce nouvel organisme reprend les missions de la DATAR, dans l'objectif de mieux accompagner les mutations économiques régionales.

Les objectifs de la Mission Racine étaient de diversifier l'économie régionale par le tourisme et de récupérer les devises des touristes du nord de l'Europe (Jouvin, 2008). Cette Mission devait ainsi permettre de stopper la spéculation foncière en évitant la prolifération de lotissements et d'habitat diffus, de structurer et d'équilibrer la capacité touristique (unités nouvelles et stations anciennes), de définir, concevoir et réaliser les équipements généraux (infrastructures, assèchement des marécages, réalisation de boisements, canalisations de cours d'eau, eau potable) et enfin de créer des coupures d'urbanisation entre les stations nouvelles à l'échelle des Unités Touristiques Nouvelles (UT).

Les travaux de la Mission Racine débutent à partir de 1965 et les stations de Port-Leucate et de Port-Barcarès ont été créées en 1967. En juillet 1972, est élaboré le Schéma Directeur d'Aménagement du littoral (SDAI) en remplacement du Plan d'Urbanisme d'Intérêt Régional (PUIR) de 1964. L'Agence d'Urbanisme pour l'Aménagement Touristique du Languedoc-Roussillon (ATLR) est créée en 1976 pour remplacer la société Civile des Architectes en Chef. En 1979, 11 000 logements sont vendus puis, par la suite, environ 5000 logements par an jusqu'en 1995. Enfin en 1983, la Mission Racine est dissoute.

Un des projets de la Mission Racine concernait également le développement du tourisme social, avec pour objectif la création de 18% de lits sociaux dans les stations sous forme de campings et de villages de vacances. Cet objectif a été en grande partie atteint puisqu'aujourd'hui les nouvelles stations de la Mission Racine comptent effectivement une part importante de lits sociaux (18% à Leucate et Barcarès réunis).

- **Après Racine**

En 1983 est créé un Syndicat Mixte regroupant la Région et les Départements pour remplacer la Mission Racine. Puis, de 2000 à 2004, une mission du littoral est créée en vue de coordonner les actions des collectivités régionales, départementales et surtout communales. De 2002 à 2003, est mis en place un plan de développement durable du littoral pour prendre en compte l'érosion et bâtir un schéma régional de gestion de l'érosion. Ce schéma fournit les orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion (<http://littoral.languedocroussillon.fr>). La Mission Interministérielle d'Aménagement du Littoral (MIAL) est également créée pour poursuivre l'action menée par la Mission Racine. Elle possède actuellement un rôle moteur dans l'évolution des politiques de protection du littoral en Languedoc-Roussillon.

L'illustration 40 montre le degré d'anthropisation des côtes du Roussillon en 1999, suite aux nombreux travaux d'urbanisation du littoral.

Au cours des années 2000, dans l'objectif de mettre en place les modes de gestion les plus adaptés au contexte hydrosédimentaire et socio-environnemental, des Schémas Directeurs de Protection du Littoral (SDPL) ont été réalisés. Les différents SDPL présents sur le territoire de PMCA et dans ses environs sont les suivants :

- SDPL de Saint Cyprien réalisé par BCEOM en 2000,
- SDPL de l'Agly à cap Leucate par BCEOM en 2003,
- SDPL de la Têt à l'Agly par Sogreah en 2007.

Actuellement aucun SDPL n'existe ou est en projet dans le secteur de Canet-en-Roussillon.

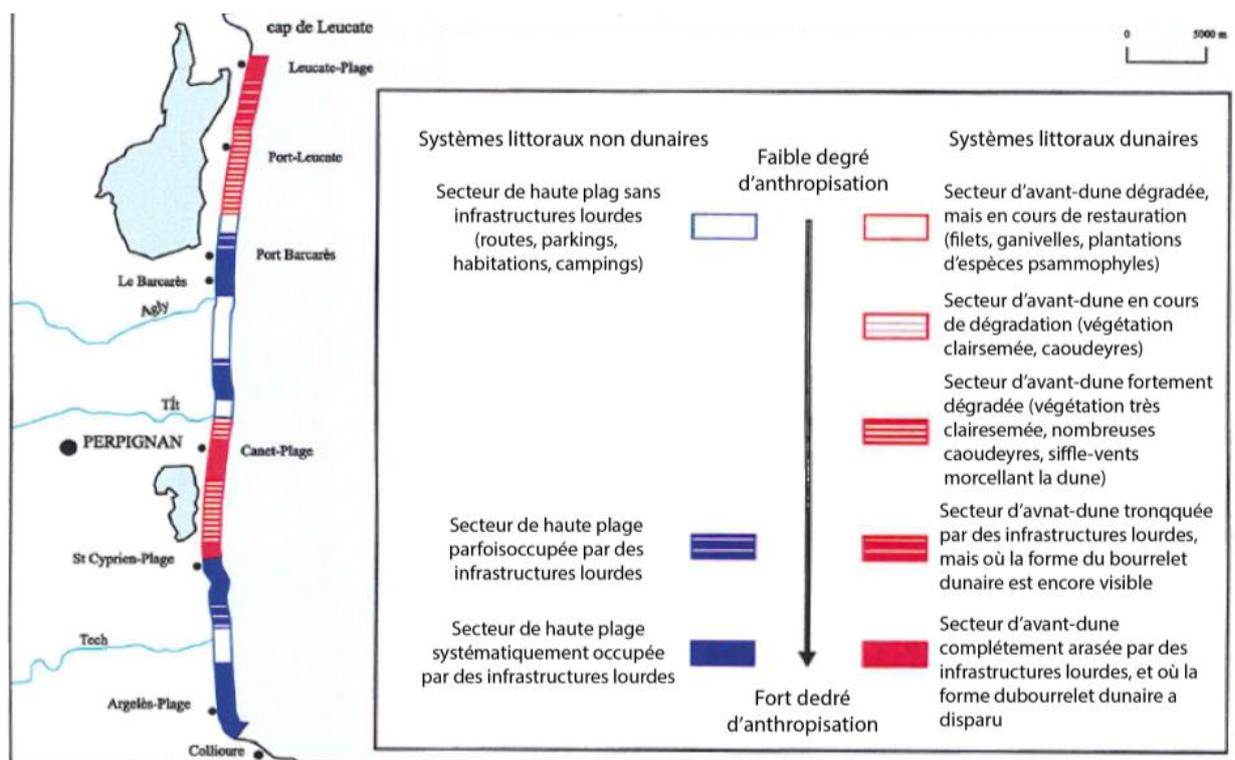


Illustration 40 : Le degré d'anthropisation du littoral (Extrait d'après Durand, 1999)

2.3.2. Les aménagements et ouvrages de défense présents

Le littoral du Golfe du Lion est équipé de structures érigées par l'homme (ouvrages portuaires ou de défense contre la mer) sur près de 30 % de son linéaire et 402 ouvrages de protection et 22 ports ont été recensés dans le Languedoc-Roussillon (Aleman, 2013). Deux types d'ouvrages sont distingués, les ouvrages "durs" (Illustration 41) qui sont considérés comme quasiment permanents et qui s'opposent de manière frontale à la dynamique naturelle du littoral et les ouvrages "doux" qui sont considérés comme plus temporaires et qui accompagnent la dynamique du littoral dans le sens souhaité.

Il existe plusieurs types d'ouvrages "durs" utilisés entre autres sur les côtes méditerranéennes et dont les fonctions et les impacts sont variables, les plus courants sont (Samat, 2007) :

- les ouvrages longitudinaux de haut de plage qui permettent de protéger la zone terrestre située en arrière. Il en existe 3 types selon leur utilisation et fonction :
 - les ouvrages de défense qui s'opposent à l'attaque de la mer (murs brise-mer, digue à talus ou en pente douce à revêtement lisse) ;
 - les ouvrages de soutènement qui assurent une protection contre la mer et maintiennent les terres en arrière (digue de front de mer, perrés) ;
 - les revêtements qui augmentent la résistance à l'action des vagues et raidissent la pente.
- les ouvrages longitudinaux de bas de plage et des petits fonds (brise-lames) qui limitent la dispersion transversale des matériaux et provoquent une diminution de l'énergie de la houle permettant aux sédiments de s'accumuler. De cette façon ils provoquent une avancée à partir de la ligne de rivage, allant parfois jusqu'à former un tombolo ;

- les ouvrages transversaux (épis) qui arrêtent au moins partiellement le transit sédimentaire. Ils ne peuvent être utilisés que dans le cas d'un transport littoral parallèle au rivage ;
- les jetées combinent l'effet des épis et des brise-lames et sont implantées aux débouchés de fleuves ou de passes. Leurs principales fonctions sont de limiter les dépôts dans un chenal en guidant les courants, de provoquer l'arrêt du transport sédimentaire (fonction identique aux épis), d'améliorer le champ pour la navigation (par exemple en supprimant les courants traversiers⁹) et de stabiliser la position des passes.

Les ouvrages "doux" utilisés sur le littoral méditerranéen sont essentiellement des ganivelles qui permettent la reconstruction des dunes en limitant l'accès à certaines zones et en favorisant l'accumulation de sable par transport éolien. Sont également considérés comme des procédés ou « aménagements » doux, les rechargements en sables, les atténuateurs de houle en géotextile, les systèmes de drainage de plage et de by-pass.



Illustration 41 : Photographie d'ouvrages dans le Roussillon (a : jetée de port ; b : ganivelles et brise-lame ; c : brise-lame ; d : épis et enrochements de haut de plage)

Sur le territoire du PMCA les méthodes de protection qui ont été recensées sont des ouvrages durs en enrochement de type épis, brise-lames et protection de haut de plage, des digues de port et de fleuve en enrochement et des procédés doux, essentiellement de type ganivelles et rechargements en sable.

L'installation des ouvrages de protection sur le littoral du Languedoc-Roussillon a essentiellement eu lieu pendant les années de la Mission Racine (Illustration 42). De manière

⁹ Courant perpendiculaire au sens de navigation d'un bateau

générale, la réponse à l'érosion avant 1990 se traitait localement, le plus souvent par l'installation d'ouvrages de protection. Cette méthode permet effectivement de ralentir voir de stopper localement l'érosion mais présente des effets à long terme mitigés (déplacement des zones en érosion, érosion aux bordures, impact paysagers...) (SMNLR, BRL et EID, 2003). A partir des années 1990, la tendance a changé pour s'orienter vers une gestion intégrant le plus possible la dynamique du littoral dans son ensemble. Les grandes étapes de l'histoire de l'aménagement du territoire du PMCA sont présentées dans l'illustration 43.

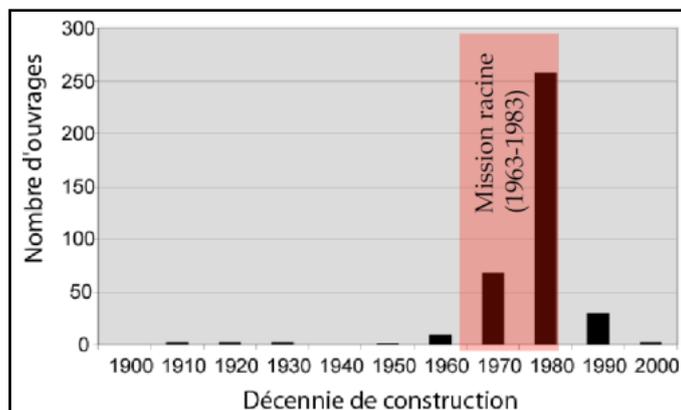


Illustration 42 : Répartition pendant le XIX^{ème} siècle de la construction des ouvrages de protection marine sur le littoral du Languedoc-Roussillon (Vanroye, 2011)

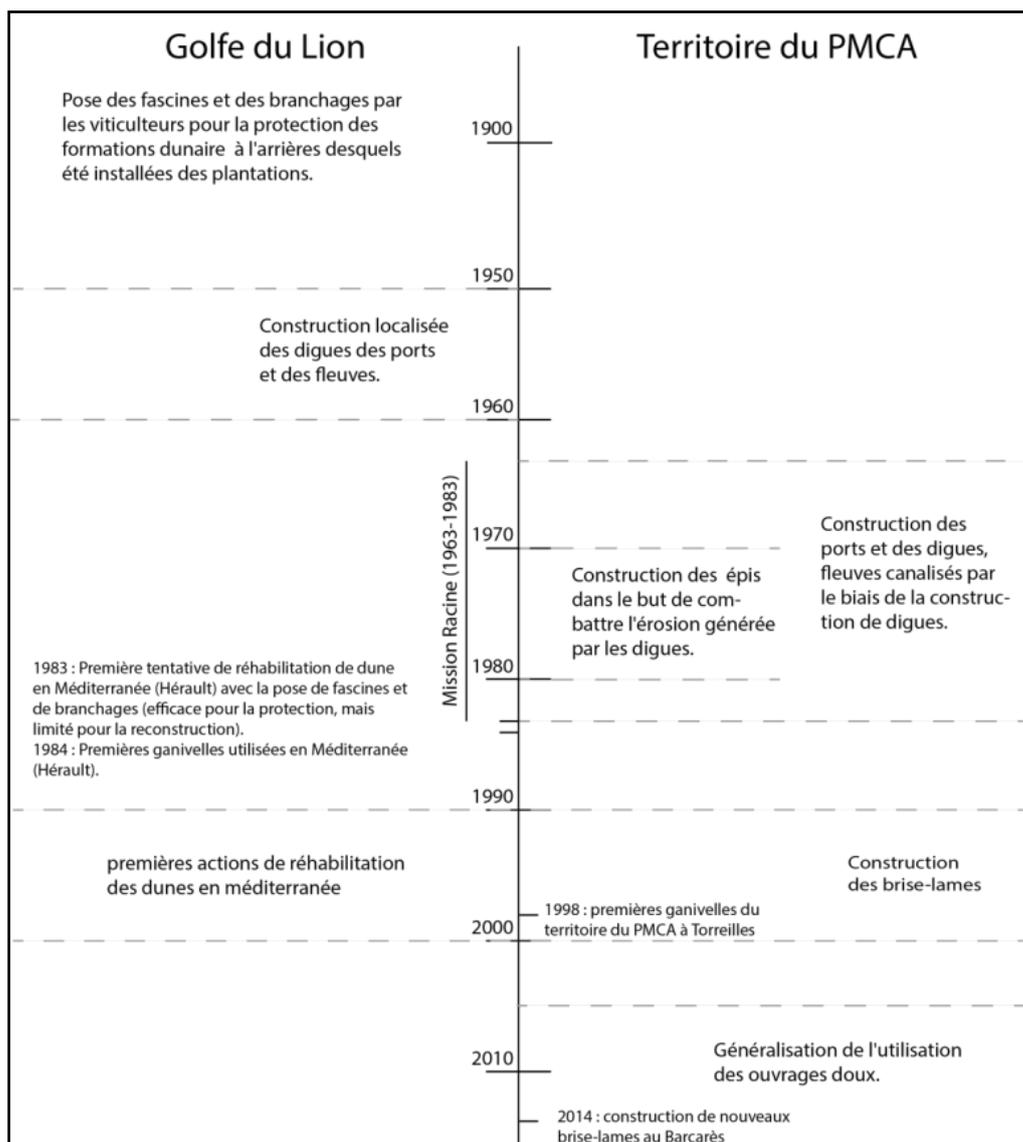


Illustration 43 : Les grandes étapes de l'aménagement du littoral sur le territoire du PMCA et dans le Golfe du Lion (d'après Moulis et Barbel 1999 ; SMNLR, BRL et EID 2003, Sogreah 2007 ; Barneoud 2009 ; Raynal et Certain 2011 et EID 2010 a)

2.3.3. Prélèvements et rechargements de sédiments

Dans le cas du Contrat de Projet Etat/Région (CPER 2007-2013) a été instauré un Plan de Gestion des Sédiments du Languedoc-Roussillon (PGS-LR). Il a pour objectif de mettre en avant les points positifs et négatifs des pratiques actuelles et leurs avancées vers une méthodologie de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC), à l'horizon 2014 il est toujours en cours de réalisation¹⁰.

Des prélèvements et rechargements de sédiments ont été réalisés dès le début des années 1980 sur le territoire du PMCA, cependant c'est à partir de la fin des années 1980 et du début des années 1990 que cette activité se développe (Sogreah, 2007 et Raynal et Certain, 2011).

¹⁰ <http://littoral.languedocroussillon.fr/-Plan-de-gestion-des-sediments-du-LANGUEDOC-ROUSSILLON-.html>

Les rechargements, dragages et clapages sont préférentiellement réalisés juste avant le début de la période estivale pour qu'ils profitent au mieux à la période de forte fréquentation.

a) Rechargements

Des rechargements ponctuels sont courants depuis plusieurs décennies dans le Languedoc-Roussillon, ainsi que sur le territoire du PMCA. Le principe est de prélever du sable dans les zones d'accumulations (zone aval transit des jetées, chenal des ports) et de les rejeter ensuite dans les zones en érosion (Illustration 44).



Illustration 44 : Travaux de dragage et de rechargement par pompage hydraulique (Le Barcarès, juin 2014)

Le principe des rechargements massifs est de prélever une grande quantité de sédiments dans un gisement situé à proximité ou au large puis de recharger une très longue étendue de littoral d'un coup. Des rechargements de ce type ont déjà été réalisés dans l'Hérault à partir des sables de l'Espiguette, mais jamais dans les Pyrénées-Orientales. Cependant, le projet Beachmed et les projets qui lui ont fait suite (Beachmed-e et ESPEXS), ont justement pour mission de réaliser des études sur l'exploitation des gisements de sables profonds (recherches de gisements, évaluation de l'impact, développement de techniques...) dans l'objectif de pouvoir réaliser par la suite des rechargements massifs à partir du sable de ces gisements.

b) Dragages et clapages

Les dragages sont réalisés depuis plusieurs décennies sur territoire du PMCA, essentiellement pour éviter l'ensablement des passes des ports. Les sédiments prélevés peuvent ensuite, suivant leur nature, être stockés à terre (ils sont alors considérés comme des déchets) ou être rejetés directement en mer (par clapage).

2.4. ALEAS ET VULNERABILITE

2.4.1. Aléas

a) Erosion côtière

D'après le SMNLR, BRL et EID (2003) l'érosion observable sur l'ensemble du Golfe du Lion est le résultat d'un cumul de facteurs défavorables :

- les changements climatiques par le biais de la remontée du niveau marin et d'une augmentation potentielle de la fréquence des tempêtes ;
- la diminution des apports sédimentaires des rivières ;
- la diminution du stock de sable disponible et mobilisable sur les cordons dunaires du fait de leur l'urbanisation et de leurs dégradations par sur-fréquentation ;
- l'interruption du transit sédimentaire par des ouvrages créant des zones en accrétion et en érosion de part et d'autre de leur implantation (Illustration 45).

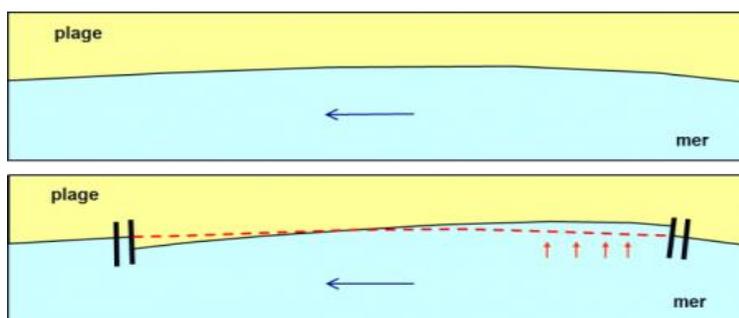


Illustration 45 : Evolution d'une plage suite à l'installation d'ouvrages (Artelia, 2011)

D'après Aleman (2013), l'Unité sableuse supérieure (USU) s'est significativement érodée en un siècle (Illustration 46). Le contexte actuel de conditions marines, fluviales et anthropiques ne permet pas de combler naturellement le déficit sédimentaire.

Aleman (2013) dresse un bilan de l'évolution des stocks sableux dans le Languedoc-Roussillon. Ses résultats sont présentés sur l'illustration 47. Entre 1895 et 2009 les côtes du Languedoc-Roussillon ont perdu 26,1 millions de m³ (\pm 4.6 millions de m³), et ce essentiellement entre 1984 et 2009 avec 30,2 millions de m³ perdu (\pm 4.2 millions de m³), pour 4,9 millions de m³ gagné entre 1895 et 1984 (\pm 3.5 millions de m³). Pour le Roussillon la situation est quelque peu différente, puisqu'entre 1895 et 2009 le bilan est toujours positif, avec 3.1 millions de m³ gagnés (\pm 1.3 millions de m³), avec entre 1984 et 2009 une perte de 6.3 millions de m³ (\pm 1.5 millions de m³), et entre 1895 et 1984 un gain de 9.4 millions de m³ (\pm 0.6 millions de m³). Cependant, même si le bilan entre 1895-2009 reste positif, les dernières années montrent une érosion très forte sur un temps court et le bilan depuis 1895 risque fortement de s'inverser dans les prochaines années.

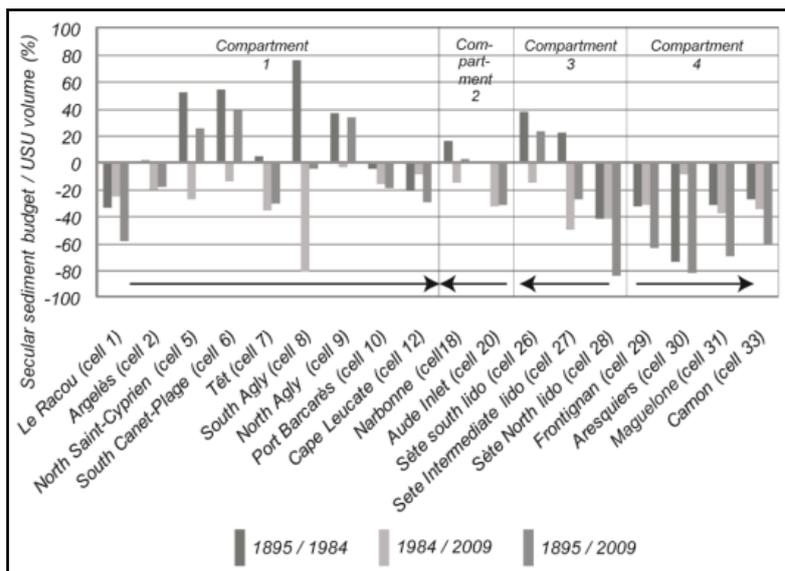


Illustration 46 : Evolution temporelle de "Upper Sand Unit" pour 1895-1984, 1984-2009 et 1895-2009 (en %). Les flèches indiquent la direction de la dérive littorale (Aleman, 2013)

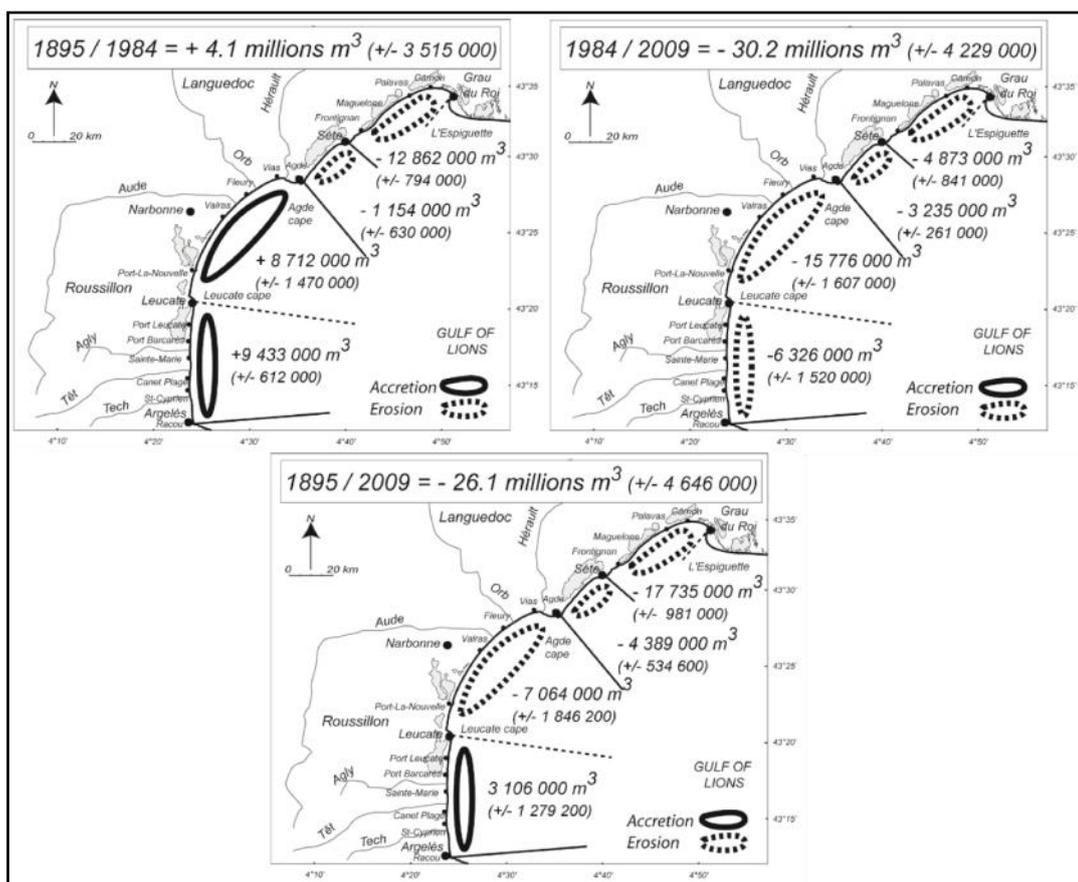


Illustration 47 : Budget sédimentaire (m³) entre 1895/1984 et 1984/2009 par compartiments, ainsi que la marge d'erreur (m³) (Aleman, 2013)

D'après la projection réalisée par Artelia en 2011 suivant un scénario d'entretien régulier des ouvrages, l'aléa érosion toucherait 62% du littoral en Languedoc-Roussillon. Le pourcentage est le même pour le linéaire allant de Leucate à Argelès (Illustration 48). En complément sont

intégrées en annexe 1 des cartes réalisées par Artélia en 2011, de visualisation de l'aléa érosion et de projection du trait de côte dans le cas d'un scénario d'entretien des ouvrages. Sur le territoire du PMCA les secteurs a priori exposés à l'érosion sont situés sur les communes de Port-Barcarès, Sainte-Marie et Canet-en-Roussillon. Plus précisément au nord des ouvrages durs (jetées de ports, brise-lames et épis).

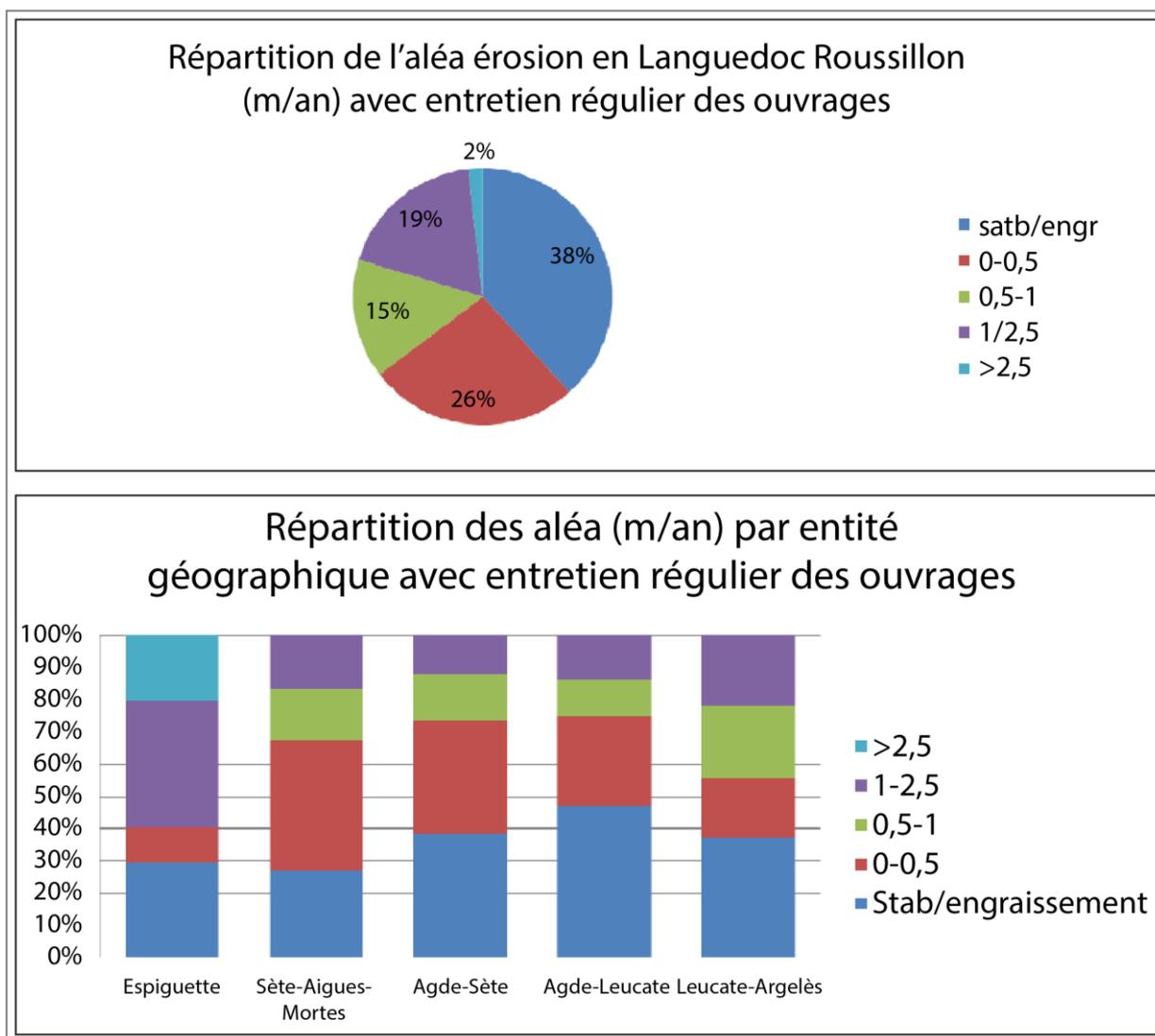


Illustration 48 : Répartition statistique des aléas avec entretien des ouvrages (Artelia, 2011)

b) Submersion marine

Il existe deux types de submersion marine : les submersions dites permanentes et celles dites temporaires. La submersion permanente est liée à l'élévation du niveau marin et parfois, à des mouvements verticaux des terrains (subsidence, tectonique...). Elle entraîne une disparition définitive des zones basses (plages, zones humides, zones urbanisées...). La submersion temporaire correspond à une inondation limitée dans le temps de la zone côtière par la mer, du fait de conditions météorologiques et marégraphiques sévères (Mate, 1997). Elle est due à des phénomènes de surcote engendrés par des tempêtes marines. Trois modes de submersions marines temporaires peuvent être différenciés (MEDDTL, 2011) :

- la submersion par rupture d'un cordon dunaire ou d'un ouvrage de protection lorsque les terrains en arrière sont situés sous le niveau marin ;
- la submersion par débordement lorsque le niveau marin est supérieur à la crête du cordon dunaire ou des ouvrages ;
- la submersion par franchissement de vagues (paquets de mer).

La submersion est une problématique importante en Languedoc Roussillon, pour laquelle la totalité des communes possédant un front de mer et même certaines situées dans les terres sont concernées (Illustration 49). Des cartes présentant la submersion marine pour les communes du territoire de PMCA sont présentées en annexe 2.

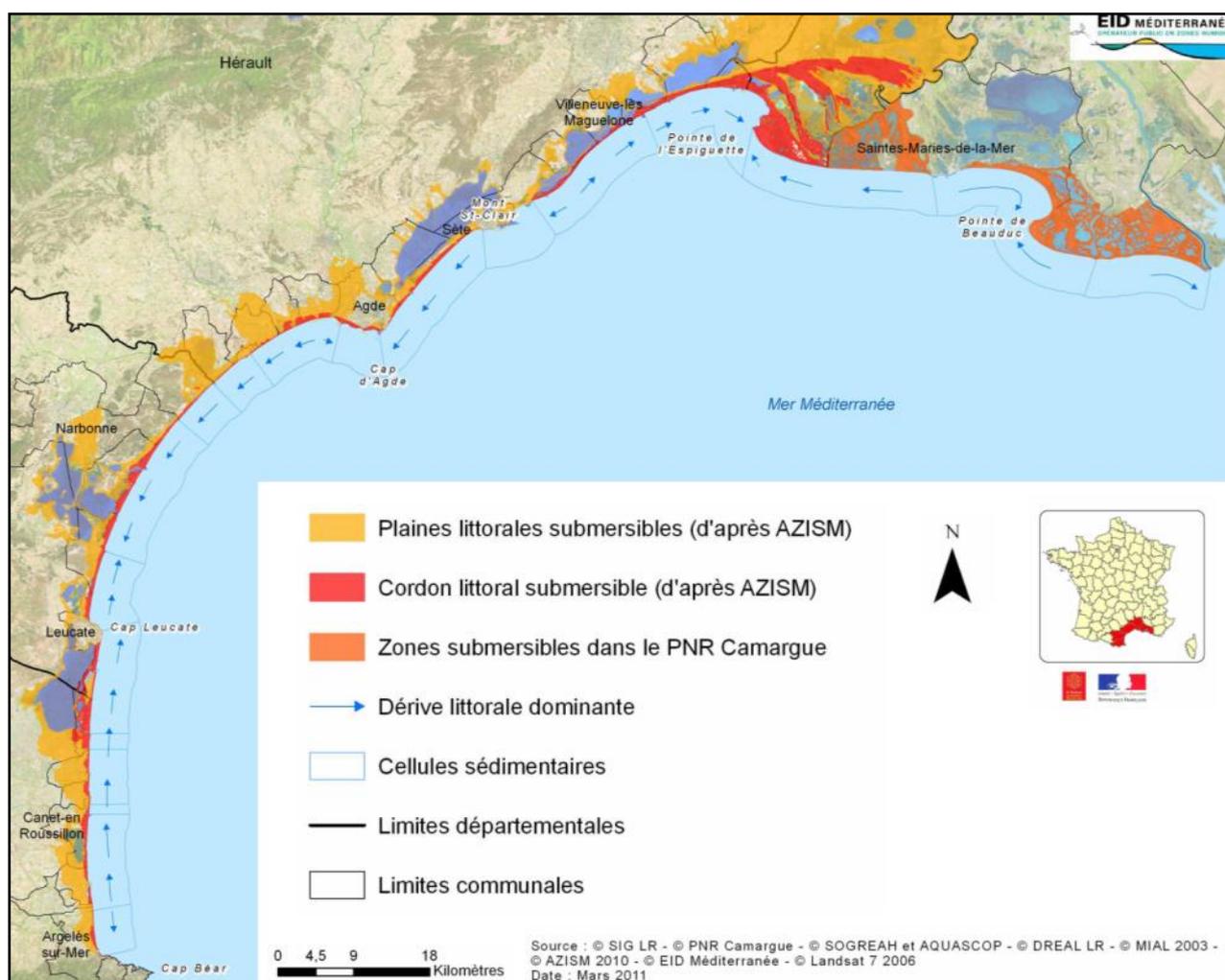


Illustration 49 : Zones potentiellement submersibles sur le littoral du Golfe du Lion (EID, 2011 a)

Courant 2011, les Plans de Prévention des Risque d'inondation (PPRI) sont approuvés pour l'ensemble des communes de PMCA et prennent en compte le risque de submersion marine (Illustration 50).

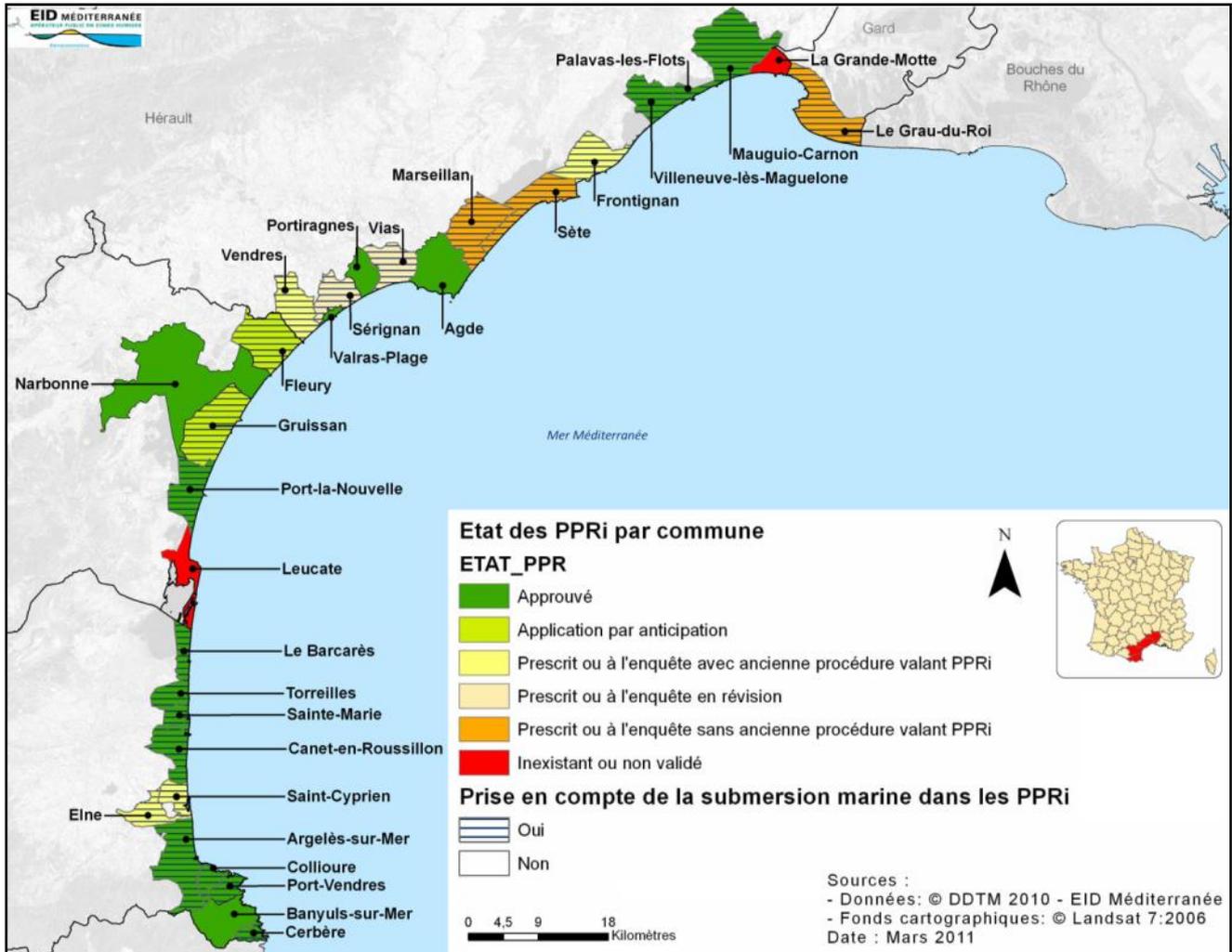


Illustration 50 : Etat des lieux des PPRi en Languedoc-Roussillon et de leur prise en compte de la submersion marine en 2011 (EID, 2011 a)

2.4.2. Vulnérabilité

L'érosion des littoraux présente une menace pour les communes littorales pour plusieurs raisons (Artelia, 2011) :

- la protection des habitations,
- le maintien des activités économiques (essentiellement touristiques (baignades, sentiers littoraux...)),
- la pérennité des axes de circulations.

D'autre part les tempêtes présentent des coûts directs du fait des dégâts qu'elles entraînent sur les infrastructures. Par exemple entre novembre 1995 et février 1996, ont été comptabilisés environ 7 840 000 F (1 550 000 €) de dégâts pour le département des Pyrénées-Orientales (SMNLR, 1996).

De manière générale les lidos sont particulièrement vulnérables à la submersion marine du fait de leurs faibles altitudes et de la présence en arrière de lagunes qui peuvent entraîner des

débordements. De plus, les caractéristiques des côtes sableuses du Golfe du Lion accentuent leur fragilité aux aléas de submersion marine de par (EID, 2011 a) :

- leurs basses altitudes générales ;
- les cordons dunaires fragilisés voire inexistantes ;
- l'urbanisation (bétonisation, comblement de zones d'atténuation, arasement des dunes), ;
- la concentration d'une multitude d'enjeux à proximité de la mer (logement, activités économiques...)

Dans l'ensemble, la vulnérabilité géomorphologique et économique en Languedoc-Roussillon a tendance à être amplifiée avec l'érosion.

De nombreux projets de recherche ont été menés sur la vulnérabilité du littoral. On peut citer le Projet Response (vulnérabilité au changement climatique et à l'élévation du niveau de la mer), le projet VULSACO (vulnérabilité des côtes sableuses), le Projet Miseeva (Vulnérabilité sociale, économique et environnementale à la submersion marine actuelle et future), COASTANCE, Etude CPER 2007-2013,....

3. Méthodologie

3.1. BIBLIOGRAPHIE

3.1.1. Inventaire

Dans le cadre de l'Observatoire de la Côte Catalane un inventaire bibliographique a été mis en œuvre, d'une part pour développer une connaissance de la zone nécessaire à la compréhension et à l'interprétation des données topo-bathymétriques des campagnes de terrains, et d'autre part pour créer un outil en ligne mettant les documents considérés comme pertinents à disposition des partenaires.

La majorité des documents a été prélevée dans la base de données réalisée par le BRGM en 2009-2010 sur le thème des "phénomènes d'érosion et de submersion marine en Languedoc-Roussillon" (Busson, 2010). L'inventaire a ensuite été complété par des documents plus récents issus de sources variées comme des sites de publication en ligne.

L'inventaire comprend plus de 90 références en tous genre (thèses, rapports, mémoires, travaux universitaires...) et s'étend sur 35 ans : 1979 pour le document le plus ancien et 2014 pour le plus récent. Pour plus de précision la liste des documents intégrés dans l'inventaire bibliographique est présentée en annexe 3.

3.1.2. Bancarisation

Le choix s'est porté sur le logiciel EndNote¹¹ (Illustration 51) pour réaliser la bancarisation des données. Les informations systématiquement saisies dans le logiciel pour chaque document sont : auteurs, date de publication, titre, support du document (numérique ou papier) et mots clés.

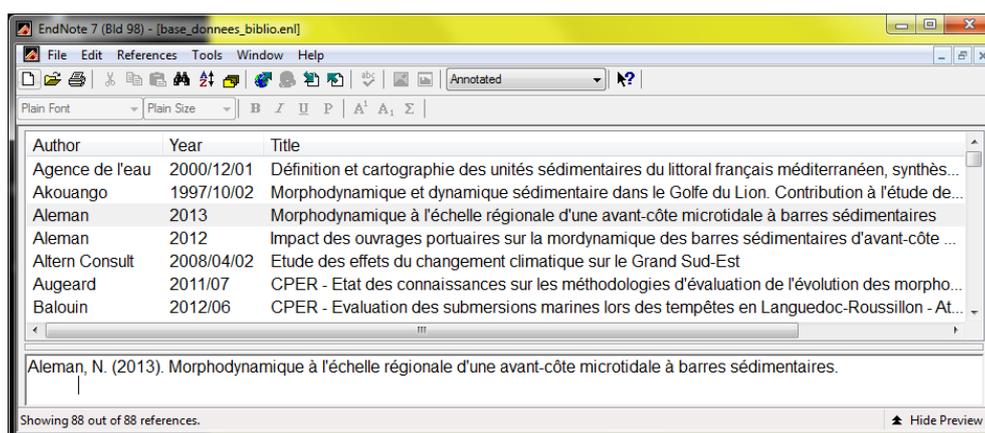


Illustration 51 : Extrait de l'inventaire bibliographique réalisé dans le cadre de l'Observatoire de la côte Catalane sous EndNote

¹¹ Développé par Thomson Reuters

Le partage des documents est réalisé par le biais du site internet EndNote basic¹² qui permet d'importer l'ensemble des références entrées dans EndNote et en complément de déposer sur le site les documents en format numérique qui seront ensuite téléchargeables par toute personne possédant les identifiants d'accès au compte.

3.2. SYNTHÈSE DES DONNÉES EXISTANTES

Comme pour la synthèse bibliographique, la synthèse des données s'est essentiellement reposée sur la base de données des études littorales (Busson, 2010) dans laquelle les données sont référencées suivant les documents pour lesquels elles ont été produites ou réutilisées.

L'inventaire a également été complété avec toutes les données considérées comme pertinentes dont il est fait mention dans les documents consultés en complément, ainsi que par toutes les données possédées par le BRGM et utilisées dans le cadre du projet.

La synthèse des données est présentée sous forme de tableau dans l'annexe 4.

Une convention d'échange de données a également été signée entre la DREAL LR et l'OBSCAT afin de partager les données topo-bathymétriques. Il est par ailleurs prévu que les données de l'observatoire puissent alimenter le dispositif de bancarisation régional SOLTC¹³.

3.3. ACQUISITION ET TRAITEMENT DES DONNÉES DE TERRAIN

3.3.1. Suivi topo-bathymétrique

a) Levés in situ

Les relevés topo-bathymétriques sont réalisés deux fois par an : la première campagne a lieu à la fin de la saison estivale et la seconde à la suite d'une tempête importante ou à la fin de la saison des tempêtes. Pour la réalisation des campagnes, la zone d'étude a été découpée en plusieurs secteurs représentant chacun des typologies et des enjeux spécifiques. Deux à cinq profils de référence ont été levés sur chacun des secteurs. La localisation de ces secteurs et profils est présentée sur l'illustration 52. A la fin de la première année du projet de l'Observatoire de la côte Catalane deux campagnes ont donc été réalisées, une première en octobre 2013 et une seconde en avril 2014.

¹² <http://endnote.com/basic>

¹³ Système d'Observatoire Littoral – Trait de côte - <http://www.soltc.org>

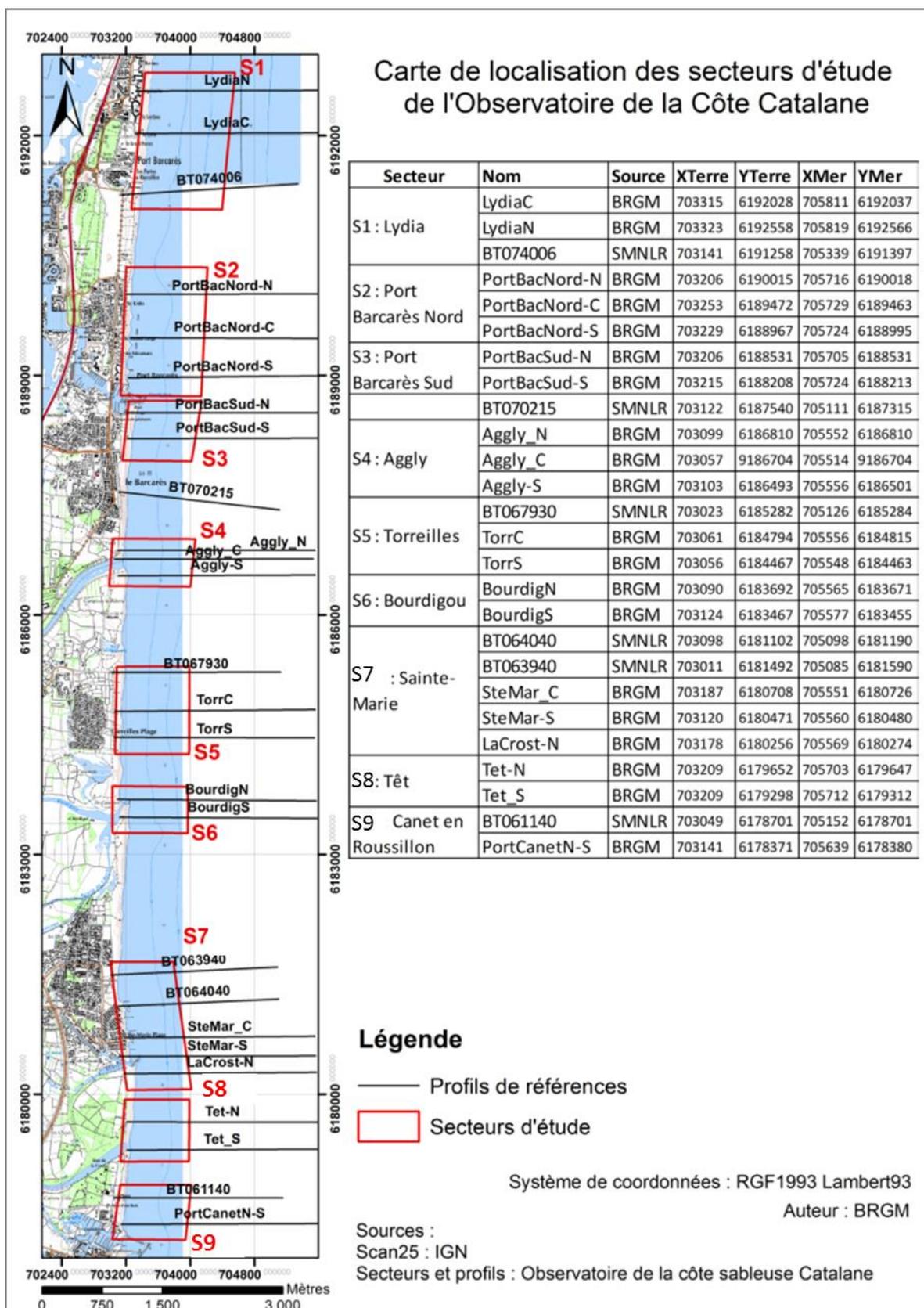


Illustration 52 : Carte de localisation des secteurs d'étude et des profils de références

Dans le cadre des campagnes de terrain, deux équipes sont mises en œuvre simultanément, une s'occupant des levés topographiques et la seconde des levés bathymétriques.

Les levés topographiques sont réalisés à pied ou en quad à l'aide d'un GPS Trimble R6 connecté en mode différentiel RTK¹⁴ via le réseau Orphéon¹⁵ en GSM¹⁶ (réseau de stations fixes) (Illustration 53). Les données relevées systématiquement pour chaque campagne sont :

- un quadrillage régulier de la plage pour la réalisation de modèles numériques de terrain (MNT), si possible en quad ou sinon à pied, avec le mode cinématique du GPS ;
- le trait de côte, dans les mêmes conditions que les MNT ;
- les profils de référence, à la perche pour plus de précision, jusqu'à la profondeur de 1m pour connecter avec le profil bathymétrique correspondant ;
- des points de références permettant de juger la viabilité des données entre chaque campagne (même système que les profils de référence).



Illustration 53 : Photographies de la campagne topographique d'avril 2014 (a : mesure d'un point de référence ; d : mesure d'un profil de référence ; c : mesure en quad)

Les levés bathymétriques sont réalisés sur une embarcation semi-rigide à l'aide d'un GPS R6 et d'un sondeur monofaisceau Trittech PA500 (Illustration 54). Le logiciel utilisé pour la navigation et la synchronisation des appareils est Hypack 2013. La bathymétrie est levée sous la forme d'une suite de profils espacés de cent mètres en moyenne parmi lesquels se trouvent les profils de référence (Illustration 55).

¹⁴ RTK ; Real Time Kinematics soit correction différentielle en temps réel.

¹⁵ <http://reseau-orpheon.fr/>

¹⁶ GSM : Global System for Mobile communications



Illustration 54 : Photographie de la campagne bathymétrique d'octobre 2013

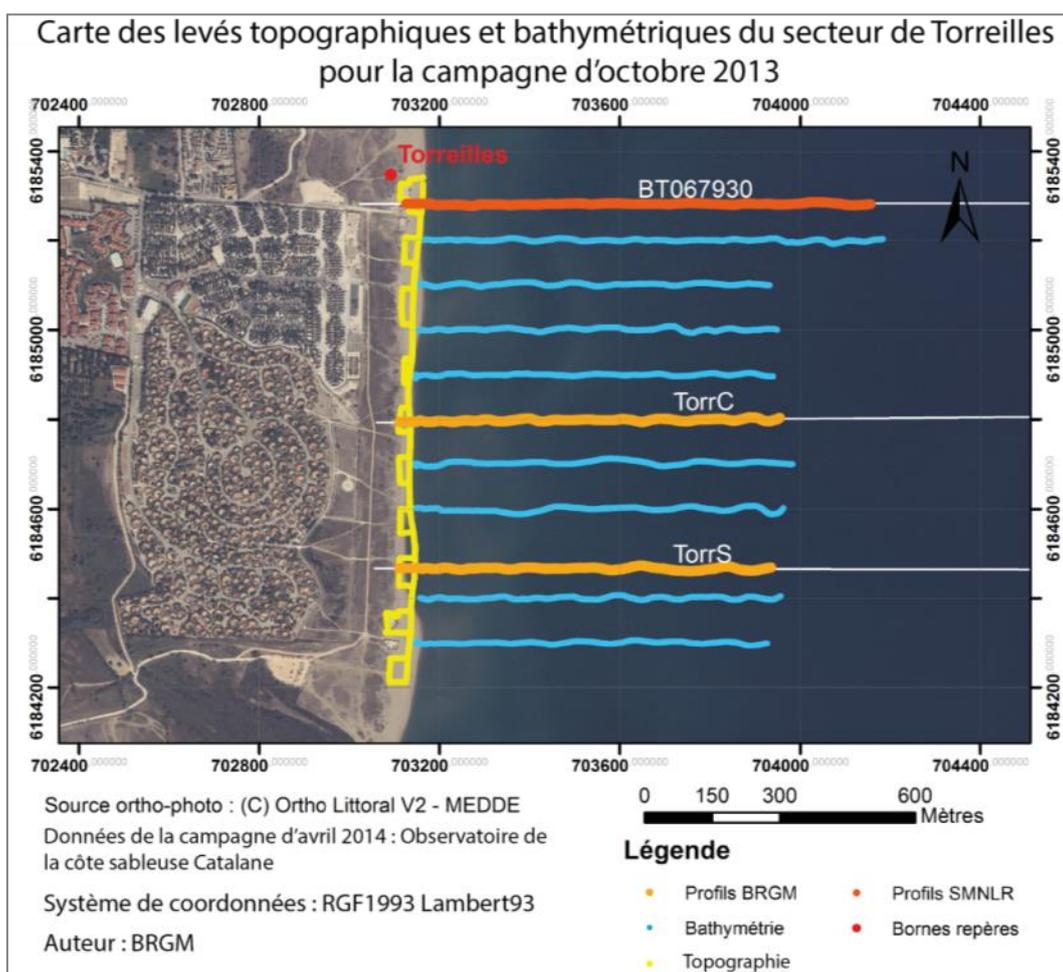


Illustration 55 : Carte des levés topo-bathymétriques du secteur de Torreilles pour la campagne d'octobre 2013

La partie terrestre (topographie) du Lydia n'a pas été levée en raison d'un problème de connexion GSM au réseau Orphéon. Ce problème n'ayant pas pu être solutionné sur ce secteur précis, un levé différentiel à partir d'une station radio sur un point connu a été mis en place en avril 2014.

b) Traitements

• Prétraitements

Les données bathymétriques sont prétraitées sous Hypack (suppression des valeurs aberrantes) avant d'être exportées. Dans un second temps un lissage des profils pour gommer les effets de houle et différentes corrections sont appliqués sous Excel. Ces corrections appliquées sont liées au niveau d'eau et au positionnement du matériel, ce qui donne la formule suivante :

$$\text{Profondeur corrigée} = -\text{Profondeur brute} - \text{profondeur du sondeur (soit 0.355m)} + (\text{zéro NGF} - \text{zéro hydrographique à Port Vendres (soit 0.391m)} - \text{marée à Banyuls à l'heure des levés})$$

Le lissage consiste à appliquer à chaque donnée une moyenne mobile ajustée à la période de la houle afin de corriger le mouvement du bateau lié à la houle. Dans le cadre des campagnes d'octobre 2013 et d'avril 2014, la moyenne a été réalisée sur un intervalle de quarante données.

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

• Traitements

Le traitement des données a été réalisé dans l'objectif de produire différents types de documents (Illustration 56) :

- des blocs 3D ;
- des lignes de contour ;
- les traits de côte ;
- les profils de référence ;
- les différentiels entre les campagnes d'octobre 2013 et d'avril 2014 ;
- les volumes sédimentaires déplacés entre ces mêmes périodes.

Tous les documents précédemment cités à l'exception des traits de côte et des profils nécessitent la création de MNT. Ces derniers sont générés sur Surfer (©GoldenSoftware) par la méthode d'interpolation du voisin naturel avec les paramètres suivants : un ratio de 0.2 et un espacement de 5 m. Ce logiciel a été choisi car il permet l'utilisation d'interpolations anisotropes, ce qui limite les effets liés à l'agencement des données en profils (soit des espacements de quelques mètres dans la direction est-ouest mais d'environ cent mètres dans la direction nord-sud).

Deux types de MNT ont été produits, le premier comprend uniquement des données issues des campagnes de l'Observatoire, le second intègre des points issus des Lidars de 2009 (bathymétrie) et 2010 (topographie) au niveau des ouvrages. Ce dernier est utilisé uniquement pour la visualisation des blocs 3D sous ArcScene (© ESRI).

En complément des traits de côte des campagnes de l'Observatoire, des traits de côte de la DREAL allant de 1942 à 2010 ont été intégrés.

Comme pour les traits de côte, des profils supplémentaires ont été ajoutés pour élargir l'échelle temporelle des interprétations. Ont été intégrés à tous les profils de référence les profils de plage et d'avant-côte des Lidar de 2009 (DREAL) et de 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon

2011), ainsi que les profils de plage du Lidar de 2010 (Projet ALDES). Pour certains profils ont également été intégrés les profils du SMNLR, dont le plus ancien remonte à 1988.

Les volumes de sédiments déplacés sont obtenus en calculant la différence entre les MNT de 2013 et de 2014. Dans le cas des embouchures où les géométries sont très variables, cette méthode n'est pas adaptée car les zones d'échantillonnage ne se superposent pas la plupart du temps. Pour pallier à ce problème les volumes ont été calculés par rapport à une surface de référence située à 0 m NGF pour un secteur constant comprenant l'embouchure du fleuve aux différentes périodes (Illustration 57). Les volumes obtenus pour 2013 et 2014 sont ensuite soustraits. La méthode utilisée pour calculer les marges d'erreurs (Mark et al., 2002) est présentée en annexe 5.

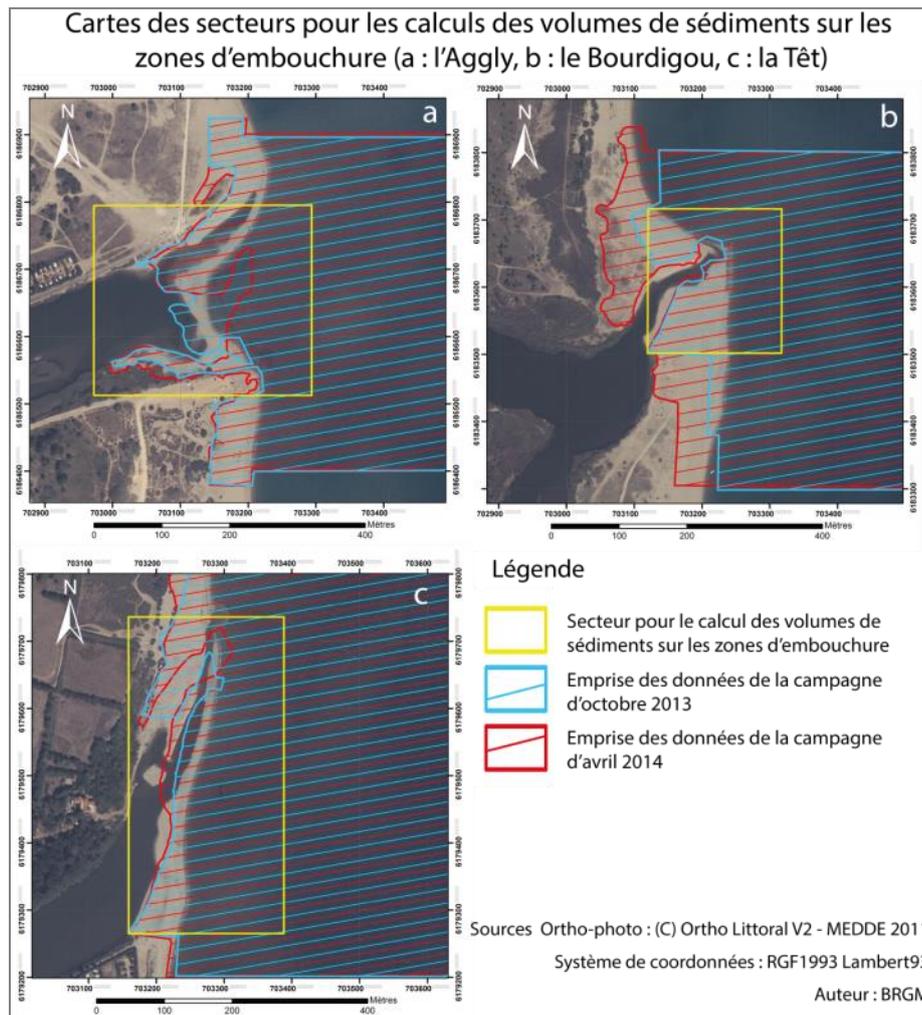


Illustration 57 : Cartes des secteurs pour le calculs des volumes sédimentaires aux embouchures

3.3.2. Suivi spécifique aux dunes

Les secteurs suivis correspondent aux massifs dunaires du Barcarès (pour les besoins de l'analyse, ce secteur a été prolongé au Nord jusqu'à Port Leucate) ; de Torreilles et de Canet-en-Roussillon (Illustration 58).



Illustration 58 : Localisation des massifs dunaires suivis

Un protocole de suivi topographique en lien avec un suivi de végétation est cours de mise en œuvre et sera opérationnel en année 2.

En année 1, l'analyse a porté sur la description morphologique des massifs dunaires à partir des données de lidar aéroporté de 2010 (ALDES) en s'attachant en particulier à l'altitude des formations dunaires autour du seuil de 3 m NGF en lien avec les submersions marines. Les secteurs de brèches et de faibles altitudes sont ainsi localisés.

En outre, pour évaluer l'évolution interannuelle de la morphologie des espaces dunaires, deux types de données disponibles ont été utilisées. Les modèles numériques de terrain (MNT) issus des acquisitions lidar de 2009 (DREAL) et 2010 (ALDES) permettent de comparer l'évolution topographique survenue durant cette période alors que les modèles numériques de surface ou d'élévation (MNS ou MNE) issus des acquisitions de 2010 (ALDES) et 2011 (Litto-3D) ont permis de comparer l'altitude de surface (couverture végétale ou sédiment).

Compte-tenu de la précision des données, les variations d'altitude de l'ordre de +/- 0.25 m NGF sont considérées comme non significatives.

4. Etat des lieux et tendances d'évolution

4.1. ZONAGE DES CELLULES SEDIMENTAIRES ET SITES SUIVIS

Ce chapitre reprend la numérotation des cellules sédimentaires utilisées dans le Plan de Gestion des sédiments du Languedoc-Roussillon (Raynal et Certain, 2013), au sein desquelles se situent nos sites de suivi.

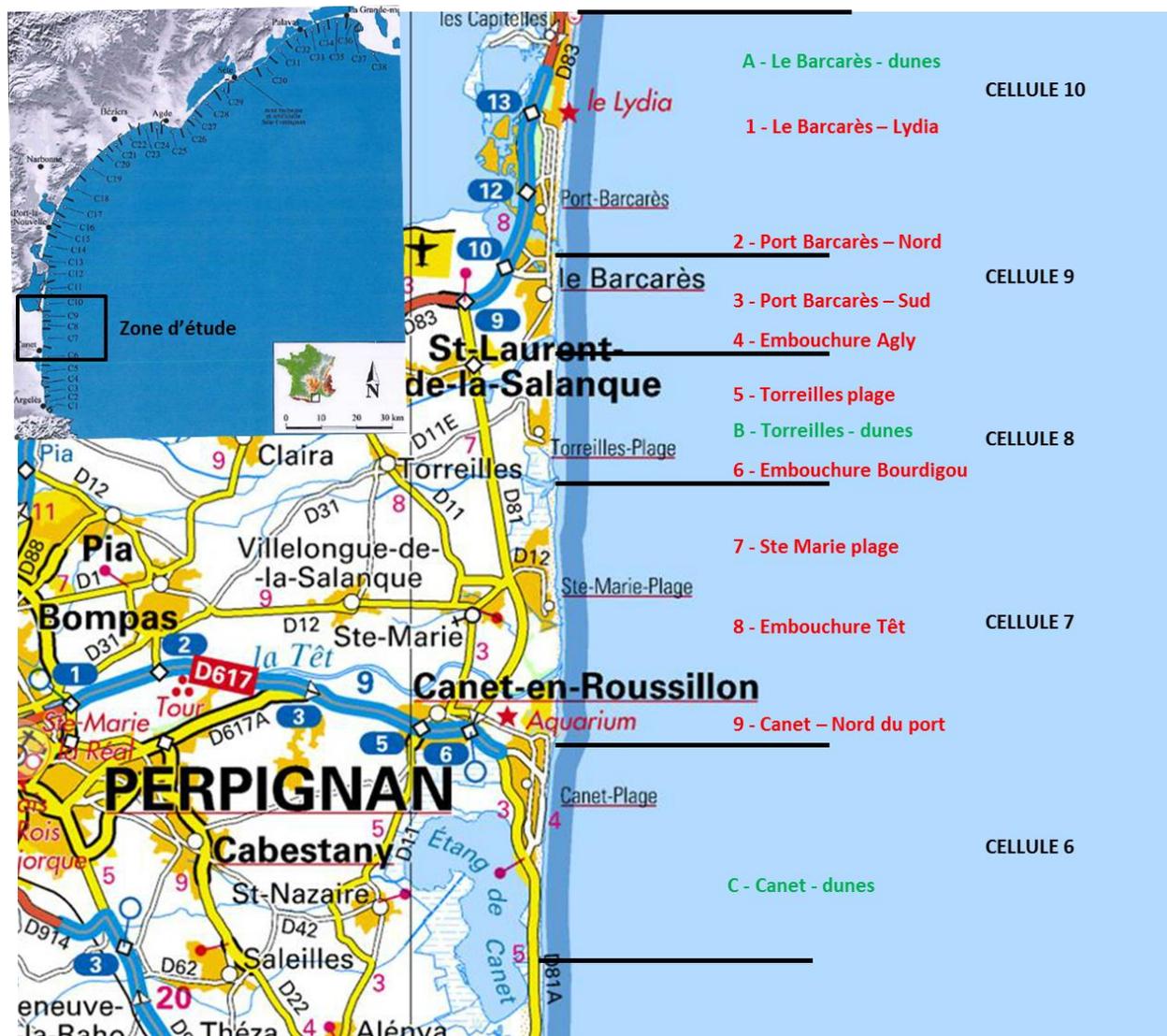


Illustration 59 : Localisation des sites suivis au sein des cellules sédimentaires du PGSLR

4.1.1. Cellule 10 : de Port Barcarès à Leucate

a) Description

Cette cellule comprend le littoral situé entre les ports du Barcarès et de Leucate, soit une grande partie du littoral de ces deux communes. Le littoral de Leucate n'entrant pas pour le moment dans le cadre du projet, l'étude de cette cellule se concentrera sur la partie située sur

le littoral de Le Barcarès, à l'exception des données sur les barres issues de Certain (2002) qui n'existent que pour Leucate. La cellule comprend une partie du secteur A, ainsi que les secteurs 1 et 2.

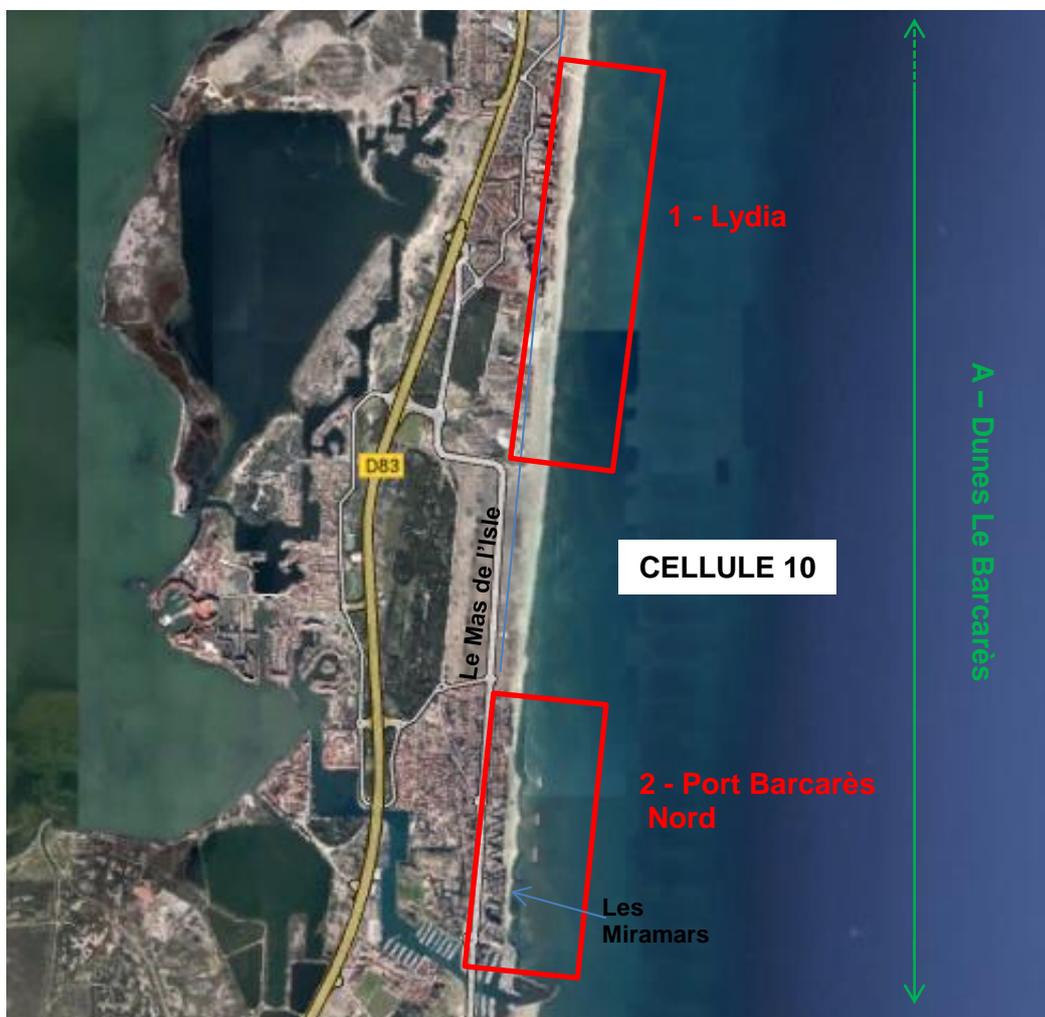


Illustration 60 : Localisation des secteurs A ; 1 et 2 au sein de la cellule 10 (fond Google Earth)

D'après l'AERM&C (2000), les plages de la cellule 10 sont constituées de sable grossier (0,4 à 0,8 mm de diamètre), de graviers et de petits galets mélangés. Les plages présentent une pente fortement inclinée au plus près du rivage, mais qui diminuent 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 (Illustration 61). L'unité sableuse supérieure (USU) présente des épaisseurs comprises entre 2 et 6 m au niveau de Leucate (Illustration 62).

Zone	Pente moyenne	Nombre de barres	Distance à la côte (m)	Granulométrie (µm)	Epaisseur USU
Leucate	1,47%	2	Barre interne : 100-200 Barre externe : 350-450	350-630	5 m max, 1,5 m à 10 m de profondeur

Illustration 61 : Caractéristiques de la morphologie de l'avant-côte à Port Leucate (Certain, 2002)

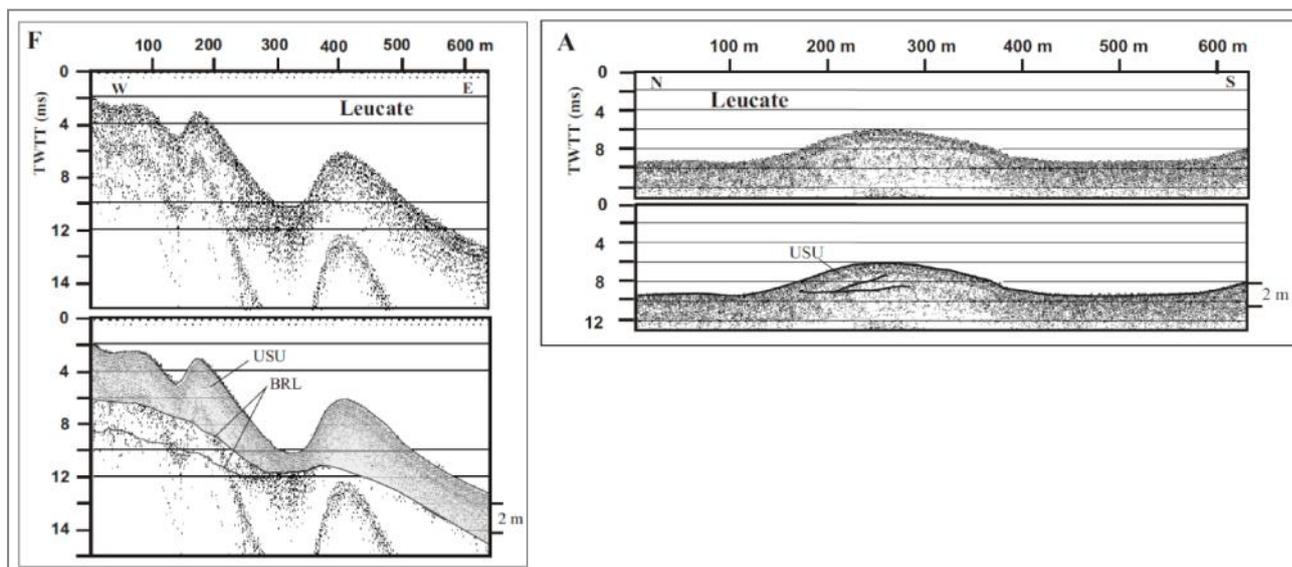


Illustration 62 : Profils sismiques logitudinaux (A) et perpendiculaire (F) au rivage avec interprétation à Leucate (USU : Unité sableuse supérieure ; BRL : couche de beach-rock) (Certain, 2002)

b) Site sensible et problématique locale

La quasi-totalité du littoral de cette cellule est urbanisé, une exception demeure cependant dans le secteur du Mas de l'Isle (entre Port Barcarès et le Lydia) un terrain d'une superficie de 47 ha appartenant au Conservatoire du littoral qui reste relativement protégé.

La commune de Port-Barcarès possède encore une majorité d'ouvrages durs de type brise-lame et ce malgré l'installation de ganivelles depuis quelques années, essentiellement pour reconstituer des dunes et former ainsi une barrière contre la submersion marine (Illustration 63 et Illustration 64). Il est à noter que Le Barcarès est la seule commune de PMCA à avoir construit des brise-lames après 2000. La construction de ces derniers résulte de la présence au nord des premiers brise-lames d'une zone urbanisée particulièrement sensible à l'érosion du fait de la présence de la série d'ouvrage plus au sud. Avec la construction des trois nouveaux brise-lames en 2014, on peut s'attendre à ce que cette zone en érosion se déplace au nord immédiat des ouvrages au niveau du Mas de l'Isle. D'autre part des rechargements sont réalisés sur la cellule depuis au moins 2006 (Illustration 65).

Courant 2010, les plages du Barcarès étaient soumises à des opérations de nettoyage mécanique trois fois par jours entre mi-juin et mi-septembre (EID, 2010 c).

Commune	Lieu-dit	Type d'aménagement	Date	Maîtrise d'ouvrage	Concepteur	Entreprise
Le Barcarès	le Lido	Mise en défense	2005	commune	SMNLR	Horizon Clôtures
Le Barcarès	les Marines	Mise en défense	2009	commune	SMNLR	ONF 66

Illustration 63 : Inventaire des aménagements doux sur la cellule 10 (EID, 2010 a)

Type	Date de construction	Travaux de réfection	Description	Remarque
Barcarès (du Sud vers le Nord)				
Digue Sud du port	1955	1968, allongement pour créer l'avant-port de plaisance	Digue courbe de 250 m en enrochements	
Digue Nord du port	1955	1968, allongement pour créer l'avant-port de plaisance	Digue d'un peu moins de 200 m en enrochements	
Défense frontale	1973	-	réalisé sur 140 m en enrochement et enraciné sur la jetée Nord du port	
Epi	1973	-	Ouvrage en enrochement de 100 m	Peu efficace pour lutter contre l'érosion
Epi	1973	-	Ouvrage en enrochement de 100 m	inefficace
Brise-lame	1994	-	Ouvrage en enrochement de 85 m	environ 50 m d'accrétion entre 1992 et 2008
Brise-lame	1994	-	Ouvrage en enrochement de 85 m	
Brise-lame	1994	-	Ouvrage en enrochement de 85 m	
Projet : 3 brise-lames	2014	-	Au Nord de ceux déjà existants	Fini
Projet : Tube géotextile	2009	-	Devant le Lydia	Pas réalisé
Projet : épi latéral	2009	-	30 m, au droit de la jetée Nord du port	Pas réalisé

Illustration 64 : Inventaire des ouvrages durs présent sur la cellule 10 (d'après Barneoud, 2009 et Artelia, 2011)

Années	Zones d'extraction	Volume (m ³)	Zone de rechargement
Barcarès			
2006	port	12000	Miramars
2006	port	12000	Miramars
2010	Agly	5000	Miramars
2010	Agly	10000	Plage du Lido
2008	Agly	5000	Plage du Lido
2008	passé Barcarès	3000	Le Lydia
2008	passé Barcarès	3000	Le Lydia
2010	Agly	30000	Le Lydia
2011	-	12400	Brise-lames centres et Nord et secteur Nord non protégé
2012	-	5800	Secteur Nord non protégé
2013	-	8400	Secteur Nord non protégé

Illustration 65 : Inventaire des rechargements sur le Barcarès (Raynal et Certain, 2011 d'après DREAL-LR, DDTM66, Safege, EID, SDPL et rapport de dragage ; données postérieures à 2010 : communication PMCA)

Le bilan sédimentaire présenté dans le rapport de l'Agence de l'eau et de l'Université de Perpignan de 2000, met en évidence une érosion au nord des jetées du port qui n'a pas été résolue par la construction des épis et brise-lames. L'installation des brise-lames a en revanche eu pour effet de stabiliser le trait de côte au droit des ouvrages, mais également d'amplifier les phénomènes d'érosion entre ces ouvrages.

4.1.2. Cellule 9 : de l'Agly à Port Barcarès

a) Description

Cette cellule s'étend entre l'embouchure de l'Agly et Port-Barcarès et englobe les secteurs 3 et 4.



Illustration 66 : Localisation des secteurs 3 et 4 au sein de la cellule 09 (fond Google Earth)

D'après l'AERM&C (2000), la cellule 9 est caractérisée par des plages de sable grossier, 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. L'avant-côte présente des pentes faibles s'amplifiant à l'approche du rivage et deux barres y sont présentes, à 250 et 500 mètres environ.

b) Site sensible et problématique locale

La cellule 9 est très artificialisée du fait de la présence de la station balnéaire du Barcarès, cependant du fait de sa position au sud de la jetée du port, la zone est soumise à une accrétion importante et il n'y donc pas eu d'installation d'ouvrages durs de type épi et brise-lame.

Aucune information sur la présence d'ouvrages doux n'a été recensée. Cette zone est régulièrement utilisée comme source d'extraction pour alimenter la plage au nord du port (Illustration 67). Les seuls ouvrages présents sur cette cellule sont donc la digue de calibrage Nord de l'Agly et la digue Sud du port du Barcarès (Illustration 68).



Illustration 67 : Photographie du monticule de sable formé au Sud du Port du Barcarès

Type	Date de construction	Travaux de réfection	Description	Etat en 2007
Débouché de l'Agly (1)				
Digue de calibrage Nord	1949	-	Ouvrage en enrochement de 60 m	Ensablé et partiellement végétalisé, musoir fortement désorganisé, nombreuses chutes d'enrochements
Barcarès (2)				
Digue Sud du port	1955	1968, allongement pour créer l'avant-port de plaisance	Digue courbe de 250 m en enrochements	

Illustration 68 : Inventaire des ouvrages durs présent sur la cellule 9 (1 : Sogreah, 2007 ; 2 : d'après Barneoud, 2009 et Artelia, 2011)

Le bilan sédimentaire, présenté dans le rapport de l'AE RM&C (2000), met en évidence une zone située au sud de la cellule affectée par de l'érosion et un engraissement au nord le long de la jetée sud du port en amont-transit de l'ouvrage.

4.1.3. Cellule 8 : du Bourdigou à l'Agly

a) Description

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

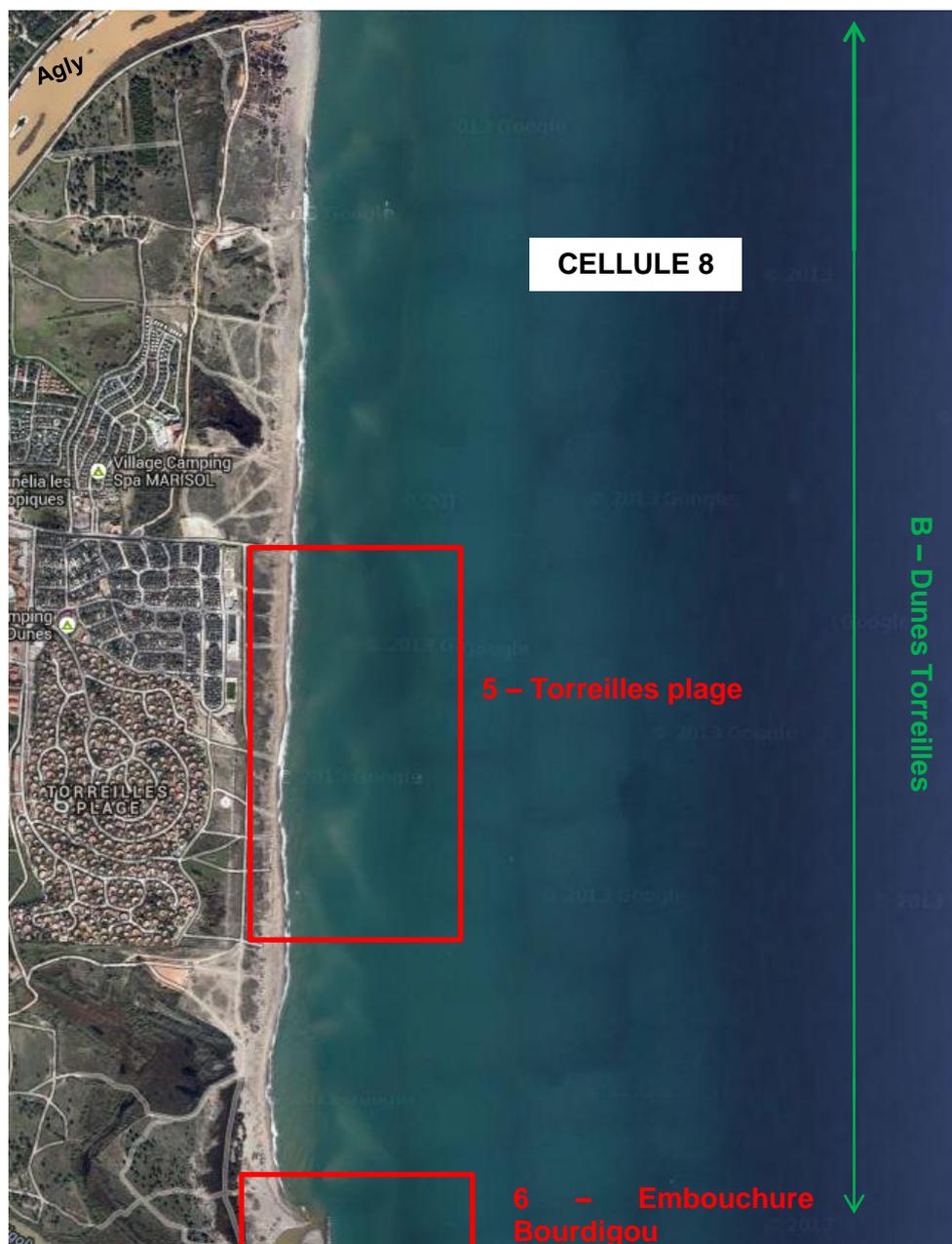


Illustration 69 : Localisation des secteurs 4, 5 et 6 au sein de la cellule 8 (fond Google Earth)

D'après l'AE RM&C (2000), les plages de la cellule sont caractérisées par un sable grossier 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 et 300 m pour les deux premières et à environ 500 m pour la barre externe.

b) Site sensible et problématique locale

Cette cellule peu urbanisée correspond à une « coupure » au sens de la Mission Racine, seuls sont présents au niveau de Torrelles le « Village des sables » (résidence pavillonnaire) et des campings situés à plus de cent mètres en arrière du haut de plage.

Aucune information sur des rechargements n'a été recensée. Les digues calibrant le Bourdigou et l'Agly sont les seuls ouvrages durs présents, la commune de Torreilles ayant privilégié l'installation de ganivelles pour conserver l'aspect naturel du site (Illustration 70 et Illustration 71).

Courant 2010 les plages de Torreilles étaient soumises à des opérations de nettoyage mécanique deux à trois fois par semaine et tous les jours du 15 avril au 15 septembre (EID, 2010 c).

Commune	Lieu-dit	Type d'aménagement	Date	Maîtrise d'ouvrage	Concepteur	Entreprise
Torreilles	Ribère	Maillage de ganivelles	1998	commune	SMNLR	Commune
Torreilles	Torreilles-plage	Mise en défense	2009	PMCA	PMCA	PMCA
Torreilles	Torreilles-plage	Maillage de ganivelles	2009	PMCA	PMCA	PMCA

Illustration 70 : Inventaire des aménagements doux sur la cellule 8 (EID, 2010 a)

Type	Date de construction	Description	Etat en 2007
Débouché du Bourdigou			
Epi Nord	1977	Ouvrage en enrochement de 80 m	Bon état général
Débouché de l'Agly			
Digue de calibrage Sud	1948	Ouvrage en enrochement de 110 m	Ensablé et partiellement végétalisé, musoir fortement désorganisé, nombreuses chutes d'enrochements

Illustration 71 : Inventaire des ouvrages durs présent sur la cellule 8 (Sogreah, 2007)

L'évolution du trait de côte par secteur entre 1980 et 2004 réalisée par Sogreah de 2007 (Illustration 72), permet de faire les observations suivantes :

- à l'inverse de la berge sud du Bourdigou en érosion, la berge nord présente un taux d'accrétion de 0,5 m/an entre 1980 et 2004 ;
- le littoral de Torreilles présente une érosion relativement constante au cours de la période de 1980 à 2004 d'environ -0,7 m/an ;
- le secteur situé au sud de l'Agly présente le taux d'érosion le plus fort de la cellule sur la période de 1980 à 1992, cependant la tendance s'inverse sur la période de 1992 à 2004 où le bilan est à l'accrétion.

Zone	1980 à 1992		1992 à 2004		1980 à 2004	
	Evolution (m)	Taux annuel (m/an)	Evolution (m)	Taux annuel (m/an)	Evolution (m)	Taux annuel (m/an)
Nord du débouché du Bourdigou	19	1.5	-6	-0.5	12	0.5
Littoral de Torreilles plage	-10	-0.8	-6	-0.5	-16	-0.7
Littoral au Sud de l'Agly	-14	-1.2	4	0.4	-10	-0.4

Illustration 72 : Evolution du trait de cote de la cellule 8 secteur par secteur sur la période de 1980 à 2004 (Sogreah, 2007)

4.1.4. Cellule 7 : du Port de Canet à l'embouchure du Bourdigou

a) Description

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



Illustration 73 : Localisation des secteurs 7, 8 et 9 au sein de la cellule 7 (Fond Google Earth)

Le littoral de cette cellule est caractérisé par un sable grossier (diamètre moyen supérieur à 0,8 mm) et des plages de faible largeur qui s'élargissent à l'approche de l'embouchure du Bourdigou (Agence de l'eau et Université de Perpignan, 2000). L'avant côte de la cellule 7 présente deux à trois barres et des pentes faibles (Illustration 74). L'USU présente une épaisseur comprise entre 1 et 4 m (Illustration 75 et Illustration 76).

Zone	Pente moyenne	Nombre de barres	Distance à la cote (m)	Granulométrie (μm)	Epaisseur USU
Canet-en-Roussillon	1.37%	2	Barre interne : 100 Barre externe : 300	200-390	3 m environ pour 10 m de fond inférieur à 50 cm
Sainte-Marie	1,50%	2 à 3	Barre interne : 100 Barre intermédiaire : 200-300 Barre externe : 500	260-1500	3,5 max, minimum d'épaisseur à environ 6 m de profondeur

Illustration 74 : Caractéristiques de la morphologie de l'avant-côte de la cellule 7 (Certain, 2002)

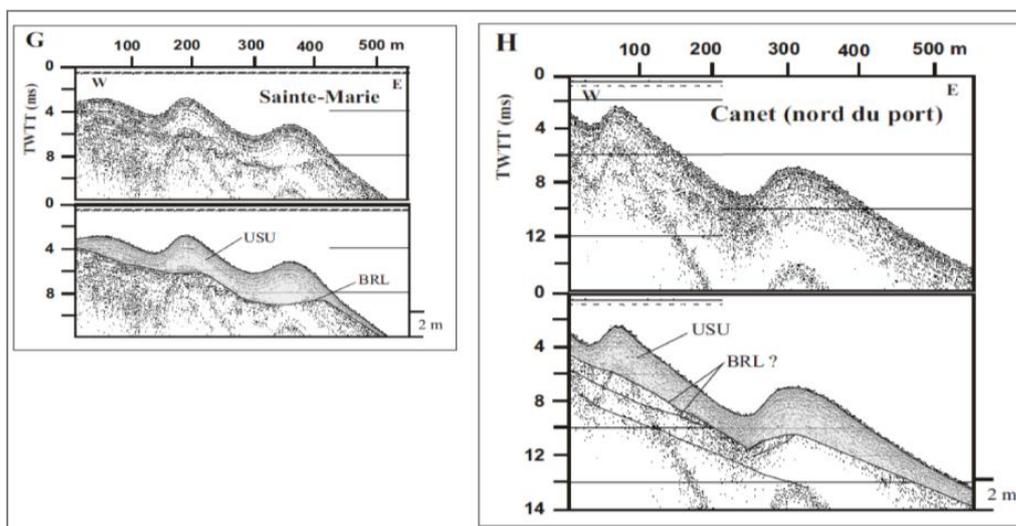


Illustration 75 : Profils sismiques perpendiculaires au rivage avec interprétation à Canet (nord du port) et à Sainte-Marie (USU : Unité sableuse supérieure ; BRL : couche de beach-rock) (Certain, 2002)

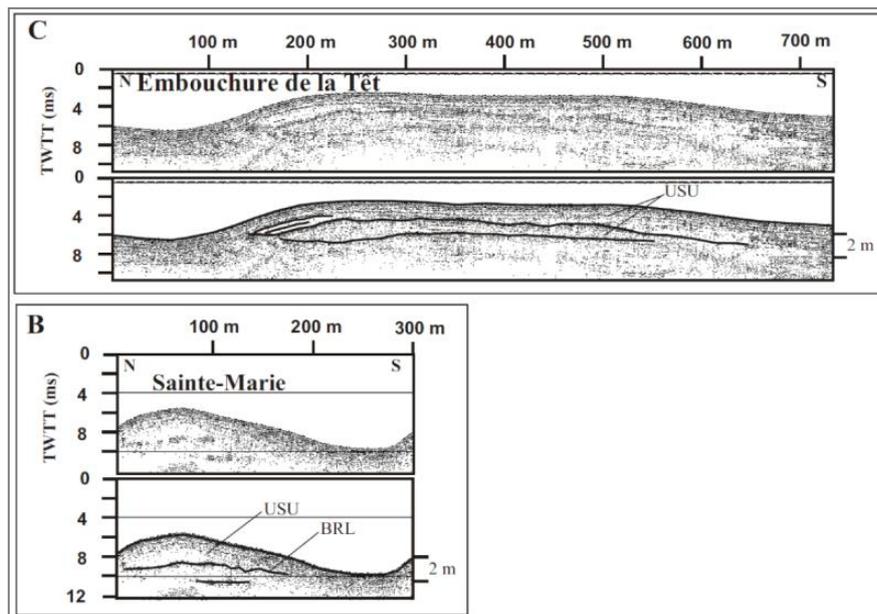


Illustration 76 : Profils sismiques logitudinaux au rivage avec interprétation à l'embouchure de la Têt et de Sainte-Marie (USU : Unité sableuse supérieure ; BRL : couche de beach-rock) (Certain, 2002)

b) Site sensible et problématique locale

La cellule sédimentaire présente plusieurs niveaux d'anthropisation. La zone située du Port de Canet à la Têt est faiblement artificialisée, mais elle présente cependant des enjeux importants du fait de la forte fréquentation. Le littoral de la commune de Sainte-Marie est très urbanisé et fréquenté. Le secteur nommé « La Crouste » compris entre l'embouchure de la Têt et le Port de Sainte-Marie est situé en avant d'une propriété privée et est donc particulièrement bien protégé, ce qui lui a permis de conserver son caractère naturel. C'est également le cas de l'extrême nord de la cellule sédimentaire au niveau de l'embouchure du Bourdigou.

Pendant son développement, la commune de Canet a privilégié l'utilisation d'ouvrages doux (principalement des ganivelles) (Illustration 77 et Illustration 78) à l'inverse de Sainte-Marie qui du fait d'enjeux plus importants immédiatement en contact avec les zones en recul s'est tournée vers des installations dures de types épi puis brise-lame.

Les rechargements effectués au nord du port de Canet entre 2005 et 2007 correspondent probablement à un dragage annuel de la passe d'entrée du port (Illustration 79). Les rechargements sur la commune de Sainte-Marie sont de deux types. Ceux pour lesquels la zone d'extraction est située dans la passe du port et qui correspondent comme pour Canet aux dragages de l'entrée du port, et ceux pour lesquels la zone d'extraction est située au sud du port pour une zone de rechargement au nord. Ces derniers cas s'apparentent à un maintien partiel et artificiel du transit sédimentaire bloqué par les jetées du port.

Courant 2010 les plages de Canet-en-Roussillon étaient soumises à des opérations de nettoyage mécanique trois fois par semaine de mai à fin septembre, et celles de Sainte-Marie tous les jours du 15 juin au 15 septembre (EID, 2010 c).

Commune	Lieu-dit	Type d'aménagement	Date	Maîtrise d'ouvrage	Concepteur	Entreprise
Canet	plage nord	Mise en défense	2008	commune	EID	Serpe, ONF 66
Canet	plage nord	Maillage de ganivelles	2008	commune	EID	Serpe
Canet	plage nord	paillage	2008	commune	EID	Serpe
Canet	plage nord	apport sableux	2008	commune	EID	TDA
Canet	sud de la Têt	Mise en défense	2005	camping Brasilia	camping Brasilia	camping Brasilia

Illustration 77 : Inventaire des aménagements doux sur la cellule 7 (EID, 2010 a)

Type	Date de construction	Travaux de réfection	Description	Remarque
Canet-en-Roussillon (du Sud vers le Nord) (1)				
Eperon (sur digue Sud)	1968	-	110 m de long en enrochements	port de plaisance
Digue Sud	1968	-	400 m de long en enrochements	port de plaisance
Digue Nord	1968	-	400 m de long en enrochements	port de plaisance
Murs de fond de plage / Talus en enrochements	-	-	-	-
Type	Date de construction	Travaux de réfection	Description	Etat en 2007
Sainte Marie (du Sud vers le Nord) (2)				
Digue sud du port	1973 sur 100 m	1980, allongement de 56 m	Digue à talus en enrochement	Désorganisé avec chute d'enrochement, érodé et ensablé par endroit
Tenon Nord	1973	-	Digue à talus de 40 m en enrochements, prolongé sur l'arrière en protection de la berge du chenal	Bon, quelques chutes d'enrochement en pied de digue
Epi	1970-1971	-	Ouvrage en enrochement de 110 m	Bon, aérations à environ 8 m du musoir sur le talus Sud
Brise Lame	1993-1995	-	Ouvrage en enrochement de 65 m	Bon, quelques chutes et enrochement hors profils
Protection longitudinale de haut de plage	ante 1990	-	Ouvrage en enrochement	
Epi	1970-1971	prolongement en arrière sur 30 m pour réenracinement	Ouvrage en enrochement de 140 m	Bon état de la section courante, légère aération face sud, un enrochement hors profil face nord, musoir désorganisé sur 20 m
Epi	1973	-	Ouvrage en enrochement de 120 m	Bon état général
Brise Lame	1996	-	Ouvrage en enrochement de 65 m	Bon état général
Epi	1973	prolongement en arrière sur 40 m pour réenracinement	Ouvrage en enrochement de 115 m	Nombreuses aérations présente initialement, quelques chutes de blocs

Débouché du Bourdigou (2)				
Epi Sud	1976	-	Ouvrage en enrochement de 190 m	Désorganisation côté mer et en extrémité de l'ouvrage

Illustration 78 : Inventaire des ouvrages durs présent sur la cellule 7 (1 : Sogreah, 2007 ; 2 : Raynal et Certain, 2011)

Années	Zones d'extraction	Volume (m³)	Zone de rechargement	
Canet-en-Roussillon (2)				
2005	-	-	Nord du port	
2006	port	60000	Nord du port	
2006	port	60000	Nord du port	
2007	port	60000	Nord du port	
Sainte-Marie (1)				
1975 - 1980	Passe	12000		
1981 - 1984	Sud de la jetée Sud du port	8000		
	Passe	6000		
1985	Passe et mer	12500	Entre les 2 épis les plus au sud (avant la construction des brise-lames)	
	Passe	4000		
1986	Sud de la jetée Sud du port	4000		
	Plage du port	1500	Entre les 2 épis en position centrale	
1987	Passe	5000		
1988	Passe	500	Entre les 2 épis les plus au sud (avant la construction des brise-lames)	
1989	Passe	4000	Au droit du brise lame nord (avant sa construction)	
	Sud de la jetée Sud du port	4500	Au droit du brise lame nord (avant sa construction) et au nord de l'épi situé le plus au nord	
	Passe	3500	Entre les 2 épis les plus au sud (avant la construction des brise-lames)	
1990 - 1992		-		
1993		900		
1994		-		
1995		5800		
1996		-		
1997		1500		
1998		1700		
1999	Passe et Sud de la jetée Sud du port	-	Au nord de l'épi situé le plus au nord	
2000		4700		
2001		-		
2002		9000		
2003		15500		
2004		6000		
		5200		
2005		-		Entre le brise lame sud et le deuxième épi en partant du sud
2006		2500		Au nord de l'épi situé le plus au nord
2007 (projet)		Sud de la jetée Sud du port		20000

Illustration 79 : Inventaire des rechargements sur la cellule 7 (1 : Sogreah, 2007 ; 2 : Raynal et Certain, 2011 d'après DREAL-LR, DDTM66, Safège, EID, SDPL et rapport de dragage)

L'illustration 80, présente l'évolution du trait de côte par secteur entre 1980 et 2004 d'après une étude de Sogreah de 2007. Elle permet de réaliser les observations suivantes :

- le débouché de la Têt présente une érosion relativement constante de 1980 à 2004 ;

- la zone allant de la digue nord du port de Sainte-Marie à l'épi le plus au nord, était en érosion de 1980 à 1992, tendance qui s'inverse de 1992 à 2004 probablement sous l'effet de l'installation des brise-lames (1993-1995) et du déplacement récurrent de sédiments du sud vers le nord du port ;
- le déplacement de sédiment du sud vers le nord expliquerait également le changement de tendance au sud du port entre une accrétion sur la période de 1980 à 1992 et une certaine stabilité de 1992 à 2004 ;
- le littoral situé au-delà des ouvrages ne possédant aucune forme de protection est quant à lui en érosion constante de 1980 à 2004 ;
- la partie sud du débouché du Bourdigou est relativement stable.

Zone	1980 à 1992		1992 à 2004		1980 à 2004	
	Evolution (m)	Taux annuel (m/an)	Evolution (m)	Taux annuel (m/an)	Evolution (m)	Taux annuel (m/an)
Sud du débouché de la Têt	-19	-1.6	-21	-1.7	-40	-1.7
Débouché de la Têt	-28	-2.4	-29	-2.5	-58	-2.4
Nord du débouché de la Têt	-15	-1.2	-22	-1.8	-37	-1.5
Sud du port de Sainte-Marie	22	1.8	-2	-0.1	20	0.8
Littoral de Sainte-Marie plage entre le port et l'épi Nord	-15	-1.3	12	1	-4	-0.2
Littoral de Sainte-Marie plage au Nord de l'épi jusqu'aux campings	-22	-1.8	-14	-1.1	-36	-1.5
Sud du débouché du Bourdigou	10	0.8	-16	-1.3	-6	-0.2

Illustration 80 : Evolution du trait de côte de la cellule 7 secteur par secteur sur la période de 1980 à 2004 (Sogreah, 2007)

4.1.5. Cellules 6 et 7 : du Port de Canet à St Cyprien

Les cellules 6 et 7 correspondant à la commune de Canet située au sud du port. Elles sont entrecoupées par le grau de l'étang de Canet et englobe le secteur C.

Le sable y étant largement excédentaire (Raynal et Certain, 2011) du fait du blocage sédimentaire opéré par la digue du port, ces cellules ne font pas l'objet d'un suivi de plage.

Les ouvrages concernent la promenade de front de mer de Canet ainsi que les épis du grau. La dune a fait l'objet d'une restauration utilisant l'implantation de ganivelles.



Illustration 81 : Localisation du secteur C au sein de la cellule 6 (fond Google Earth)

4.2. CONDITIONS DE FORCAGE SUR LA PERIODE D'ETUDE

Les campagnes 2013 et 2014 ont eu lieu respectivement en Octobre 2013 et en Avril 2014. Elles encadrent donc la saison hivernale 2013-2014. Les parties suivantes présentent les données disponibles pour caractériser les conditions météo-marines de cette saison.

4.2.1. 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 Languedoc-Roussillon, mises à disposition via le réseau CANDHIS ;
- des données issues des marégraphes de Port-Vendres et Port-La-Nouvelle, mises à disposition via le Réseau REFMAR ;

- des données anémométriques de Leucate, mise à disposition via le site Météociel.com ;
- des données de débits fluviaux de la Têt et de l'Agly issues de la Banque Hydro et propriétés du Service de Prévision des Crues Méditerranée Ouest ;
- des simulations de la marée théorique à Port-Vendres à l'aide du logiciel WXTide.

4.2.2. Conditions météorologiques

La vitesse des vents mesurée à la station de Leucate (Illustration 82) indique l'existence de vents puissants tout au long de l'année. Les vents moyens atteignent régulièrement des vitesses de 60-70 km/h, et les rafales peuvent atteindre près de 140 km/h. C'est le régime de Tramontane qui prédomine avec plus de 55% du temps entre les deux campagnes. Les vents les plus puissants sont les vents de Tramontane et les vents de sud-est (Illustration 83). Les températures de l'air et de l'eau suivent les saisons. La température de l'eau est de l'ordre de 12°C en hiver et atteint jusqu'à 25°C en été. La température de l'air est de l'ordre de 5-6°C en hiver, atteignant 30°C en été.

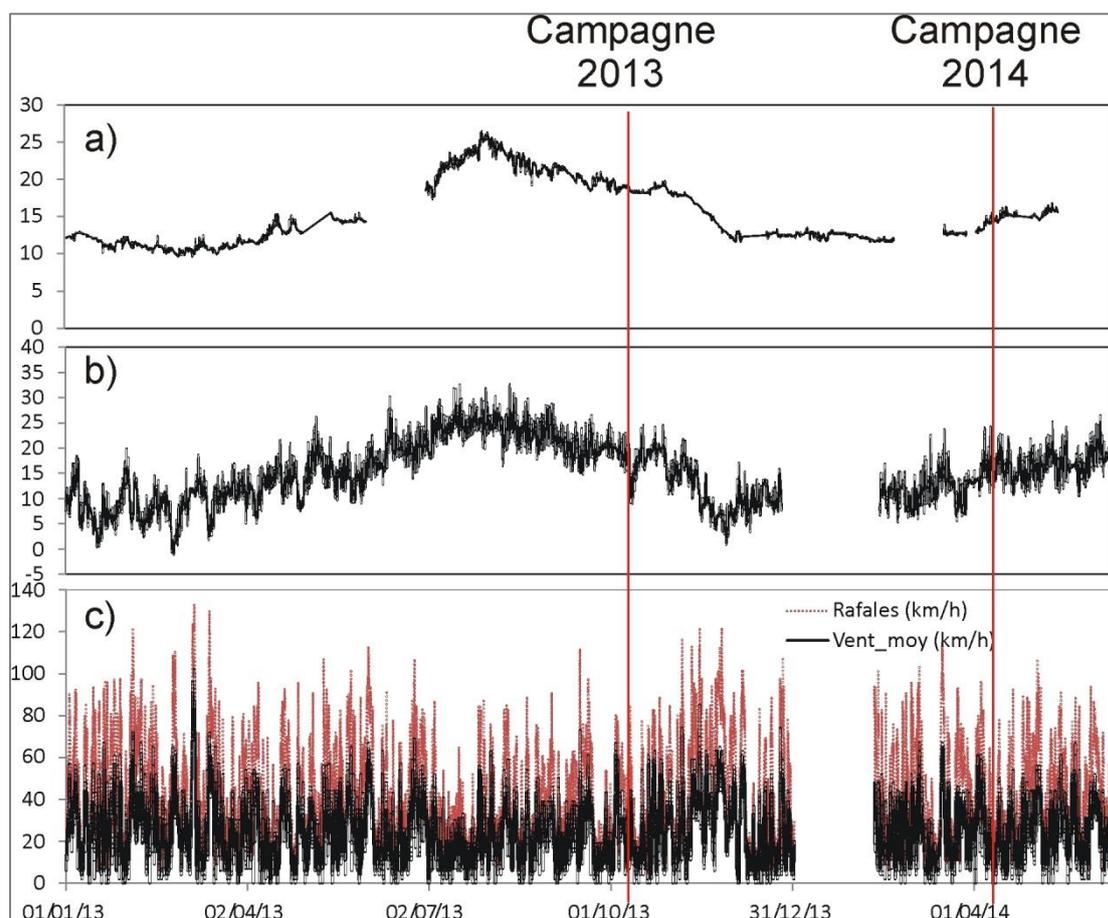


Illustration 82 : Conditions météorologiques du 01/01/2013 au 01/06/2014 : a) Température de l'eau (d°) à la bouée de Leucate; b) Température de l'air (d°) à la station de Leucate ; c) Vitesse du vent (km/h) à la station de Leucate.

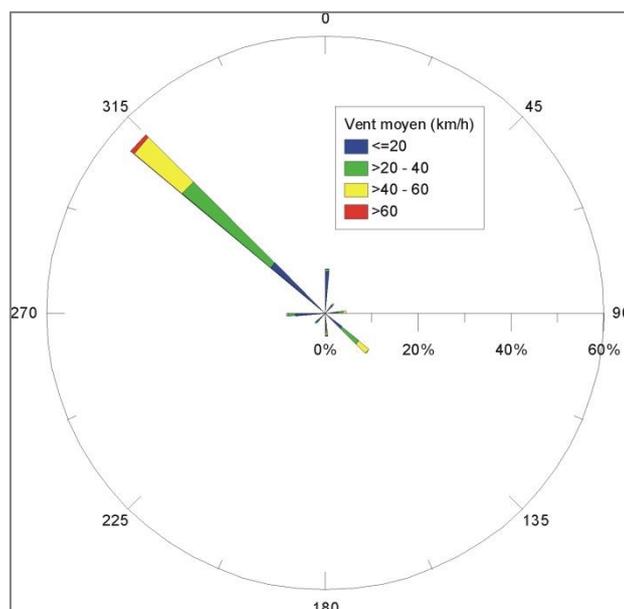


Illustration 83 : Rose des vents à la station de Leucate.

4.2.3. Conditions de houle

L'illustration 84 présente les conditions d'agitation depuis début 2013. Ces conditions sont relativement modérées. A l'exception de la tempête de mars 2013, aucun coup de mer ne dépasse une hauteur significative de 3 m. Lors de la période entre les deux campagnes, la tempête la plus importante est celle du 24 décembre 2013. En provenance du Sud, elle n'a généré que des faibles houles sur le littoral roussillonnais (de l'ordre de 3 m à Leucate et moins de 2 m à Banyuls). A l'exception de quelques coups de mer, la période des vagues reste courte (inférieure à 6 s).

La puissance de la houle est restée faible durant tout l'hiver 2013-2014, la plus grosse tempête du 24 décembre atteignant à peine 20% de la puissance longitudinale dégagée lors de la tempête de mars 2013. Malgré la dominance du régime de Tramontane qui peut engendrer des vagues vers le sud, la puissance longitudinale indique clairement une prédominance de la puissance vers le nord (positive). Cela signifie que la dérive littorale résultante entre les deux campagnes est orientée vers le Nord.

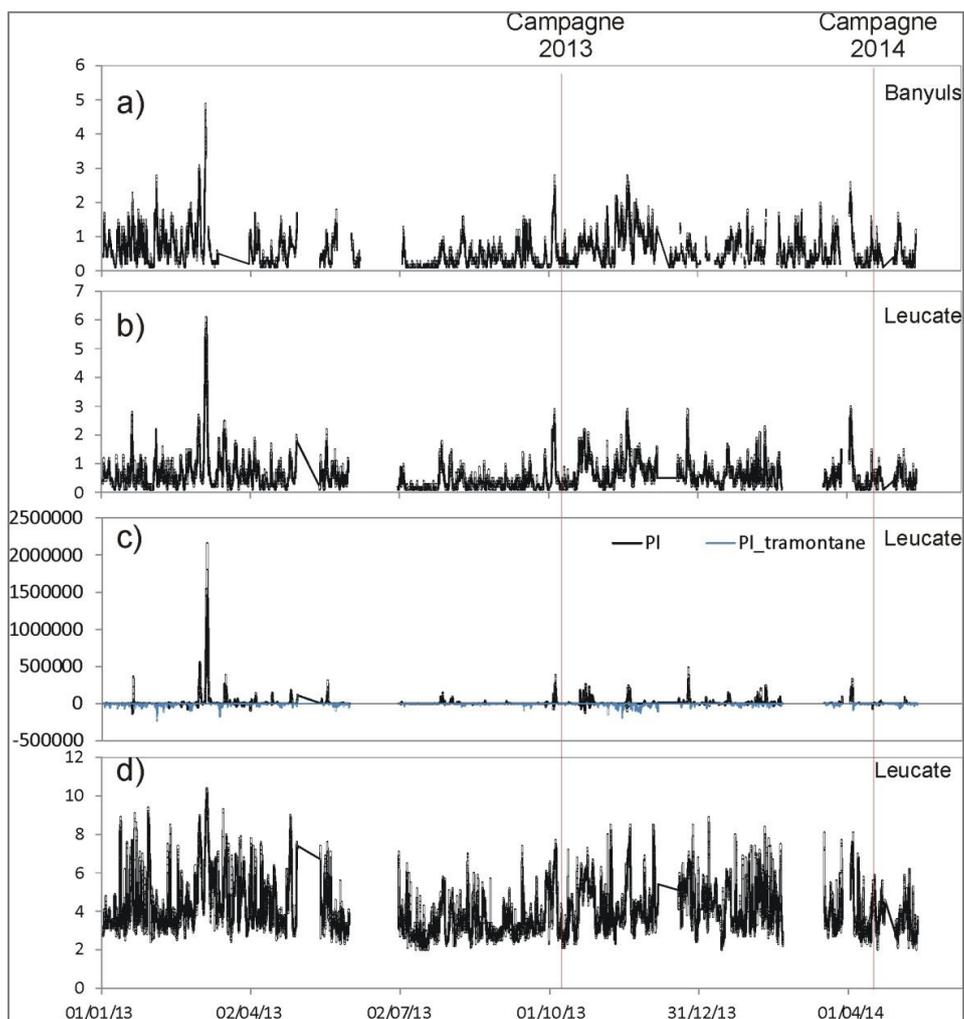


Illustration 84 : Conditions de houle du 01/01/2013 au 01/06/2014 : a) Hauteur significative à Banyuls (m) ; b) Hauteur significative à Leucate (m) ; c) Puissance longitudinale de la houle ($J.m^{-1}.s^{-1}$, positive vers le nord) et d) période de la houle (s). source : Houlographes de Banyuls et Leucate, DREAL, CANDHIS.

La répartition directionnelle des houles (Illustration 85) confirme la prédominance des conditions du quart sud-est. A Leucate, les houles les plus énergétiques (supérieures à 3 m) proviennent de l'est-sud-est et du sud-sud-est. A Banyuls, les coups de mer proviennent essentiellement de l'est, la zone étant protégée des houles de sud par la côte Vermeille. On note aux deux bouées une forte proportion de houles de nord-ouest (Leucate) et nord (Banyuls). Ces houles sont générées par la Tramontane sur la courte distance qui sépare la côte des houlographes. Elles peuvent induire une circulation dirigée vers le Sud à la côte, mais elles restent toutefois peu énergétiques en raison du faible fetch (Illustration 84)

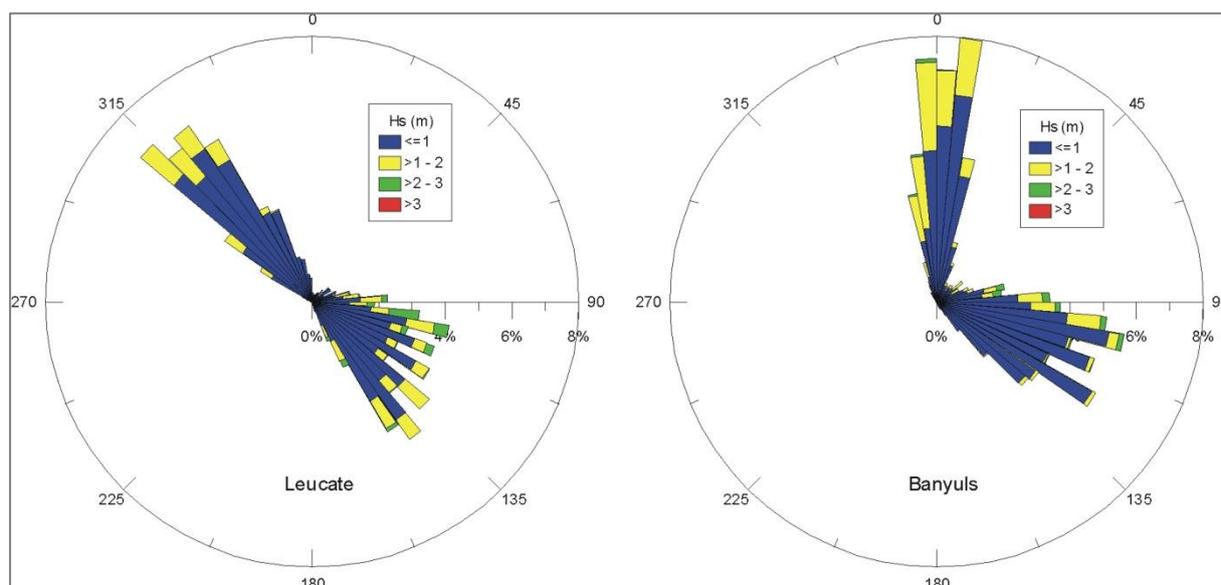


Illustration 85 : Rose des houles à Leucate (gauche) et Banyuls (droite) entre les deux campagnes de mesurent.

4.2.4. Niveaux d'eau

Les données de niveaux d'eau proviennent du marégraphe de Port-Vendres et sont donc utilisées à titre indicatif pour évaluer l'occurrence de niveaux marins élevés pendant la période hivernale 2013-2014 (Illustration 86). Le niveau marin maximal (1.15 m/ZHY, soit 0.76 m NGF) a été atteint lors de la tempête de mars 2013. Lors de l'hiver 2013-2014, le niveau ne dépasse pas 0.9 m/ZH, soit 0.51 m NGF. Afin d'évaluer la surcote, la marée théorique (astronomique) a été calculée à l'aide de WXTide. Le marnage des marées de vives-eaux atteint 40 cm. En retranchant cette marée théorique au niveau marin mesuré, on obtient le niveau de surcote incluant une composante atmosphérique, une composante lié au vent, et une composante liée à la houle. Ce niveaux de surcote était maximum (90 cm) lors de la tempête de mars 2013, mais il ne dépasse pas 60 cm lors des coups de mer de l'hiver 2013-2014.

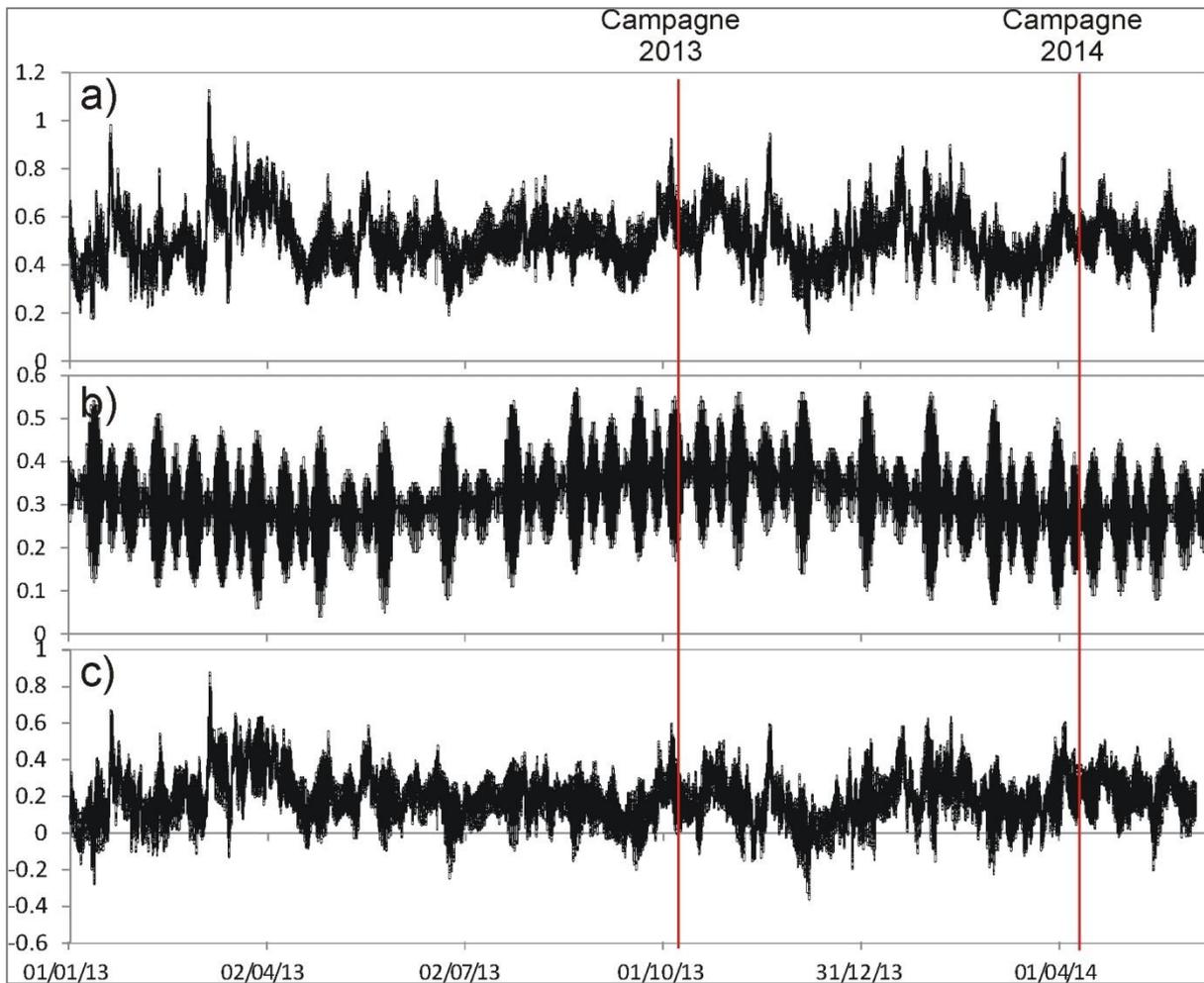


Illustration 86 : Niveaux d'eau au marégraphe de Port-Vendres : a) niveau marin mesuré (m/ZH) ; b) marée théorique (m/ZH) et c) surcote (niveau mesuré moins la marée théorique, en m/ZH). Source du a) : Refmar.

4.2.5. Débits fluviaux

Les crues sur les bassins versants des fleuves du Roussillon peuvent générer un transport sédimentaire (le plus souvent argileux) vers la côte et une surélévation du plan d'eau en cas de concomitances avec une tempête marine.

A l'exception du mois de novembre, les précipitations dans le Roussillon sont restées modérées (moins de 20 mm de cumul par mois, Illustration 87).

En conséquence, les débits de la Têt et de l'Agly sont restés faibles sur toute la période hivernale 2013-2014 (Illustration 88).

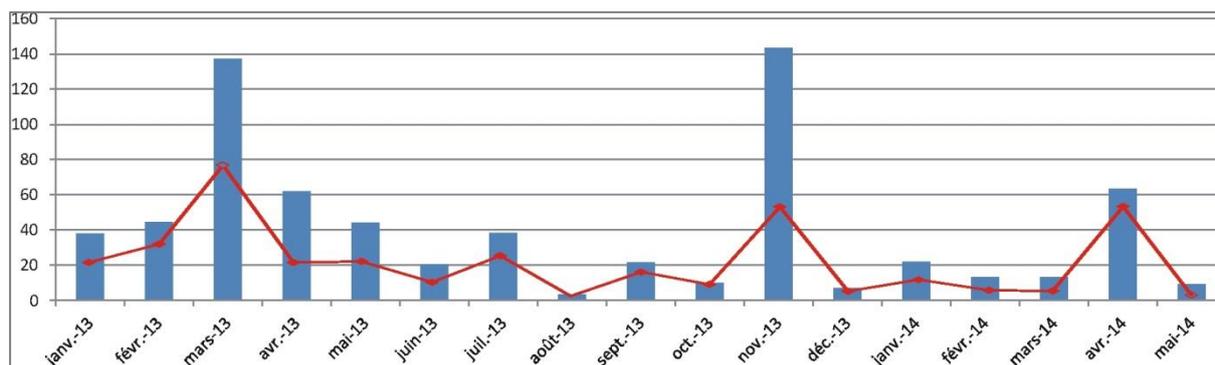


Illustration 87 : Précipitations (mm) à Rivesaltes depuis Janvier 2013 : en bleu cumul mensuel, en rouge maximum sur 24h. Données infoclimat.fr.

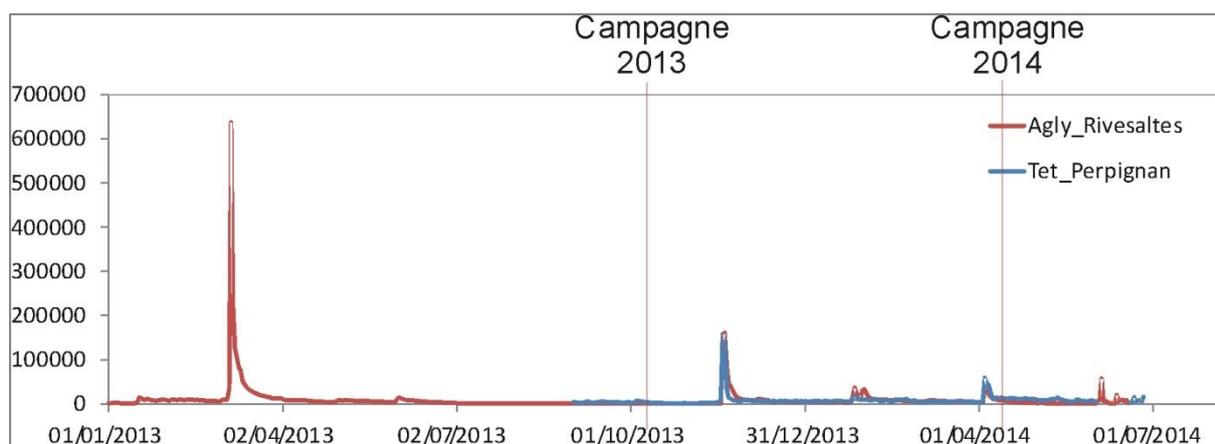


Illustration 88 : Débits journaliers (m3/j) des fleuves Têt (station Perpignan) et Agly (station Rivesaltes) depuis 2013. Données SPC Méditerranée Ouest.

4.2.6. Conclusions sur les conditions de forçage de l'hiver 2013-2014.

Les conditions météorologiques et océanographiques indiquent que l'hiver 2013-2014 a été très modéré. Aucune tempête ne dépasse 3 m de hauteur significative alors que la période de retour annuelle à Leucate est supérieure à 4 m. Ces conditions d'agitation modérées induisent une puissance longitudinale résultante et donc une dérive littorale résultante dirigée vers le Nord.

Le régime de Tramontane est prédominant et souvent caractérisé par des vents forts de nord-ouest, susceptibles de mobiliser le sable de la dune vers la plage ou de la plage vers l'avant-plage.

Les niveaux marins maximaux sont inférieurs à 0.5 m NGF. Etant donné ces faibles valeurs et les hauteurs de vagues modérées, il est peu probable que la mer ait impacté le haut de plage et les cordons dunaires durant l'hiver 2013-2014.

4.3. SECTEUR A : DUNES DU BARCARÈS (JUSQU'À PORT-LEUCATE)

4.3.1. Description morphologique

Initialement seul le secteur du Barcarès devait être concerné par cette étude mais il a finalement été décidé de travailler sur la formation dunaire de l'ensemble de la cellule qui s'étend de Leucate, plus exactement de Port-Leucate jusqu'à Port-Barcarès. Cette partie du littoral du Roussillon est très urbanisée, le cordon dunaire est relativement étroit voire inexistant notamment au nord et au sud.

Seul le secteur du Mas de L'Ille reste préservé (Illustration 89), il occupe à lui seul une superficie de plus de 15 ha. Il s'étend sur un peu plus d'un kilomètre de long et 150 m de large. La dune vive peut atteindre très localement +4 m NGF alors que l'arrière-dune reste à une altitude supérieure à +1.4 m NGF. Sur cet environnement, la crête de dune fait plusieurs dizaines de mètres de large sur toute son étendue.



Illustration 89 : Formation dunaire du « Mas de l'Ille » bénéficiant d'aménagements de protection

Au nord sur la plage du Lydia et au sud du secteur du Mas de l'Ille (portion sud de la plage des trois colonnes), les différents espaces dunaires occupent une superficie de 33.5 ha. Dans la plupart des secteurs, seule la dune vive persiste avec une altitude qui peut atteindre localement +4 m NGF. Cependant leur proximité avec les aménagements urbains a fait disparaître la dune fixée en arrière du cordon et rend ainsi la formation plus vulnérable aux assauts de la mer (Illustration 90).

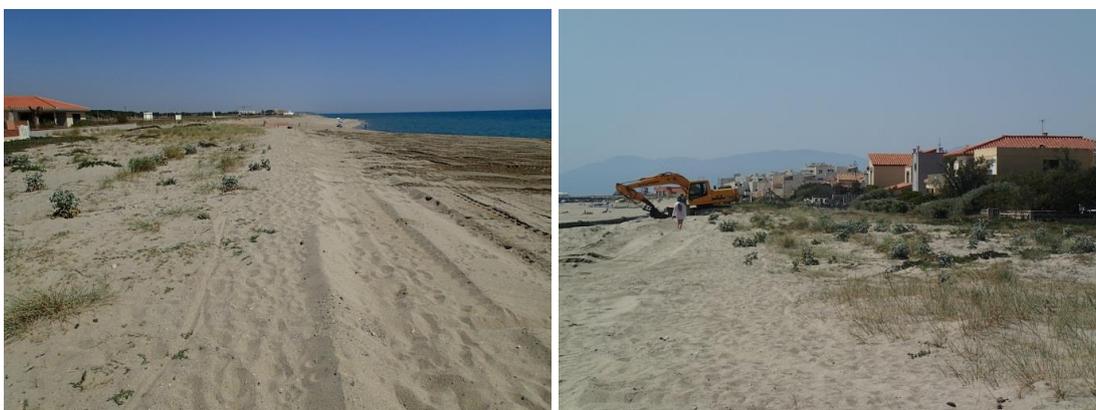


Illustration 90 : Proximité des aménagements urbains avec la formation dunaire

La formation dunaire de la plage du Barcarès semble être particulièrement détériorée avec une dune vive qui n'atteint que très localement une altitude supérieure à + 3 m NGF et des zones en arrière du cordon dont l'altitude est inférieure à + 1m NGF (Illustration 91). Ces caractéristiques géomorphologiques font que cette formation dunaire ne joue plus son rôle de zone tampon entre l'arrière plage et la plage. En effet, compte-tenu de cette faible altitude, le stock sédimentaire présent peut être estimé comme déficitaire comparé aux formations adjacentes. De plus, l'arrière plage dont l'altitude ne dépasse pas +1m NGF peut subir des phénomènes de submersion marine risquant d'asphyxier la végétation présente. Des actions de protections du cordon sont de ce fait indispensables afin d'éviter la disparition totale de cet environnement (Illustration 91).

En 2010, seuls 7 ha de l'espace dunaire (14%) restent au-dessus de la cote +3 m NGF.

4.3.2. Evolution morphologique :

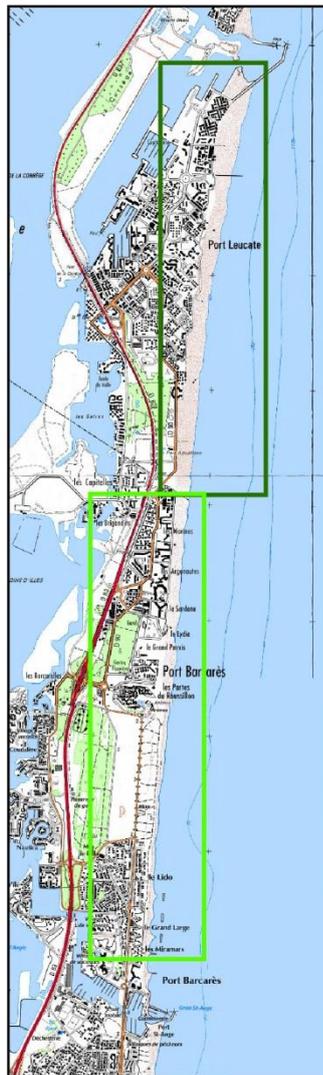
a) Période 2009-2010

Les données de 2009 ne couvrant pas toutes les formations dunaires et notamment celle du Mas de L'Ille, les interprétations ne concernent que 35 ha sur les 48ha au total.

Sur ces 35 ha étudiés, la tendance est plutôt à la stabilité puisqu'environ 90% de la superficie subit des variations altimétriques de moins de 0.25 m. 9% subissent tout de même de l'érosion (perte estimée à 2 500 m³) avec la plage du Barcarès qui semble la moins épargnée (Illustration 92).

Globalement les variations sont comprises entre -0.25 m et -0.50 m (92%) mais peuvent tout de même être supérieures à -0.50 m (7.5%) voire -1 m (0.5%) localement. Il peut y avoir de l'accrétion mais moins de 1% de la superficie totale est concerné dont 97% voit son altitude augmenter entre +0.25 m et +0.50 m. Seuls 3% voit son altitude augmenter de plus de 0.50 m.

Formation dunaire du Barcarès



Topographie Lidar
(ALDES 2010)
m NGF

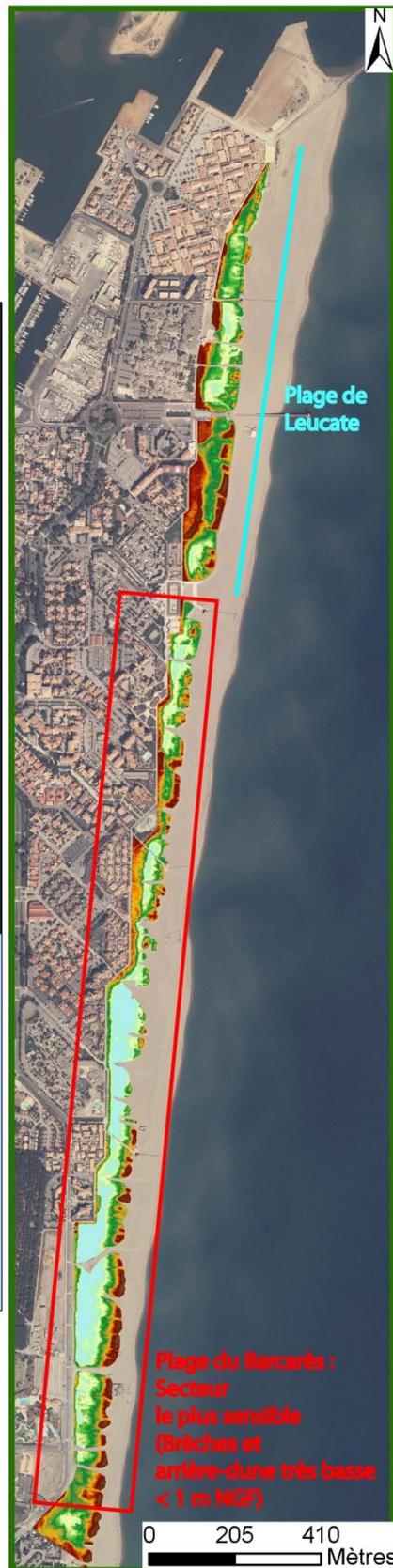


Illustration 91 : Altimétrie de la formation dunaire sur le secteur de Barcarès (données lidar MNT Aldès 2010 – fonds IGN).

Formation dunaire du Barcarès



**Différence
altimétrique
MNT (2010-2009)**

Mètres

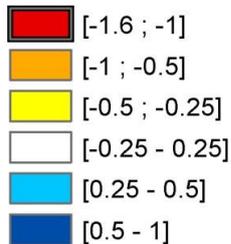


Illustration 92 : Différence altimétrique entre les MNT issus des acquisitions Lidar de 2009 et 2010 (fonds IGN)

b) Période 2010-2011 :

La différence entre les modèles numériques de surface montre des évolutions localisées principalement en arrière du cordon dunaire. La tendance principale est une augmentation de l'altitude (couvert végétal et/ou sédiment) sur près de 53% de la superficie totale soit environ 26 ha (Illustration 93). Sur ces 26 ha, 26% subissent des variations comprises entre +0.25 m et +0.50 m, 50% entre +0.50 m et +1 m et 24% supérieures à +1 m.

La formation dunaire de la plage du Barcarès semble également bénéficier de cette tendance, ce qui relativise l'interprétation faite dans les paragraphes précédents. En effet, l'arrière dune qui présentait une cote altimétrique basse (inférieure à +1 m NGF) voit son altitude augmenter de plus de 1 m entre 2010 et 2011 (Illustration 93). Ces variations importantes interrogent sur les facteurs responsables de ces évolutions.

36% de la surface totale soit environ 17 ha peuvent être considérés comme stables, c'est-à-dire que les variations restent comprises entre -0.25 m et +0.25 m.

Restent les 11% soumis à une baisse d'altitude soit environ 5 ha. Sur cette surface, 39% ont des variations comprises entre -0.25m et -0.50 m, 43% entre -0.50 m et -1 m et 17% supérieures à -1 m.

Le secteur situé entre la moitié nord de la plage du Barcarès et la plage de Leucate est le plus impacté par cette baisse d'altitude principalement en arrière du cordon dunaire mais également le long du cordon.

Formation dunaire du Barcarès



**Différence
altimétrique
MNS (2011-2010)**

Mètres

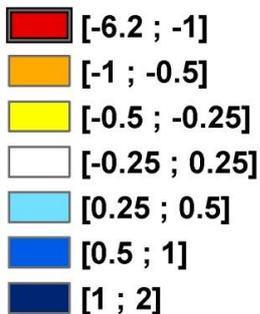


Illustration 93 : Différence altimétrique entre les MNS issus des acquisitions Lidar de 2010 et 2011 (fonds IGN).

4.4. SECTEUR 1 : LE LYDIA

4.4.1. Evolution pluri-décennale

Le trait de côte sur le secteur du Lydia, ne présente pas de comportement continu dans le temps, celui-ci alternant entre des phases d'avancées et de reculs suivant les années et les zones du secteur (Illustration 94). Il est cependant intéressant de noter un gain important de la plage sur la mer en 1992 dans la partie nord du secteur. Cette avancée ne s'observant que dans cette zone, elle a probablement une cause anthropique.

En 2009, le trait de côte présente également une avancée, mais cette fois ci uniquement localisée au niveau du Lydia, cette observation peut être mise en relation avec les rechargements effectués dans cette zone en 2008 (Illustration 65). De manière générale ce secteur ne présente pas de variations réellement importantes depuis 1942 ;, pour exemple, au niveau du Lydia, le tracé de 1942 est quasiment aligné sur celui de 2000 et bien qu'un recul d'environ 20 m soit observé entre 1942 et 2014 sur cette même zone, il suffit de se déplacer de 300 m vers le sud pour que la situation s'inverse avec un gain d'une dizaine de mètres du trait de côte de 2014 par rapport à celui de 1942.

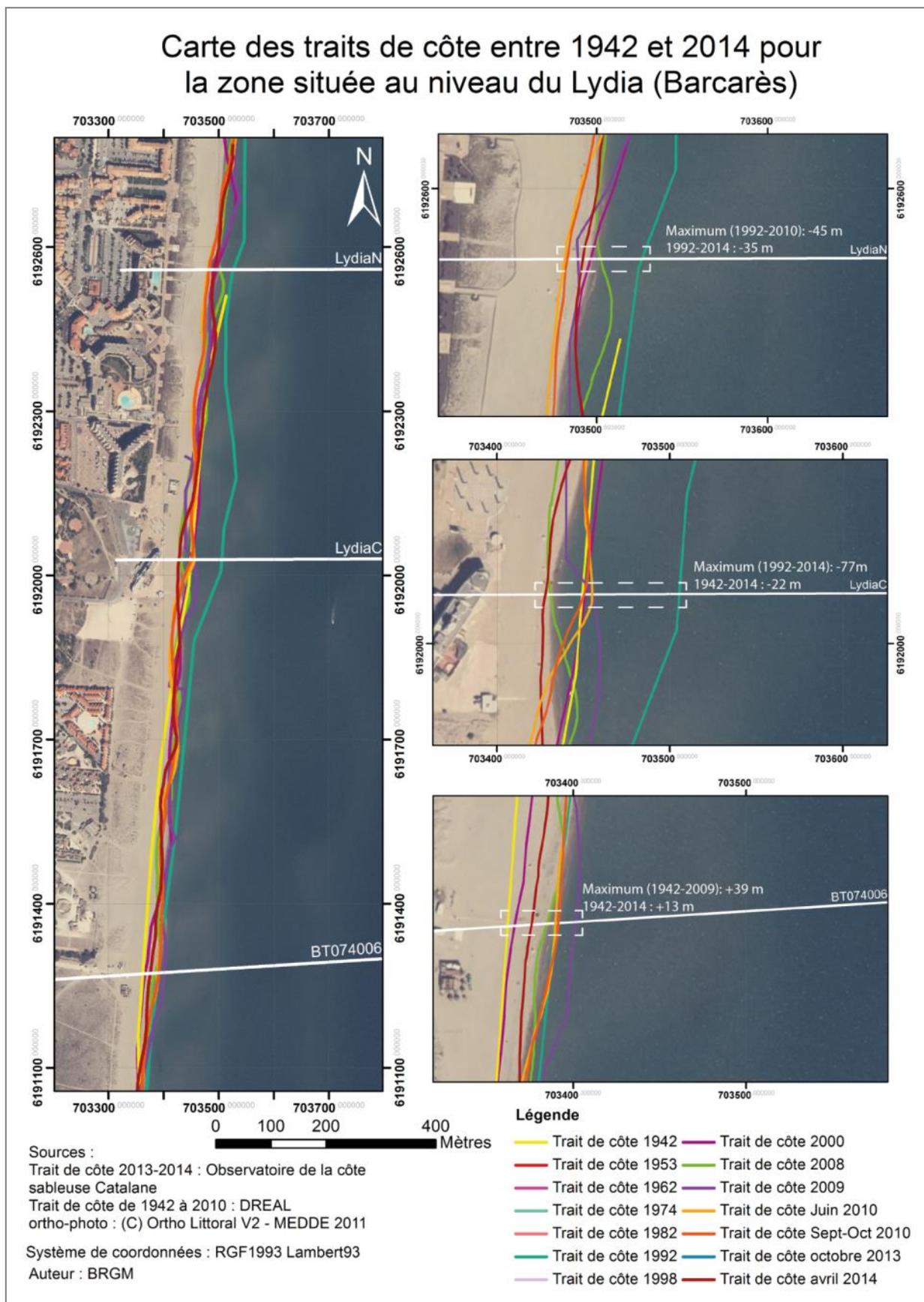


Illustration 94 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°1 -Le Lydia

4.4.2. Evolution interannuelle

La quasi-totalité des profils topo-bathymétriques présentés dans cette partie est accompagnée d'un zoom sur la partie topographique de chaque profil. D'autre part, des comparaisons entre deux profils spécifiques sont présentées en annexe 6. Les cartes d'évolution entre 2009 et 2014 sont présentées en annexe 7.

Le secteur N°1 est caractérisé par des géométries d'avant-côte globalement similaires du nord vers le sud : une barre externe présentant des croissants bien formés et réguliers, espacés d'environ 450 m, une à deux barres internes non continues et perturbées ((Illustration 96 et Illustration 97)). La plage émergée présente une pente quasiment continue ne permettant pas de démarcation franche entre le haut et le bas de plage (Illustration 95, Illustration 98 et Illustration 99). Une exception doit cependant être faite pour les profils de plages situés les plus au sud (Illustration 100) où la berme est bien marquée.



Illustration 95 : Photographie du bas de plage sur le secteur du Lydia

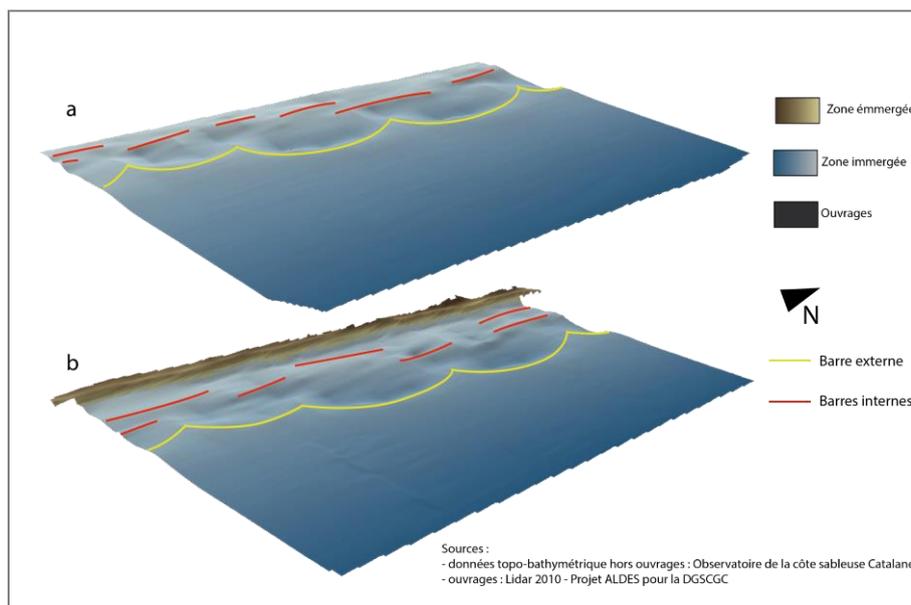


Illustration 96 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°1 - Le Lydia pour les périodes (a) d'octobre 2013 et (b) avril 2014

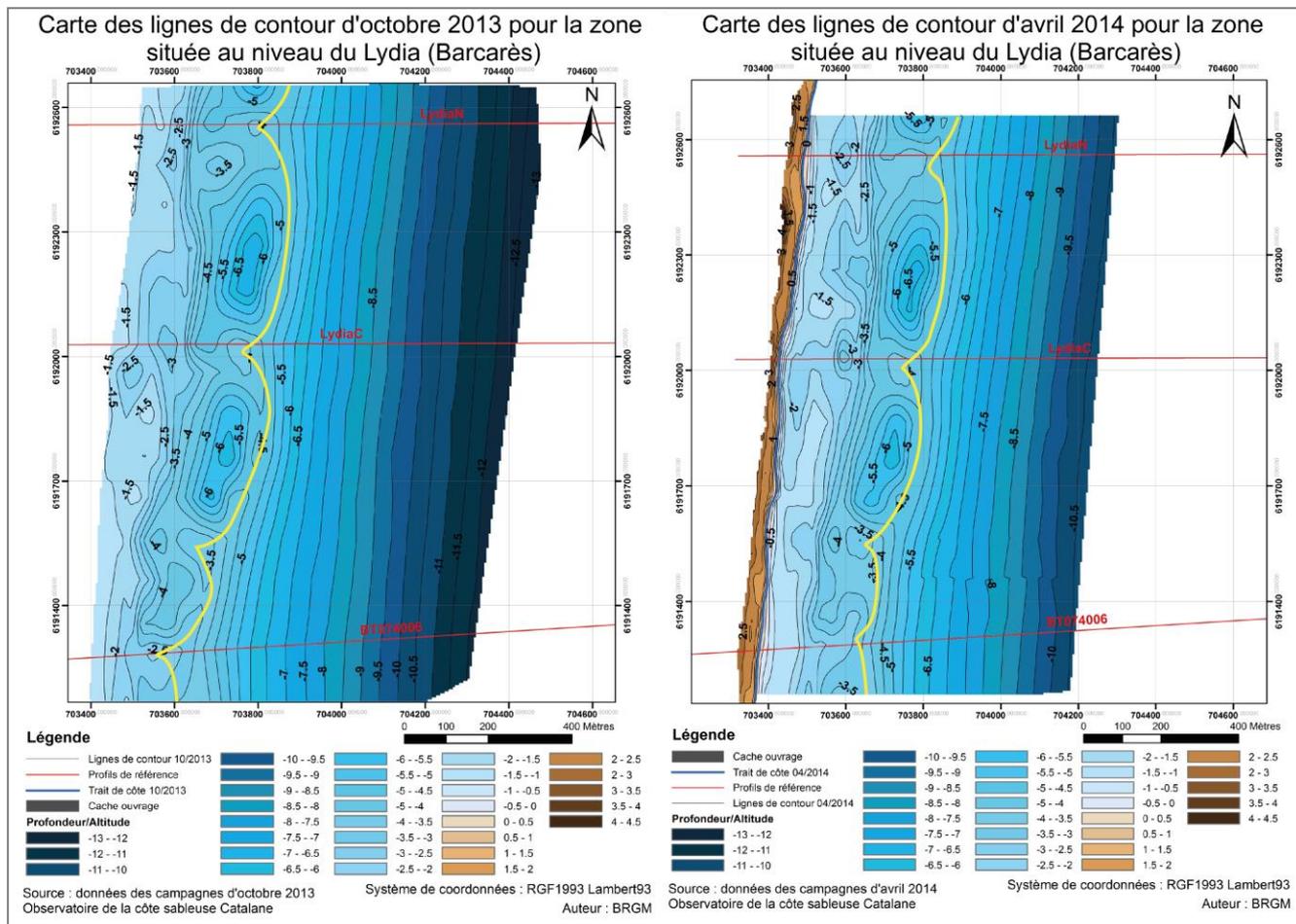


Illustration 97 : Cartes des lignes de contour du secteur N°1 - Le Lydia

Le haut de plage est caractérisé par des profils pouvant être considérés comme stables entre 2009 et 2014 (Illustration 98, Illustration 99 et Illustration 100). Le bas de plage est en revanche beaucoup plus mobile. Deux périodes d'évolutions peuvent être distinguées, une première de 2001 à 2009 caractérisée par une avancée d'environ 25 m de cette partie de la plage et une seconde de 2009 à 2014 présentant un recul constant ramenant presque le niveau de 2014 à celui de 2001. Ces évolutions sont à mettre en relation avec les rechargements annuels réalisés de 2008 à 2010 (cf. ill. 62).

Sur ces profils les barres internes ne présentent pas de comportements ou de géométries constantes dans le temps, elles sont en revanche toujours bien dessinées et visibles. La géométrie de la barre externe quant à elle varie suivant les années du fait de sa migration longshore¹⁷. En effet, dans le cas où le profil est situé sur la partie arrondie du croissant (profils de 2001, 2009 et 2011), la barre externe est bien marquée avec des pentes fortes et est décalée vers le large. En revanche, quand le profil est placé sur la pointe d'un croissant (profils de 2013 et 2014), la barre est plus basse, avec des pentes plus faibles et décalées d'environ 100 m vers la cote par rapport à la situation précédente. La partie du profil située sous les 7 m de profondeur ne présente quant à elle pas de variation dans le temps, ce qui est le cas en condition normale puisque cette zone correspond à la limite d'influence des houles (sauf en cas de très forte tempête).

¹⁷ Longshore : longitudinal, parallèle à la côte.

Le premier élément notable de l'évolution du secteur N°1 entre les campagnes de 2013 et 2014, est une absence de déplacement longshore des barres externes (Illustration 97). L'étude des profils ne présente pas de variations importantes entre le nord et le sud du secteur, de plus aucune observation ne peut être faite sur l'évolution de la partie émergée du secteur du Lydia du fait de l'absence de données topographiques pour la campagne de 2013. En revanche le trait de côte du profil BT074006 (Illustration 100) situé au sud du secteur N°1, recule d'environ 7 m. D'autre part, les profils mettent en évidence la présence d'une barre interne bien formée se déplaçant d'environ 20 m vers le large. La barre externe présente un déplacement crossshore¹⁸ de 20 m vers la côte. Un déplacement de cet ordre peut s'expliquer par une oscillation naturelle de la barre pendant la période considérée.

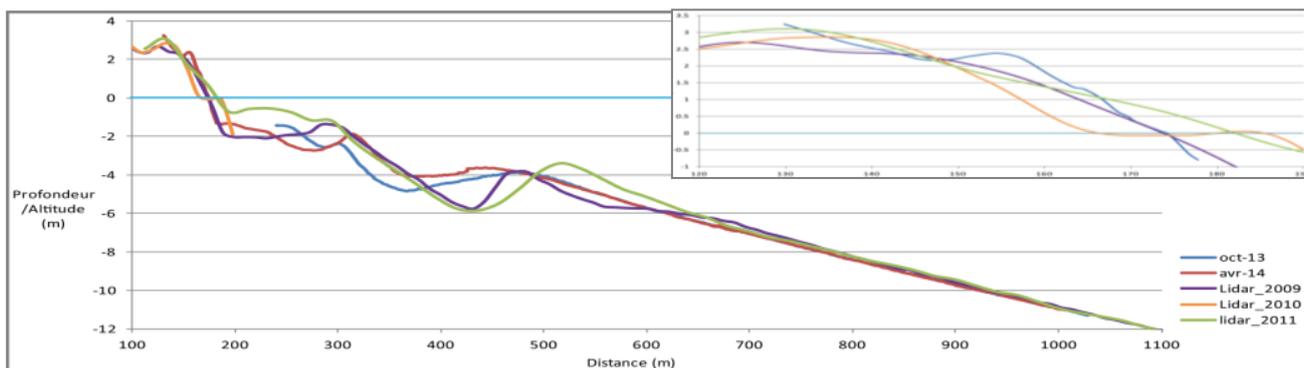


Illustration 98 : Profils LydiaN - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D@ Languedoc-Roussillon 2011)

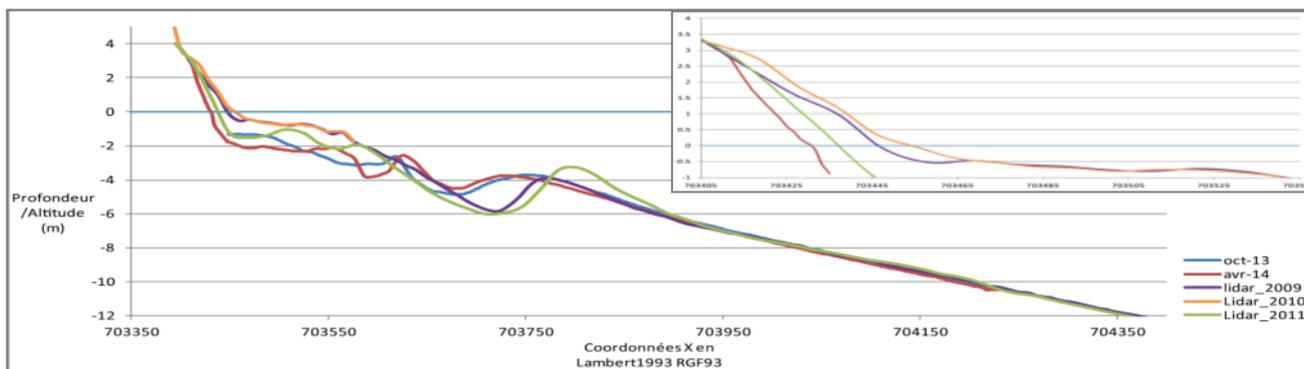


Illustration 99 : Profils LydiaC - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D@ Languedoc-Roussillon 2011)

¹⁸ Crossshore : transversal, perpendiculaire à la côte

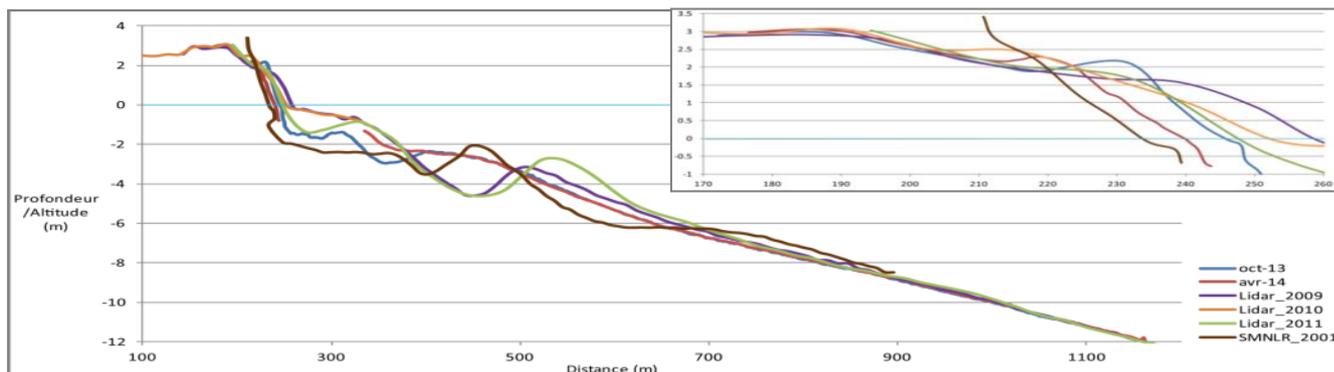


Illustration 100 : Profils BT074006 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 2001 (SMNLR)

L'illustration 101, met en évidence des hauteurs de sédiments déplacés de l'ordre de 20 cm à 1 m, pouvant très localement dépasser le mètre. De manière plus générale, le bilan sédimentaire présenté dans l'illustration 102, est en érosion entre 2009 et 2014 (-201181 m^3 , $\pm 12500 \text{ m}^3$ cf. annexe 6), avec cependant de l'accrétion au niveau de la plage émergée (21776 m^3 , $\pm 170 \text{ m}^3$). Il peut être considéré comme équilibré entre octobre 2013 et avril 2014, avec un gain de 20427 m^3 au niveau de la zone immergée qui équivaut à la marge d'erreur ($\pm 20299 \text{ m}^3$). La différence entre l'évolution du secteur ces derniers mois et celle de ces cinq dernières années est probablement due aux conditions météo marines calme de l'hiver 2013-2014 qui ont limité les départs de sable habituellement observés en hiver, notamment pendant les événements de tempête. Les zones en accrétion et érosion visibles sur l'illustration 101, correspondent essentiellement à un déplacement des barres entre 2013 et 2014, La barre externe migrant très légèrement vers la côte alors que la barre interne s'en éloigne légèrement, tout en prenant de l'amplitude. Ces mouvements n'entraînent à priori pas de variation des stocks sédimentaires, ce qui est compatible avec le bilan sédimentaire.

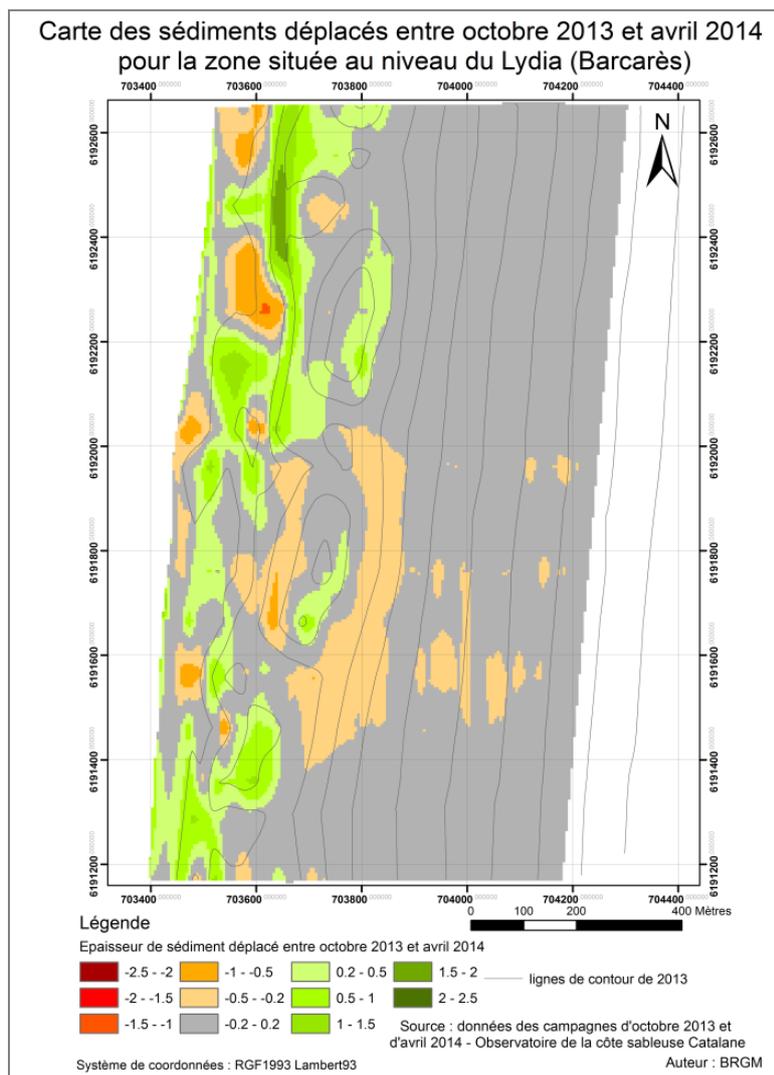


Illustration 101 : Cartes des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 du secteur N°1 -Le Lydia

2009-04/2014						
Zone	Surface (m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Volume déplacé (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
zone complète	1284776	177 658	-378 839	-201 181	556 497	12 500
zone immergée	1186790	139 611	-362 569	-222 957	502 180	12 329
zone émergée	97986	38 047	-16 270	21 776	54 317	170
10/2013-04/2014						
zone complète	1284776	-	-	-	-	-
zone immergée	1186790	119 437	-99 010	20 427	218 448	20 299
zone émergée	97986	-	-	-	-	-

Illustration 102 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°1-Le Lydia

4.4.3. Bilan

A l'échelle pluri décennale, le secteur du Lydia ne présente pas de tendance évolutive marquée mais des alternances de période d'érosion et d'accrétion suivant les zones et les années autour d'un profil d'équilibre. C'est également le cas pour le trait de côte et plus généralement le bas de plage à l'échelle interannuelle, soit de 2009 à 2014. En revanche si sur cette même période de temps est considéré l'ensemble du secteur (plage émergée et avant côte), le bilan devient alors négatif avec plus de 200000 m³ de sable perdu. Sur la période d'octobre 2013 à avril 2014 l'évolution est également différente, puisque le bilan sédimentaire est stable et que de manière générale il y a peu d'évolution dans la géométrie des barres qui présentent des migrations caractéristiques saisonnières.

La stabilité relative du trait de côte à l'échelle pluri-décennale et interannuelle a probablement pour origine les rechargements effectués annuellement sur la plage émergée (cf. ill. 62). Le bilan sédimentaire négatif observé entre 2009 et 2014 est probablement dû à la tempête de mars 2013 dont les impacts sur le stock sédimentaire n'ont pas encore été compensés malgré les apports artificiels répétés. L'équilibre entre les stocks de 2013 et 2014 peut s'expliquer par la période calme en termes de conditions météo marines.

4.5. SECTEUR 2 : PORT BARCARES NORD

4.5.1. Evolution pluri-décennale

Dans le cas du secteur N°2 le comportement du trait de côte n'est pas homogène du fait de la présence de nombreux ouvrages installés à différentes époques sur ce linéaire (Illustration 103). Il est cependant possible d'observer une coupure franche entre le trait de côte de 1942 (soit avant l'installation de tout ouvrage) et les autres plus récents. En effet le trait de côte de 1942 est nettement en avant par rapport aux autres et présente un tracé quasi-linéaire, ce qui n'est plus le cas par la suite. En l'absence de données pour la période se situant entre la construction des digues du port et des épis, il n'est pas possible d'observer l'effet seul de la digue. Cependant le trait de côte de 1992 se situant après la construction des épis montre un recul important de la plage dans la zone urbanisée et un linéaire qui adapte son tracé en fonction des ouvrages. A partir de 1998 le trait de côte tend à se stabiliser au niveau de la zone urbanisée, mais le recul s'amplifie au nord des ouvrages.

Plus précisément les tendances qui peuvent être observées suivants les zones sont les suivantes :

- au nord des trois premiers brise-lames : recul important de 1942 à 2008, puis stabilisation relative, peut être sous l'effet de rechargements répétés. Etant donné l'installation en 2014 de trois nouveaux brise-lames sur cette zone, il est possible de s'attendre à une évolution similaire du trait de côte à celle observée depuis 1994 au niveau des brise-lames plus anciens;
- au niveau des trois premiers brise-lames : recul important jusqu'au tracé de 1992, puis avancée du trait côte vers le large et stabilisation. Depuis les années 2000 le trait de côte au droit des brise-lames a retrouvé le niveau qu'il avait en 1942 et l'a même dépassé durant l'année 2000 ;
- au niveau des épis : l'évolution est similaire à celle au niveau des brise-lames, mais avec un effet plus modéré puisqu'en 2014 le trait de côte est toujours situé à plus d'une trentaine de mètres en arrière de celui de 1942 ;

- au nord immédiat de la digue nord du port : cette zone est de manière générale toujours en érosion, avec une perte de plus de 60 m entre 1942 et 2014.

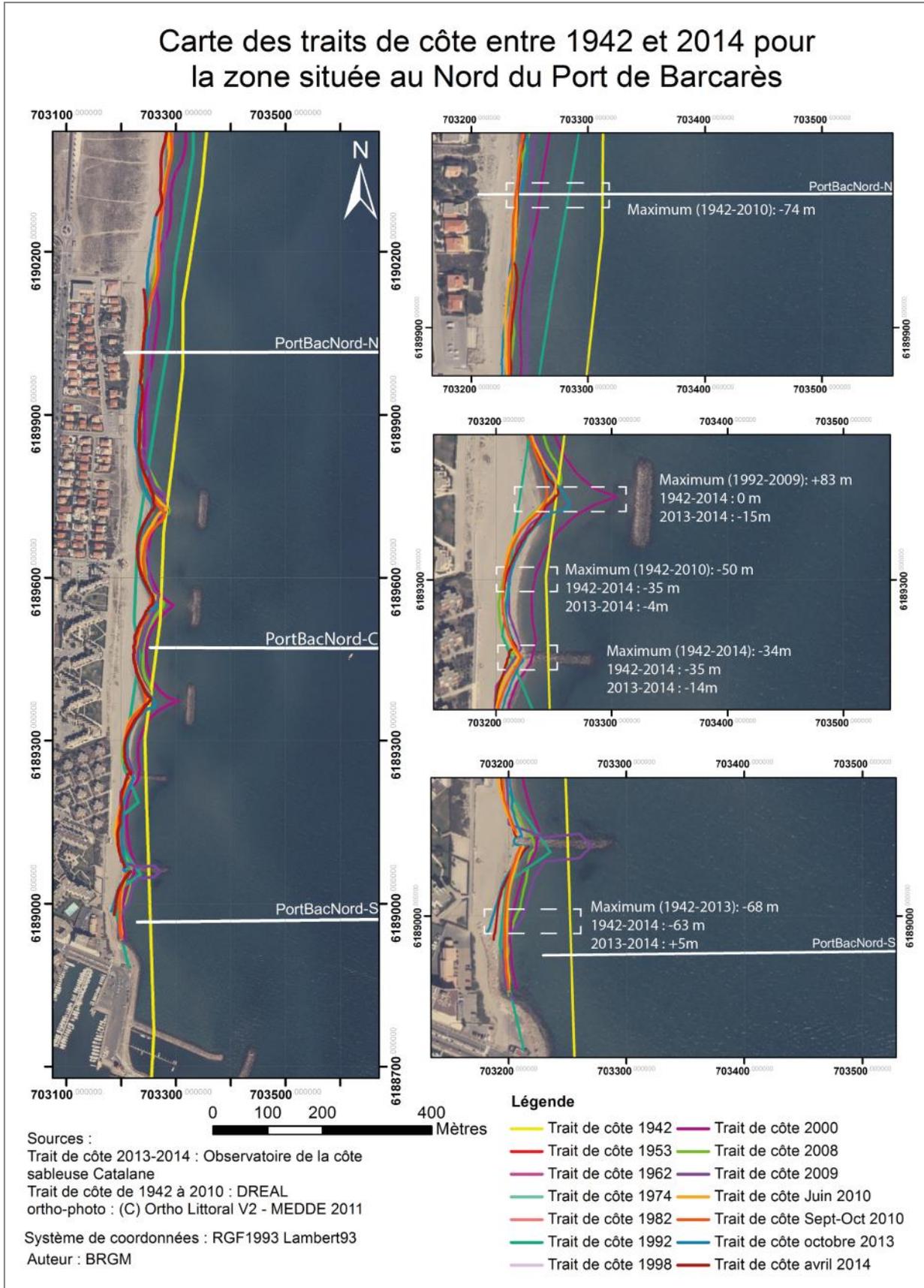


Illustration 103 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°2 - Port Barcarès Nord

4.5.2. Evolution interannuelle

La morphologie du secteur N°2 est dépendante de la présence des nombreux ouvrages durs (Illustration 104 et Illustration 105). De ce fait la barre externe est particulièrement proche de la côte et les pointes des croissants semblent fixées sur les premier et troisième brise-lames. Les barres internes sont quant à elles très désorganisées et disparaissent complètement certaines années. La morphologie de la plage dépend également des ouvrages avec des avancées importantes au contact de ces derniers et à l'inverse un recul entre chaque. Le profil de plage est caractérisé par des pentes douces et des bermes pouvant être très marquées certaines années et disparaître d'autres (Illustration 106, Illustration 107 et Illustration 108).

L'évolution des barres externes entre 2009 et 2014 est similaire au nord (emplacement des nouveaux brise-lames) et au sud (nord immédiat de la digue du port), mais différente au centre du secteur où se situent les anciens brise-lames. En effet la barre externe au nord et au sud présente un déplacement vers le large de 2009 à 2013 de l'ordre de 150 m au nord et de 100 m au sud. De plus, la barre externe est plus large avec des pentes plus douces en 2009 et 2011 qu'en 2013 et 2014. Au centre en revanche, la barre externe migre vers la côte d'une centaine de mètres et conserve une géométrie similaire. Entre 2009 et 2014, les barres internes sont désorganisées sur l'ensemble du secteur, un profil peut présenter jusqu'à deux barres et celles-ci peuvent complètement disparaître certaines années. Au nord et au sud, la plage émergée présente des pentes douces coupées par une pente plus raide dans la partie basse du bas de plage. Bien que cet élément ne soit pas visible sur les profils de 2009 à 2011, il n'est pas assuré qu'il n'existe pas, l'espacement de l'échantillonnage des points lidar pour les profils étant plus espacé que celui des campagnes de 2013 et 2014. Le profil au centre présente en plus des bermes fossiles en arrière. Sur les trois profils un recul du bas de plage est observable entre 2009 et 2013 (de l'ordre de 2 à 4 m), qui est cependant compensé par une avancée de l'ordre de 6 m en 2014 sur le profil central. Le haut de plage peut être considéré comme stable au nord et au centre du secteur, en revanche de l'érosion est clairement observable au sud (environ 1 m entre 2010 et 2013).

Entre les deux campagnes OBSCAT, la barre externe ne présente pas de déplacement longshore (Illustration 105). Elle subit des mouvements crossshore différents suivant les zones du secteur, soit :

- pas de déplacement au nord mais un élargissement de la barre ;
- un déplacement important au centre (environ 40 m) vers la côte ;
- une migration vers le large au sud sur environ 30 m.

Le déplacement de la barre externe est clairement visible sur l'illustration 110, où les bandes en accrétion correspondent à l'emplacement de la barre en 2014 et celles en érosion à son emplacement en 2013.

Une grande bande en érosion est visible au niveau des ouvrages, elle commence au niveau du premier épi et se termine au troisième brise-lame, cette bande est visible sur le profil central (Illustration 107) et correspond à un déplacement vers la côte de la fosse externe. A l'inverse la zone au nord est en accrétion, probablement du fait de l'installation des nouveaux brise-lames. La fosse interne et le bas de plage sont quant à eux en accrétion sur la presque totalité du linéaire avec des hauteurs maximum gagnées de l'ordre de 1 m. Bien que le profil central, présente une érosion sur le haut de plage, la carte des différentiels (Illustration 110) montre que cette zone est relativement stable.

Le bilan sédimentaire sur la période de 2009 à 2014 est négatif avec 203730 m³ de sables en moins (± 8606 m³). La plage émergée est en revanche stable avec -129 m³ de sédiments (± 329 m³). L'évolution de la plage est très probablement due aux nombreux ouvrages durs du secteur qui ont pour effet de fixer cette zone.

Le bilan sédimentaire (Illustration 109) de l'ensemble du secteur entre octobre 2013 et avril 2014, peut être considéré comme équilibré, tout comme celui de la partie immergée. En revanche la zone émergée est en accrétion avec un gain de 3450 m³ (± 457 m³), malgré ce bilan positif la plage présente deux zones en érosion : une première située au centre des épis avec des pertes pouvant atteindre les 1,5 m et une deuxième située en face des nouveaux brise-lames (jusqu'à -1 m) (Illustration 110), il est cependant à noter que cette zone étant en travaux pendant le déroulement de la seconde campagne, l'érosion pourrait simplement venir de travaux de terrassements.

Comme pour le secteur N°1, l'amélioration notable du bilan sédimentaire sur les derniers mois par rapport aux cinq dernières années a probablement pour origine les conditions marines calmes d'hiver 2014.

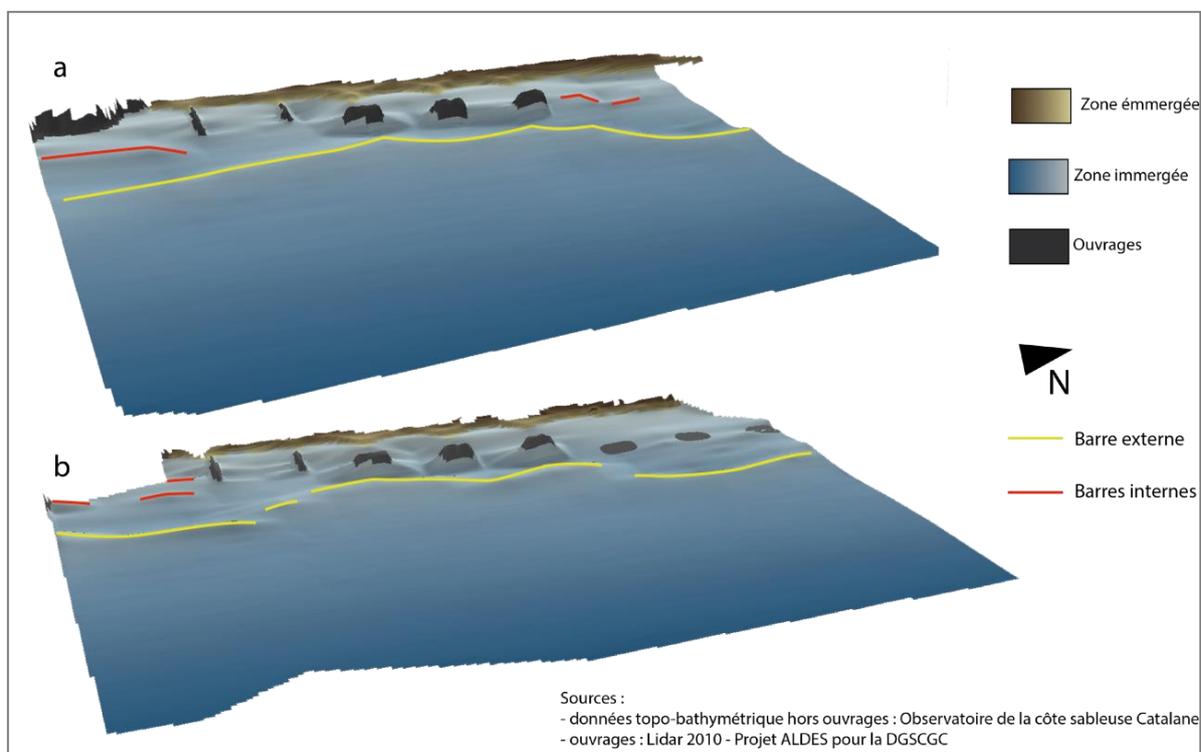


Illustration 104 : Visualisation en trois dimensions du secteur N°2 - Port Barcarès Nord pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014

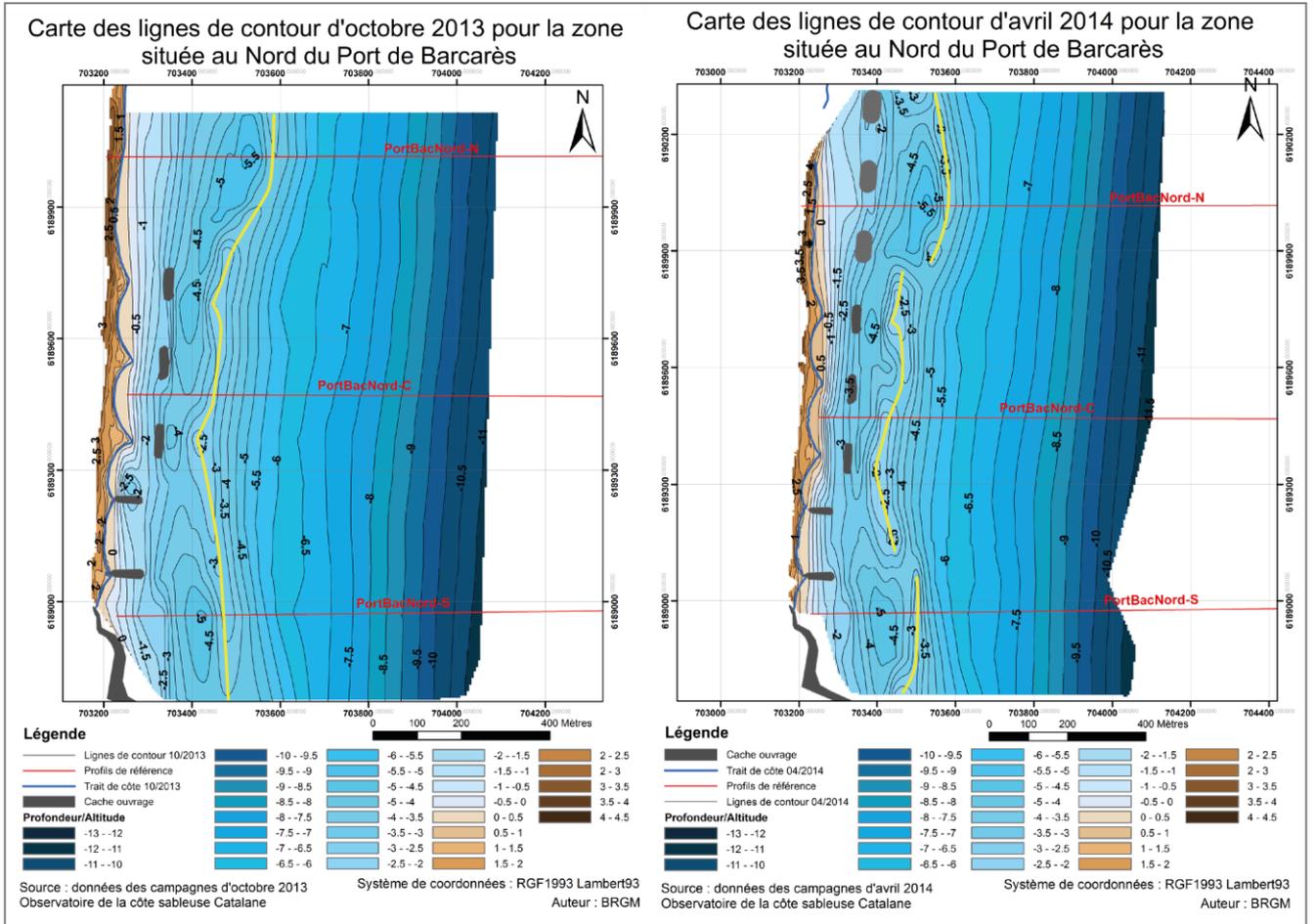


Illustration 105 : Cartes des lignes de contour du secteur N°2 - Port Barcarès Nord

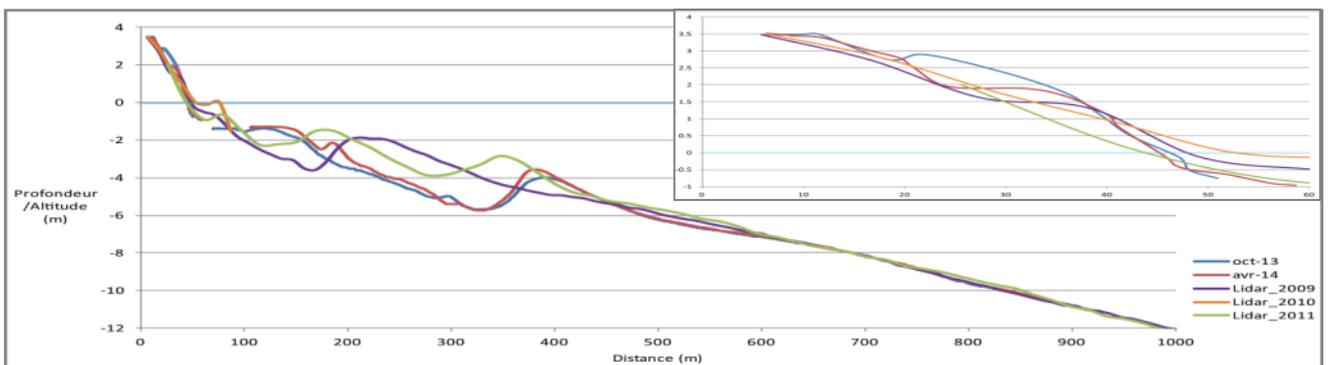


Illustration 106 : Profils PortBacNord-N - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

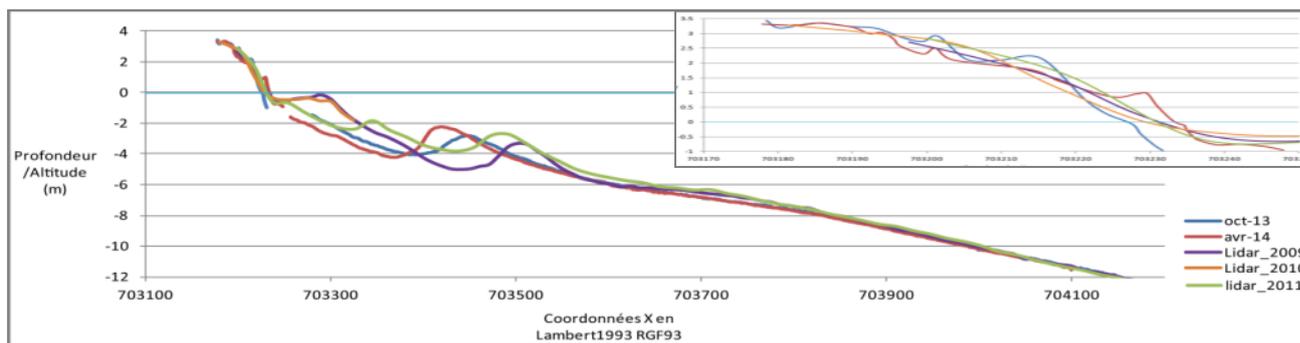


Illustration 107 : Profils PortBacNord-C - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

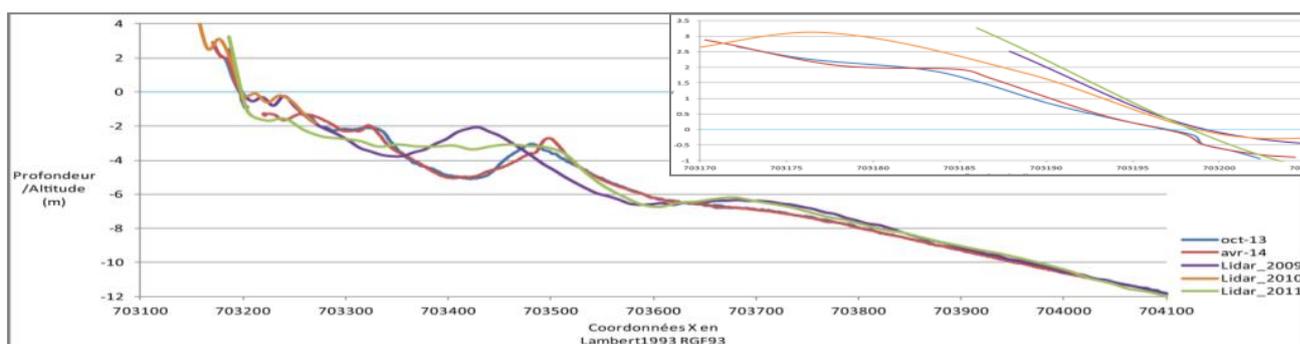


Illustration 108 : Profils PortBacNord-S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

2009-04/2014						
Zone	Surface (m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Volume déplacé (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
zone complète	1138783	200 507	-356 258	-155 750	556765	8606
zone immergée	1105422	194 313	-349 654	-155 341	543967	8278
zone émergée	33298	6 195	-6 604	-409	12798	329
10/2013-04/2014						
zone complète	1138783	85 948	-104 320	-18 373	190 268	33 055
zone immergée	1105422	79 397	-101 552	-22 155	180 949	32 586
zone émergée	33298	6 163	-2 713	3 450	8 876	457

Illustration 109 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°2 - Port Barcarès Nord

Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014
pour le secteur de Port Barcarès Nord

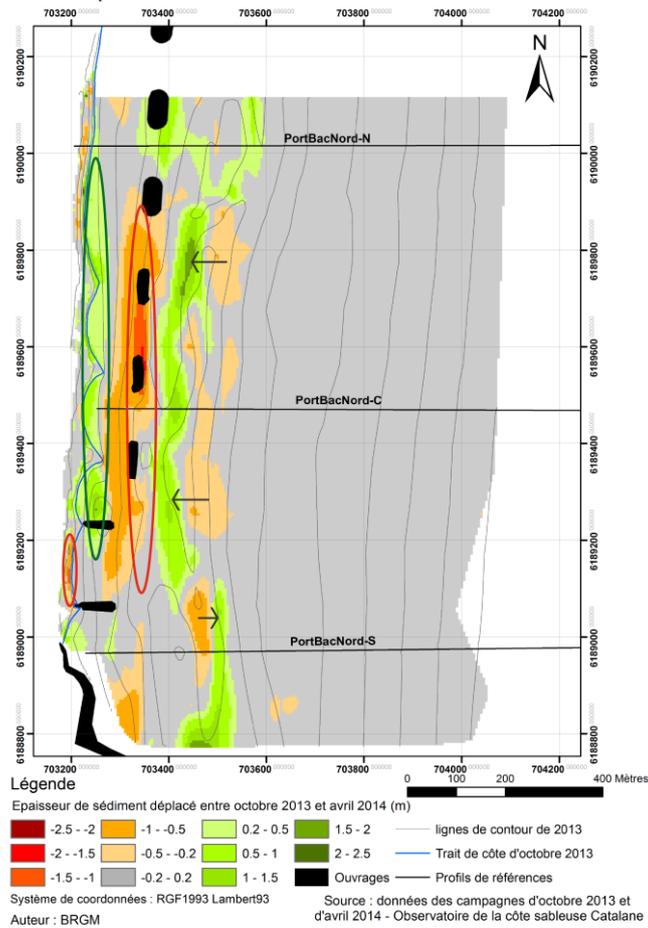


Illustration 110 : Cartes des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 du secteur N°2 - Port Barcarès Nord

4.5.3. Bilan

A l'échelle pluri décennale, le trait de côte de Port Barcarès Nord est en recul de 30 m environ. Cependant, en raison de la présence des brise-lames et des épis, le recul peut atteindre localement (entre deux ouvrages) 60 à 70 m.

C'est également le cas pour le trait de côte et plus généralement le bas de plage à l'échelle interannuelle. Entre 2009 et 2014, une stabilisation au droit des ouvrages et une érosion accentuée au nord du troisième brise-lame et entre les deux épis sont observées. Sur cette même période de temps, l'ensemble du secteur (plage émergée et avant côte) présente un bilan négatif avec comme pour le secteur N°1, plus de 155 000 m³ de sable perdu. Sur la période d'octobre 2013 à avril 2014 le bilan est stable avec peu d'évolution du haut de plage et de la géométrie des barres. Le recul du trait de côte à l'échelle pluri-décennale a pour origine la construction des jetées du port qui interrompent le transit sédimentaire. Le bilan sédimentaire négatif observé entre 2009 et 2014 qui se stabilise sur la période calme de 2013 à 2014, a probablement pour origine la présence des ouvrages et a été amplifié par la tempête de mars 2013.

De manière générale, les différents éléments observés (trait de côte, géométrie des barres, évolution des stocks sédimentaires...) montrent tous que la dynamique du secteur est très fortement contrôlée par les actions et installations anthropiques.

4.6. SECTEUR 3 : PORT BARCARES SUD

4.6.1. Evolution pluri-décennale

L'évolution du trait de côte sur le secteur de Port Barcarès Sud est conditionnée par l'installation en 1954 de la digue Sud de Port Barcarès. En effet l'impact est clairement visible au sud immédiat de l'ouvrage où le trait de côte gagne plus de 80 m sur la mer entre 1942 et 1974 et environ 100 m entre 1942 et 2014 (Illustration 111).

Il est à noter que depuis 2008 le linéaire semble trouver un certain équilibre, ceci pouvant s'expliquer par les prélèvements réguliers réalisés sur cette zone pour recharger le secteur N°2, dont le monticule de sable visible sur l'illustration 113 et l'illustration 112 est le meilleur témoin (). Une autre explication serait tout simplement la quasi-saturation de la digue augmentant les possibilités de passage des sédiments vers le nord.

L'avancée de la plage sur la mer diminue vers le sud. De ce fait, au niveau des profils PortBacSud-S (environ 450 m au sud de la digue) le gain entre 1942 et 2014 est moitié moins important. L'impact de la digue disparaît complètement à environ 1 km au Sud de la digue où les traits de côte présentent un comportement variable suivant les années.

Le recul conséquent du trait de côte de 1992 observé sur la quasi-totalité du secteur pose question, car aucune donnée récupérée en termes d'actions anthropiques et de conditions météo marines ne permet de l'expliquer.

Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 pour la zone située au Sud du Port de Barcarès

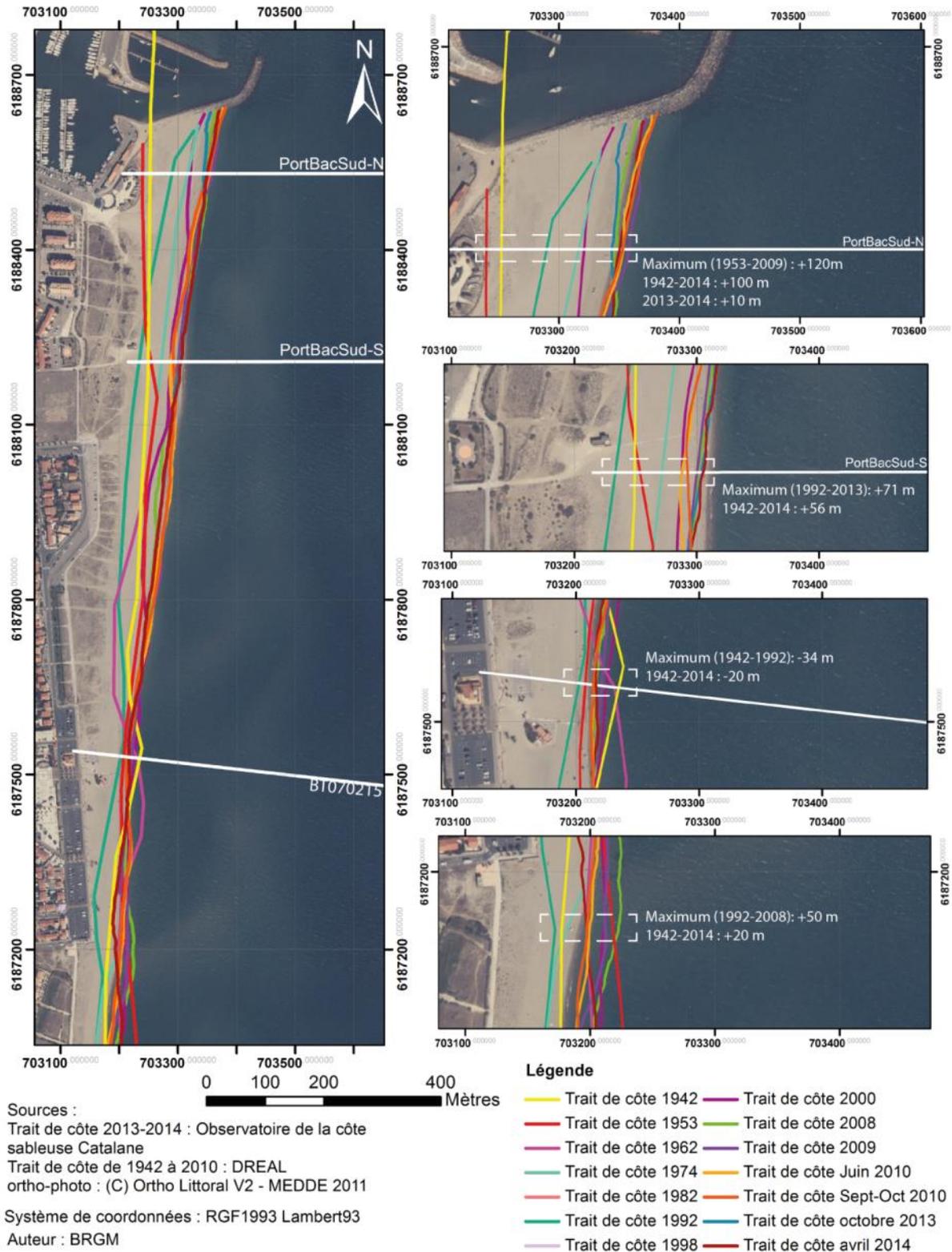


Illustration 111 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°3 - Port Barcarès Sud

4.6.2. Evolution interannuelle

La morphologie du secteur N°3 est caractérisée par une barre externe peu marquée qui disparaît vers le nord au niveau de la jetée du port. Un grand croissant, d'environ 400 m de longueur d'onde, est visible (Illustration 113 et Illustration 112). La barre interne forme également des croissants de plus faible longueur d'onde (environ 150 m). Le profil de plage est similaire au nord et au sud soit, une berme bien marquée formant une limite claire entre un bas de plage à pente forte et un haut de plage en pente inversée.

Concernant l'évolution de la barre externe entre 1988 et 2014, il est possible de distinguer trois périodes dans l'évolution de la barre (de l'illustration 114 à l'illustration 117):

- de 1988 à 1992 : la crête de la barre est située à environ 600 m de la côte, elle est très bien formée avec des pentes fortes, elle se déplace d'environ 20 m vers le large ou vers la côte suivant les profils,
- de 1994 à 2001 : elle se rapproche de la côte et est située à environ 550 m du rivage, elle est plus étendue et présente des pentes plus faibles que pendant la période précédente, les déplacements entre les profils sont également plus faibles (de l'ordre de quelques mètres). A noter la position atypique de 1998, plus proche de la côte, sans doute due à la tempête de 1997 ;
- de 2009 à 2014 : la crête se rapproche de la côte et ses pentes s'adoucissent, les variations de position inter-profil sont également plus importantes.

Il est probable que comme pour le secteur N°1 ces changements de géométrie correspondent au déplacement longshore de la barre externe, même si l'affaissement général de la barre traduit probablement sa dégénérescence vers le large (cycle N.O.M.). La barre externe ne présente aucune variation notable entre 2013 et 2014.

Les barres internes démontrent un comportement chaotique, alternant des années avec une barre étendue, plusieurs petites ou encore une seule barre étroite. De plus ces barres se déplacent sur des distances allant de 50 à 250 m de la côte. Aucune tendance continue n'apparaît dans le comportement des barres internes celles-ci migrant sur un intervalle de 100 m au nord et de 200 m au sud et pouvant certaines années presque complètement disparaître. Entre 2013 et 2014, on observe selon les profils, une avancée ou un recul de la barre. Le différentiel bathymétrique (Illustration 119) met en évidence une alternance longitudinale des zones d'accrétion/érosion qui traduit une augmentation de la tridimensionnalité de la barre.

Comme abordé dans l'analyse de l'évolution des traits de côte, les profils BT070215 se situent en dehors de la zone d'influence de la jetée sud du port de Barcarès. Le bas de plage présente donc des évolutions variables d'une année à l'autre sur un intervalle d'environ 30 m, le profil de 1989 est d'ailleurs quasiment aligné à celui de 2014. Le haut de plage présente quant à lui une perte de sédiments faible mais quasiment continue entre 1989 et 2014 (-50 cm environ).

Le bas de plage ne présente pas non plus d'évolution constante entre 2009 et 2014, la berme et le bas de plage avançant et reculant suivant les années. Le haut de plage peut en revanche être considéré comme relativement stable.

De 2009 à 2014, les évolutions de la plage émergée (+7478 m³, ±334 m³) et de l'avant côte (-14751 m³, ±6545 m³) en terme de stocks sédimentaires s'équilibrent et donnent lieu à un bilan

pouvant être considéré comme stable sur l'ensemble du secteur (-7273 m^3 , $\pm 6878 \text{ m}^3$; Illustration 120).

Le bilan sédimentaire pour la période d'octobre 2013 à avril 2014 (Illustration 120) est positif sur l'ensemble du secteur N°3 ($36090 \text{ m}^3 \pm 8844 \text{ m}^3$) et est notamment observable au contact sud de la digue. Les seules zones en érosion sur ce secteur correspondent au déplacement des barres internes et peuvent atteindre 1.5 m de sédiments retirés (Illustration 119).

Un point à noter, est la similarité des bilans sédimentaires de la zone émergée sur les périodes de 2009 à 2014 et d'octobre 2013 à avril 2014, soit un gain d'environ 7000 m^3 ($\pm 350 \text{ m}^3$). En conséquence le bilan sédimentaire de la plage émergée entre 2009 et 2013 est quasiment stable. Il est probable que le gain réalisé de 2013 à 2014 ne soit pas uniquement lié à une arrivée importante de sédiment. En effet, les prélèvements réalisés en 2014, notamment pour alimenter le secteur des nouveaux brise-lames du Barcarès, n'avaient pas encore été réalisés lors de la campagne d'avril. De manière similaire, le bilan négatif de la zone immergée entre 2009 et 2014 de l'ordre de -15000 m^3 ($\pm 6500 \text{ m}^3$) est limité puisque le double de ce volume a été gagné en seulement six mois entre octobre 2013 et avril 2014.

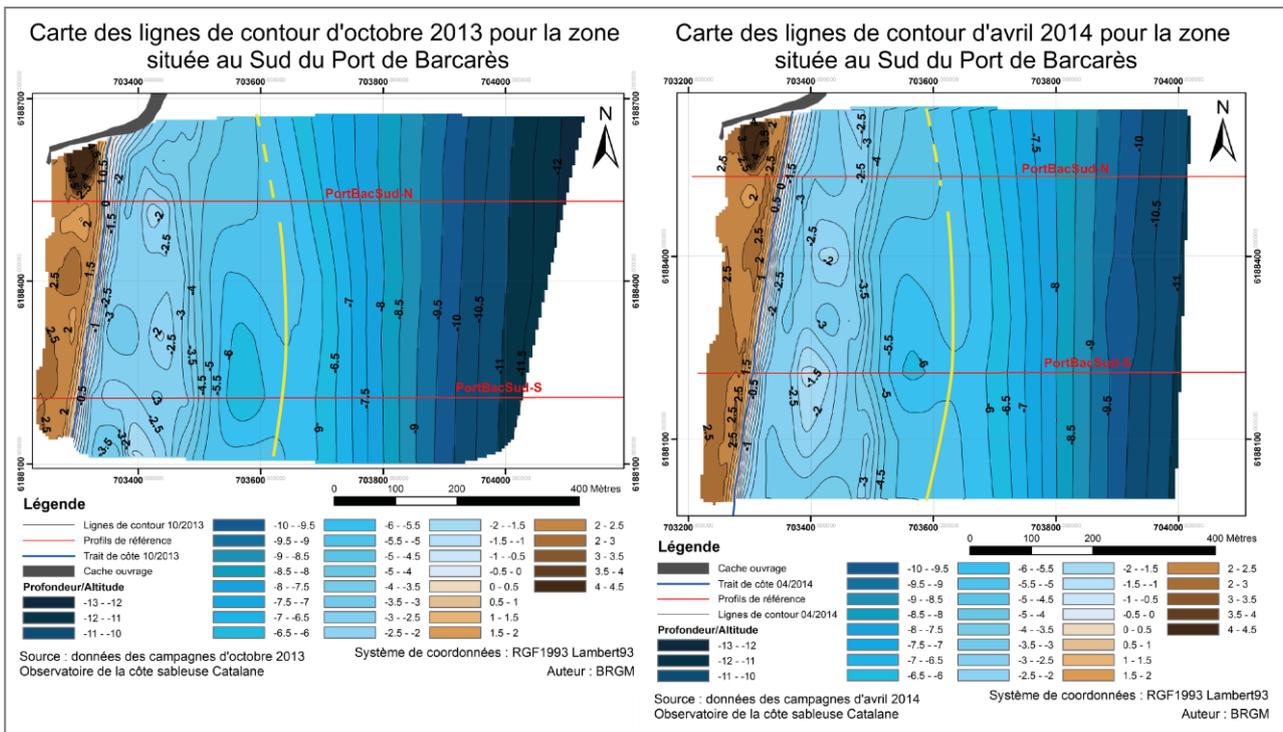


Illustration 112 : Cartes des lignes de contour du secteur N°3 - Port Barcarès Sud

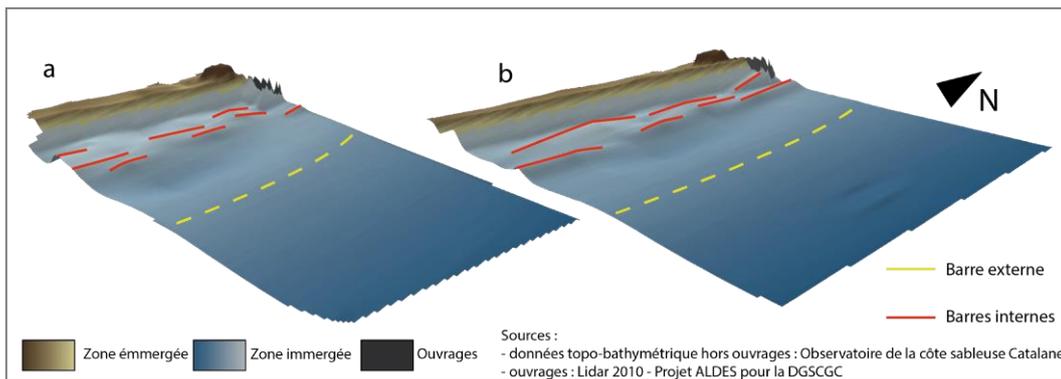


Illustration 113 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°3 - Port Barcarès Sud pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014

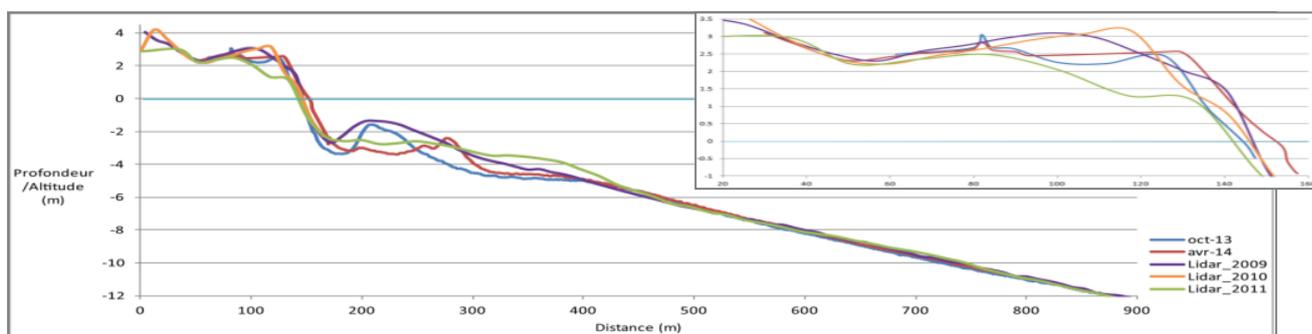


Illustration 114 : Profils PortBacSud-N - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

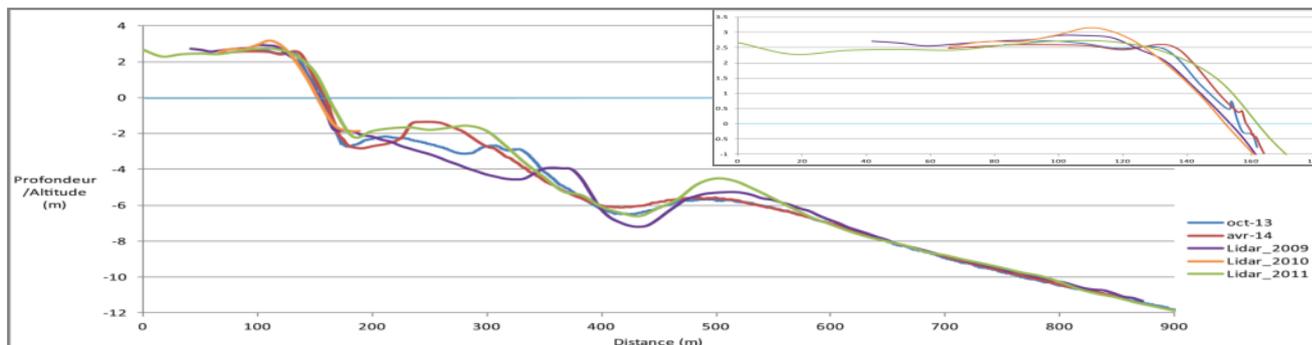


Illustration 115 : Profils PortBacSud-S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

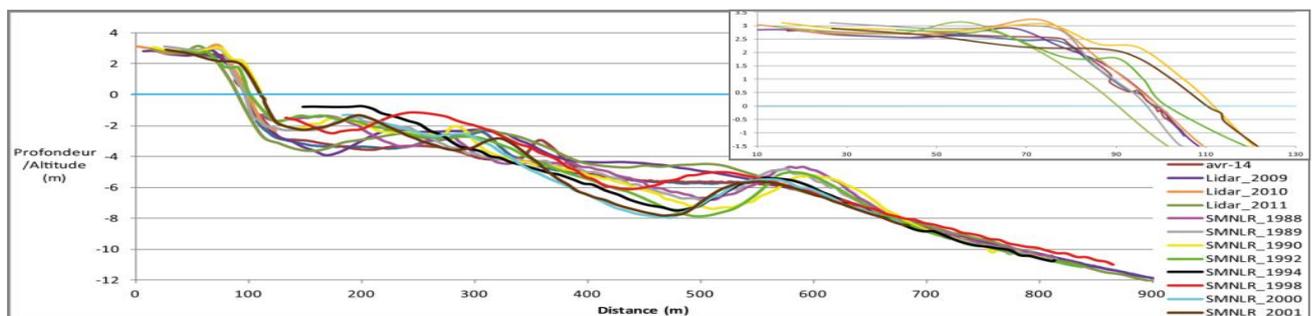


Illustration 116 : Profils BT070215 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 1988-2001 (SMNLR)

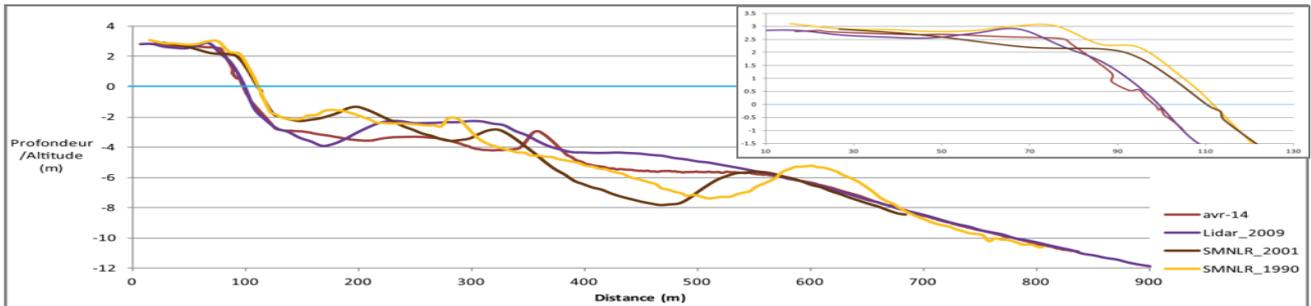


Illustration 117 : Profils BT070215 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 1990 et 2001 (SMNLR)

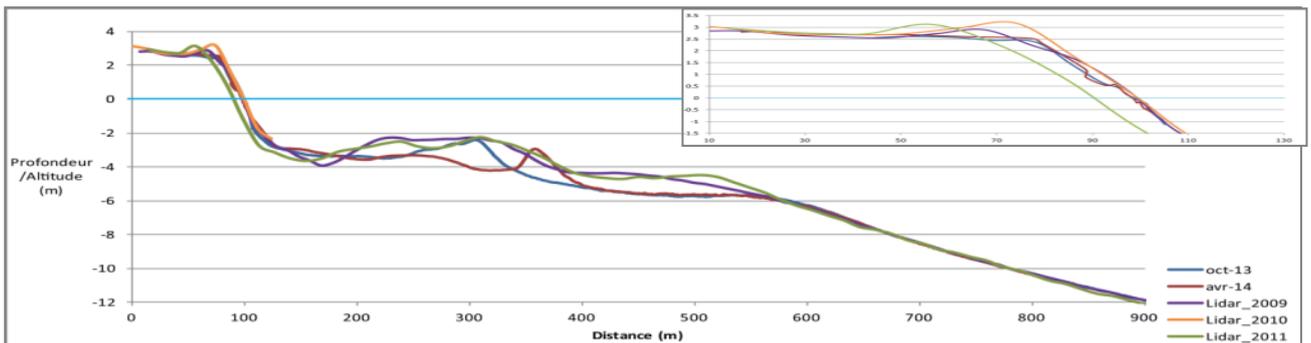


Illustration 118 : Profils BT070215 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 pour le secteur de Port Barcarès Sud

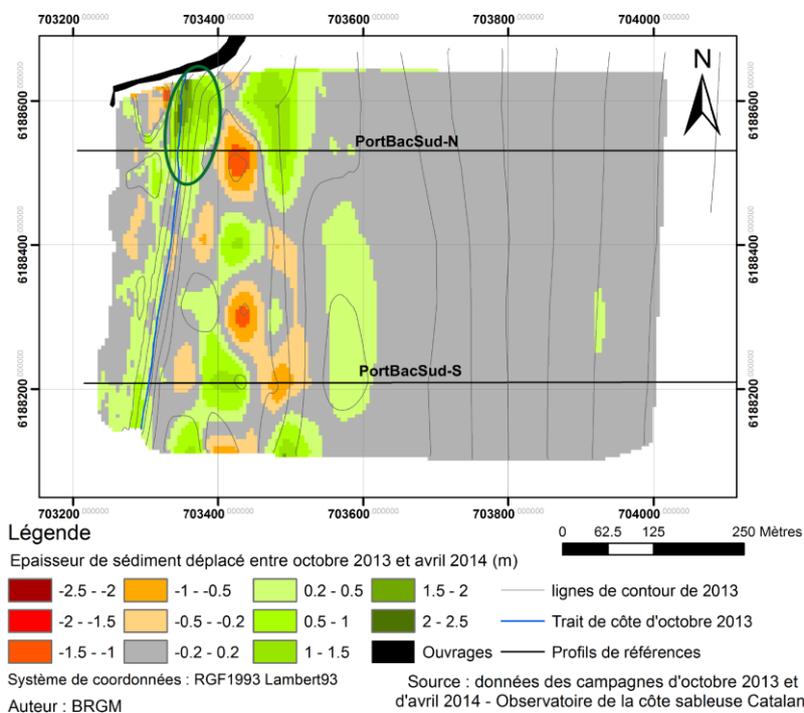


Illustration 119 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°3 - Port Barcarès Sud

2009-04/2014						
Zone	Surface (m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Volume déplacé (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
zone complète	420731	72 884	-80 157	-7 273	153 041	6 878
zone immergée	381803	58 717	-73 468	-14 751	132 185	6 545
zone émergée	38928	14 167	-6 689	7 478	20 856	334
10/2013-04/2014						
zone complète	420731	54 137	-18 047	36 090	72 184	8 844
zone immergée	381803	45 949	-16 689	29 261	62 638	8 472
zone émergée	38928	8 112	-1 348	6 764	9 460	367

Illustration 120 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°3 - Port Barcarès Sud

4.6.3. Bilan

A l'échelle pluri décennale, le trait de côte de Port Barcarès Sud a avancé d'environ 100 m au contact de la jetée. Cette évolution a clairement pour origine la construction de la jetée. En effet, l'impact de cette dernière s'étend sur environ 1 km au-delà desquels le trait de côte peut être considéré comme stable.

En revanche à l'échelle interannuelle, le trait de côte de ce secteur peut être considéré comme relativement stable. Cette stabilisation a probablement deux origines, tous d'abord les prélèvements répétés tous les ans sur la plage émergée pour recharger le secteur nord, ensuite une saturation de la jetée par les sédiments qui permet de rétablir en partie le transit sédimentaire. En termes de stocks sédimentaires le secteur peut également être considéré comme stable et ce probablement pour les mêmes raisons que le trait de côte.

Les levés bathymétriques de 2013 et 2014 mettent en évidence une dynamique saisonnière des barres d'avant-côte qu'il conviendra de suivre lors des prochains levés pour mieux comprendre le rôle des barres dans les échanges sédimentaires et le by-pass éventuel de la jetée.

4.7. SECTEUR 4 : EMBOUCHURE DE L'AGLY

4.7.1. Evolution pluri-décennale

La première information que met en évidence l'illustration 121 est le déplacement de l'embouchure de l'Agly d'une centaine de mètres vers le nord entre 1942 et 2014. Le comportement des rives de l'embouchure est fortement influencé par la présence d'un parking délimité par des enrochements au sud et par une digue de calibrage également en enrochement au nord. La présence de ces ouvrages a notamment pour conséquence de limiter les déplacements de l'embouchure et des traits de cote situés au nord et au sud de l'embouchure. En effet de 1942 à 1992 le linéaire côtier se déplace sur une amplitude d'une centaine de mètres alors qu'à partir de 2000 son évolution est limitée à une vingtaine de mètres.

Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 pour l'embouchure de l'Agly

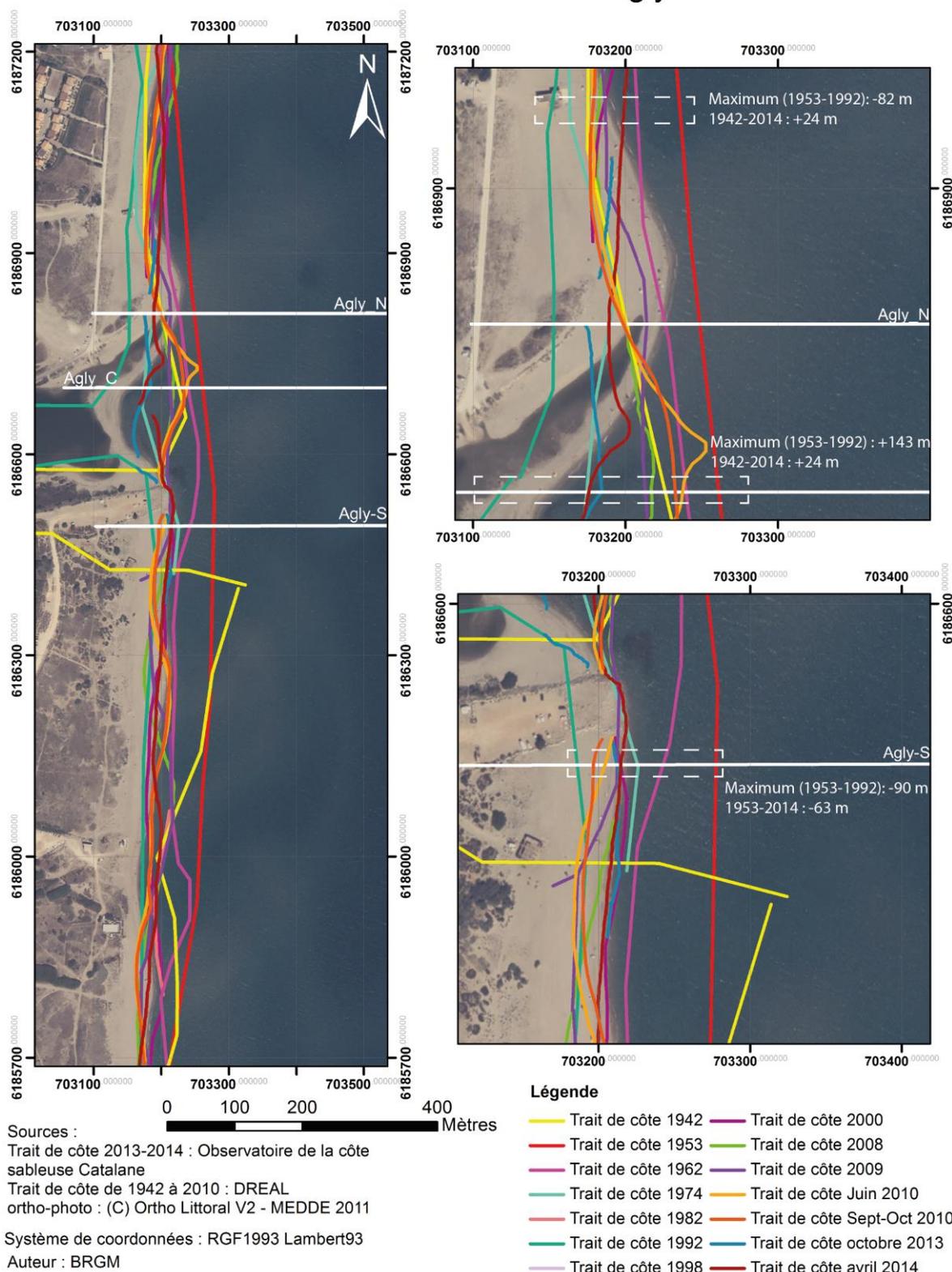


Illustration 121 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly

4.7.2. Evolution interannuelle

Le secteur N°4 est caractérisé par une barre externe peu marquée (Illustration 122 et Illustration 123) qui forme un grand croissant face à l'embouchure. La barre interne, rectiligne à légèrement festonnée, est située à des profondeurs de 3 m. Entre cette barre et la côte, on distingue des corps sédimentaires irréguliers qui forment le delta de l'Agly. La plage est caractérisée par un bas de plage de pente moyenne, une berme bien marquée et un haut de plage pouvant présenter une à plusieurs bermes fossiles donnant lieu à des reliefs complexes. De manière générale la partie basse de la plage, du fait de la proximité avec l'embouchure, présente des géométries très variables dans le temps. Le haut de plage présente quant à lui une pente inversée.

Comme l'indiquent les profils de référence et les variations volumétriques, l'évolution de la barre externe est caractérisée par un recul progressif de ses cornes (profils N et C), et un comblement progressif de la baie. Cette évolution, observée depuis 2009, est modérée mais néanmoins visible entre les campagnes 2013 et 2014 (cf ill. 114 et 115).

La barre interne est située à environ 200 m du trait de côte. Elle est irrégulière et forme parfois des croissants. Entre 2013 et 2014, on observe une avancée vers la côte au niveau des profils C et S, et un léger recul au niveau du profil N. Ces déplacements tendent à augmenter sa tridimensionalité. Entre ce système et la côte, les corps sédimentaires d'embouchure ont une morphologie très variable dans le temps. De 2013 à 2014, on note une augmentation du volume de ce delta qui prend une forme semi-circulaire face à l'embouchure.

La partie basse de la plage présente des évolutions importantes d'une année à l'autre, en revanche le haut de plage reste relativement fixe. Aucune mesure topographique n'a été réalisée sur le profil central car la plage a disparu dans l'embouchure. En revanche au nord comme au sud le bas de plage est caractérisé par une accrétion importante, qui continue en partie sur le haut de plage au nord probablement du fait de la formation d'une berme ancienne. Le haut de plage du profil sud alterne en une série de zone en accrétion et érosion du fait de la formation de bosses et de creux qui se déplacent entre les deux campagnes.

Le bilan sédimentaire de la partie immergée du secteur de l'Agly (Illustration 128) entre 2009 et 2014 était négatif avec une perte de 42781 m^3 ($\pm 4303 \text{ m}^3$), cependant comme pour le secteur N°3, cette perte est compensée par les apports de l'hiver 2013-2014 ($61564 \text{ m}^3 \pm 6565 \text{ m}^3$).

Un gain de sédiment est observé au niveau de l'embouchure et de la flèche (Illustration 129), probablement en raison de changement de géométrie de la flèche. Une grande partie du bilan positif entre octobre 2013 et avril 2014 est due à la présence au niveau du bas de plage et de la fosse interne d'une grande bande d'accrétion présentant des gains en sédiments atteignant jusqu'à plus de 2 m au droit de l'embouchure. Ce gain volumétrique à l'embouchure de l'Agly semble fortement lié à l'augmentation de la flèche sableuse qui franchit l'embouchure vers le nord, constituant un apport sableux important dans la zone d'embouchure et sur l'avant-côte proche.

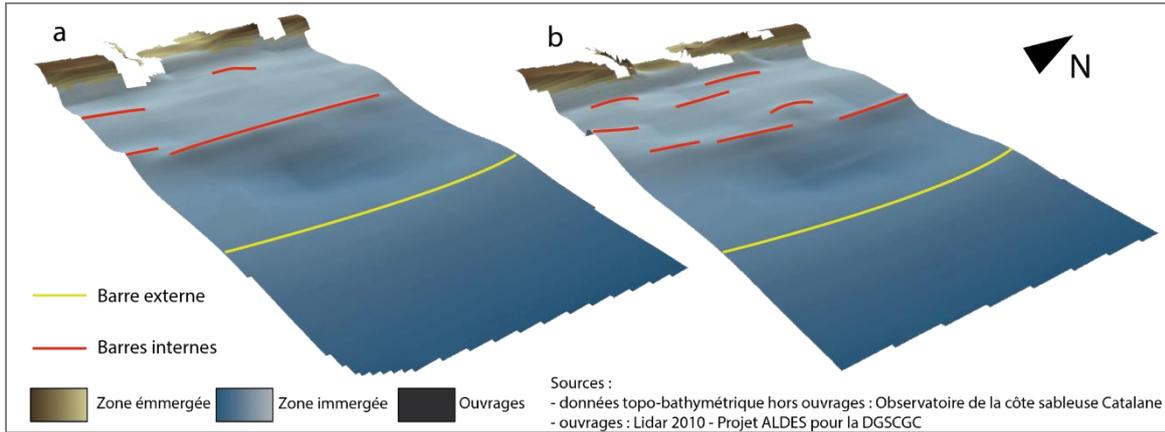


Illustration 122 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°4 - L'embouchure de l'Agly pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014

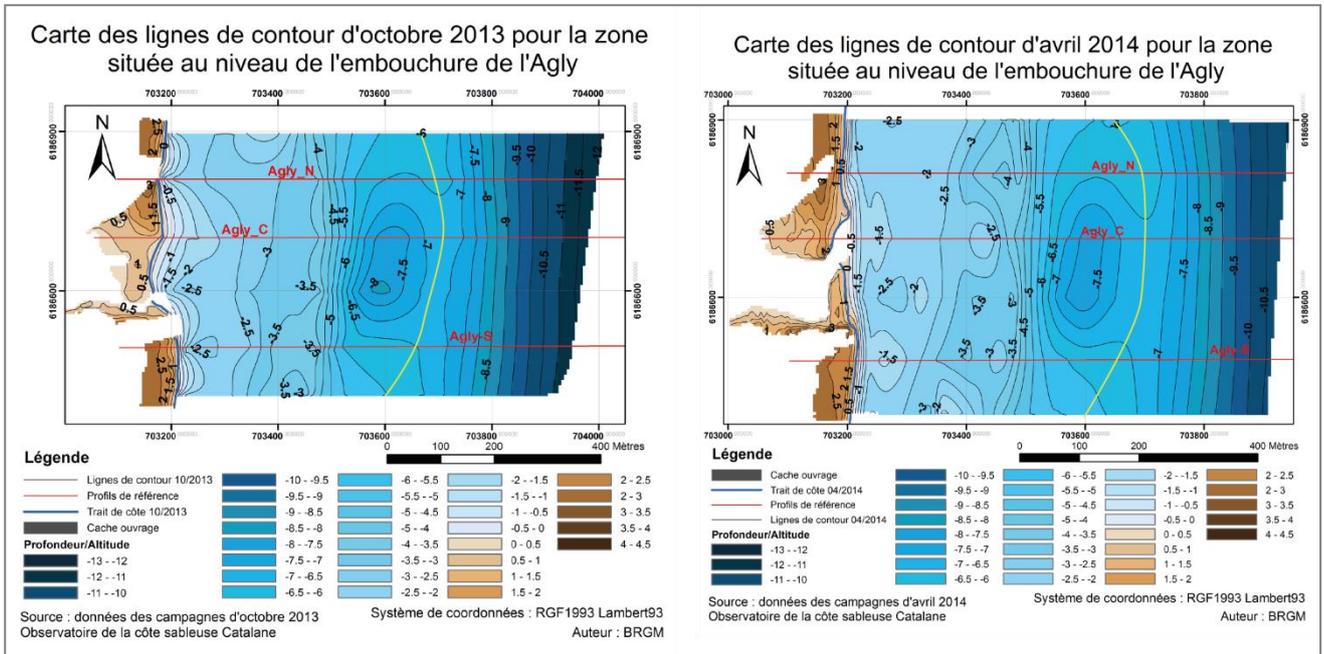


Illustration 123 : Cartes des lignes de contour du secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly

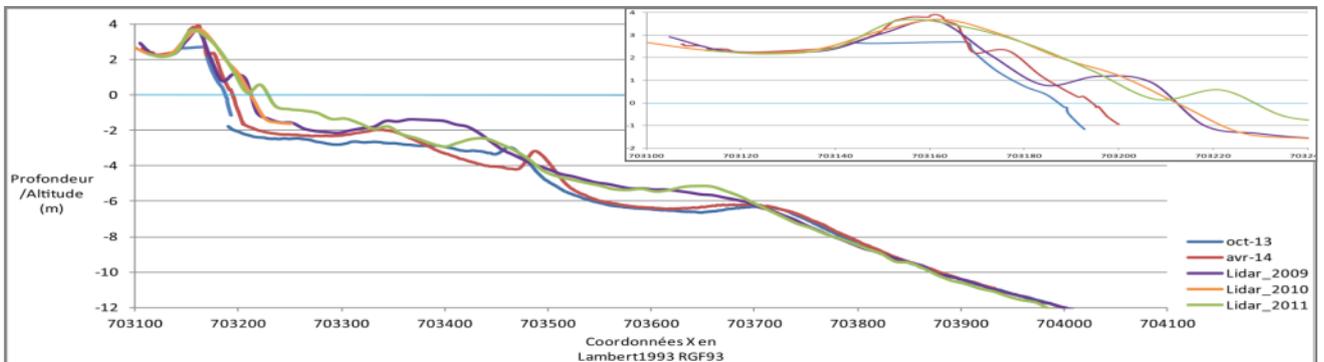


Illustration 124 : Profils Agly_N - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

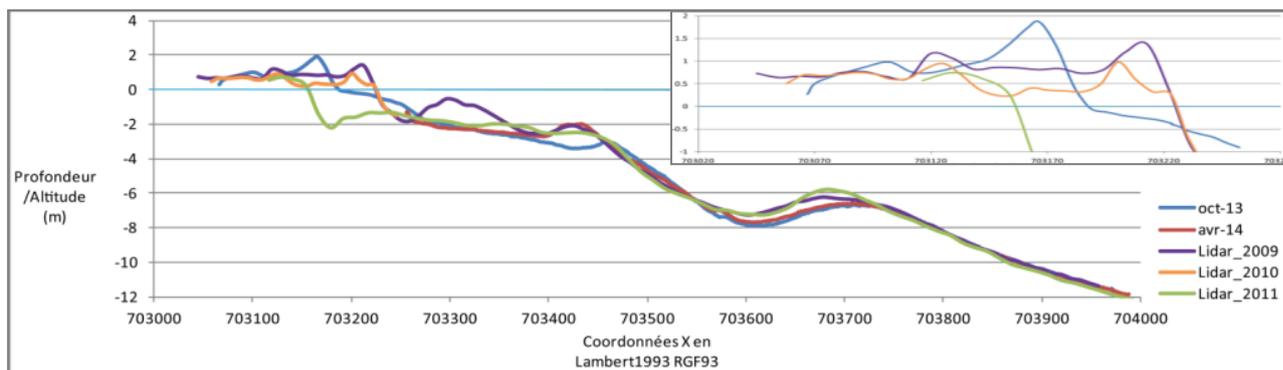


Illustration 125 : Profils Agly_C - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

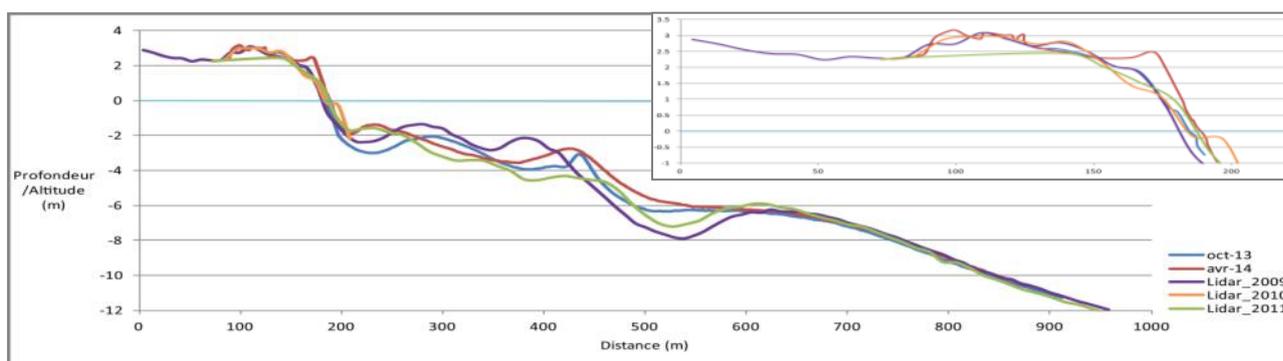


Illustration 126 : Profils Agly_S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 pour le secteur de l'embouchure de l'Agly

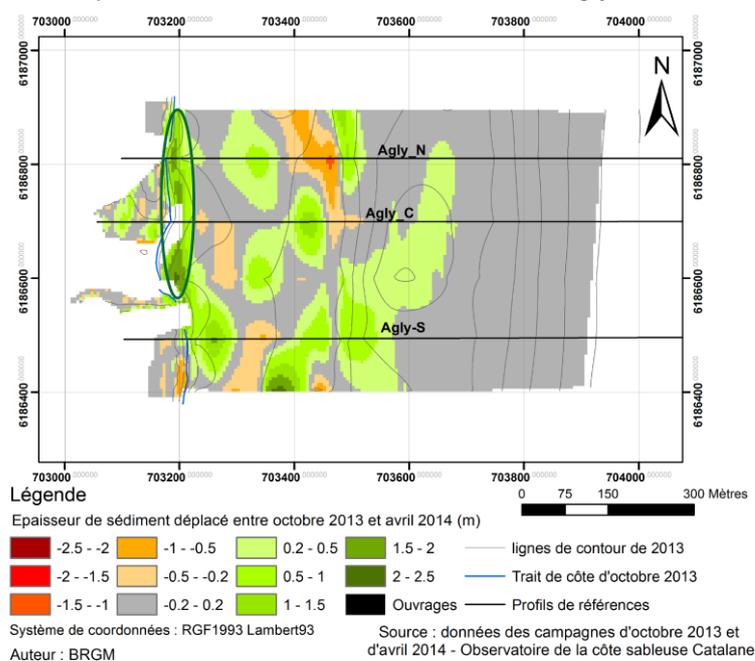


Illustration 127 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly

2009-04/2014						
Zone	Surface (m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Volume déplacé (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
zone immergée	359050	65 385	-108 166	-42 781	173 552	4 303
10/2013-04/2014						
zone immergée	359050	74 363	-12 800	61 564	87 163	6 565

Illustration 128 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly

Localisation	Période	Volume par rapport à un niveau de référence de 0 m au niveau de l'embouchure (m ³)	Evolution 2013-2014 (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Aggly	2013	18276	5525	± 452
	2014	23801		

Illustration 129 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur l'embouchure entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly

4.7.3. Bilan

A l'échelle pluri décennale, l'embouchure de l'Agly s'est déplacée d'environ 100 m vers le nord sous l'effet de la dérive littorale et le trait de côte a vu l'amplitude de ses déplacements diminuer du fait de la construction de digues de calibrages.

A l'échelle interannuelle, le trait de côte de ce secteur peut être considéré comme relativement stable, puisque en rive nord il alterne des phases d'érosion et d'accrétion avec des déplacements maximum de 20 m et que la rive sud est quasiment fixée par les digues (mouvement maximum de l'ordre de 5 m en cinq ans). Les stocks sédimentaires de ce secteur sont principalement contrôlés par la zone d'embouchure. Lors des crues importantes comme celle de mars 2013, les corps sableux sont partiellement exportés vers le large ; lors des hivers plus calmes comme c'est le cas en 2013-2014, la dérive littorale devient majoritaire et l'évolution des stocks dépend de la formation de la flèche et des corps sédimentaires du delta qui migrent vers le nord.

4.8. SECTEUR 5 : TORREILLES

4.8.1. Evolution pluri-décennale

L'évolution du trait de côte au niveau du secteur de Torreilles est variable suivant les années et les zones (Illustration 130), cependant il est intéressant de noter que le linéaire au niveau du camping le plus proche de la plage est de manière générale en recul depuis 2010. D'autre part à aucun endroit du secteur N°5, les trait de côte de 2013 ou de 2014 n'ont atteint ou dépassé ceux de 1942 et de 1953, le recul entre ces deux périodes étant en moyenne de l'ordre de 30 à 50 m.

L'avancée du trait de côte par endroit pour 1942 et 1953 pourrait s'expliquer par la grande crue de 1940, le recul observé ensuite découlant de la diminution des stocks disponibles suite à la crue.

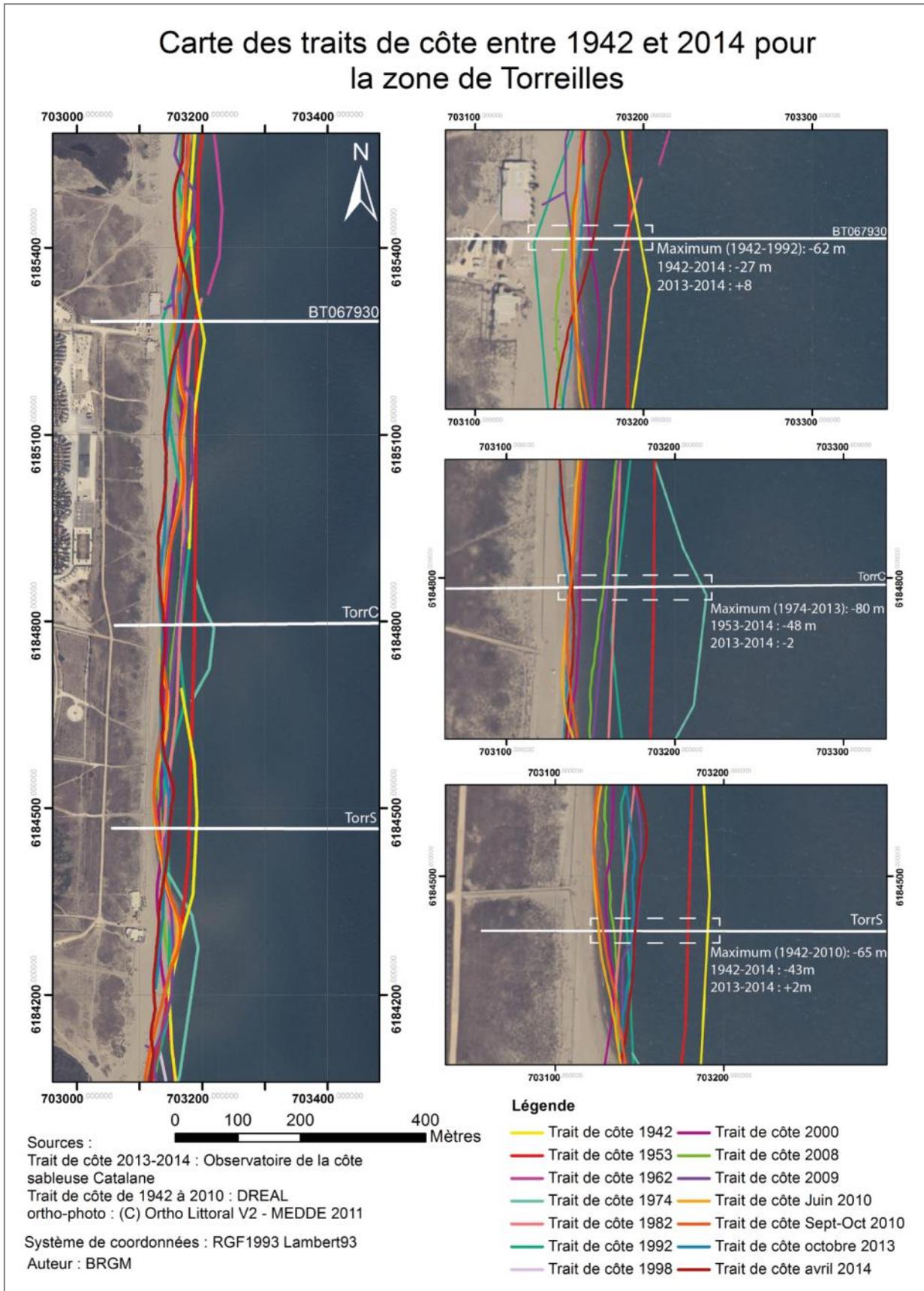


Illustration 130 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°5 - Torreilles

4.8.2. Evolution interannuelle

La morphologie du secteur N°5 est la suivante (Illustration 131 et Illustration 132) : une barre externe peu marquée formant deux croissants au nord et au sud, mais disparaissant presque totalement dans la partie centrale du site ; des barres internes irrégulières plutôt transverses avec un chenal d'écoulement vers le nord ; une plage avec une berme prononcée et pentue et un haut de plage de pente inversée.

Sur l'illustration 133, il est possible d'observer que la barre externe est bien développée en 2001, 2009 et 2011, et presque inexistante en 2013 et 2014. La barre interne a alors pris une position intermédiaire et devrait se positionner en barre externe (cycle N.O.M.). On observe alors l'apparition d'une nouvelle barre interne plus proche de la côte. Cette barre interne semble migrer vers la côte (environ 20 m) depuis 2011. Sur le profil central, la barre externe a presque disparue et le profil ne présente plus qu'une barre qui semble présenter une oscillation interannuelle de sa position. Le profil sud met en évidence la coexistence de 3 barres qui migrent vers le large entre 2013 et 2014 (environ 20 m).

Le bas de plage est en recul entre 2001 et 2009 d'environ 10 m puis avance jusqu'à avril 2014 d'environ 14 m.

L'évolution du bas de plage est la suivante :

- au nord : avancé de 2009 à avril 2014 d'environ 14 m,
- le centre est relativement stable,
- au sud : recul d'environ 20 m entre 2009 et 2011, puis avancée d'environ 30 m entre 2011 et 2013-2014

Le haut de plage est relativement stable au nord et au sud, cependant de l'érosion est observable au centre du secteur (presque -2 m entre 2009 et 2013).

Entre 2013 et 2014 la zone de profondeur supérieure à 7 m est normalement stable, mais dans le cas des campagnes de 2013 et 2014, elle présente une accrétion quasi généralisée. Cette observation est à considérer avec précaution étant donné que l'amplitude du gain est faible (<0.5 m), mais n'est cependant pas forcément à écarter étant donné que des mouvements similaires sont observables sur les profils entre les données lidar de 2009 et 2011. A l'exception d'une faible migration vers la côte au sud, les barres externes ne présentent pas de variation notable. En revanche, la barre interne visible sur les profils de 2013 et 2014 migre vers la côte d'environ 20 m. Sur l'ensemble du secteur, la plage dans son intégralité présente de l'accrétion entre 2013 et 2014.

Le bilan sédimentaire (Illustration 137) entre 2009 et 2014 est négatif pour l'ensemble du secteur avec une perte en sédiments de 151346 m³ (± 9355 m³), dont 143567 m³ (± 9239 m³) dans la partie immergée et 7780 m³ (± 116 m³) dans la partie émergée. A l'inverse, entre 2013 et 2014 le bilan est positif sur l'ensemble du secteur, le volume gagné est de 251432 m³ (± 2242 m³), 243792 m³ (± 2078) pour la partie immergée et 6842 m³ (± 152) pour la partie émergée. Sur cette période, sont cependant présentes deux zones en érosion localisées au niveau du camping des dunes.

Ces bilans mettent en évidence une érosion très importante entre 2009 et 2013 de l'ordre de 400000 m³ dont une grande partie a été récupérée entre 2013 et 2014. Un tel apport sédimentaire sur l'avant-côte semble incompatible avec les conditions relativement calmes de la période 2013-2014. Les profils au large sont toutefois superposés aux levés précédents,

validant la qualité de la mesure. Les levés futurs permettront de vérifier cette variabilité interannuelle et d'en déterminer les causes.

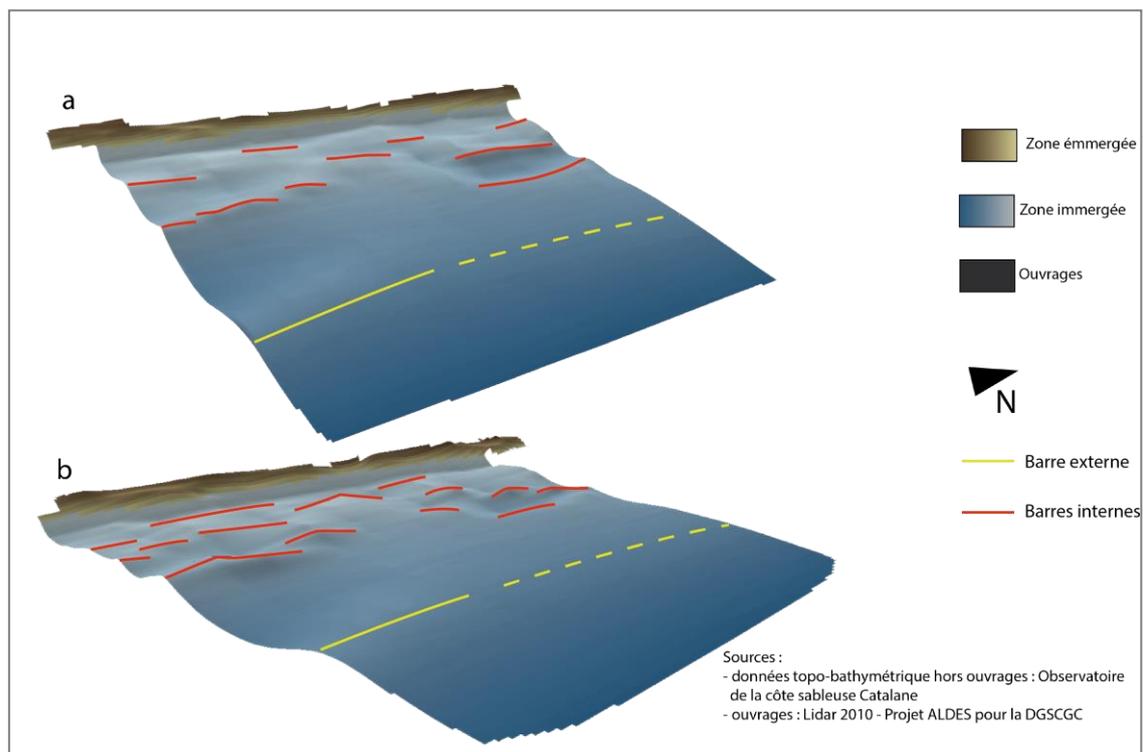


Illustration 131 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°5 - Torrelles pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014

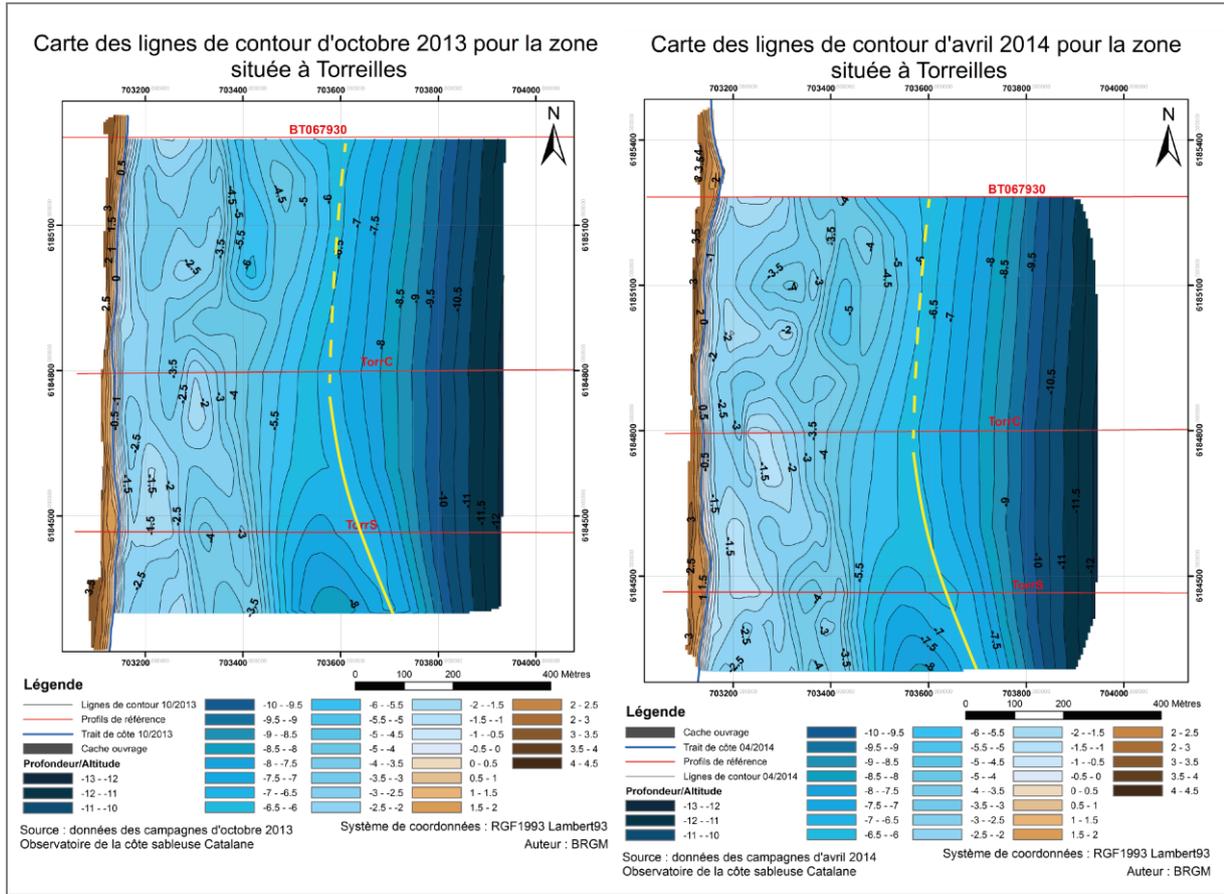


Illustration 132 : Cartes des lignes de contour du secteur N°5 - Torreilles

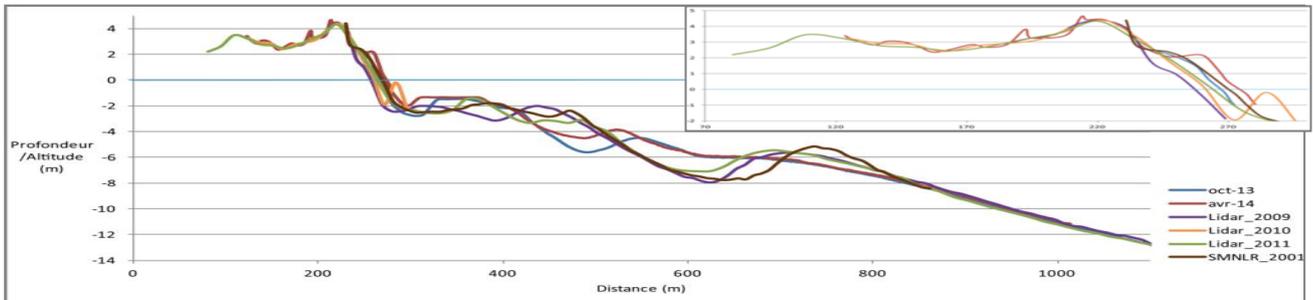


Illustration 133 : Profils BT067930 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 2001 (SMNLR)

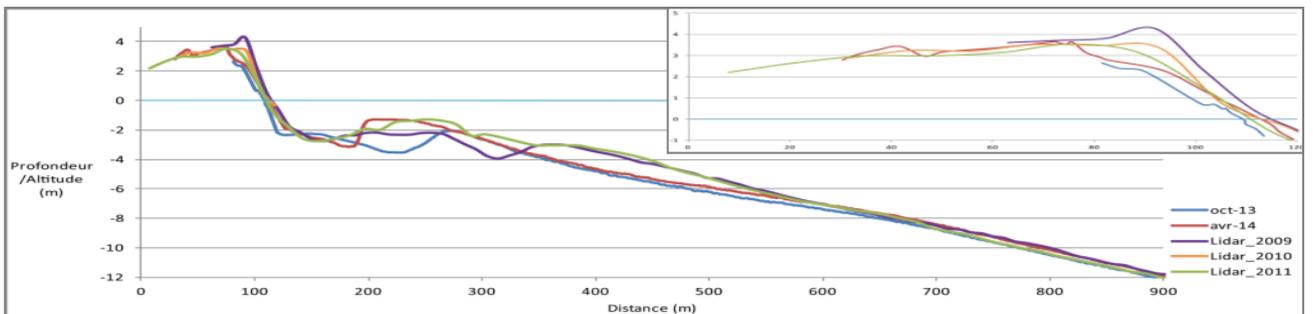


Illustration 134 : Profils TorrC - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

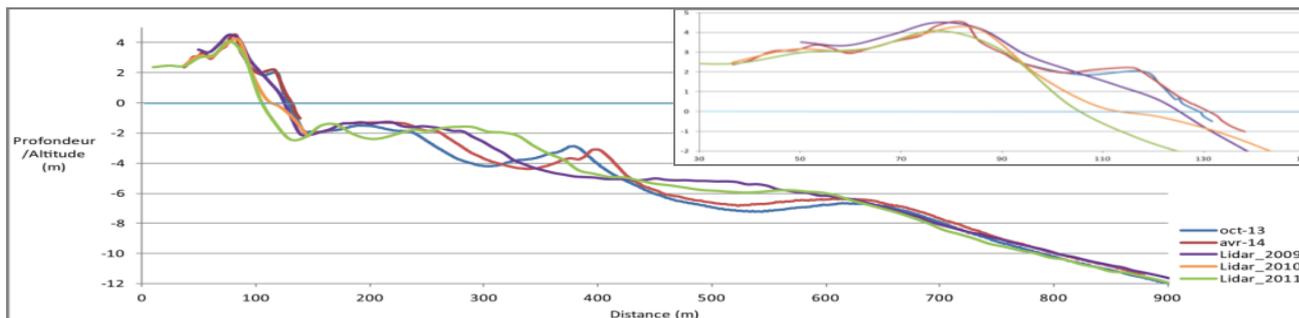


Illustration 135 : Profils TorrS - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 pour le secteur de Torreilles

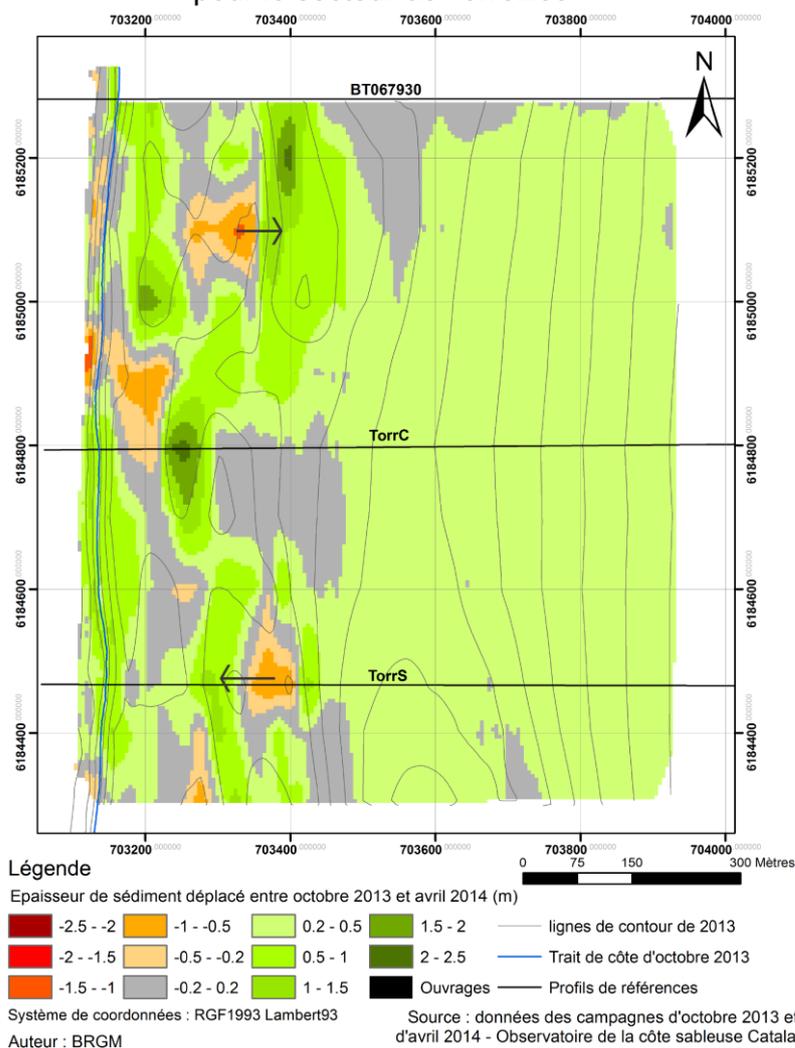


Illustration 136 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°5 - Torreilles

2009-04/2014						
Zone	Surface (m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Volume déplacé (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
zone complète	804625	134 433	-285 779	-151 346	420 212	9 355
zone immergée	776514	127 445	-271 012	-143 567	398 457	9 239
zone émergée	28111	6 987	-14 767	-7 780	21 754	116
10/2013-04/2014						
zone complète	804625	267 731	-16 299	251 432	284 030	2 242
zone immergée	776514	258 070	-14 278	243 792	272 348	2 078
zone émergée	28111	8 725	-1 883	6 842	10 607	152

Illustration 137 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°5 - Torreilles

4.8.3. Bilan

A l'échelle pluri décennale, le trait de côte du secteur de Torreilles présente un recul de 30 à 50 m suivant les zones. Cette évolution a probablement pour origine la diminution progressive du disponible sédimentaire apporté par la crue de 1940, car depuis les années 60, la variabilité de la position du trait de côte est beaucoup plus réduite.

En revanche, à l'échelle interannuelle, le trait de côte, et plus généralement le bas de plage, alterne des phases d'érosion et d'accrétion suivant les années et les zones du secteur. Cette stabilité est probablement due à l'absence d'ouvrages et à une dynamique longitudinale des barres d'avant-côte, les barres migrant vers le nord, leur point d'attachement à la côte migre également, entraînant une alternance d'avancée/recul en fonction du passage des barres. Malgré la stabilité du trait de côte et un gain important en sédiment entre 2013 et 2014, le bilan sédimentaire entre 2009 et 2014 pour l'ensemble du secteur reste négatif avec une perte de l'ordre de -150000 m³ (± 9000 m³).

4.9. SECTEUR B : DUNES DES TORREILLES

4.9.1. Description morphologique

Le secteur concerné s'étend entre l'embouchure de l'Agly au nord et celle du Bourdigou au sud. Cette zone d'étude peut se décomposer en trois tronçons.

Un au nord de l'ordre de 1,2 km de long peu urbanisée avec un cordon dunaire qui rentre de 200 à 300 m vers l'intérieur des terres sur une surface équivalente à 20 ha. L'ensemble de cet environnement ne semble pas avoir accueilli d'aménagement de protection mise à part sur des zones très localisées notamment en haut de plage avec la mise en place de ganivelles (Illustration 138). Des sentiers permettent de passer de l'arrière-dune vers la plage.



*Illustration 138 : Présence ponctuelle de ganivelles en haut de plage sur le secteur nord (à gauche).
Canalisation de la fréquentation sur le secteur au centre (à droite).*

Un second tronçon, au centre, dont l'urbanisation rend le cordon dunaire plus étroit (de 100 à 200 m vers l'intérieur des terres) s'étend sur près de 1 km soit l'équivalent en surface de 13 ha. Des ganivelles ont été mises en place principalement pour canaliser la fréquentation et limiter le piétinement (Illustration 138). Un sentier permet de longer la zone urbanisée en arrière de la dune et permet l'accès à la plage en 5 endroits différents.

Un troisième, le plus au sud, d'une étendue d'environ 700 m occupe environ 17 ha. Ce tronçon est totalement naturel.

En termes de géomorphologie, sur la base des données lidar acquises en 2010 (MNT ALDES), l'altitude maximale de la crête de dune est de + 5 m NGF. Seuls 10% de la surface totale de cet environnement dunaire se situe au-dessus de la cote de + 3 m NGF, ce qui correspond principalement à la dune vive qui reste bien préservée. Deux secteurs montrent tout de même une relative fragilité avec la présence de brèches créées certainement lors d'évènements majeurs survenus dans le passé.

Le premier de ces secteurs est localisé vers 400 m au nord de l'embouchure du Bourdigou. Large de 70 m environ il montre une détérioration de la dune vive avec une disparition de la végétation, le cordon atteint à peine l'altitude de + 2 m NGF.

Le second secteur, situé environ à 1 km au sud de l'embouchure de l'Agly présente une dune vive fragilisée, étroite (de l'ordre de 10 m), avec une zone dépressionnaire en arrière du cordon dont l'altitude est très faible de l'ordre 0.5 m NGF (présence d'une zone humide) avec notamment la présence d'un camping située à moins de 300 m de la plage.

4.9.2. Evolution morphologique

a) Période 2009-2010

Les données de 2009 ne couvrant pas toutes les formations dunaires, les interprétations ne concernent que 19 ha sur les 51 ha concernés.

Sur ces 19 ha, 30% subissent un phénomène d'érosion dont la perte altimétrique est majoritairement comprise entre -0.25 m et -0.50 m. En termes de volume, cela correspond à une perte sédimentaire estimée à un minimum de -7000 m³ soit, ramenée à la surface totale, une perte de -0.06 m/m². Cette perte peut être sous-estimée compte-tenu de l'incertitude de

mesure. La zone principalement concernée par ce phénomène est la moitié sud du secteur étudié, de la plage de Torreilles à l'embouchure du Bourdigou (Illustration 139).

Concernant les 70% de la surface restante, les évolutions peuvent être considérées comme stables (évolution altimétrique inférieure à 0.25 m).

b) Période 2010-2011

La différence entre les modèles numériques de surface montre des évolutions contrastées. Les évolutions les plus importantes affectent principalement la moitié sud du secteur qui va de l'embouchure du Bourdigou à la plage de Torreilles.

L'altitude est stable sur la majeure partie de la surface totale de la formation dunaire (73%), 10% diminue alors que 17% augmente.

Sur les 17% de la surface totale dont l'altitude augmente, 45% connaissent des évolutions comprises entre -0.25 m et -0.5m, 41% entre -0.5 m et -1 m et 14% supérieures à -1 m.

Sur les 10% de la surface totale dont l'altitude diminue, 60% connaissent des évolutions comprises entre -0.25 m et -0.5m, 27% entre -0.5 m et -1 m et 13% supérieures à -1 m.

Certains fronts dunaires s'affaissent également, notamment dans les secteurs où la plage est la plus étroite. Ces zones n'étant pas ou peu couvertes par de la végétation, il est possible d'interpréter ces résultats comme une érosion du front dunaire de la plage de Torreilles ainsi qu'aux abords de l'embouchure de l'Agly. Ces érosions qui peuvent être supérieures à 1m en altitude se font sur une étendue de plusieurs dizaines de mètres contre quelques mètres de large (Illustration 140).

En termes de volume, le bilan global est positif. Le gain est estimé à un minimum de +30000 m³ et la perte à environ -20000 m³ soit un bilan de +10000 m³ qui, ramené à la surface totale, représente un gain de -0.02 m/m². Ce gain qui peut correspondre à la fois à une augmentation du couvert végétal ou du volume sédimentaire peut être sous-estimé compte-tenu de l'incertitude de mesure.

Formation dunaire de Torailles



1
Topographie Lidar (MNT ALDES 2010)



2
Différence altimétrique MNT 2010-2009

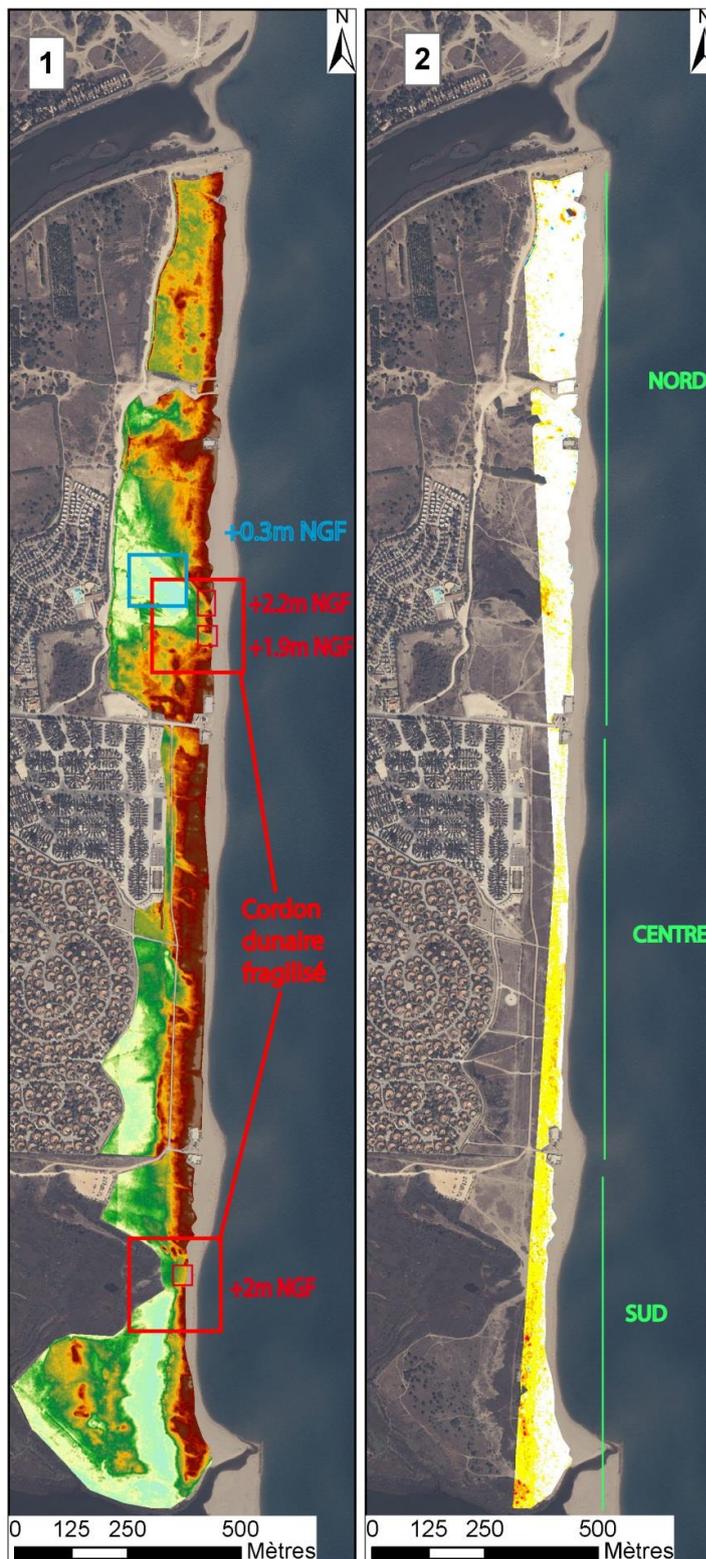
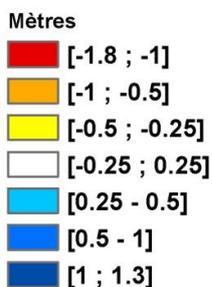


Illustration 139 : Altimétrie de la formation dunaire sur le secteur de Torailles (à gauche, données lidar MNT Aldès 2010 – fonds IGN). Différence altimétrique entre les MNT issus des acquisitions Lidar de 2009 et 2010 (à droite, fonds IGN).

Formation dunaire de Toreilles



Modèle Numérique de Surface
Lidar
(MNS 2011) 1

m NGF

 Elevée : 4.69675

 Faible : -0.071924

Différence altimétrique
MNS
2011-2010 2

Mètres

 [-6.5 ; -1]

 [-1 ; -0.5]

 [-0.5 ; -0.25]

 [-0.25 ; 0.25]

 [0.25 ; 0.5]

 [0.5 ; 1]

 [1 ; 2]

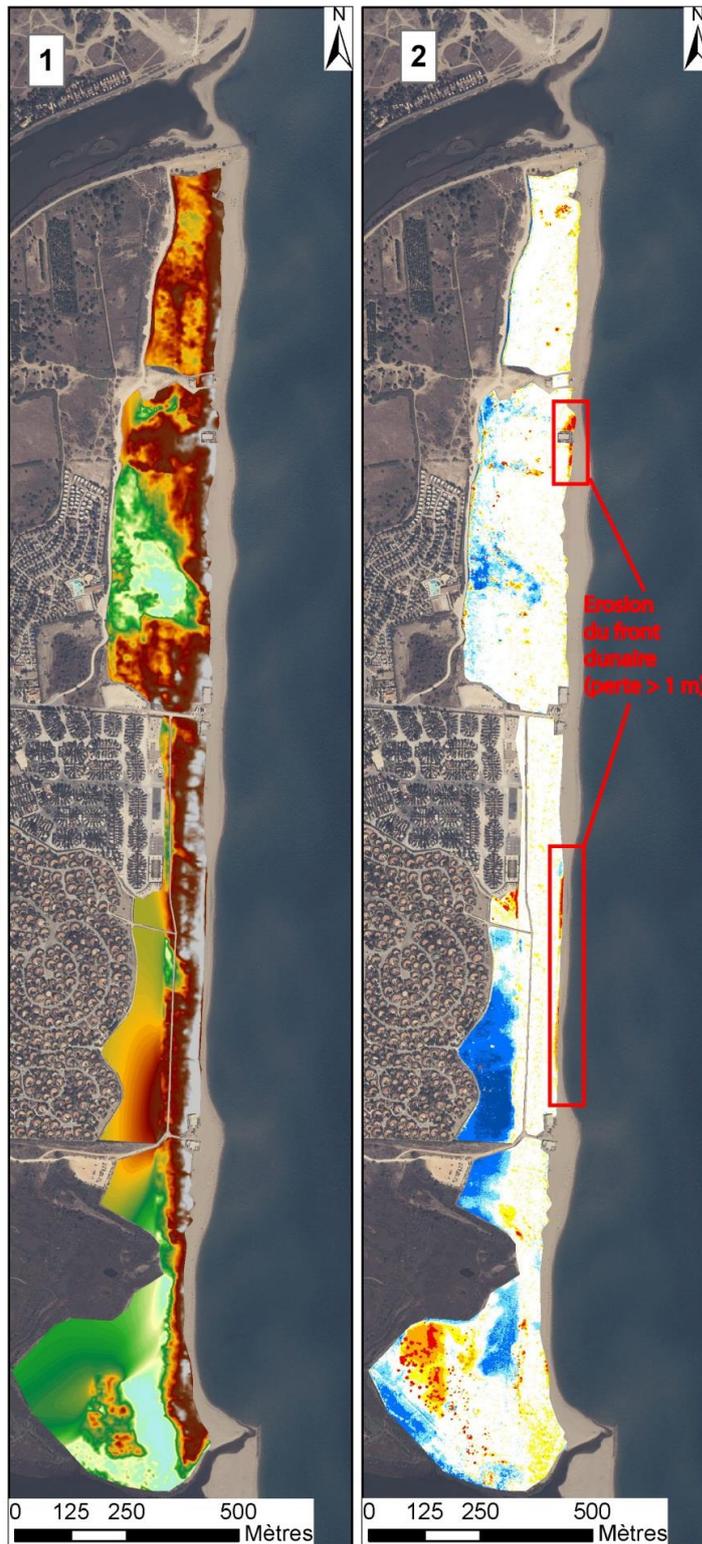


Illustration 140 : Altimétrie de la formation dunaire sur le secteur de Torreilles (à gauche, données MNS lidar litto3d 2011 – fonds IGN). Différence altimétrique entre les MNS issus des acquisitions Lidar de 2010 et 2011 (à droite, fonds IGN).

4.10. SECTEUR 6 : EMBOUCHURE DU BOURDIGOU

4.10.1. Evolution pluri-décennale

La première information que met en évidence l'illustration 141 est le déplacement de l'embouchure du Bourdigou d'environ 200 m vers le nord entre 1942 et 1992, puis le maintien de celle-ci à son emplacement dû à la construction de la digue en enrochement en 1976. La construction de cet ouvrage a stabilisé l'embouchure, mais a également généré un blocage du transit sédimentaire vers le nord, provoquant un décrochement de près de 100 m entre la rive sud et la rive nord. Les données plus récentes mettent toutefois en évidence un recul du trait de côte assez marqué au sud de l'embouchure, notamment entre 2010 et 2013 (environ -30 m), alors que la côte nord paraît plus stable.

A environ 500 m au sud de l'embouchure, le trait de côte est de manière générale en recul, bien que sur certains tronçons cette tendance puisse s'inverser, le recul est en moyenne de 30 m entre les années 90 et 2000.

Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 pour la zone située au niveau de l'embouchure du Bourdigou

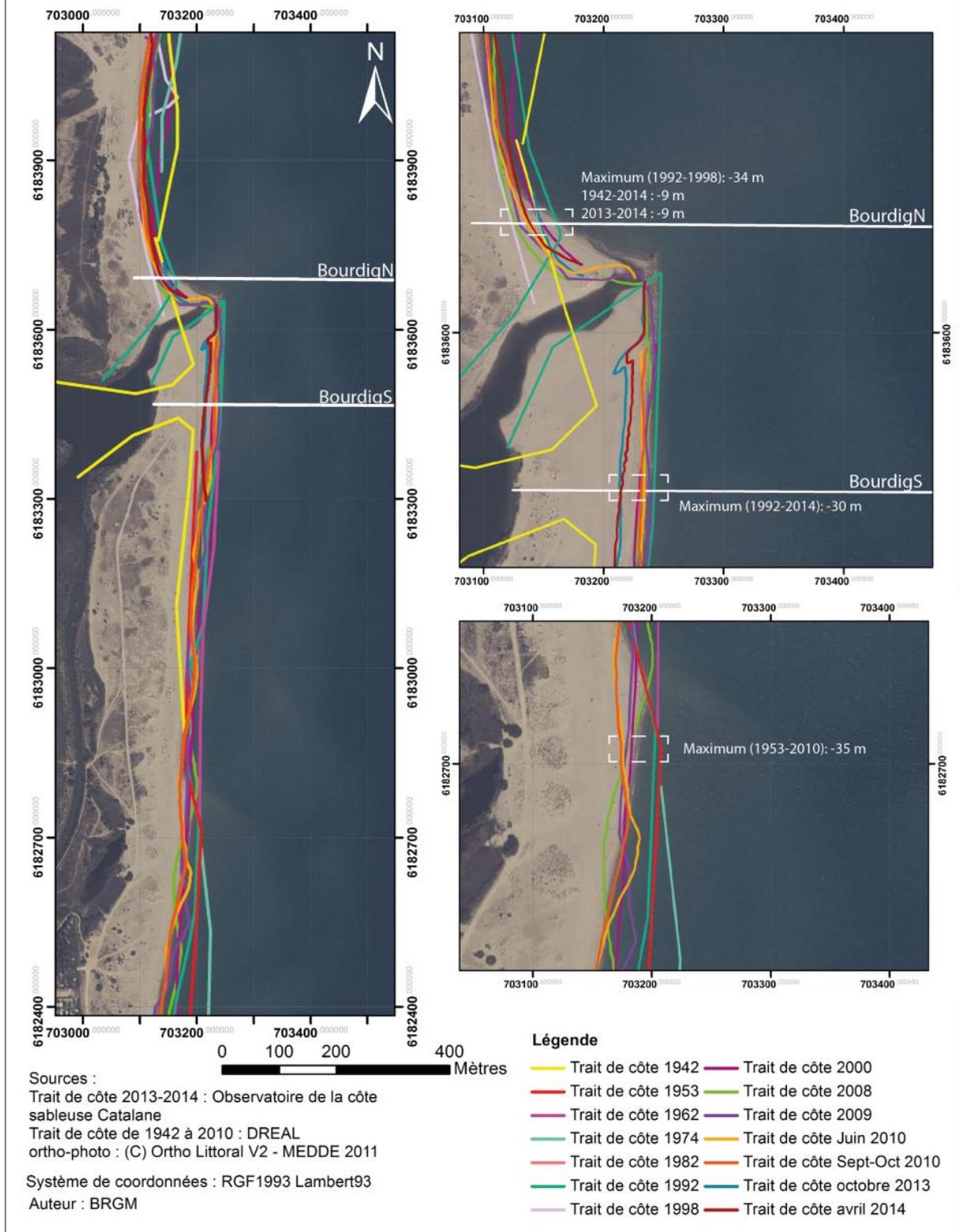


Illustration 141 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou

4.10.2. Evolution interannuelle

Le secteur du Bourdigou est caractérisé par une barre externe en croissant peu marquée et continue s'estompant vers le nord au niveau de l'embouchure (Illustration 142 et Illustration 143). Les barres internes le plus souvent au nombre de deux, sont en revanche fragmentées et irrégulières. La plage est caractérisée par un bas de plage de pente importante, une berme bien marquée et un haut de plage de pente très faible voir inversé au Sud.

La barre externe présente une évolution identique au nord et au sud de l'embouchure, soit une migration d'environ 50 m vers le large entre 2009 et 2013 (Illustration 144 et Illustration 145). Entre 2013 et 2014, elle ne change pas de géométrie, mais migre d'une dizaine de mètres vers la côte.

Les barres internes possèdent une géométrie relativement constante entre 2009 et 2014 au sud de l'embouchure, avec la présence sur les quatre profils de deux barres migrant vers la côte pendant cette période. Certaines barres internes situées au nord alternent avec des phases à petites barres morcelées et d'autres avec de larges barres plus hautes. La géométrie et l'évolution des barres internes sont différentes au sud et au nord, soit :

- au nord : en 2013 une barre bien marquée et étendue qui évolue en 2014 en une barre plus étroite située environ 100 m plus au large, la distance entre cette barre et la côte présente une pente douce parsemée d'irrégularités,
- au sud : deux barres bien formées, celle située sur l'extérieur migre vers la côte et celle sur l'intérieur vers le large.

La plage basse présente des évolutions différentes au nord et au sud de l'embouchure, soit au nord de l'accrétion de 2009 à 2011, puis jusqu'en 2014, la pente s'accroît entraînant une avancée de la berme et un recul de la partie basse de la plage. Le sud est caractérisé par un recul important entre 2011 et 2013, les autres périodes étant relativement équilibrées. Le haut de plage est stable de 2009 à 2014.

Entre 2013 et 2014, l'évolution de la plage basse est également différente entre le nord et le sud, avec une érosion de l'ordre de 10 m au Nord et une accrétion très limitée au sud. Le haut de plage est stable.

Le bilan sédimentaire de la partie immergée du secteur du Bourdigou (Illustration 147) entre 2009 et 2014 est négatif avec une perte en sédiment de 76198 m^3 ($\pm 3832 \text{ m}^3$). En revanche entre 2013 et 2014, le bilan est positif avec un gain de 56678 m^3 ($\pm 3409 \text{ m}^3$). Ce gain s'effectue principalement sur les barres internes et la flèche sableuse. La zone en érosion est localisée dans le secteur des barres internes, traduisant leur migration vers la côte, mais également sur la plage nord en aval-transit où le recul est important. L'évolution de 2013-2014 pourrait correspondre à un retour des morphologies plus près de la côte après la tempête de mars 2013, qui associée à de fortes précipitations, a dû modifier considérablement la zone d'embouchure.

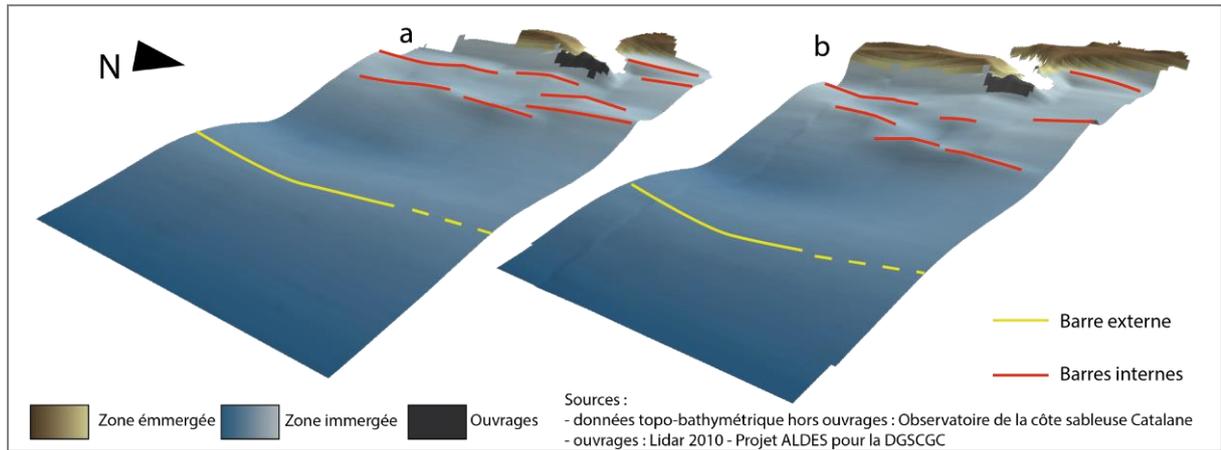


Illustration 142 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°6 - L'embouchure du Bourdigou pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014

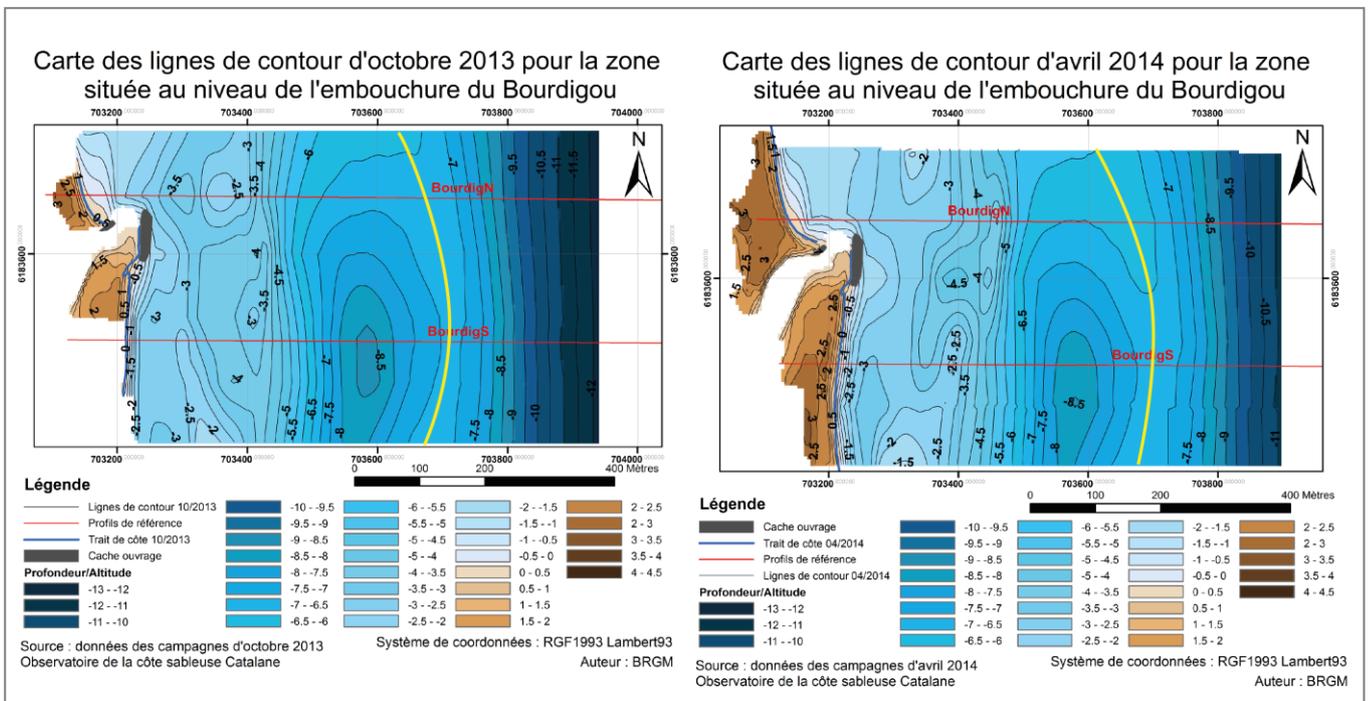


Illustration 143 : Cartes des lignes de contour du secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou

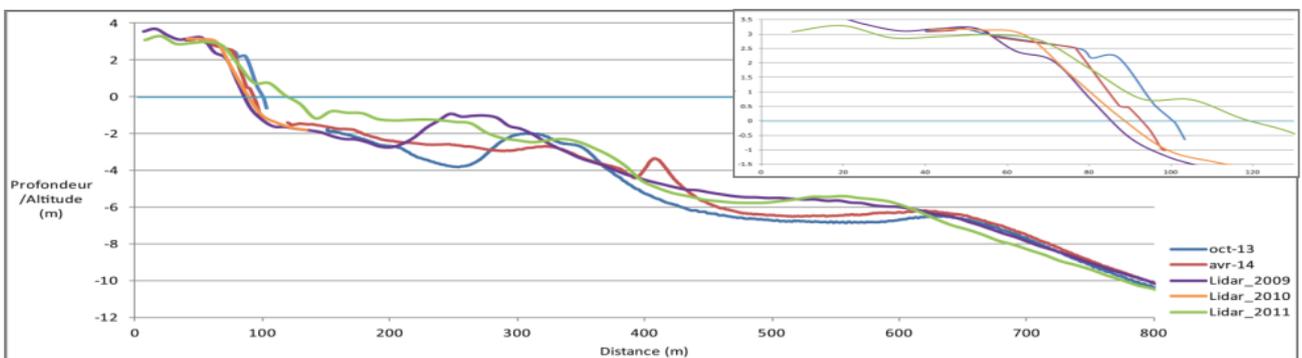


Illustration 144 : Profils Bourdigou - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

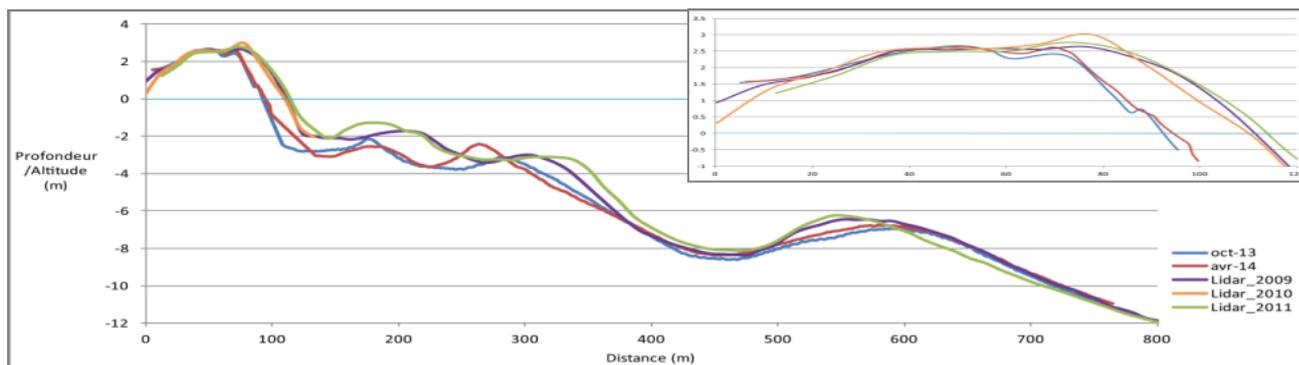


Illustration 145 : Profils BourdigS - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 pour le secteur de l'embouchure du Bourdigou

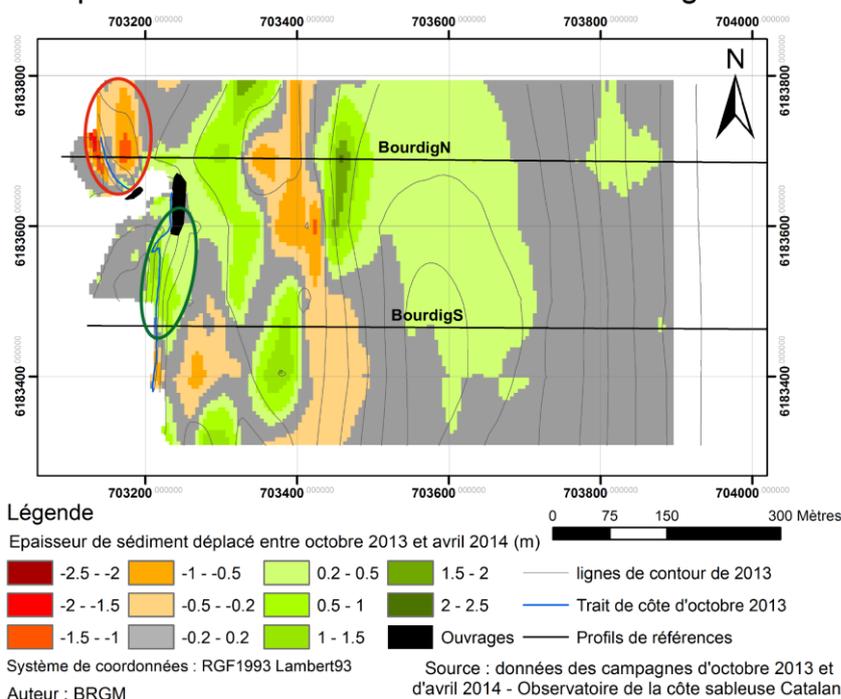


Illustration 146 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou

2009-04/2014						
Zone	Surface (m²)	Accrétion (m³)	Erosion (m³)	Total (m³)	Volume déplacé (m³)	Marge d'erreur (m³)
zone immergée	346905	51 852	-128 050	-76 198	179 902	3 832
10/2013-04/2014						
zone immergée	346905	77 139	-20 461	56 678	97 600	3 409

Illustration 147 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou

Localisation	Période	Volume par rapport à un niveau de référence de 0 m au niveau de l'embouchure (m ³)	Evolution 2013-2014 (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Bourdigou	2013	17705	2192	± 305
	2014	19897		

Illustration 148 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés de l'embouchure entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou

4.10.3. Bilan

A l'échelle pluri décennale, l'embouchure du Bourdigou s'est déplacée d'environ 200 m vers le nord sous l'effet de la dérive littorale. Après un fort recul jusqu'aux années 2000, le trait de côte s'est stabilisé autour d'une position moyenne, au nord et au sud. Plus récemment, un recul est observé au sud de l'embouchure, particulièrement marqué de 2010 à 2014.

A l'échelle interannuelle, les volumes sableux présentent une variabilité significative, qui est probablement associée au franchissement de l'embouchure par les barres internes, et à leur recul lors des événements plus énergétiques comme cela a pu être le cas en mars 2013.

4.11. SECTEUR 7 : SAINTE-MARIE

4.11.1. Evolution pluri-décennale

Comme dans le cas du secteur N°2 Port Barcarès Nord les traits de côte (Illustration 149) du secteur 7 sont conditionnés par la présence d'ouvrages durs.

La zone située au nord des ouvrages est caractérisée par un recul important du trait de côte (de l'ordre d'une centaine de mètres) entre 1974 et 1992 ; période qui fait suite à l'installation des épis plus au sud. En revanche l'installation des brise-lames pendant la seconde partie des années 90 n'a pas d'effet notable au nord des ouvrages, probablement car les brise-lames sont installés entre les épis déjà existants. D'autre part, au nord immédiat du dernier épi, les traits de côte sont peu mobiles de 2000 à 2013.

L'effet des épis en termes de gain de sable est limité et courant 1992 la plage a quasiment disparue à plusieurs endroits du littoral de Sainte Marie, notamment entre les deux premiers épis. Cependant, l'installation des brise-lames, bien qu'ayant un effet positif au droit des ouvrages, ne règle pas le problème sur toute la zone, notamment entre le premier brise-lame et l'épi suivant, où la plage a cette fois-ci complètement disparue en 2014. En revanche, le nord immédiat de la jetée nord du port peut être considéré comme stable depuis le début des années 2000.

La zone de la Crouste située au sud du port bénéficie du blocage du sable par la jetée, et, en conséquence, de 1962 à 2008, la plage progresse sur la mer d'environ 100 m. Cependant à partir de 2008 la tendance s'inverse et le trait de côte recule progressivement (entre 20 et 30 m entre 2008 et 2014). Comme dit précédemment pour le secteur N°3 de port Barcarès Sud, cette évolution pourrait être liée aux prélèvements réguliers de sédiments pour recharger la partie nord.

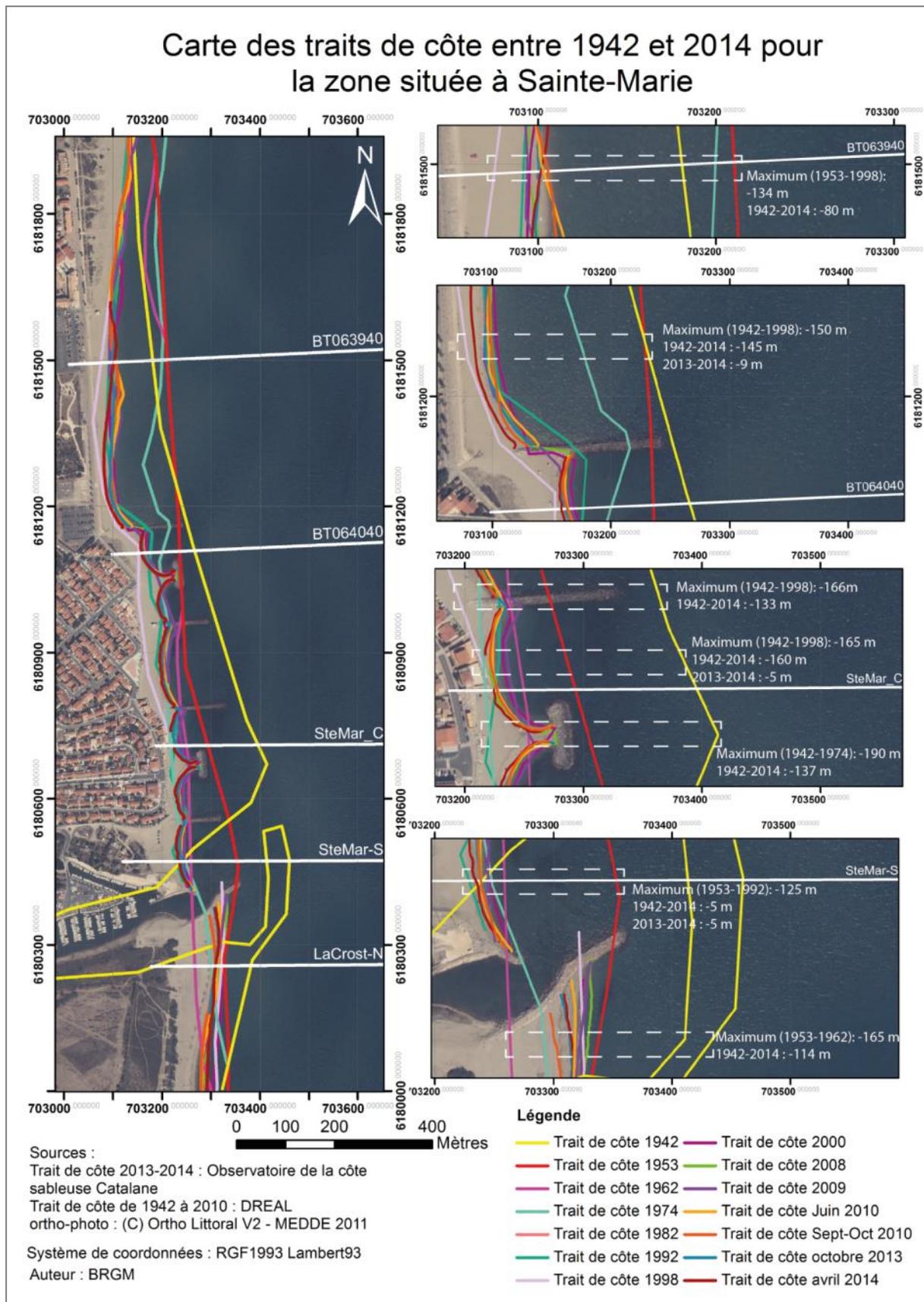


Illustration 149 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°7 - Sainte-Marie

4.11.2. Evolution interannuelle

Le secteur N°7 est caractérisé par une barre externe bien formée, possédant des croissants espacés d'environ 700 m chacun (Illustration 151 et Illustration 152). Une barre interne quasiment continue est présente au niveau des ouvrages et s'interrompt au niveau des jetées du port. Au nord des ouvrages deux à trois barres également quasi continues sont présentes. Le profil de plage est caractérisé par des pentes douces et des bermes peu marquées. Le haut de plage est le plus souvent quasi-horizontale, à l'exception des profils de la Crouste où il présente une pente inverse (Illustration 153 à Illustration 157).

Sur les profils BT063940, la barre externe est bien formée et ne se déplace quasiment pas (située à environ 550 m de la cote). En revanche au niveau des profils BT064040 trois phases d'évolution sont visibles :

- de 1990 à 1998 : barre bien formée située à environ 450 m de la côte,
- de 2000 à 2001 : barre bien formée située à environ 500 m de la côte,
- de 2009 à 2014 : barre aplanie et comprise entre une distance de 250 à 400 m de la côte.

A l'inverse de la tendance générale sur l'ensemble des secteurs, les barres internes présentent une géométrie et une organisation relativement constantes dans le temps, soit : deux barres, la première située à environ 100 m de la côte et la deuxième mieux définie avec des pentes plus fortes à environ 300 m de la côte. En revanche, les profils BT064040 présentent une à deux barres internes à géométrie variable et situées entre 100 et 250 m de la côte.

Comme pour l'avant-côte, la plage présente des évolutions différentes sur les deux profils. En effet les profils BT063940 sont caractérisés par un recul important (de l'ordre de 40 m) entre 1989 et 2009 suivi jusqu'à 2014 d'une avancée d'environ 10 m. Le haut de plage quant à lui change de géométrie sur ces mêmes périodes puisqu'en 1989 il présente une pente quasi horizontale, alors que les années suivantes se forme une butte d'environ 1 m de haut correspondant soit à une berme fossile, soit à la formation d'une dune embryonnaire. Les profils BT064040 ne présentent pas de recul constant du bas de plage et celui de 2010 est situé au même niveau que celui de 1990. Le haut de plage présente des variations de l'ordre de 50 cm s'expliquant par la présence certaines années de deux bermes fossiles. Au nord du dernier épi, un recul du trait de côte d'environ 10 m est observé entre 2013 et 2014 entraînant la formation d'une falaise d'environ 1,5 m de haut (Illustration 150).



Illustration 150 : Photographie d'une falaise d'érosion située au nord de l'épi le plus au nord à Sainte-Marie

La zone centrale du littoral de Sainte Marie, possède une zone d'avant-côte quasiment stable et un bas de plage en recul constant (environ -10 m entre 2009 et 2014). La zone sud en revanche possède une zone d'avant-côte plus mobile (migration de la barre externe vers le large et agrandissement de la barre interne) et un bas de plage quasiment stable. Le haut de plage quant à lui connaît un gain d'environ 1 m entre 2010 et 2013 probablement du fait

d'actions anthropiques (rechargement, terrassement...). Enfin la zone de La Crouste présente des barres internes et externes à géométrie constante mais mobiles d'une année à l'autre sans tendance continue, tout comme le bas de plage. Le haut de plage est quant à lui relativement stable à l'exception d'une perte de sédiments (environ 40 cm) en 2011, récupérée en 2013.

L'avant-côte ne présente quasiment pas d'évolution entre 2013 et 2014 à l'exception d'un déplacement des croissants de la barre externe d'environ 20 m et d'une migration vers le large à La Crouste des barres externes et internes d'environ 30 m. D'autre part si le haut de plage est stable sur tous les profils entre les deux campagnes, ce n'est pas le cas du bas de plage qui présente des évolutions différentes pour quasiment chaque profil. Le profil de plage "BT063940" est en accrétion ce qui suppose que celui-ci est en dehors de la zone en érosion située au nord des ouvrages. L'illustration 158 permet d'estimer approximativement l'étendue de cette zone, soit environ 250 m avec une perte maximum de l'ordre de 2 m à environ 100 m du dernier épi. Étonnamment les deux profils "BT064040" et "Ste_MarC" situés dans des conditions similaires, soit entre un brise-lames au sud et un épi au nord présentent des évolutions différentes puisque le profil le plus au nord est stable alors que l'autre est en érosion. Des explications possibles à ce phénomène seraient la proximité plus importante du profil de "Ste_MarC" de la jetée du port, ainsi que le recul d'environ 50 m de la côte au niveau du deuxième épi. La zone située au nord immédiat de la jetée du port est stable, voir en accrétion par endroit. Enfin la zone de La Crouste, en raison de son emplacement en amont du transit sédimentaire par rapport aux jetées du port, est en accrétion sur un tronçon d'au moins 200 m.

Bien que bilan sédimentaire entre les campagnes de 2013 et 2014 (Illustration 159) soit positif sur l'ensemble des secteurs 7 et 8 avec un gain de 31467 m³ (\pm 20856 m³), le bilan sur la période de 2009 à 2014 reste négatif avec une perte conséquente en sédiments (208905 m³, \pm 5541 m³). Les zones en accrétion entre 2013 et 2014 sont situées au niveau du bas de plage et de la fosse interne de La Crouste, ainsi qu'à l'extrémité des épis et des jetées. La principale zone en érosion présentée précédemment est située sur environ 250 m au nord des derniers ouvrages. Le bilan sédimentaire positif entre 2013 et 2014, ainsi que le peu de variation de morphologie observé sur l'avant-côte et le haut de plage s'expliquent par les conditions météo marines calmes de la période étudiée.

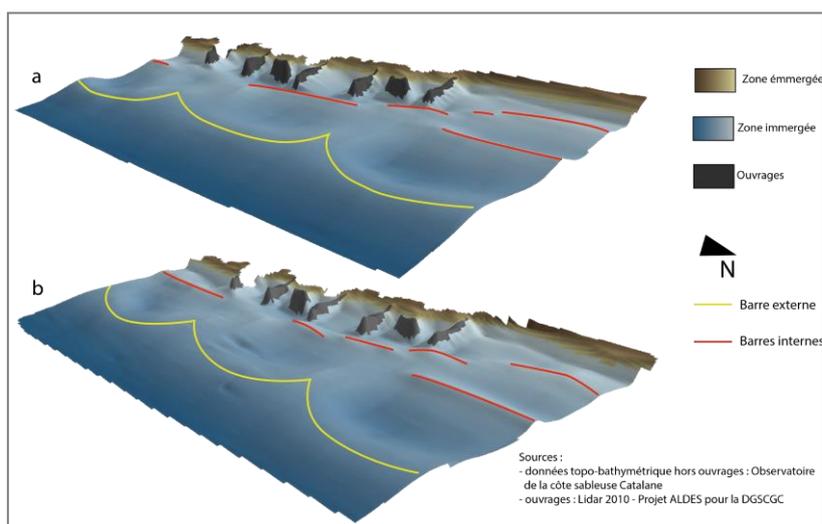


Illustration 151 : Visualisation en trois dimensions du secteur N°7 - Sainte-Marie pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014

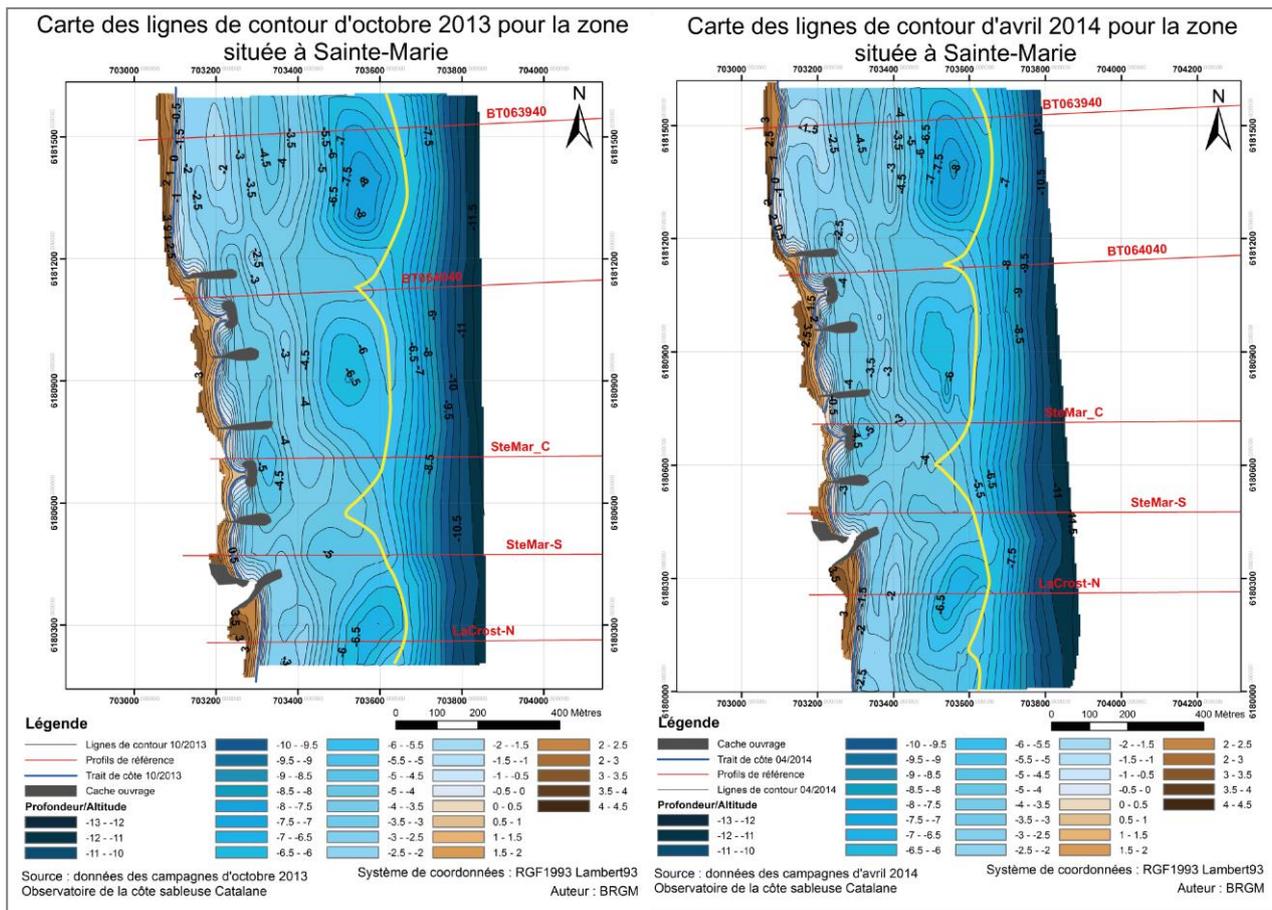


Illustration 152 : Cartes des lignes de contour du secteur N°7 - Sainte-Marie

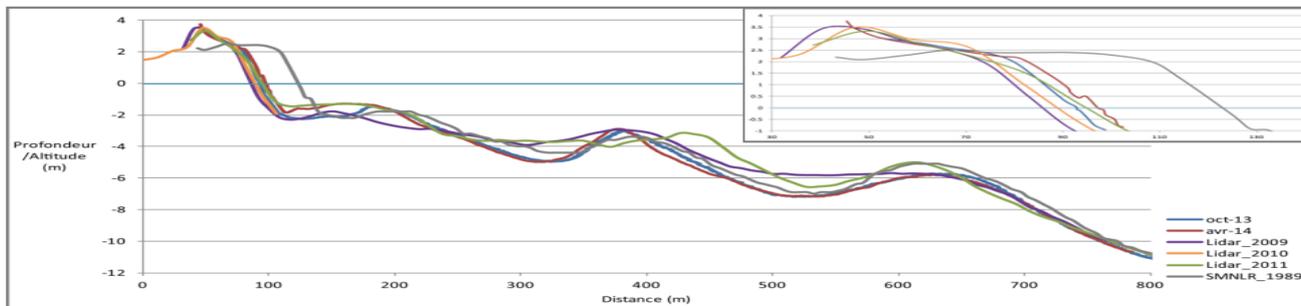


Illustration 153 : Profils BT063940 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 1989 (SMNLR)

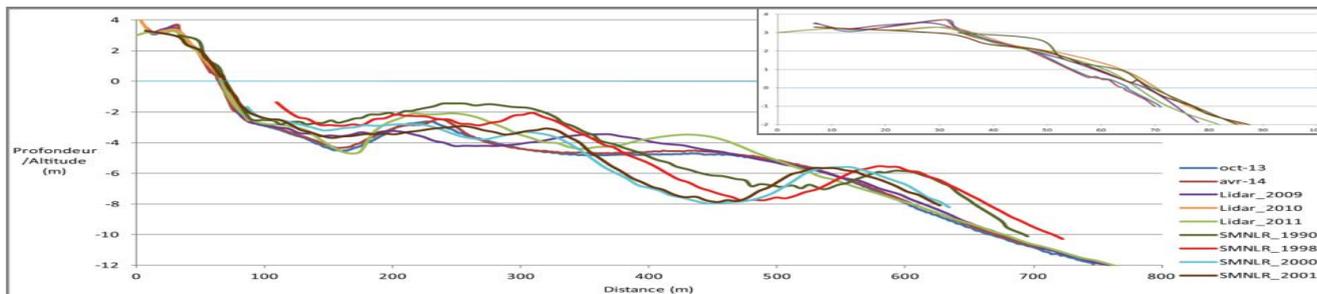


Illustration 154 : Profils BT064040 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 1990-2001 (SMNLR)

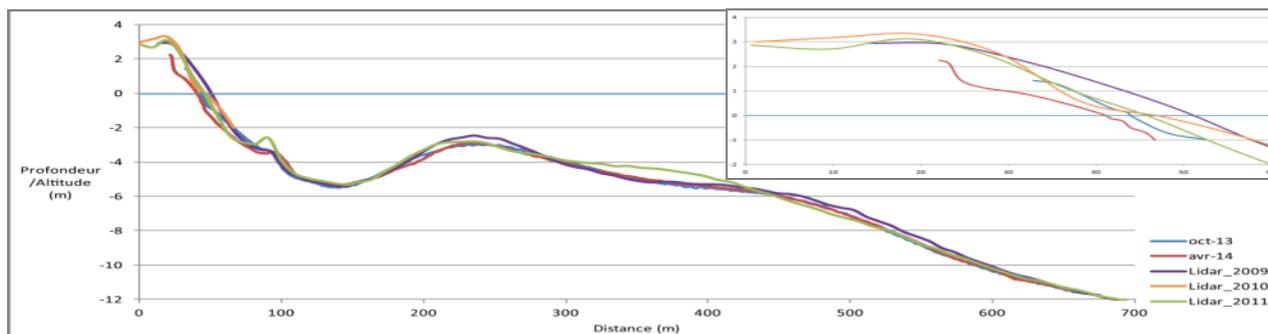


Illustration 155 : Profils SteMar_C - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

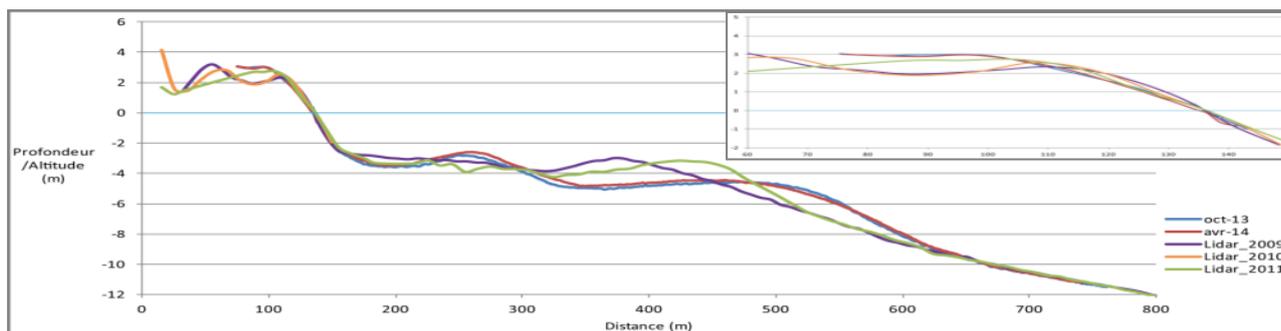


Illustration 156 : Profils SteMar_S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

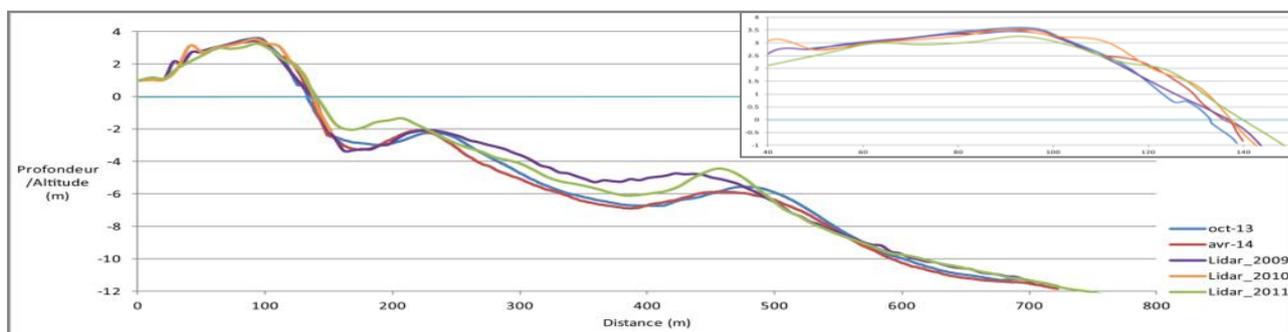


Illustration 157 : Profils LaCrostN - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014
pour le secteur de Sainte-Marie

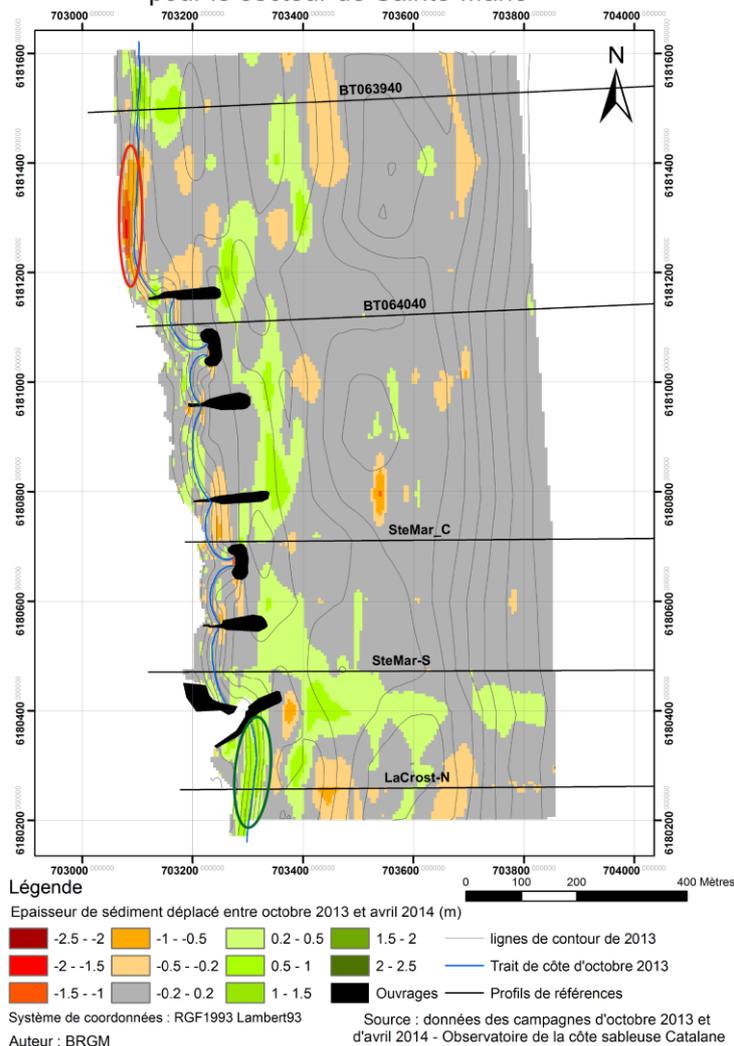


Illustration 158 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°7 - Sainte-Marie

2009-04/2014						
Zone	Surface (m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Volume déplacé (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
zone complète	948548	165 357	-374 262	-208 905	539619	5 541
zone immergée	892877	158 027	-355 710	-197 683	513738	5 099
zone émergée	55656	7 329	-18 552	-11 223	25881	442
10/2013-04/2014						
zone complète	948548	87 443	-55 976	31 467	143 418	20 856
zone immergée	892877	78 055	-50 194	27 860	128 249	20 059
zone émergée	55656	8 959	-5 562	3 397	14 521	790

Illustration 159 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°7 - Sainte-Marie

4.11.3. Bilan

A l'échelle pluri décennale, le trait de côte de Sainte-Marie est en recul de 50 à 100 m, l'amplitude du recul des différentes portions du trait de côte, dépend de leur emplacement vis-à-vis des ouvrages. Cette évolution s'explique par la construction et l'influence des ouvrages et probablement également par le déplacement vers le sud de l'embouchure de la Têt qui diminue l'apport sédimentaire (l'ancienne embouchure de la Têt était située au niveau du port de Sainte-Marie (Illustration 149).

A l'inverse du secteur N°2 Port Barcarès Nord, le trait de côte et le bas de plage du secteur de Sainte-Marie présente toujours une tendance à l'érosion à l'échelle interannuelle (-5 à -20 m de recul suivant les zones). Sur cette même période de temps, l'ensemble du secteur (plage émergée et avant côte) présente un bilan négatif avec plus de 260000 m³ (± 5000 m³) de sable perdu. Sur la période d'octobre 2013 à avril 2014 le bilan est à l'accrétion avec un gain d'environ 30000 m³ (± 20000 m³) qui est très insuffisant pour compenser la perte de sédiment entre 2009 et 2013.

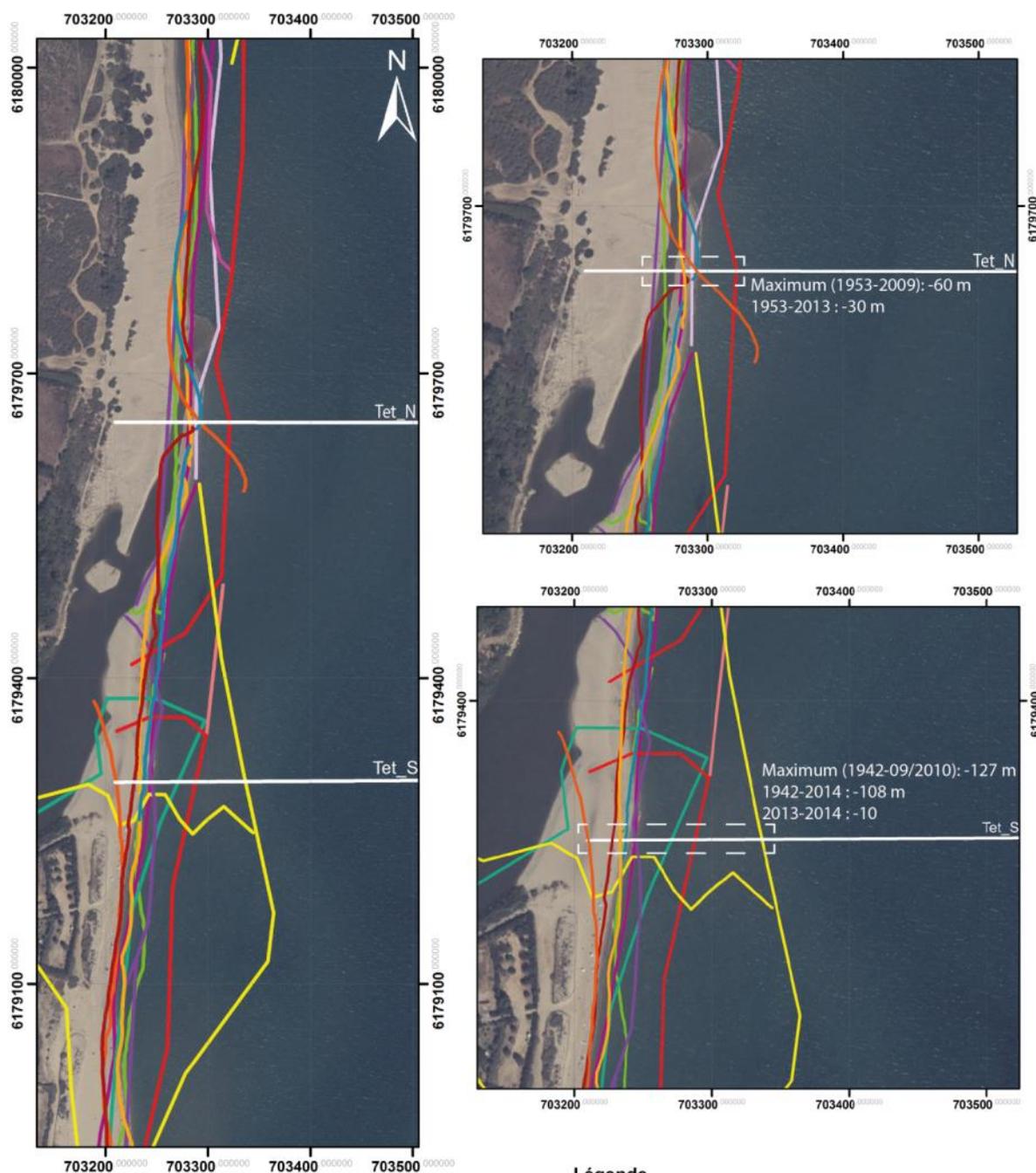
Comme pour le secteur N°2, l'évolution des différents éléments observés (trait de côte, géométrie des barres, évolution des stocks sédimentaires...) mettent tous en évidence pour ce secteur une dynamique très fortement contrôlée par les actions et installations anthropiques.

4.12. SECTEUR 8 : EMBOUCHURE DE LA TET

4.12.1. Evolution pluri-décennale

A l'inverse des embouchures de l'Agly et du Bourdigou plus au nord, l'embouchure de la Têt n'est pas calibrée pas des digues, ce qui permet à celle-ci d'être plus mobile (Illustration 160). En effet entre 1942 et 2014 l'embouchure se déplace de plus de 600 m vers le nord. Depuis au moins les années 1990 le trait de côte de part et d'autre de l'embouchure alterne des phases d'avancée et de recul sur un espacement d'environ 50 m.

Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 pour la zone située au niveau de l'embouchure de la Têt



Sources :
 Trait de côte 2013-2014 : Observatoire de la côte sableuse Catalane
 Trait de côte de 1942 à 2010 : DREAL
 ortho-photo : (C) Ortho Littoral V2 - MEDDE 2011
 Système de coordonnées : RGF1993 Lambert93
 Auteur : BRGM

Légende

- Trait de côte 1942
- Trait de côte 1953
- Trait de côte 1962
- Trait de côte 1974
- Trait de côte 1982
- Trait de côte 1992
- Trait de côte 1998
- Trait de côte 2000
- Trait de côte 2008
- Trait de côte 2009
- Trait de côte Juin 2010
- Trait de côte Sept-Oct 2010
- Trait de côte octobre 2013
- Trait de côte avril 2014

Illustration 160 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°8 - L'embouchure de la Têt

4.12.2. Evolution interannuelle

Le secteur N°8 est caractérisé par une barre externe peu marquée au sud et disparaissant complètement au nord, ainsi que par une barre interne quasiment continue sur toute la longueur du secteur (Illustration 161 et Illustration 162). Au sud le bas de plage présente une pente importante, une berme bien marquée et un haut de plage en pente inversée. Au nord, du fait de l'embouchure, la plage présente des géométries très variables suivant les années.

De 2009 à 2014 la barre interne au nord du secteur est inexistante et en conséquence les variations du profil sont négligeables. Au sud la barre externe est présente bien que peu développée. Les changements de géométrie, ainsi que la mobilité de la barre sont cependant limités (Illustration 163 et Illustration 164). La barre interne au nord comme au sud est caractérisée par des géométries constantes et une migration vers le large ou la côte suivant les années. Dans la partie nord du secteur, le bas de plage présente de grandes variations de morphologie (pente douce, falaise, une à plusieurs bermes...), le haut de plage présente également des variations mais dans une moindre importance. Le sud présente également des variations de la plage mais plus limitées qu'au nord : soit sur tous les trait de côte un bas de plage présentant une pente relativement importante qui recule ou avance suivant les années (les trois dernières années étant à l'érosion), une berme bien marquée qui a reculé d'environ 15 m entre 2009 et 2014. Le haut de plage présente une pente horizontale en 2009, qui s'inverse en 2011, 2013 et 2014.

Entre 2013 et 2014, l'ensemble nord du secteur en dessous des 2 m d'eau est en érosion sur environ 50 cm (Illustration 165). Comme pour le secteur de Torreilles le déplacement de sédiments dans la zone dépassant les 7 m de profondeur pose question au vu de la période calme en termes de conditions hydrodynamiques entre les deux campagnes. Au sud la barre est présente, bien que peu développée les deux années et migre vers la côte sur environ 50 m. Entre 2013 et 2014, une barre interne est présente qui conserve la même géométrie mais migre d'environ 10 m vers la côte dans la partie nord du secteur et de 30 m au sud.

La plage présente des évolutions très différentes sur les profils nord et sud, soit :

- sur le profil nord, un changement complet de géométrie notamment du fait d'un recul important (environ 60 m) du bas de plage entraînant en 2014 la formation d'une falaise de quasiment 3 m de haut. Ces variations sont probablement liées à l'évolution de la flèche au niveau de l'embouchure,
- sur le profil sud, aucun changement de géométrie n'est à noter, cependant un recul de la plage dans son ensemble entraîne la formation d'une zone en accrétion sur le haut de plage et en érosion sur le bas de plage.

Le bilan sédimentaire entre 2009 et 2014 est négatif (-63032 m^3 , $\pm 3580 \text{ m}^3$), une grande partie de cette perte en sédiments se produit entre les deux campagnes de 2013 et 2014 (-45484 m^3 , $\pm 5138 \text{ m}^3$), probablement du fait de la zone d'érosion étendue au centre du secteur (au niveau du Profil Nord) dont il est fait état précédemment. Le bilan de l'embouchure entre 2013 et 2014 est également négatif (14552 m^3). Une zone d'érosion forte (jusqu'à 2,5 m, ce qui correspond au maximum observable sur l'ensemble des secteurs) est située sur le bas de plage et la fosse interne du Sud de l'embouchure. Une zone similaire en accrétion est située au nord de l'embouchure.

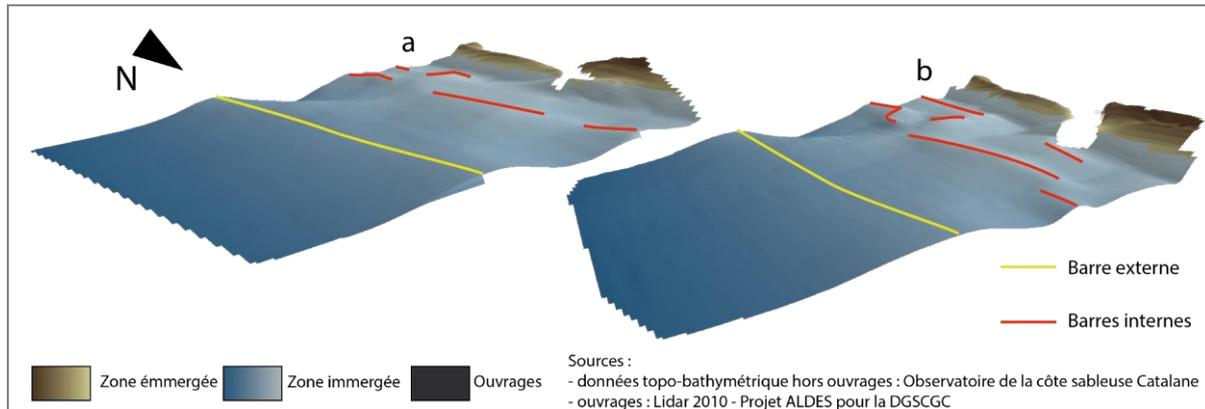


Illustration 161 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°8 - L'embouchure de la Têt pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014

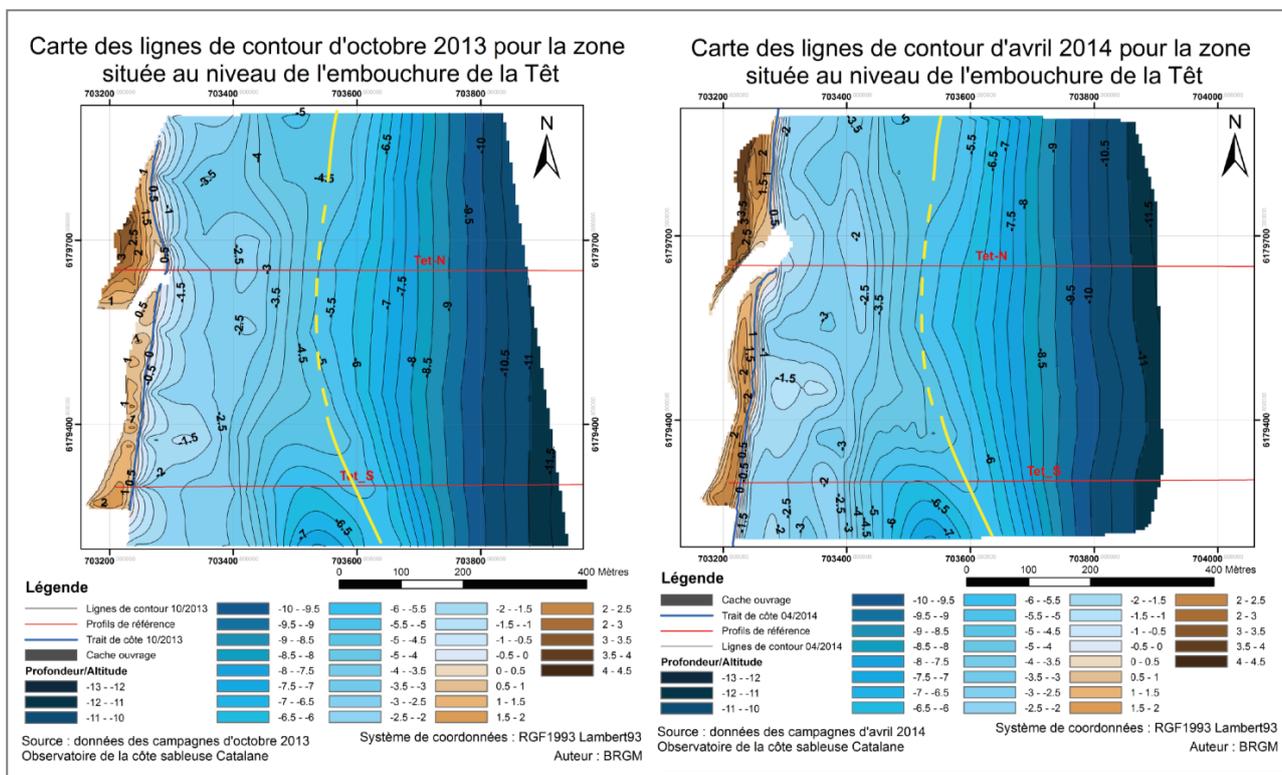


Illustration 162 : Cartes des lignes de contour du secteur N°8 - L'embouchure de la Têt

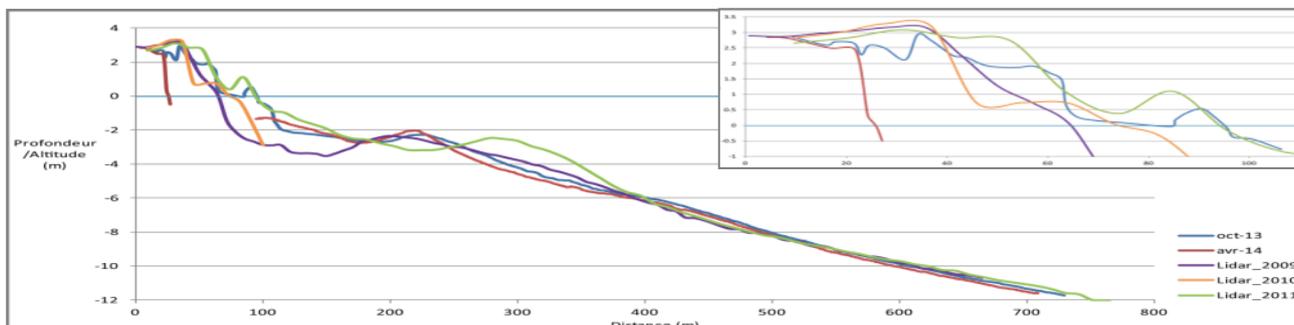


Illustration 163 : Profils Tet_N - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

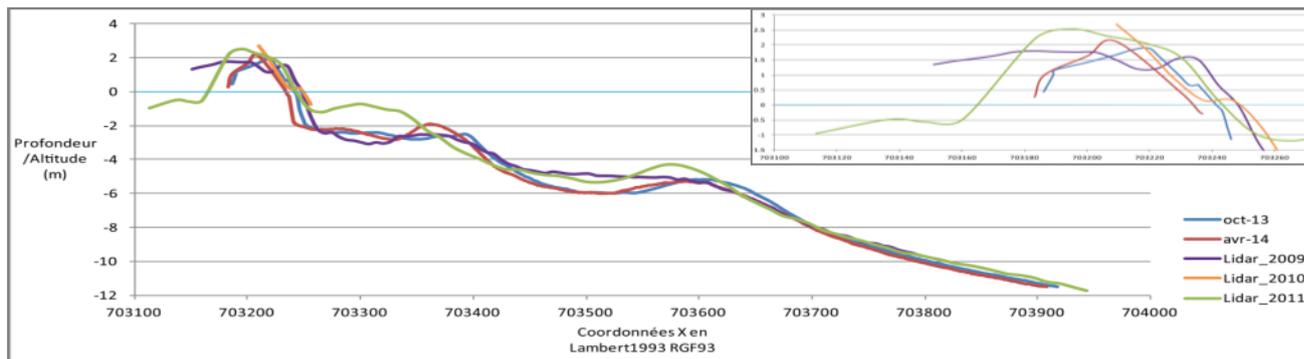


Illustration 164 : Profils Tet_S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011)

Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 pour le secteur de l'embouchure de la Têt

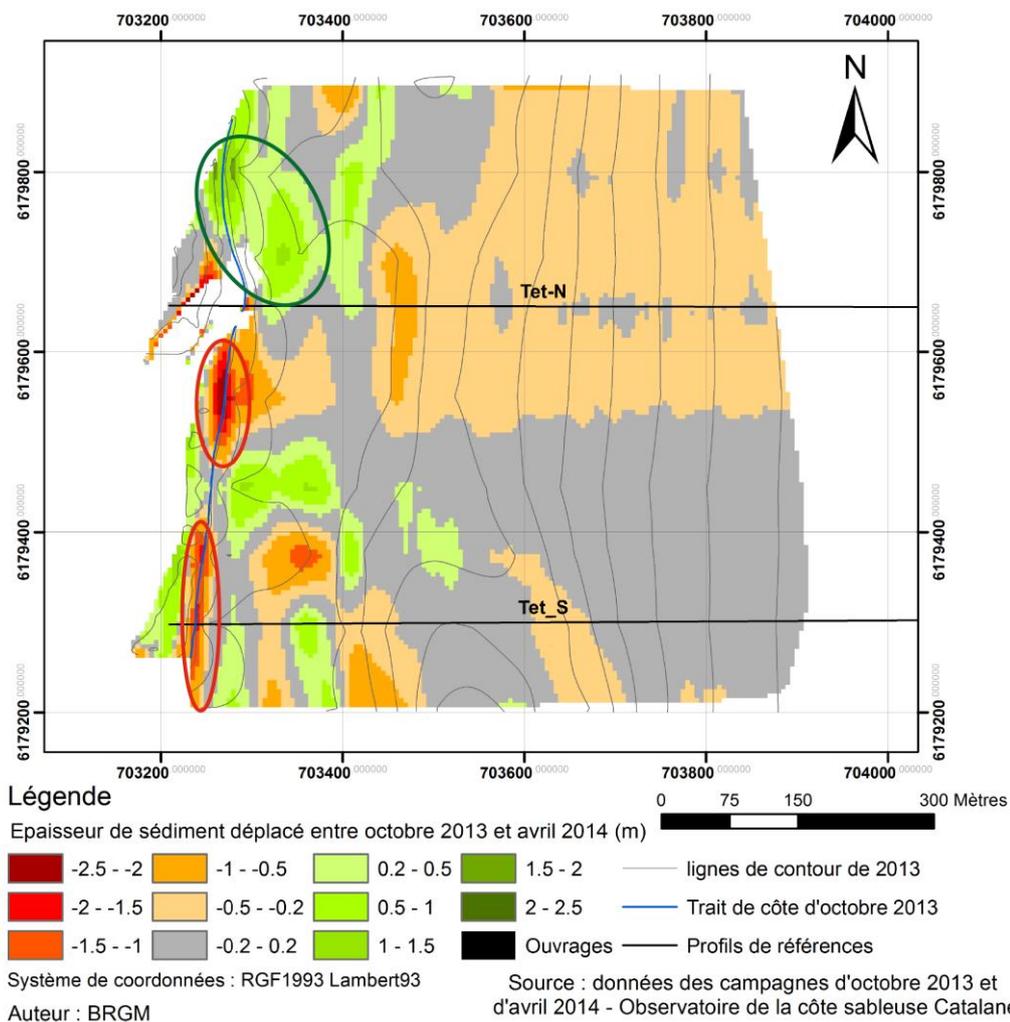


Illustration 165 : Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°8 - L'embouchure de la Têt

2009-04/2014						
Zone	Surface (m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Volume déplacé (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
zone immergée	434219	60 554	-123 587	-63 032	184 141	3 580
10/2013-04/2014						
zone immergée	434219	28 500	-73 984	-45 484	102 483	5 138

Illustration 166 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°8 - L'embouchure de la Têt

Localisation	Période	Volume par rapport à un niveau de référence de 0 m au niveau de l'embouchure (m ³)	Evolution 2013-2014 (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
Têt	2013	29871	-2149	± 511
	2014	27722		

Illustration 167 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés de l'embouchure entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°8 - L'embouchure de la Têt

4.12.3. Bilan

A l'échelle pluri décennale, l'embouchure de la Tet s'est déplacée d'environ 600 m vers le Nord sous l'effet de la dérive littorale. C'est l'embouchure qui présente la migration la plus importante, probablement en raison de l'absence de digue de calibrage. Probablement pour la même raison le trait de côte de part et d'autre de l'embouchure présente des évolutions variables sur un espacement de 50 m environ.

A l'échelle interannuelle, le trait de côte conserve une évolution similaire sur un espacement plus réduit de l'ordre de 20 à 30 m. En termes de stocks sédimentaires le secteur a subi une perte en sédiment entre 2009 et 2014 de l'ordre de 63000 m³ (±3500 m³) dont 45000 m³ (±5000 m³) entre 2013 et 2014.

4.13. SECTEUR 9 : CANET-EN-ROUSSILLON

4.13.1. Evolution pluri-décennale

L'évolution du linéaire de Canet-en-Roussillon est conditionnée par la présence des jetées du port. Ainsi la zone au nord immédiat des jetées, bien que pouvant présenter certaines années une avancée du trait de côte, est globalement en érosion avec un recul de presque 50 m entre 2000 et 2014 (Illustration 168). Les inversions de tendance certaines années pourraient être causés par des rechargements. Plus au nord, l'influence de la jetée disparaît et le linéaire côtier ne présente plus d'évolution continue et des phases en érosion et accrétion alternent sur un intervalle d'environ 35 m.

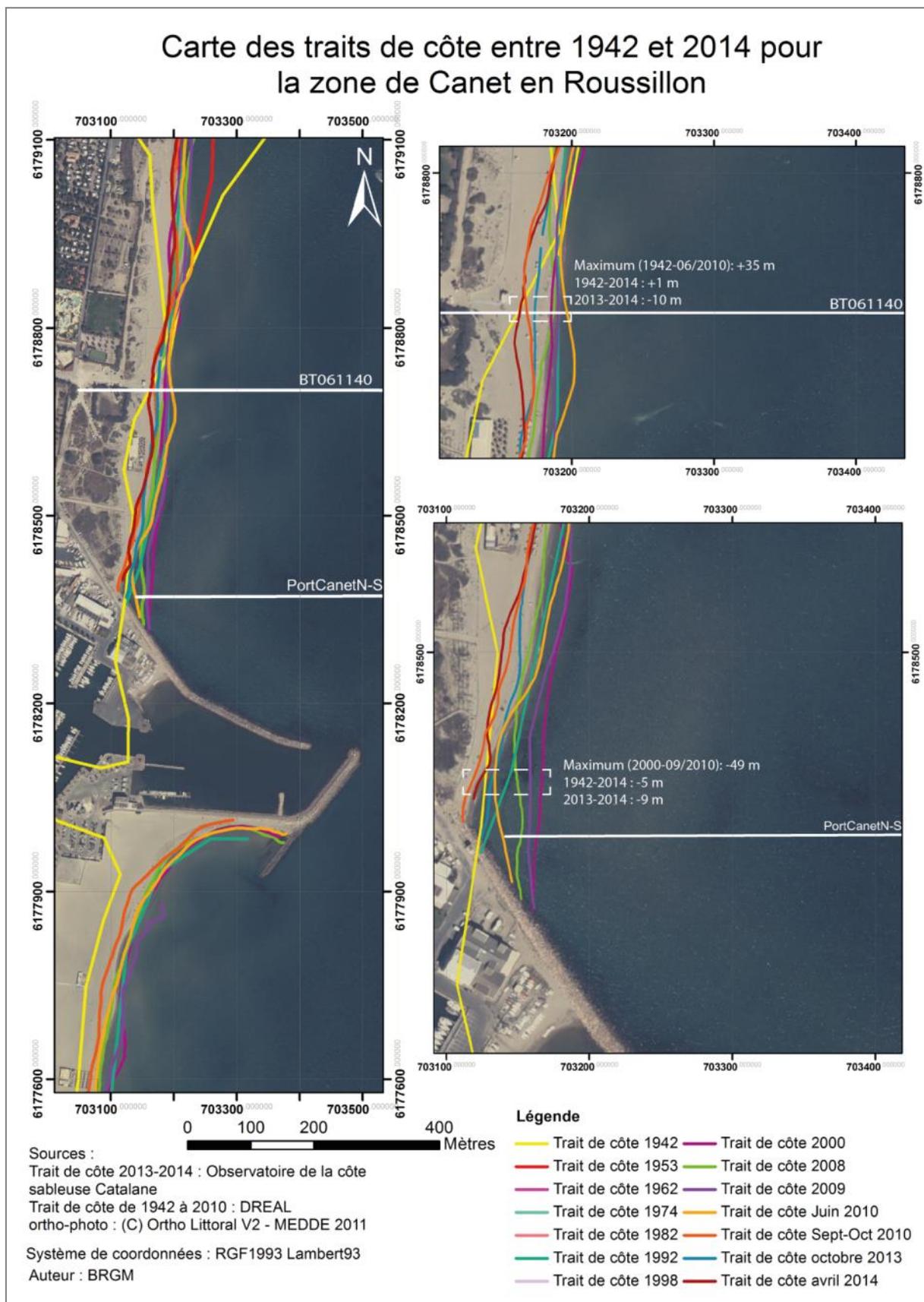


Illustration 168 : Carte des traits de côte entre 1942 et 2014 du secteur N°9 - Canet-en-Roussillon

4.13.2. Evolution interannuelle

Le secteur n°9 du nord de Canet est caractérisé par une barre externe située à environ 550 m de la côte qui disparaît vers le nord (Illustration 169 et Illustration 170). En moyenne, sont présentes deux à trois barres internes non continues. La plage présente au nord une berme peu marquée rendant la distinction entre le bas et le haut de plage difficile, à l'inverse la berme au sud est bien marquée et le haut de plage tend à devenir horizontal.

Il est ainsi possible de relever la présence en 2001 d'une barre externe bien marquée qui s'aplanit sur les profils plus récents et disparaît presque en 2013 et 2014 (Illustration 171). En moyenne trois barres internes sont visibles sur les profils à l'exception de celui de 2001 qui n'en présente qu'une. Le bas de plage montre deux phases d'évolution : la première de 2001 à 2010 en accrétion et la seconde de 2010 à 2014 en érosion.

Les profils sud présentent des variations de géométrie négligeables au niveau de la barre externe et un déplacement maximum de 30 m (Illustration 172). En 2009 et 2011 la présence d'une seule barre interne est notable, et de deux les autres années. Les déplacements sont variables d'une année à l'autre. Le haut de plage est limité au sud du fait de la présence de la jetée du port. A noter que les profils de 2013 et 2014 sont légèrement décalés d'environ 10 m vers le nord du fait de l'absence de plage au moment des campagnes sur leur tracé réel. De ce fait, le trait de côte sur cette zone est en recul constant de 2009 à 2014.

L'avant-côte au nord du secteur en 2013 et 2014 ne présente pas de barre externe et pas non plus de variation des fonds. Au sud malgré la présence d'une barre il n'y a pas non plus d'évolution entre les deux campagnes. En revanche, les trois barres internes présentes au nord migrent d'une dizaine de mètres vers le large et les deux barres au sud migrent d'environ 40 m (vers le large pour celle située à l'extérieur et vers la côte pour celle à l'intérieur). La plage évolue de façon identique au nord et au sud avec un haut de plage stable et un bas de plage en érosion (perte de 3 à 5 m). La plage alterne des zones en érosion et en accrétion de 100 à 150 m de long en commençant par une zone en érosion au niveau de la jetée.

Le bilan sédimentaire (Illustration 174) entre 2009 et 2014 est négatif avec une perte en sédiment de 75673 m^3 ($\pm 3999 \text{ m}^3$), ce volume ne représente pas une perte conséquente pour l'avant côte puisqu'en 6 mois un volume supérieur a été récupéré ($85644 \text{ m}^3 \pm 4101 \text{ m}^3$). En revanche ce n'est pas le cas pour la zone émergée dont les stocks sont équilibrés entre 2013 et 2014 ($136 \text{ m}^3 \pm 94 \text{ m}^3$). Il est à noter que l'accrétion au niveau de la partie immergée est essentiellement localisée au niveau de la jetée.

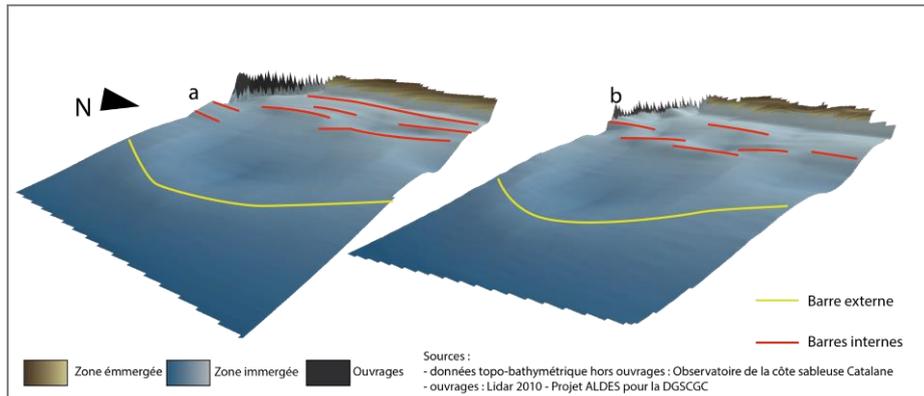


Illustration 169 : Visualisation en trois dimensions du secteurs N°9 - Canet-en-Roussillon pour les périodes de (a) octobre 2013 et (b) avril 2014

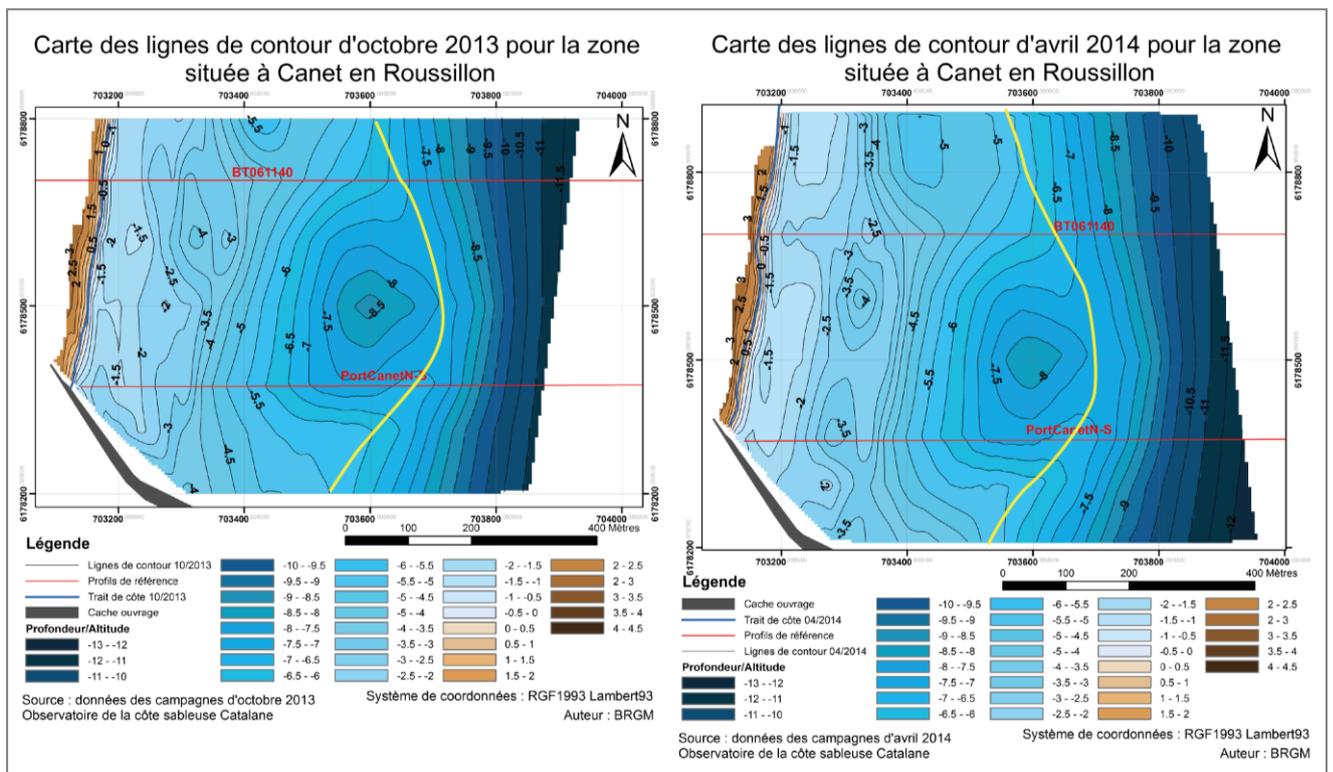


Illustration 170 : Cartes des lignes de contour du secteur N°9 - Canet-en-Roussillon

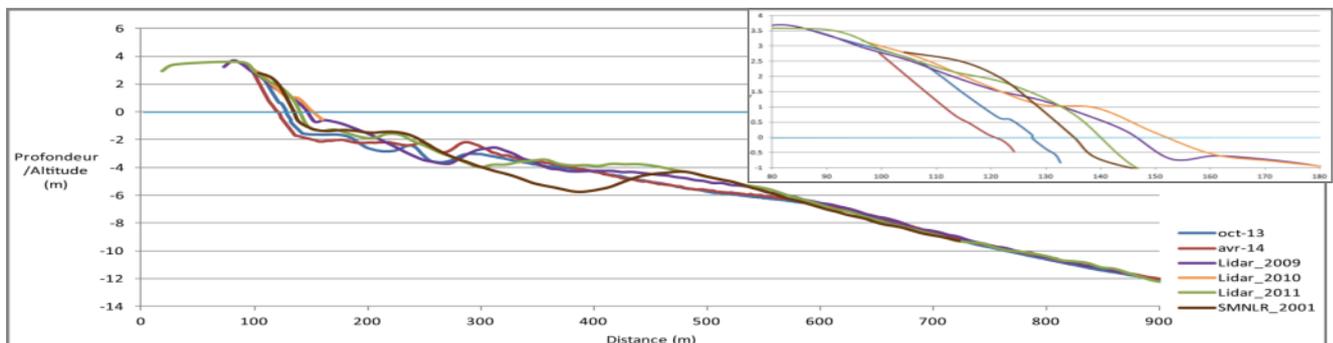


Illustration 171 : Profils BT061140 - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC), 2011 (Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011), 2001 (SMNLR)

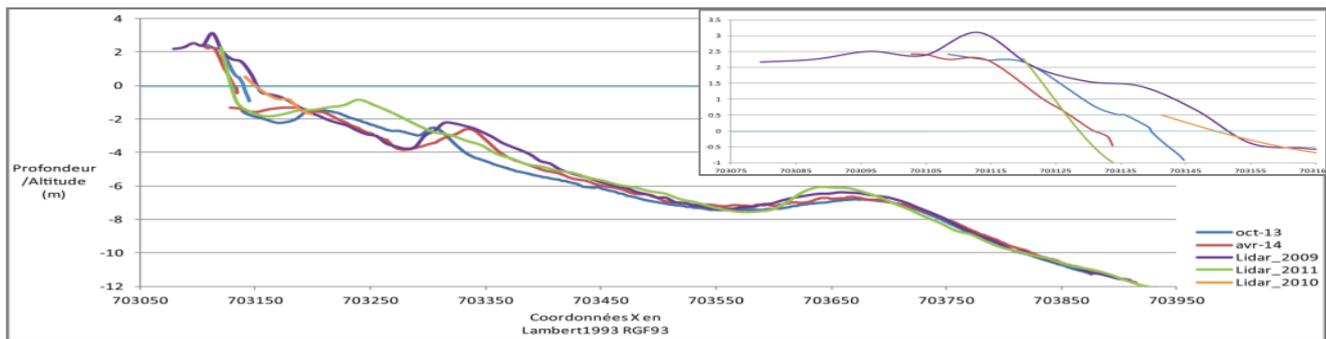


Illustration 172 : Profils PortCanetN-S - 2013 et 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2010 (Projet ALDES pour la DGSCGC) et 2011 (Litto3D@ Languedoc-Roussillon 2011)

Carte des sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 pour le secteur de Canet-en-Roussillon

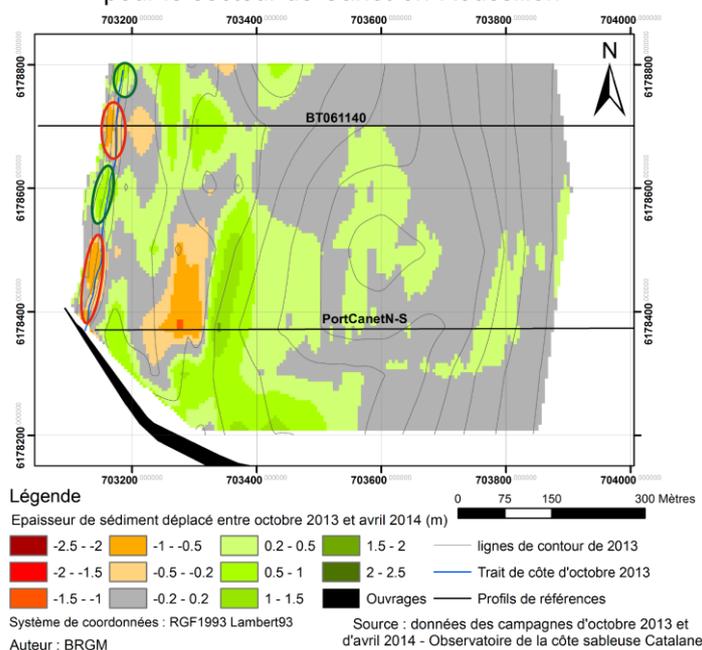


Illustration 173 : Carte des volumes de sédiments déplacés entre octobre 2013 et avril 2014 sur le secteur N°9 - Canet-en-Roussillon

2009-04/2014						
Zone	Surface (m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Volume déplacé (m ³)	Marge d'erreur (m ³)
zone complète	443588	32 810	-108 483	-75 673	141 293	3 999
zone immergée	431357	32 641	-100 078	-67 437	132 719	3 929
zone émergée	12230	170	-8 405	-8 235	8 575	70
10/2013-04/2014						
zone complète	443588	98 334	-12 577	85 758	110 911	4 195
zone immergée	431357	96 059	-10 414	85 644	106 473	4 101
zone émergée	12230	2 225	-2 089	136	4 314	94

Illustration 174 : Synthèse des volumes de sédiments déplacés sur le secteur N°9 - Canet-en-Roussillon

4.13.3. Bilan

A l'échelle pluri décennale, le trait de côte du secteur nord de Canet-en-Roussillon ne présente pas une évolution continue en érosion ou accrétion, puisque qu'entre 1942 et 2000 il prograde de 50 m environ et qu'entre 2000 et 2014 il recule de 50 m en raison de l'implantation de la jetée du port.

Le trait de côte et plus généralement le bas de plage à l'échelle interannuelle présente donc une tendance à l'érosion de l'ordre de 40 m.

D'autre part, l'ensemble du secteur présente des pertes sur le stock sédimentaire de l'ordre de 160000 m³ entre 2009 et 2013, cette perte est en grande partie compensée par les gains de 2013 à 2014 de l'ordre de 85000 m³. Cette évolution peut être due soit aux effets de la tempête de mars 2013 soit à un rechargement anthropique.

4.14. SECTEUR C : DUNES DE CANET-EN-ROUSSILLON

4.14.1. Description morphologique

Le secteur concerné est situé entre le port de Saint-Cyprien et le port de Canet. Seul le lido séparant l'étang de Canet de la mer reste pourvu d'un cordon dunaire.

Cette formation dunaire s'étend sur près de 3.5 km sur plus de 100 m de large soit une surface de l'ordre de 38 ha. Des ganivelles ont été implantées entre 2007 et 2008 afin de protéger cet environnement de la sur-fréquentation, notamment des effets indésirables du piétinement en canalisant les accès à la mer ainsi qu'en limitant le stationnement le long de la route en arrière de la dune (Illustration 175).



Illustration 175 : En haut, l'arrière-dune avec des accès canalisés vers la mer et en bas le front dunaire fragilisé au nord (photo de gauche) et au sud (photo de droite). Date : 10/06/14.

En termes de géomorphologie, sur la base des données LIDAR de 2010 (ALDES), la formation peut se décomposer en 2 secteurs, celui au nord du grau de l'étang de Canet qui se rétrécit vers le nord et celui au sud du grau. Le front dunaire atteint une altitude maximale de l'ordre de + 4.5 m NGF au nord contre + 4 m NGF au sud, sachant que sur l'ensemble de la formation seuls 4.5 ha ont une altitude de plus de + 3 m NGF soit 12% de la superficie totale (Illustration 139).

Le secteur nord semble plus fragilisé que celui au sud. La dune vive semble avoir été impactée par une sur-fréquentation et certainement des impacts d'événements majeurs passés. En effet, l'altitude de la crête de dune diminue légèrement au fur et à mesure que l'on se déplace vers le nord avec la présence de brèches fragilisant le cordon. La crête de dune culmine entre + 1.50 m NGF (zones de brèches) et + 4.58 m NGF à son point le plus haut. Le secteur sud est plus homogène avec un front dunaire moins fragilisé. La crête de dune culmine entre + 1.91 m NGF (zones de brèches) et + 4.33 m NGF à son point le plus haut.

4.14.2. Evolution morphologique

a) Période de 2009 à 2010

La couverture spatiale des données lidar de 2009 ne prenant pas en compte toute la formation dunaire, la comparaison des 2 MNT se fait sur une surface équivalente à 35 ha.

La différence entre les MNT montre alors clairement une tendance érosive entre 2009 et 2010 sur près de 20 ha soit près de 60 % de la surface totale. Généralement, les pertes constatées sont comprises entre -0.25 m et -0.50 m (90%) même si localement sur de petites surfaces elles peuvent dépasser les -0.50 m (10%). En termes de volume, il est possible d'estimer une perte de l'ordre de 20 000 m³ de sédiments sur l'ensemble de cette formation dunaire soit une perte moyenne de -6 cm/m². Cette perte peut être sous-estimée compte-tenu de l'incertitude de mesure.

Il est à noter que 15 ha, soit 40% de la surface totale, peuvent être considérés comme étant restés stables d'une année à l'autre (variations inférieures à 0.25 m).

Il peut être observé très localement de petits secteurs en accrétion dont le gain ne dépasse généralement pas 0.50 m.

Cette perte, particulièrement marquée sur la zone située au sud du grau, se fait essentiellement en arrière de la crête de la dune ce qui veut dire que le facteur responsable de cette évolution est la dynamique éolienne (Illustration 177).

b) Période de 2010 à 2011 :

La différence entre les MNS montre que l'altitude de surface a augmenté entre 2010 et 2011 sur près de 20 ha soit plus de 50% de la surface totale. Les variations sont comprises entre +0.25 m et +0.5 m sur 16 ha (80%) et supérieure à +0.5 m ailleurs.

Sur les 18 ha restants, les variations étant comprises entre -0.25 m et +0.25 m peuvent être considérées comme stables (Illustration 178). Seul 1% de la surface totale voit son altitude diminuer dont les variations sont majoritairement comprises entre -0.25 m et -0.5 m.

En termes de volume, le bilan est plutôt positif avec un gain de +30000 m³ estimé soit un gain de +8 cm/m². Ce gain peut être sous-estimé compte-tenu de l'incertitude de mesure. Ce volume peut aussi bien correspondre à une augmentation du couvert végétal qu'à une accrétion sédimentaire qu'il est difficile de comparer avec le gain sédimentaire estimé sur la période 2009-2010.

Il est possible que ces effets positifs soient directement liés aux aménagements de protection et de canalisation de la fréquentation du cordon dunaire.

Formation dunaire de l'étang de Canet



Topographie lidar Différence de MNS (2011-2010)

Mètres

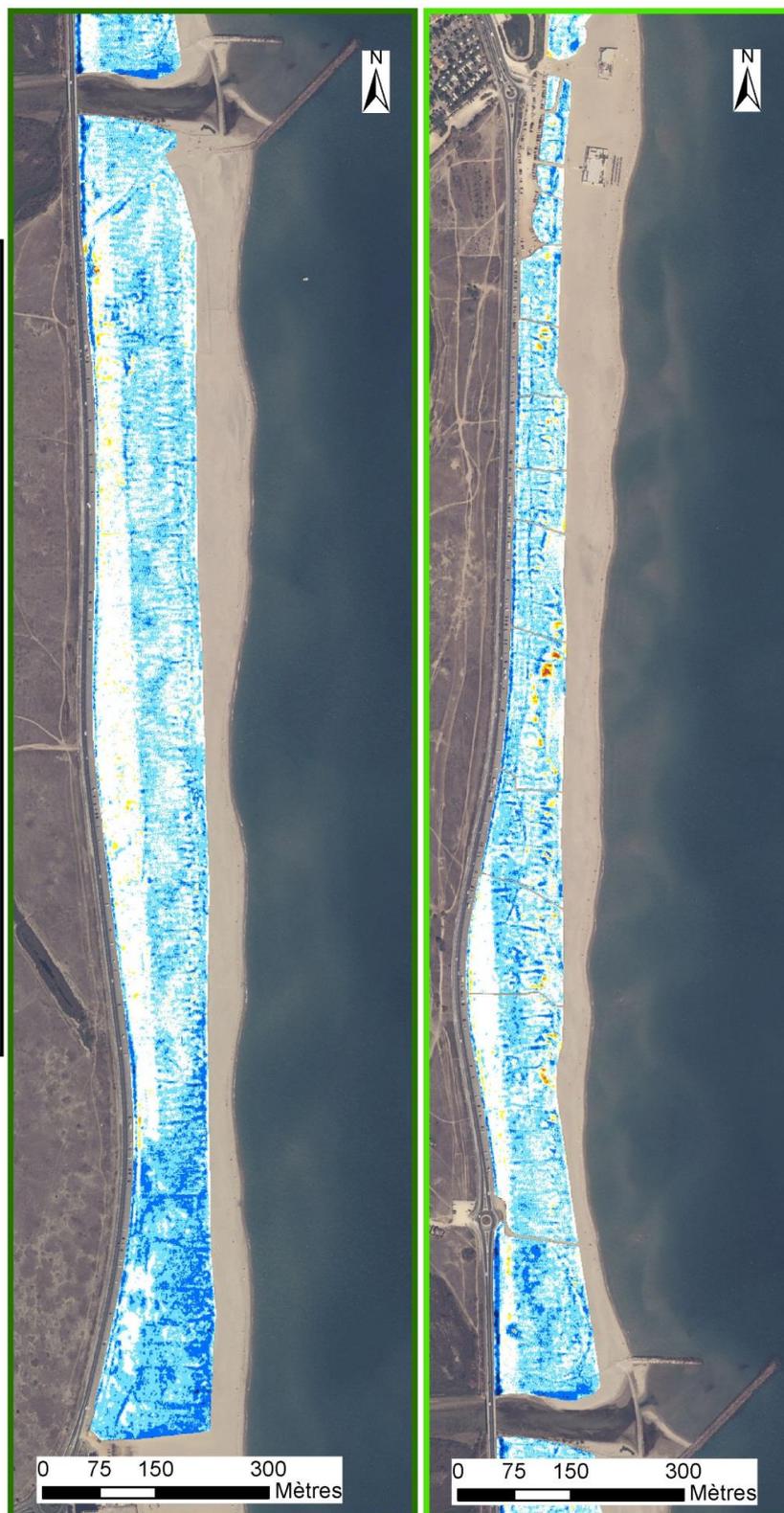
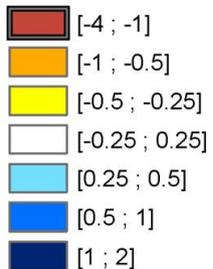


Illustration 178 : Différence altimétrique entre les MNS issus des acquisitions Lidar de 2010 et 2011 sur la formation dunaire séparant l'étang de Canet à la mer Méditerranée.

5. Synthèse des évolutions et premiers éléments de recommandations

5.1. DYNAMIQUE DES PLAGES

Si l'on dresse le bilan des analyses menées secteur par secteur, il apparaît que la grande majorité des plages du territoire de PMCA présente un bilan sédimentaire à l'érosion que ce soit à long terme (1942 à 2014) comme à plus court terme (2009-2014) - Illustration 179 et Illustration 180. Les pertes maximales sont mesurées à Sainte-Marie avec environ 100 m de recul du trait de côte entre 1942 et 2014 et 200 000 m³ de sable en moins entre 2013 et 2014.

Les causes sont essentiellement à rechercher du côté de l'implantation des ouvrages tels que les jetées portuaires et épis avec des situations caractéristiques comme à Port-Barcarès où le trait de côte recule jusqu'à 70m au Nord de la jetée et avance d'environ 100 m au Sud. Cette situation se répète au nord du port de Sainte-Marie et au nord du port de Canet (-75 000m³ entre 2013 et 2014). Au Barcarès et à Sainte-Marie, l'implantation d'épis et de brise-lames protège très localement la plage mais reporte l'érosion à proximité soit en aval-dérive des épis, soit entre les brise-lames.

Les zones en érosion pouvant donc être considérées comme posant problème au vue de l'étude réalisée sont :

- dans le secteur N°2 - Port Barcarès Nord : la zone située au nord immédiat de la jetée du port, ainsi que la plage située entre les deux épis ;
- dans le secteur N°7 - Sainte Marie : les plages situées entre les ouvrages et notamment celle entre le premier brise-lame et le second épi qui avait complètement disparue en 2014. La zone située immédiatement au nord du dernier ouvrage ;
- dans le secteur N°9 - Canet-en-Roussillon, la zone située au nord immédiat de la jetée, les enjeux sont cependant moindres du fait de la présence d'un cordon dunaire en arrière plutôt que d'infrastructures comme c'est le cas à Sainte-Marie et le Barcarès.

Il est à noter par ailleurs que sur la période de démarrage du suivi de l'observatoire (octobre 2013 à avril 2014), la saison hivernale est relativement calme avec des hauteurs de houles significatives atteignant difficilement les 3m et ne permettant probablement pas de générer une énergie suffisante pour impacter les barres externes. D'autre part les niveaux marins ne sont pas montés suffisamment haut pour avoir un effet réel en termes de submersion.

Secteurs	Evolution Pluri-décennale (1942-2014)	Evolution interannuelle (2009-2014)	Interprétation	
			Pluri-décennale (1942-2014)	Evolution interannuelle 2009-2014
N°1 - Le Lydia	Alterne érosion et accrétion autours d'un profil d'équilibre	Stock sédimentaire : -200 000 m ³ . Trait de côte alterne érosion et accrétion suivant les années et les zones du secteur	Pas de présence d'ouvrage pour amplifier les phénomènes d'érosion et d'accrétion	
N°2 - Port Barcarès Nord	Recul du trait de côte de 30 m en moyenne (60 à 70 sur les zones les plus critiques, stabilisation sur les zones protégées)	Stock sédimentaire : -155 000 m ³ . Trait de côte : stabilisation au droit des ouvrages, érosion accentuée au nord des ouvrages et entre les deux épis	Construction de la jetée et des divers ouvrages durs	Présence des brise-lames
N°3 - Port Barcarès Sud	Accrétion (environ 100 m au niveau de la jetée), s'équilibre à 1 km au Sud	Stock sédimentaire : --7000 m ³ . Trait de côte : stabilisation sur l'ensemble du secteur	Construction de la jetée	Saturation de la jetée et prélèvements réguliers
N°4 - Embouchure de l'Agly	Déplacement de l'embouchure vers le Nord (environ 100 m) et stabilisation depuis 2000 du trait de côte autours de l'embouchure	Stock sédimentaire : -40 000 m ³ . Trait de côte alterne les années en érosion et accrétion au nord (déplacement maximum de 20 m) et stabilisation au sud.	Construction des digues de calibrage de l'Agly	Présence du parking au Sud de l'embouchure
N°5 - Torreilles	Recul du trait de côte (entre 30 et 50 m)	Stock sédimentaire : -150 000 m ³ . Trait de côte, alterne érosion et accrétion suivant les années et les zones du secteur.	Diminution progressive du disponible sédimentaire apporté par la crue de 1940	Pas de présence d'ouvrage pour amplifier les phénomènes d'érosion et d'accrétion et plus d'influence des sédiments charriés par la crue de 1940
N°6 - Embouchure du Bourdigou	Déplacement de l'embouchure vers le Nord (environ 200 m), recul du trait de côte au sud (30 m entre 1992 et 2014), stabilisation au nord	Stock sédimentaire : -76 000 m ³ . Trait de côte : recul rive sud (20 m) et sabilisation rive nord.	Présence de la digue de calibrage	Probable conséquence de la tempête de mars 2013
N°7 - Sainte-Marie	1953-2014 : recul du trait de côte de 50 à 100 m (recul maximum entre les ouvrages)	Stock sédimentaire : -208 000 m ³ . Trait de côte, tendance générale à l'érosion (-5 à -20 m)	Construction des ouvrages et déplacement plus au sud de l'embouchure de la Têt qui diminue l'apport sédimentaire	Présence des ouvrages
N°8 - Embouchure de la Têt	Déplacement de l'embouchure vers le Nord (environ 600 m), de part et d'autre de l'embouchure évolution variable du trait de côte sur un espacement de 50 m	Stock sédimentaire : -63 000 m ³ . Evolution variable du trait de côte sur un espacement de 20 m au sud et de 30 m au nord	Absence de digue de calibrage	
N°9 - Canet-en-Roussillon	Equilibre entre 1942 et 2014, +50 m entre 1942 et 2000 et -50 entre 2000 et 2014	Stock sédimentaire : -75 000 m ³ . Trait de côte, tendance générale à l'érosion (40 m)	L'érosion s'explique par la présence de la jetée, en revanche aucune information pertinente pour expliquer l'accrétion de 1942 à 2000	

Illustration 179 : Tableau de synthèse des évolutions pluri-décennale et interannuelle des secteurs d'étude du territoire du PMCA



Illustration 180 : Synthèse cartographique des évolutions puri-décennale et interannuelle des secteurs d'étude du territoire du PMCA

5.2. DYNAMIQUE SPECIFIQUE AUX EMBOUCHURES

Dynamique des embouchures

La dynamique des embouchures du Roussillon est associée à plusieurs phénomènes :

- la dérive littorale du sud vers le nord ;
- le piégeage de cette dérive par les ouvrages portuaires, les ouvrages d'embouchure, ou le débit hydraulique des fleuves « naturels » ;
- les prélèvements en amont-transit (au sud) pour recharger les plages en aval-transit (au nord) ;
- les débits fluviaux et éventuels apports solides sableux.

Ces phénomènes, et en particulier la dérive littorale ont entraîné la migration des embouchures vers le Nord, jusqu'à leur stabilisation (à l'exception de la Têt). Aujourd'hui, Qu'il s'agisse d'une embouchure ou d'une structure portuaire, la dynamique est principalement contrôlée par le piégeage du transit sédimentaire au sud. Cette accumulation se poursuit jusqu'au remplissage de l'ouvrage et l'initiation d'un by-pass naturel via les barres d'avant-côte, ou d'un by-pass mécanique pour combler les déficits d'apports au nord.

Sur la période d'Octobre 2013 à Avril 2014, les conditions hydrodynamiques sont restées modérées et les débits fluviaux sont également restés faibles, et probablement insuffisant pour générer des apports sableux au littoral.

On constate des comportements variés entre les différentes zones d'embouchure (Illustration 181). La dynamique de l'embouchure de l'Agly se caractérise par l'expulsion du corps sableux qui obstruait l'embouchure en 2013, et la génération d'une nouvelle flèche vers le nord qui participe au by-pass sédimentaire naturel du sud vers le nord. A l'embouchure du Bourdigou, on note une accumulation importante au sud, et un déficit au nord, traduisant le piégeage de la dérive par l'ouvrage. On note toutefois un déplacement des barres d'avant-côte vers le nord, franchissant l'embouchure. Le transfert de ce sable vers la côte doit vraisemblablement s'effectuer plus au nord car la zone à proximité de l'embouchure n'en bénéficie pas et s'érode. L'embouchure de la Têt, complètement naturelle, est associée à la mobilité de sa flèche sableuse. En 2013, une petite flèche vers le sud était visible en face de la flèche principale. En 2014, le chenal d'embouchure a fortement migré vers le nord, par élongation de la flèche. La conséquence de cette élongation est un amincissement de cette flèche, ce qui se traduit par des pertes sédimentaires importantes sur le bas de plage de la côte sud. Une partie de ce sédiment a probablement franchi l'embouchure, expliquant l'accumulation au nord.

Pour les 3 systèmes, on constate, en parallèle de la dynamique propre aux embouchures, une légère migration des barres d'avant-côte vers la plage, qui peut s'expliquer par les houles modérées de l'hiver 2013-2014.

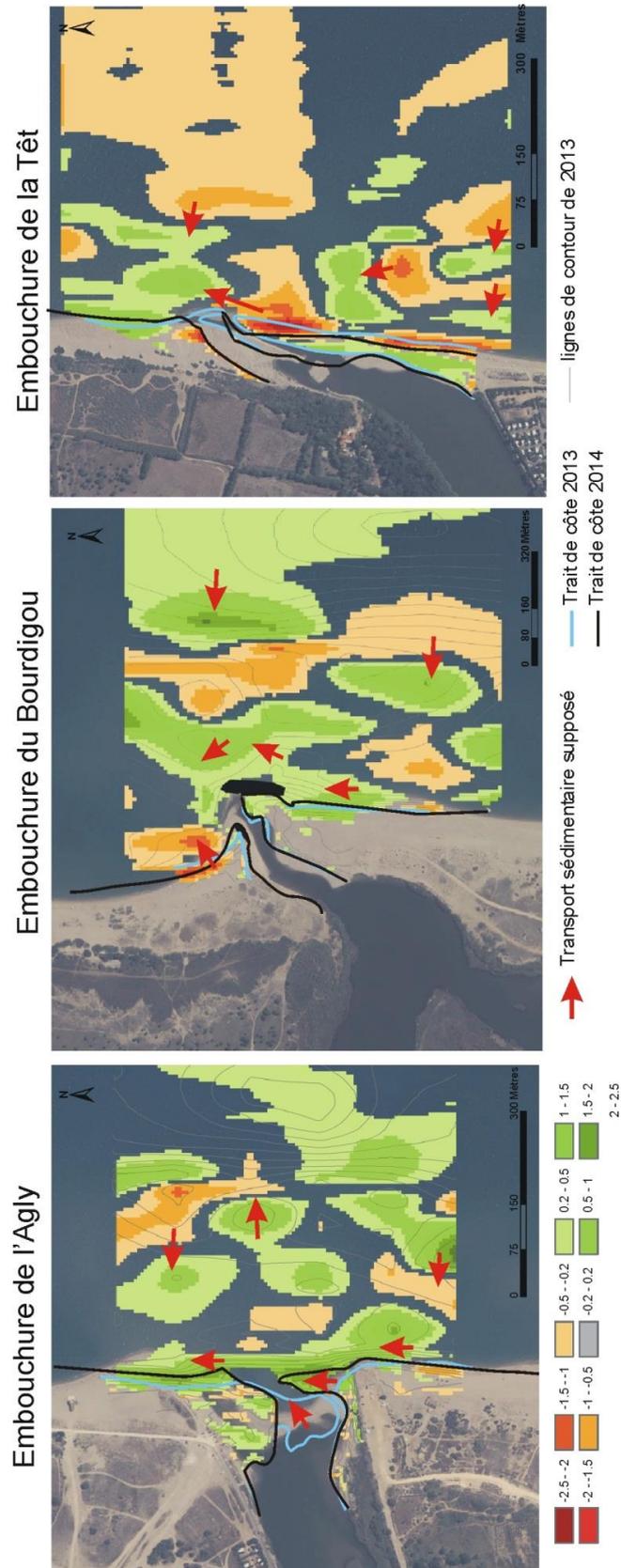


Illustration 181 : Evolution et dynamique sédimentaire supposée entre les campagnes de 2013 et 2014 sur les embouchures de l'Agly, le Bourdigou et la Têt.

Les embouchures portuaires de Port-Barcarès et Sainte-Marie ont des comportements différents (Illustration 182). En effet, leur évolution semble plus résulter des ouvrages de jetées sud que de la dynamique de flèches ou corps sableux d'embouchure. Sur ces deux systèmes, on observe un piégeage du sable en amont-transit contre la jetée sud. Cela se traduit globalement par un déficit sédimentaire au nord. Ce fonctionnement, chronique sur le littoral roussillonnais, est généralement compensé artificiellement par un prélèvement sableux au sud et un rechargement des plages au nord. Toutefois, au moment de l'acquisition topobathymétrique de 2014, ce by-pass artificiel n'avait pas encore été réalisé. On note toutefois, pour ces deux ports, une accumulation au niveau de la barre sableuse en face de l'embouchure, qui pourrait traduire un transit sableux contournant le port sur l'avant-côte.

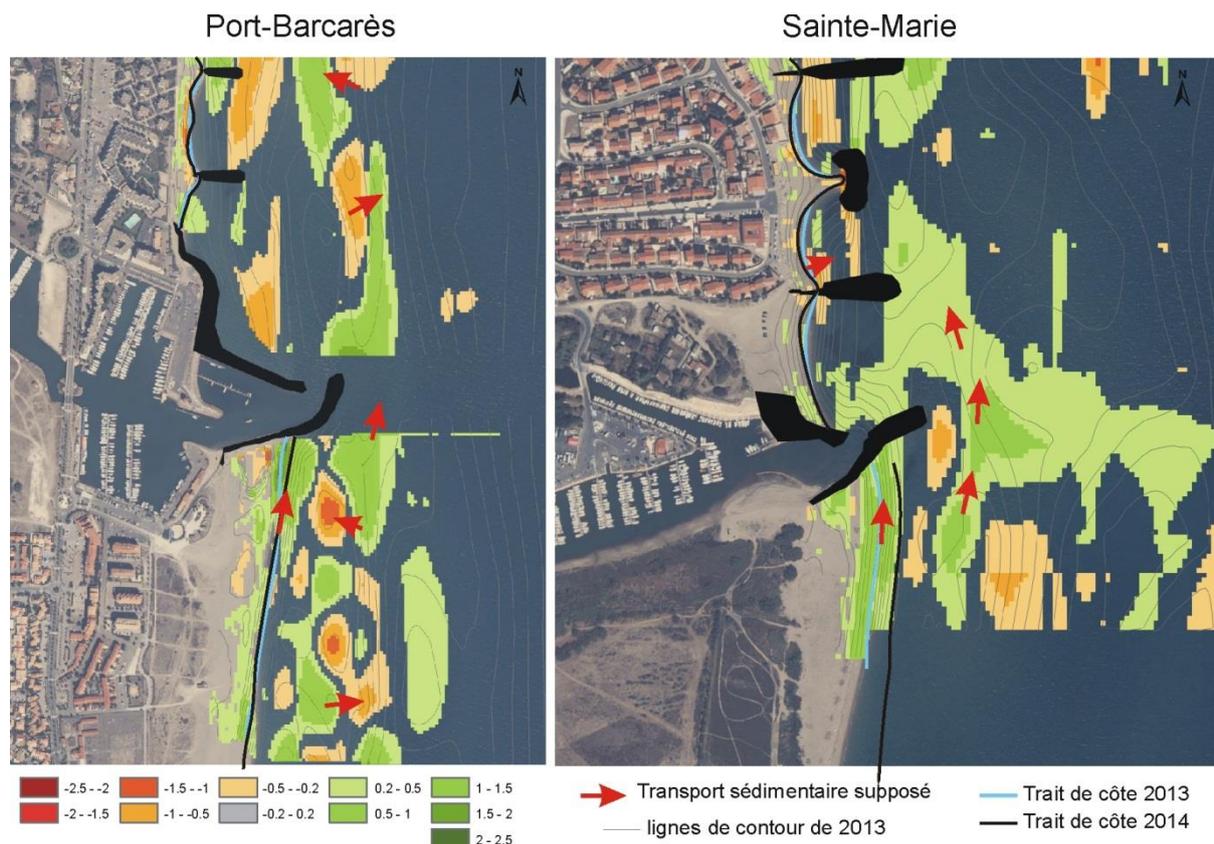


Illustration 182 : Evolution et dynamique sédimentaire supposée entre les campagnes de 2013 et 2014 sur les embouchures portuaires de Port-Barcarès et Sainte-Marie.

L'illustration 183 présente la synthèse de l'évolution aux embouchures et structures portuaires sur le territoire de PMCA.

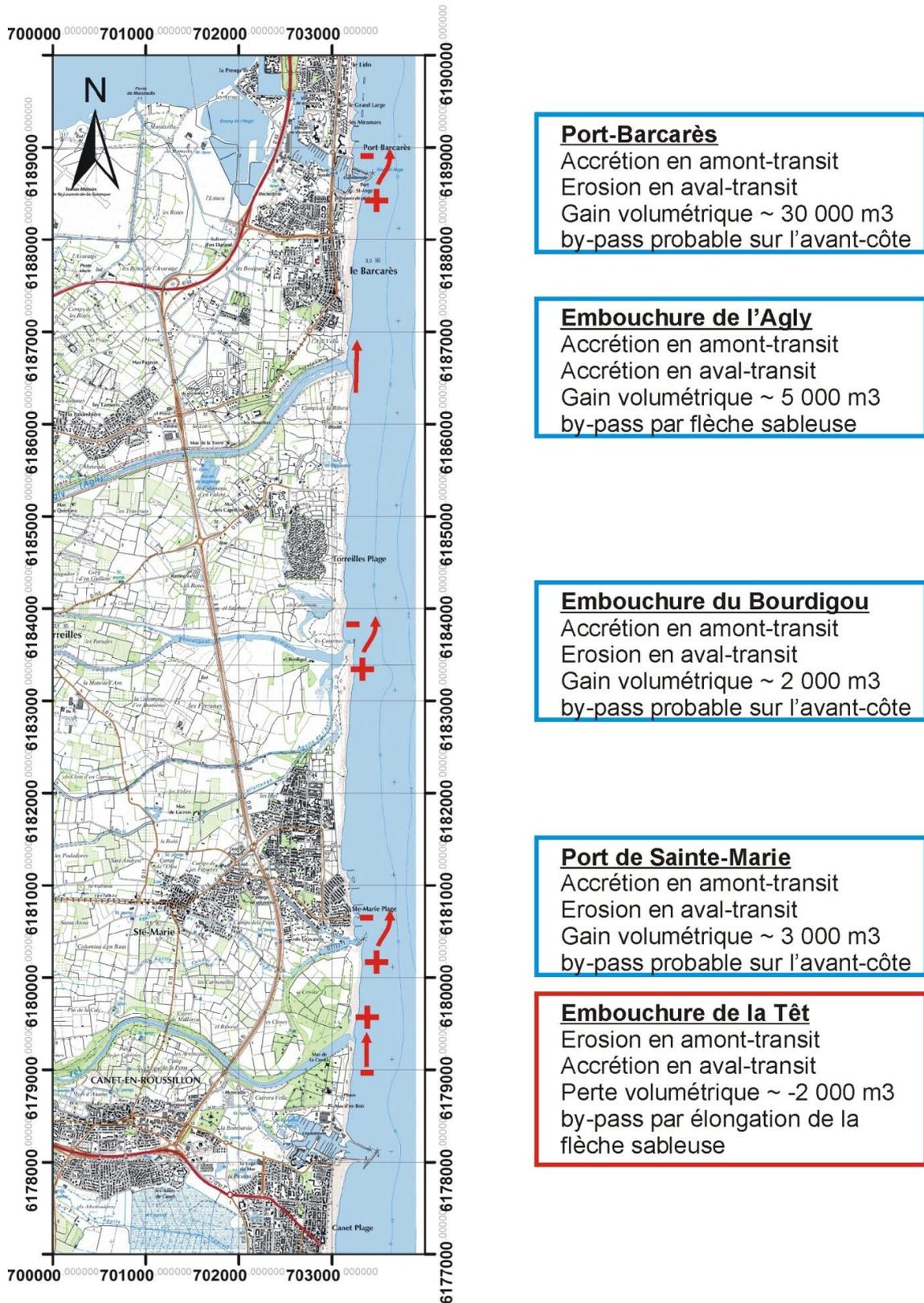


Illustration 183 : Synthèse de la dynamique et des bilans sédimentaires 2013-2014 aux embouchures et structures portuaires.

5.3. DYNAMIQUE SPECIFIQUE AUX DUNES

La dynamique des formations dunaires entre 2009 et 2011 présente des tendances opposées d'une année à l'autre. La période 2009-2010 est plutôt marquée par une érosion généralisée alors que la période 2010-2011 semble caractérisée par une surélévation.

5.3.1. Période 2009-2010

Entre 2009 et 2010, le bilan général est plutôt déficitaire (Illustration 184 et Illustration 185).

La formation dunaire la plus épargnée est celle du Barcarès qui reste globalement stable même si la plage du Barcarès souffre d'une érosion pouvant être relativement importante (perte altimétrique pouvant être supérieure à 0.50m).

La formation dunaire de Torreilles présente 30% de sa surface en érosion soit une perte d'environ -7 000 m³ sur les secteurs centre (urbanisé) et sud (proche de l'embouchure). Si pour le secteur sud, la dynamique de l'embouchure joue certainement un rôle dans les évolutions constatée pour le secteur au centre, la dynamique éolienne joue certainement un rôle majeur. Même si cet environnement semble globalement bien préservé, le cordon semble fragilisé en deux secteurs, l'un à 400 m au nord de l'embouchure du Bourdigou et l'autre vers 1 km au nord de l'embouchure de l'Agly avec notamment la présence d'un camping à moins 300 m de la plage.

Canet-en-Roussillon est le secteur dont la tendance à l'érosion de la formation dunaire est la plus importante avec une perte estimée à plus de -20 000 m³. Cette érosion étant localisée sur l'arrière-dune, la dynamique éolienne doit jouer un rôle important dans cette évolution.

5.3.2. Période 2010-2011

Entre 2010 et 2011, le bilan général est plutôt positif (Illustration 184 et Illustration 185).

Torreilles est le secteur dont l'évolution est la plus faible avec notamment 70% de sa surface qui peut être considérée comme étant stable. Il est à noter tout de même une érosion du front dunaire sur les secteurs nord et centre. Le gain est tout de même estimé à plus de +10 000 m³ soit environ + 2cm/m².

Le secteur de Canet-en-Roussillon voit 50% de sa surface rester stable et 50% bénéficier d'une surélévation représentant un gain de +30 000 m³. Ce gain permet de relativiser la perte observée entre 2009 et 2010.

Le secteur du Barcarès est celui dont le gain est le plus important avec notamment des évolutions pouvant être supérieures à 1 m. Ce gain est estimé à plus de 110 000 m³. Cependant, la moitié nord de la plage du Barcarès ainsi que la plage de Leucate subissent tout de même des pertes altimétriques importantes.

Formations dunaires	Evolution MNT (2009-2010)	Evolution MNS (2010-2011)	Observations
Barcarès	Globalement stable avec tout de même de l'érosion dunaire sur la plage du Barcarès	Elévation globale de la surface mise à part le secteur nord	Secteur au sud de Port Leucate est le plus sensible avec une discontinuité du cordon et une arrière-dune très basse.
Torreilles	30% de la surface en érosion, perte estimée à 7 000 m ³	70% de la surface totale est stable. Front dunaire en érosion sur les secteurs nord et centre	Secteur globalement bien préservé. Le cordon dunaire est fragilisé en deux secteurs, un vers 400 m au nord de l'embouchure du Bourdigou et l'autre vers 1 km au sud de l'embouchure de l'Agly
Canet-en-Roussillon	Tendance à l'érosion, perte estimée à 20 000 m ³	Elévation sur plus de 50% de la surface totale	Présence de brèches principalement au nord du grau de l'étang. La perte de sédiment entre 2009 et 2010 certainement due à l'action du vent (Tramontane) est à relativiser compte-tenu de l'augmentation de l'altitude en surface entre 2010 et 2011.

Illustration 184 : Tableau de synthèse des évolutions topographiques des formations dunaires entre 2009 et 2011.

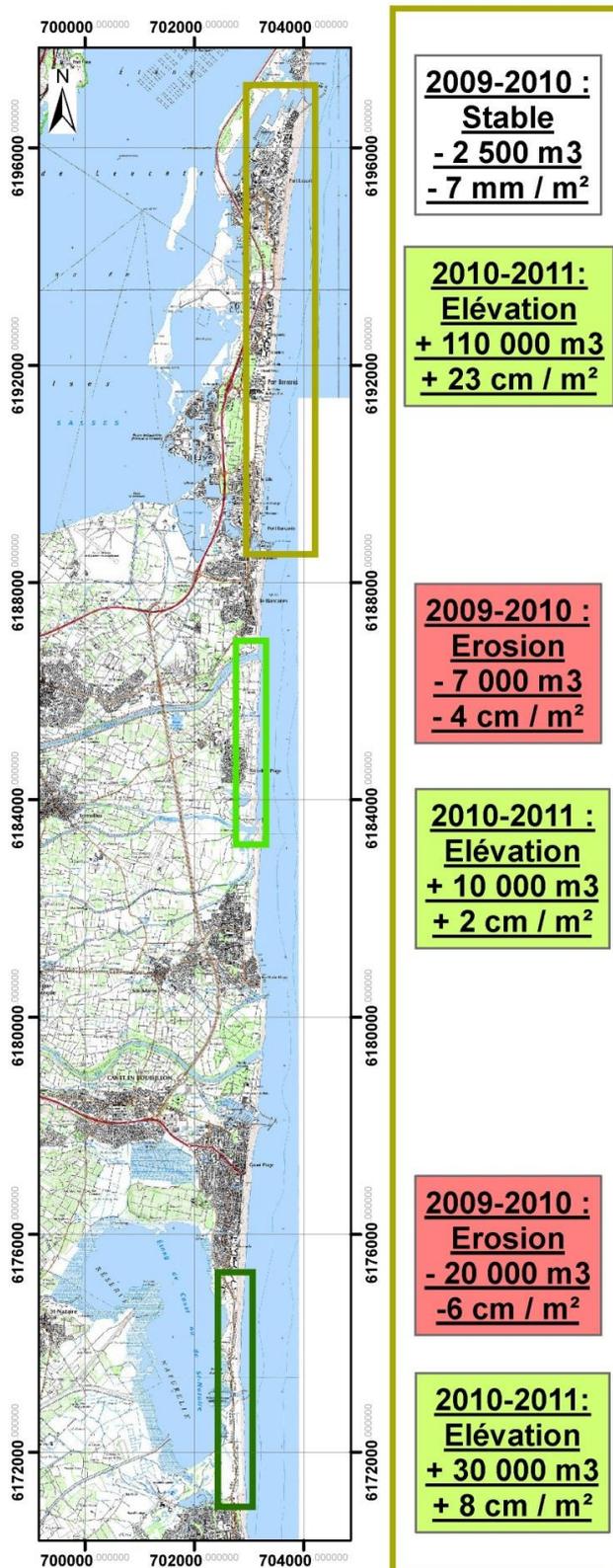


Illustration 185 : Bilan volumique des évolutions constatées sur les formations dunaires entre 2009 et 2011

5.4. PREMIERS ELEMENTS DE RECOMMANDATIONS

A ce stade du projet (7 mois d'observation d'octobre 2013 à avril 2014), les recommandations de gestion se limitent à des préconisations d'ordre général qui seront détaillées à l'échelle de chaque site à partir de l'année 2, en analysant notamment les propositions des schémas d'aménagement existants (Sogreah, 2007).

Ces premières recommandations de gestion consistent à préférer le rechargement des plages à l'implantation de nouveaux ouvrages afin de pallier aux déficits sédimentaires présentés. Les sources de sable à privilégier sont, dans une première mesure, les chenaux des ports du Barcarès, de Sainte-Marie et de Canet (partie sableuse uniquement) ainsi que dans un second temps les zones de plage en accrétion (by-passing), dans la limite de la reconstitution naturelle du stock. L'adéquation entre la capacité de recharge naturelle de ces sources potentielles et les besoins en sable doit donc être estimée, ainsi que le rythme auquel doivent se faire les rechargements.

Plus spécifiquement dans le secteur N°2 - Port Barcarès Nord, il sera souhaitable de surveiller les zones situées au nord des nouveaux brise-lames afin de noter s'il y a un déplacement de l'érosion. La zone située au sud du port de Canet sera également intégrée à l'analyse afin de quantifier l'accrétion affectant ce secteur.

Dans les secteurs dunaires, les travaux de restauration doivent être maintenus (remplacement des ganivelles endommagés notamment) sur leurs installations existantes et étendues aux zones dunaires non protégées présentant une perte de couvert végétal et/ou d'altitude. Dans les secteurs urbains en érosion tel que celui au nord de Port Barcarès ou Ste Marie, il est souhaitable de restaurer les petites dunes existantes dégradées, voire de recréer les conditions favorables au développement de la végétation (plantations et installation de ganivelles).

Sur du plus long terme, une réflexion « de fond » doit être engagée sur des perspectives d'atténuation du risque via la relocalisation potentielle de biens ou la favorisation de l'arrivée des sédiments fluviaux sableux à la côte (limitation des blocages liés aux barrages).

6. Conclusion

Ainsi, cette première année de lancement de l'Observatoire a permis de réaliser un diagnostic de l'état de la dynamique sédimentaire sur les sites sensibles de la zone d'étude à partir de la collecte des informations et données disponibles, ainsi que des deux premières campagnes de mesures topobathymétriques (octobre 2013 et avril 2014).

Il apparaît que la grande majorité des plages du territoire de PMCA présente un bilan sédimentaire à l'érosion que ce soit à long terme (1942 à 2014) comme à plus court terme (2009-2014). Les pertes maximales sont mesurées à Sainte-Marie avec environ 100 m de recul du trait de côte entre 1942 et 2014 et 200 000 m³ de sable en moins entre 2013 et 2014.

Les zones en érosion pouvant être considérées comme posant problème au vue de l'étude sont :

- dans le secteur N°2 - Port Barcarès Nord : la zone située au nord immédiat de la jetée du port, ainsi que la plage située entre les deux épis ;
- dans le secteur N°7 - Sainte Marie : les plages situées entre les ouvrages et notamment celle entre le premier brise-lame et le second épi qui avait complètement disparue en 2014. La zone située immédiatement au nord du dernier ouvrage ;
- dans le secteur N°9 - Canet-en-Roussillon, la zone située au nord immédiat de la jetée, les enjeux sont cependant moindres du fait de la présence d'un cordon dunaire en arrière plutôt que d'infrastructures comme c'est le cas à Sainte-Marie et le Barcarès.

Les causes sont essentiellement à rechercher du côté de l'implantation des ouvrages tels que les jetées portuaires et les épis, avec des situations caractéristiques :

- Port Barcarès où le trait de côte recule jusqu'à 70m au nord de la jetée et avance d'environ 100 m au Sud entre 1942 et 2014 ;
- cette situation se répète au nord du port de Sainte-Marie et au nord du port de Canet (- 75 000m³ de sable entre 2013 et 2014). En effet, qu'il s'agisse d'une embouchure ou d'une structure portuaire, la dynamique est principalement contrôlée par le piégeage du transit sédimentaire au sud. Cette accumulation se poursuit jusqu'au remplissage de l'ouvrage et l'initiation d'un by-pass naturel via les barres d'avant-côte, ou d'un by-pass mécanique pour combler les déficits d'apports au nord ;
- au Barcarès et à Sainte-Marie, l'implantation d'épis et de brise-lames protège très localement la plage mais reporte l'érosion à proximité, soit en aval-dérive des épis, soit entre les brise-lames.

Il est à noter par ailleurs que sur la période de démarrage du suivi de l'observatoire, la saison hivernale 2013-2014 a été relativement calme avec des hauteurs de houles significatives atteignant difficilement les 3m, et ne permettant probablement pas de générer une énergie suffisante pour impacter les barres externes et occasionner des pertes importantes de sable vers le large. D'autre part, les niveaux marins ne sont pas montés suffisamment haut pour avoir un effet réel en termes de submersion.

D'autre part, la dynamique des formations dunaires entre 2009 et 2011 présente des tendances opposées d'une année à l'autre, à mettre en relation avec la dynamique éolienne et la reprise de la végétation. La période 2009-2010 est plutôt marquée par une érosion généralisée alors

que la période 2010-2011 semble caractérisée par un engraissement se traduisant par une surélévation (soit du sol, soit de la végétation) :

- entre 2009 et 2010, Canet-en-Roussillon est le secteur dont la tendance à l'érosion de la formation dunaire est la plus importante avec une perte estimée à plus de $-20\,000\text{ m}^3$ localisée sur l'arrière-dune ;
- entre 2010 et 2011, le bilan général est plutôt positif, avec au Barcarès une surélévation pouvant être supérieure à 1 m soit $+110\,000\text{ m}^3$.

Sur la base de ces éléments, les premières recommandations de gestion consistent à préférer le rechargement des plages à l'implantation de nouveaux ouvrages afin de pallier aux déficits sédimentaires présentés. Les sources de sable à privilégier sont, dans un premier temps, les chenaux des ports du Barcarès, de Sainte-Marie et de Canet (partie sableuse non souillée uniquement) puis, dans un second temps les zones de plage en accrétion (by-passing), dans la limite de la reconstitution naturelle du stock. L'adéquation entre la capacité de recharge naturelle de ces sources potentielles et les besoins en sable doit donc être estimée, ainsi que le rythme auquel doivent se faire les rechargements.

Plus spécifiquement dans le secteur N°2 - Port-Barcarès Nord, il sera souhaitable de surveiller les zones situées au nord des nouveaux brise-lames afin de noter s'il y a un déplacement de l'érosion. La zone située au sud du port de Canet sera également intégrée à l'analyse afin de quantifier l'accrétion affectant ce secteur.

Dans les secteurs dunaires, les travaux de restauration doivent être maintenus (remplacement des ganivelles endommagées notamment) sur leurs installations existantes et étendues aux zones dunaires non protégées présentant une perte de couvert végétal et/ou d'altitude. Dans les secteurs urbains en érosion tel que ceux situés au nord de Port-Barcarès ou à Sainte-Marie, il est souhaitable de restaurer les petites dunes existantes mais dégradées, voire de recréer les conditions favorables au développement de la végétation (plantations et installation de ganivelles).

Sur du plus long terme, une réflexion de fond doit être engagée sur des perspectives d'atténuation du risque via la relocalisation potentielle de biens ou la favorisation de l'arrivée des sédiments fluviaux sableux à la côte (limitation des blocages liés aux barrages et des aménagements des lits fluviaux).

7. Bibliographie

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

Akouango, E., 1997. Morphodynamique et dynamique sédimentaire dans le Golfe du Lion. Contribution à l'étude de la zone côtière dans l'actuel et le quaternaire récent. Thèse de 3ème cycle, Université de Perpignan, 191 p.

Aleman, N., 2013. Morphodynamique à l'échelle régionale d'une avant-côte microtidale à barres sédimentaires. Thèse de Doctorat, Université de Perpignan, 253 p.

Aloïsi, J., Monaco, A., Planchais, N., Thommeret, J. et Thommeret, Y., 1978. The Holocene transgression in the Golfe du Lion, southwestern France: Paleogeographic and paleobotanical evolution. *Géographie physique et Quaternaire*, 32 (2), 145-162 p.

Aloïsi, J.C., 1986. Sur un modèle de sédimentation deltaïque. Contribution à la connaissance des marges passives, Unpublished thesis, Université de Perpignan, 162 p.

Aloïsi, J.C., 1993. Sea-level variation on the french mediterranean margin during the Holocene. *Paléo-Clima Research-Paläoklima forschung*, numéro spécial, Ed. Frenzel, 25 p.

Aloisi J.-C. et Charlet J.M., 1975. Intérêt de la thermoluminescence dans l'étude de l'alimentation en quartz du golfe du Lion. *Revue de géographie Physique de Géologie Dynamique*, Vol XVII, fasc. 1, 23-38 p.

Ambert, P., 1987. Modifications historiques des paysages littoraux en Languedoc central : état actuel des connaissances. Actes du colloque international CNRS « Déplacement des lignes de rivages en Méditerranée », Ed. du C.N.R.S, Paris, 35-43 p.

Ambert, P., 1991. L'évolution géomorphologique du Languedoc central (Grands Causses méridionaux, piémont languedocien) depuis le Néogène. Thèse de Doctorat, Aix-en-Provence, 224 p.

Ambert, P., 1993. Preuves géologiques de l'insularité du massif de La Clape (Aude) pendant la transgression flandrienne. *CRASE*, 316, pp. 237-244 p.

Balouin, Y., et Belon, R., 2012. Evaluation des submersions marines lors des tempêtes en Languedoc-Roussillon – Atlas cartographique. Rapport BRGM/RP-61306-FR ; 124 p.

Balouin Y., De La Torre Y., et Tirard E., 2011. Les tempêtes marines sur le littoral du Languedoc-Roussillon – Caractérisation et faisabilité d'un réseau de surveillance des tempêtes et de leurs impacts. Rapport BRGM/RP-59516-FR, 75 p.

Balouin, Y., Belon, R., Le Cozannet, G. & Gervais, M., 2009. Review of climate change impacts on storm occurrence – French Mediterranean. In "Review of climate change impacts on storm occurrence in Europe. Eds: Ferreira, O., Vousdoulas, M. and Ciavola, P.. Micore project D1.4, pp 39-46.

Barneoud, V., 2009. Etude des espaces littoraux de Leucate (11) et Le Barcarès (66) - Eléments de géographie physique territoriale et historique des modifications anthropiques (1848-2008). 34 p.

Barusseau, J.P., Brissaud, L., Drapeau, J. et Long, B., 1991. Processus hydrodynamiques et morphosédimentaires de l'environnement des barres d'avant côte du littoral du Golfe du Lion, *Oceano. Acta*, vol. spe. n°11, 163-176 p.

BCEOM, 2000. Etude générale pour la protection et l'aménagement durable du lido de Sète à Marseillan, Volet érosion, Rapport non publié, 110 p.

BCEOM, 2003. Etude générale pour la protection du littoral de l'Agly au Cap Leucate.

Benech, C., 1993. Des risques naturels dans les P.O., DDAF 66.

Bensettiti, F., Bioret, F., Roland, J., et Lacoste, J.P., 2004. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 399 p.

Bourrin, F., 2007. Variabilité et devenir des apports sédimentaires par les fleuves côtiers : cas du système têt - littoral Roussillonnais dans le golfe du lion. Thèse de Doctorat, Université de Perpignan, 305 p.

Brunel, C., 2010. Evolution séculaire de l'avant-côte de la Méditerranée Française : impact de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille 1, 469 p.

Bijul-Duval, B., 1984. Les marges continentales françaises de la méditerranée. In "Les marges continentales actuelles et fossiles autour de la France", (G Boillot coord.), Masson ed., Paris, 249–334 p.

Busson, J., 2010. Création d'un outil de partage de métadonnées concernant les phénomènes d'érosion et de submersion marine en Languedoc-Roussillon. Université de Montpellier I et II, 102 p.

Cahoon, D.R., 1997 - Global Warming, Sea-level Rise, and Coastal Marsh Survival. USGS FS-091-97.

Calvet, M., 1994. Morphogénèse d'une montagne méditerranéenne, les Pyrénées orientales. Thèse de doctorat, Université de Paris 1, 3 vol., 848 p.

Certain, R., 2002. Morphologie d'une côte sableuse microtidale à barres : le golfe du Lion (Languedoc-Roussillon). Thèse de Doctorat, Université de Perpignan, 209 p.

Clauzon, G., Aguilar, J.P., and Michaux, J., 1987. The pliocene roussillon basin (eastern pyrenees, france) : a geodynamic evolution case of a mediterranean ria following the messinian salinity crisis. *C. R. Acad. Sci. Paris, Serie II*, 304(11) :585–590 p.

Clauzon, G., Suc, J., Gautier, F., Berger, A. et Loutre, M., 1996. Alternative interpretation of the Messinian salinity crisis : Controversy resolved ? *Nature*, 24 (4), 363-366 p.

Conseil Général 34 (2008). Atlas du littoral - Département de l'Hérault et Golfe du Lion - Gestion intégrée des zones cotières Méditerranéennes - sous projet ICZM-MED (Beachmed-e).

Davidson-Arnott, R., 2010. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Cambridge University press, New York. 442 p.

Durand, P., 1999. L'évolution des plages de l'ouest du Golfe du Lion au XXème siècle. Thèse de doctorat en géographie physique, Université Lumière Lyon 2, 462 p.

EID Méditerranée, 2010 a. Module 1 : Gérer durablement le Littoral - Etudes stratégiques et prospectives sur l'évolution des risques littoraux - Action 1 : Inventaire et évaluation des écosystèmes dunaires et des aménagements de protection douce sur le littoral du Languedoc-Roussillon - Phase 1 : Synthèse bibliographique et mise en place d'une méthodologie d'évaluation. 49 p.

EID Méditerranée, 2010 c. 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 - Phase 1 : L'état des pratiques aujourd'hui en Languedoc-Roussillon. 91 p.

Fay, S., 2013. Analyse des concomitances entre crues et submersions marines sur le littoral méditerranéen - Mise en place d'une méthodologie. Mémoire de fin d'étude, ENGEES, 94 p.

Ferreira, Ó., 2005. Storm groups versus extreme single storms: predicted erosion and management consequences. Journal of Coastal Research, SI42, 221-227 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, 385p.

Gautier, F., Clauzon, G., Suc, J.-P., Cravatte, J. et Violenti, D., 1994. Age et durée de la crise de salinité messinienne. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 318, 1103-1109 p..

Gattacceca J., 2000. Cinématique du bassin lihuo-provençal entre 30 et 12 ma. implications géodynamiques. Thèse Ecole des Mines Paris.

Gatti J. 2008. Intrusions du Courant Nord Méditerranéen sur la partie Est du plateau continental du Golfe du Lion. Thèse de doctorat, Centre d'Océanologie de Marseille.

Gensous, B. et Tesson, M., 2003. L'analyse des dépôts post-glaciaires et son application à l'étude des séquences de dépôt du Quaternaire terminal sur la plate-forme au large du Rhône (Golfe du Lion). Bulletin de la Societe Geologique de France, 174, 401-419 p.

Gervais, M., 2012. Impacts morphologiques des surcotes et vagues de tempêtes sur le littoral méditerranéen. Perpignan, France: University of Perpignan, Ph.D. thesis, 399 p.

Gervais M., Balouin Y., Belon R., 2011. Morphological response and coastal dynamics associated with major storm events along the Gulf of Lion Coastline, France. In press of Geomorphology, S.I. storm threshold in Europe.

GIEC, 2013. Résumé à l'intention des décideurs, Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex et P.M. Midgley]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York (État de New York), États-Unis d'Amérique.

Gorini, C., Le Marrec, A. et Mauffret, A., 1993. Structural and sedimentary history of the Gulf of Lions (Western Mediterranean Sea), from the Ecors profiles, seismic industrial lines and well data. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 164, 353-363 p.

Guennoc, P., Gorini, C. et Mauffret, A., 2000. Histoire géologique du Golfe du Lion et cartographie du rift oligo-aquitainien et de la surface messinienne. *Géologie de la France*, 3, 67-97 p.

Hsu, K.J., Montadert, L., Bernouilli, D., Cita, M-B., Erikson, A., Garrison, R.E., Kidd, R.B., Melieres, F., Muller, C. and Wright, R., 1977. History of the Mediterranean salinity crisis. *Nature*, Vol. 267. Pp 399-403.

Hydreco Guyane et Biotope, 2012. Vulnérabilité des milieux aquatiques et de leurs écosystèmes - Etudes des zones humides. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 144 p.

JOLINON J -C., LE BRETON A -M., 1983. Le milieu dunaire dans le Languedoc. *Compte rendu des séances de la société de Biogéographie*. 18 p.

Jouvin, P., 2008. La mission racine (1963-1983) et 45 ans d'aménagement du littoral languedocien. *Séminaire des Sites et Paysages*, 3 p.

Koulinsky, V., 1998. Etude des risques d'inondations au confluent du Riuferrier et du Tech. *Rapport pour le service R.T.M des Pyrénées-Orientales*, 81 p.

Krijgsman, W., Hilgen, F., JRaffi, I., Sierro, F.J., and Wilson, D. S., 1999. Chronology, causes and progression of the messinian salinity crisis. *Nature*, 400 :652–655 p.

L.C.H.F., 1984. La côte méditerranéenne, de la frontière espagnole à la frontière italienne. in *Catalogue sédimentologique des côtes de France*, Tome 7, Eyrolles, Paris, 426 p.

Laboratoire d'études des géo-environnements marins (LEGEM) – Université de Perpignan, 2003. Mise au point des connaissances en vue de la Maîtrise des processus d'érosion des côtes dans les Pyrénées-Orientales. *Rapport établi pour le compte du Conseil Général des Pyrénées-Orientales*.

Lofi, J., 2002. La crise de salinité Messinienne : conséquences directes et différées sur l'évolution sédimentaire de la marge du Golfe du Lion. *Thèse de 3^{ème} Cycle*, Université de Lille, 287 p.

Lofi, J., Rabineau, M., Gorini, C., Berne, S., Clauzon, G., De Clarens, P., Dos Reis, T. A., Mountain, G. S., Ryan, W. B. F., Steckler, M. S. et Fouchet, C., 2003. Plio– Quaternary prograding clinoform wedges of the western Gulf of Lion continental margin (NW Mediterranean) after the Messinian Salinity Crisis. *Marine Geology*, 198 (3–4), 289-317 p.

Mark, R., Byrnes, Jessica L. Baker, and Feng Li, 2002. Quantifying Potential Measurement Errors and Uncertainties Associated with Bathymetric Change Analysis. *US Army Corps of Engineers', ERDC/CHL CHETN-IV-50*, 17 p.

Masselink et Short, 1993. The effect of ride range on beach morphodynamics and morphology : a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*. vol 9, n°3. 785-800 p.

MEDDTL, 2011. Premiers elements méthodologiques pour l'élaboration des PPRL – Analyse et cartographie des aléas littoraux. Rapport Dir. Gén. De la Prévention des Risques, 90p.

Mendoza Ponce, E.T., 2008. Coastal Vulnerability to Storms in the Catalan Coast. Thèse de Doctorat. Université Polytechnique de Catalane, Barcelone, 138 p.

Millot C. 1989, La circulation générale en Méditerranée occidentale : aperçu de nos connaissances et projets d'études. Annales de géographie 549, 497-515 p.

Monaco, A., 1971. Contribution à l'étude géologique et sédimentologique du plateau continental du Roussillon (Golfe du Lion). Thèse d'Etat. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier, 285 p.

Monaco, A., Ludwig W., 2009. Le Golfe du Lion - Un observatoire de l'environnement en Méditerranée.

Moulis, D., Barbel, P., 1999. Réhabilitation et gestion des dunes littorales méditerranéennes françaises. Editions BRGM. Pages 75-91 p.

Pardé, 1941. La formidable crue d'octobre 1940. Revue de Géographie Pyrénéenne et Sud-Ouest, 12 (3), 237-279 p.

Rainaud, R., 2011. Modélisation 3D du Golfe du Lion. Université de la Méditerranée Aix-Marseille II, 18 p.

Raynal, O., 2008. Architectures des dépôts et facteurs de contrôle d'un système côtier à faibles apports sédimentaires - le littoral languedocien (Golfe du Lion, Sud de la France). thèse de doctorat, Université de Montpellier 2, 186p.

Raynal, O., Certain, R. et Guerinel, B., 2011. Les pratiques de gestion des sédiments dans le Languedoc-Roussillon. in Rapport de tâche A1 du Plan de Gestion des Sédiments du Languedoc-Roussillon, 49 p.

Safege, 2010. Recherche de Gisements sableux. Rapport provisoire, 99 p.

Sallenger, A.H., 2000. Storm impact scale for barrier islands. Journal of Coastal Research. 16 (3), 890-985 p.

Samat, O., 2007. Efficacité et impact des ouvrages en Enrochement Sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du delta du Rhône. Université de Aix-Marseille I, Ph.D. thesis, 370 p.

Scavia, D., Field, J.C., Boesch, D.F., Buddemeier, R.W., Burkett, V., Cayan, D.R., Fogarty, M., Harwell, M.A., Howarth, R.W., Mason, C., Reed, D.J., Royer, T.C., Sallenger, A.H., and Titus, J.G., 2002. Climate Change Impacts on U.S. Coastal and Marine Ecosystems. Estuaries, 25(2), 149-164 p.

Séranne, M., 1999. The Gulf of Lions continental margin (NW Mediterranean) revisited by IBS: an overview. in The mediterranean basins : Tertiary extension within the Alpin Orogen, eds. B. Durand, G.F. Horvath et M. Séranne, Geological Society, London, 156, 15-36 p.

Shackleton, N.J., Crowhurst, S., Hagelberg, T., Pias, N., and Schneider D.A., 1995. A new late neogene timescale : applications to leg 138 sites. Proceedings of Ocean Drilling Program Scientific Results, pages 73–101 p.

SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine), 2012. Ouvrage de marée. Références Altimétriques Maritimes – Cotes du zéro hydrographique et niveaux caractéristiques de la Marée. Edition 2012. 104 p.

SMNLR, BRL, 2003. Orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon.

Sogreah, 2007. Protection du littoral de la Têt à l'Agly - Phase 1 : Bilan de l'évolution du trait de côte. N°1711612 R1-rev.2, 103 p.

Sogreah, 2011. Actualisation de l'aléa érosion en Languedoc-Roussillon. N°1713060, 176 p.

Syndicat RIVAGE, 2012. Stratégie de Gestion en faveur des zones humides périphériques à l'étang de Salses-Leucate - Tome 1 : Diagnostic. 197 p.

Tesson, M., et Gensous, B., 1998. L'enregistrement des cycles climatiques et eustatiques quaternaires de marges récentes du bassin nord-méditerranéen. C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes / earth & planetary Sciences, 326 :121–127 p.

Ullmann, A., Pirazzoli, P.A., Moron, V., 2007. Sea surges around the Gulf of Lions and atmospheric conditions. Global and Planetary Change, doi:10.1016/j.gloplacha.2007,10 p.

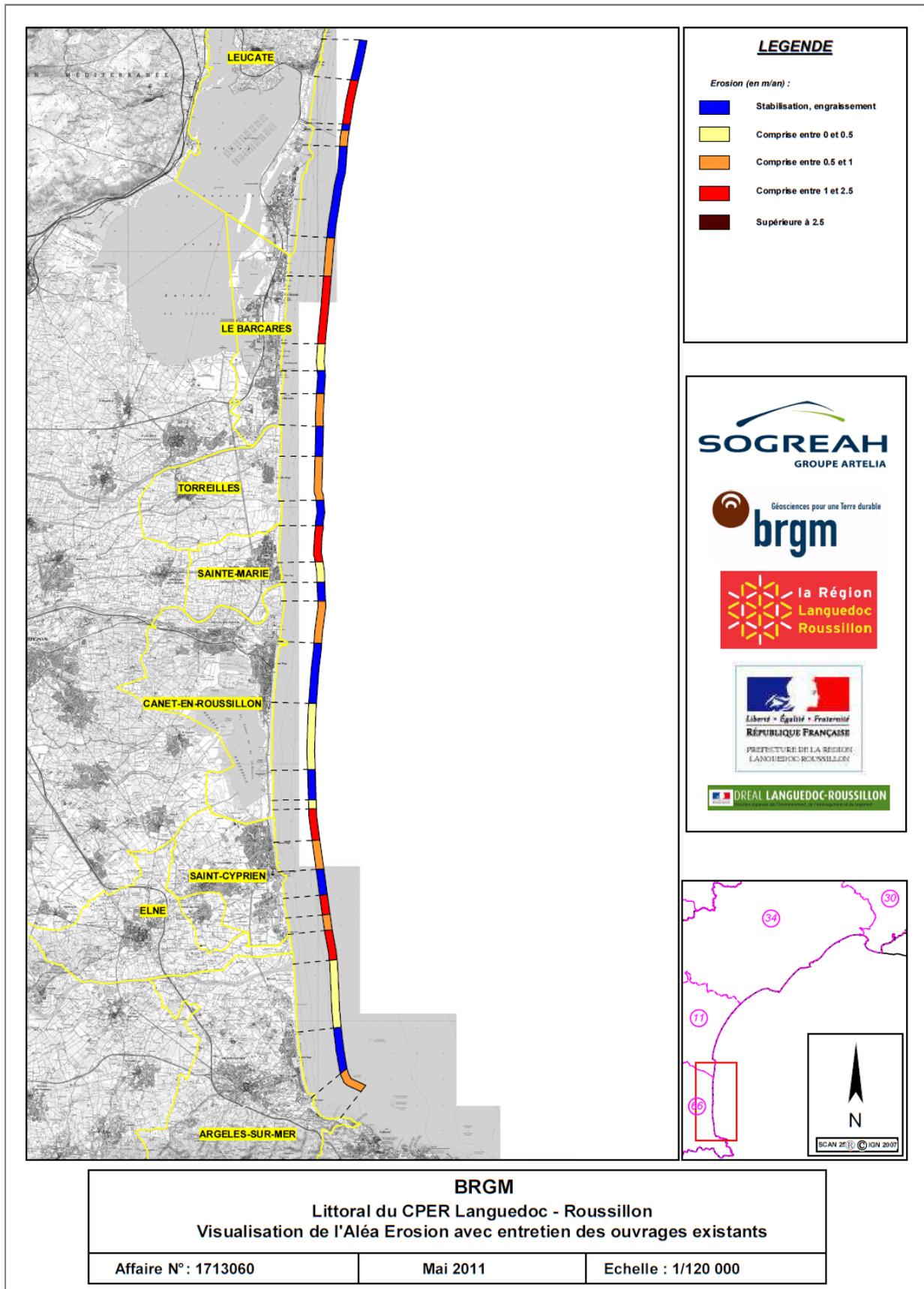
Ullmann A., 2008. Surcotes dans le Golfe du Lion et conditions atmosphériques : variabilité contemporaine et future (1905-2100). thèse de doctorat de l'Université Aix-Marseille I. 250 p.

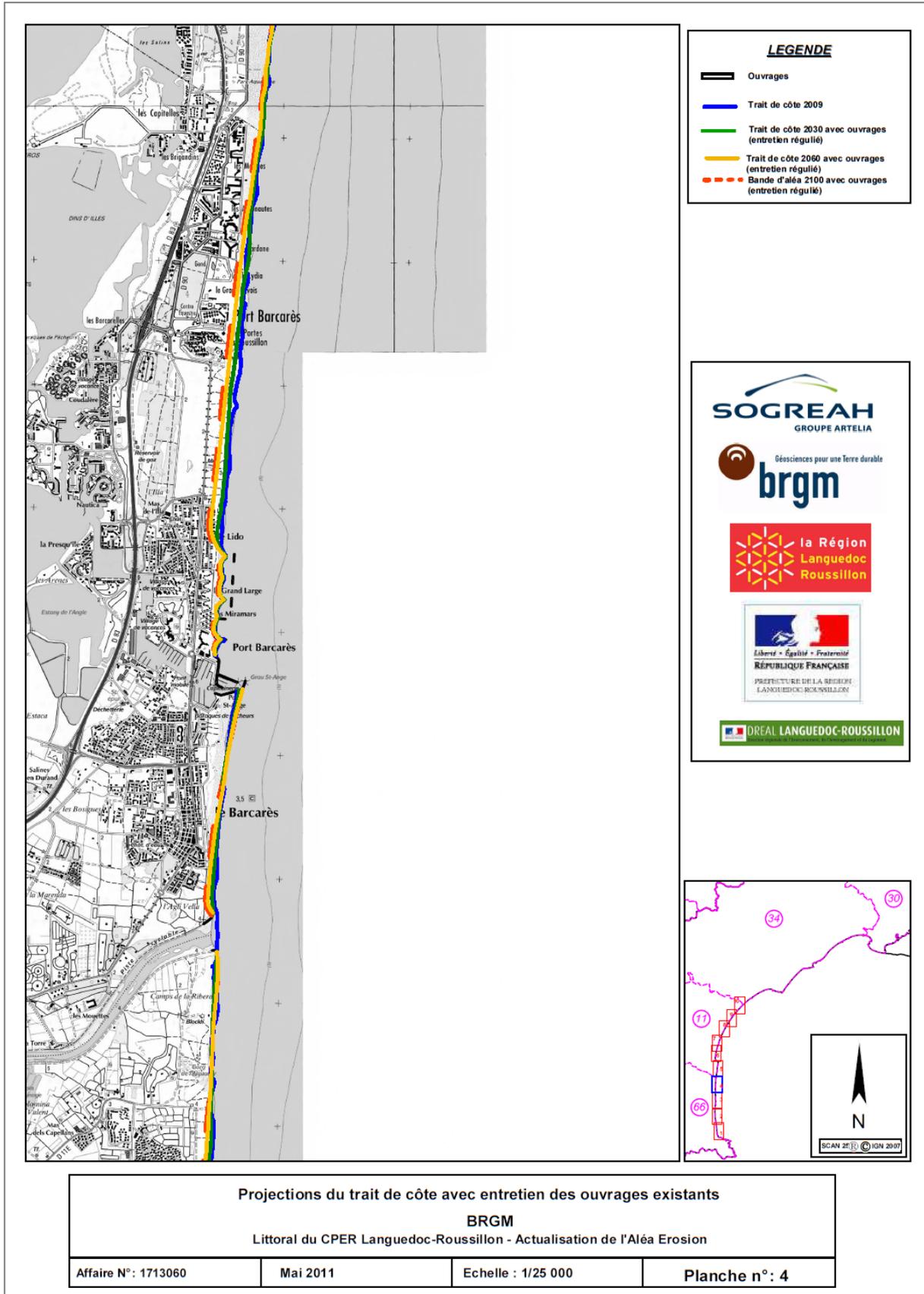
Vanroye, C., 2011. Les données altimétriques terre-mer au service de la gestion des risques littoraux: application en Languedoc-Roussillon. Atelier régional Litto3D®, 20 p.

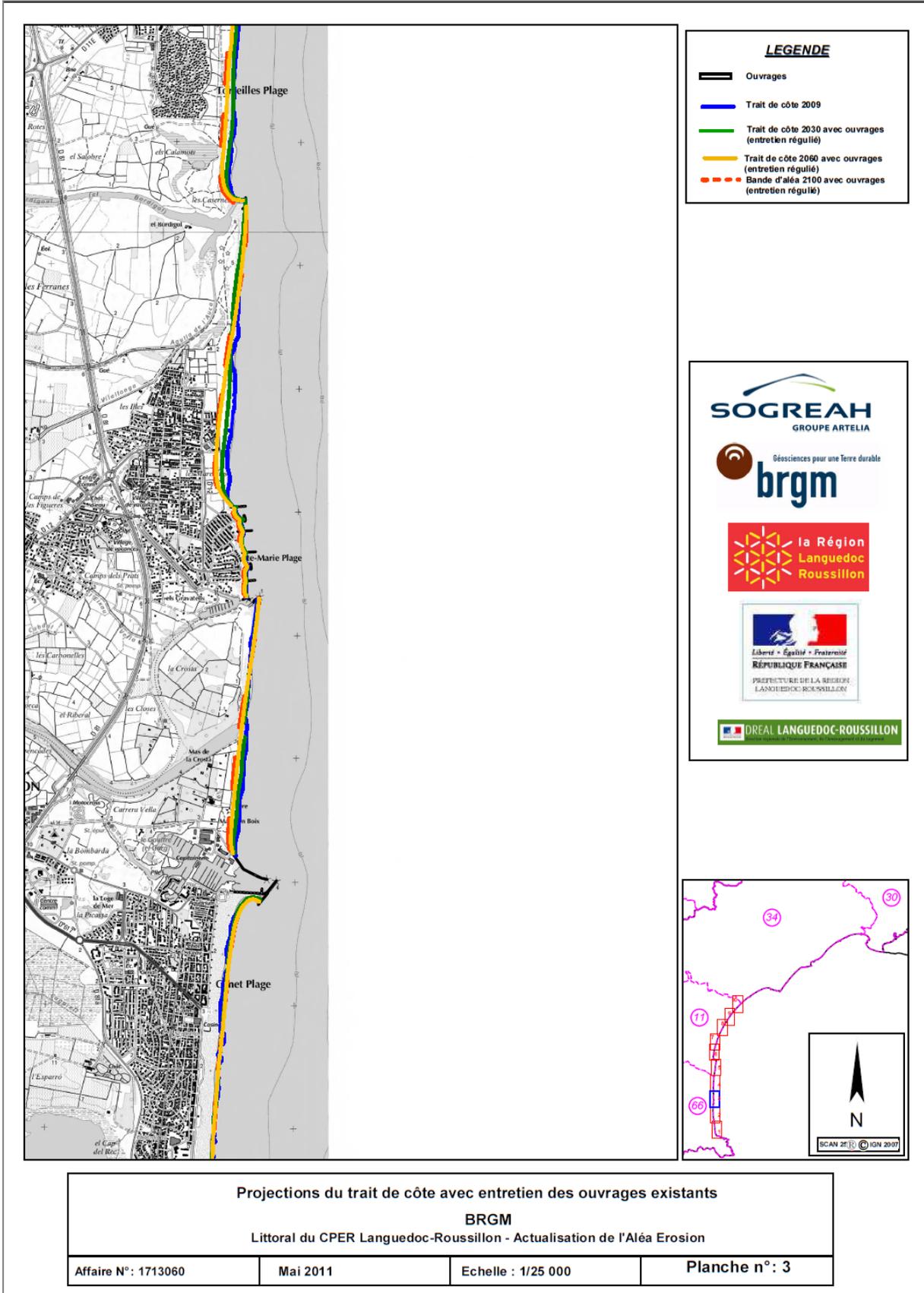
Yates-Michelin, M., Le Cozannet, G. et Balouin, Y., 2010. Etat des connaissances sur les effets potentiels du changement climatique sur les aléas côtiers en région Languedoc-Roussillon ; Janvier 2011 ; 83 p.

Annexe 1

Cartes de visualisation de l'Aléa Erosion et de projections du trait de côte selon un scénario d'entretien des ouvrages dans le Roussillon d'après Sogreah (2011)

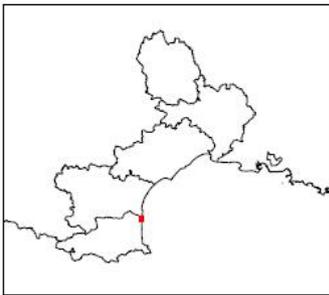






Annexe 2

Cartes de submersion marine sur les communes de Port-Barcarès, Torreilles-Plage, Sainte-Marie et Canet- en-Roussillon d'après Balouin et Belon (2012)



Submersion marine en Languedoc-Roussillon

Port-Barcarès

Evènement avec une houle de période de retour annuelle:

Hs = 4,63 m
 Tp max = 9,8 s
 Niveau marin = 0,67 m



Extension de la zone submergée :

- Extension du niveau statique
- Extension du jet de rive

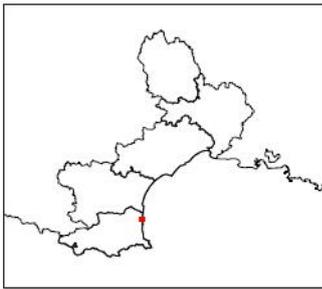
BD TOPO Scan 25© - IGN

Submersion marine permanente:

- 0 - 0,5 m
- 0,5 - 1 m
- 1 - 1,5 m

BD TOPO Scan 25© - IGN



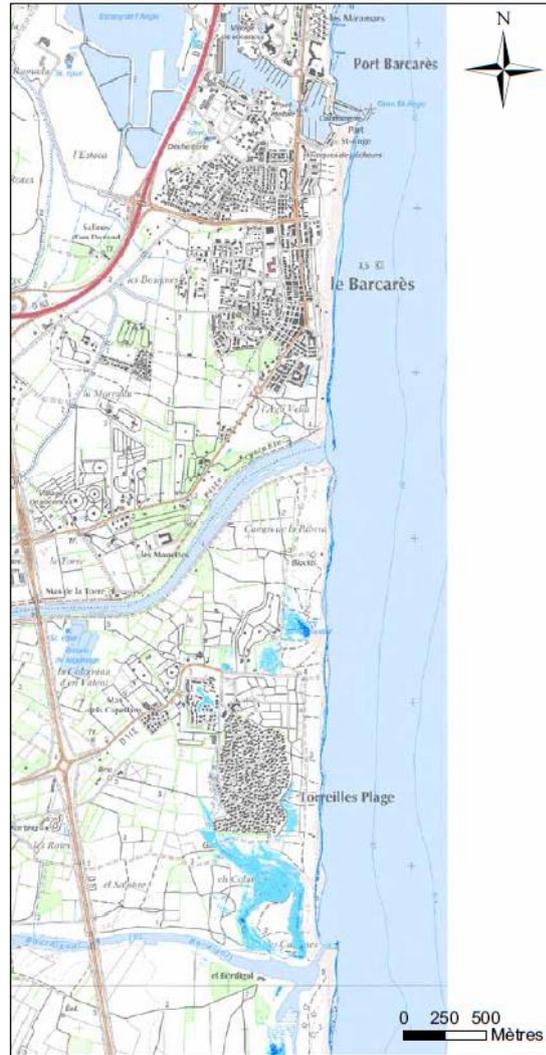


Submersion marine en Languedoc-Roussillon

De Port-Barcarès à Torreilles-Plage

Evènement avec une houle de période de retour annuelle:

Hs = 4,63 m
 Tp max = 9,8 s
 Niveau marin = 0,67 m



Extension de la zone submergée :

- Extension du niveau statique
- Extension du jet de rive

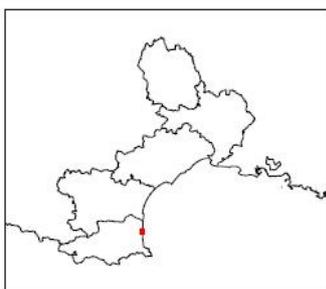
BD TOPO Scan 25© - IGN

Submersion marine permanente:

- 0 - 0,5 m
- 0,5 - 1 m
- 1 - 1,5 m

BD TOPO Scan 25© - IGN





Submersion marine en Languedoc-Roussillon

De Sainte-Marie Plage à Canet en Roussillon

Evènement avec une houle de période de retour annuelle:

Hs = 4,63 m
 Tp max = 9,8 s
 Niveau marin = 0,67 m



Extension de la zone submergée :

- Extension du niveau statique
- Extension du jet de rive

BD TOPO Scan 25© - IGN

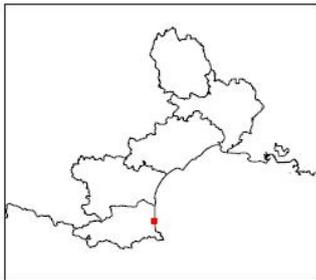
Submersion marine permanente:

- 0 - 0,5 m
- 0,5 - 1 m
- 1 - 1,5 m

BD TOPO Scan 25© - IGN



BRGM / BRGM UNICODER - ROUSSILLON

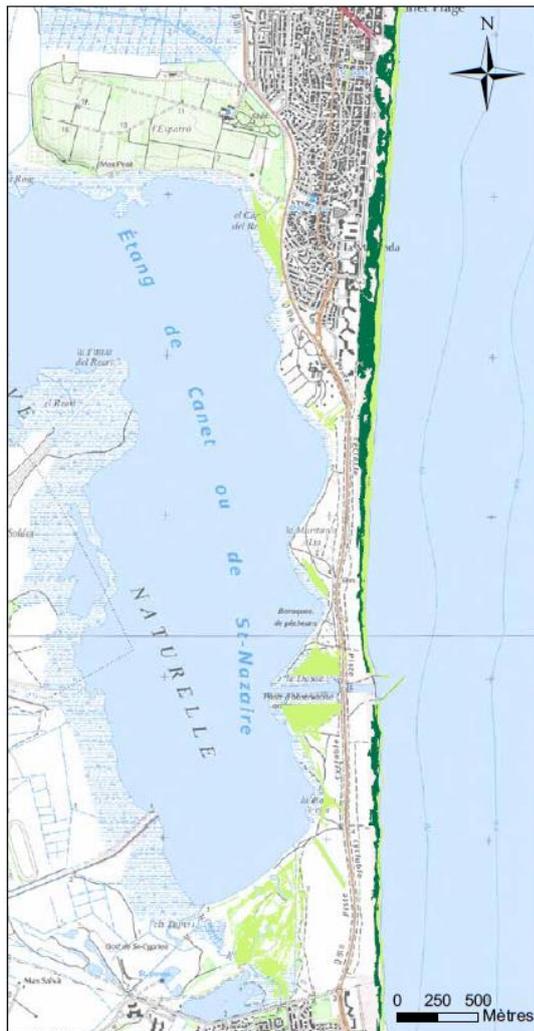


Submersion marine en Languedoc-Roussillon

Etang de Canet en Roussillon

Evènement avec une houle de période de retour annuelle:

Hs = 4,63 m
 Tp max = 9,8 s
 Niveau marin = 0,67 m



Extension de la zone submergée :

- Extension du niveau statique
- Extension du jet de rive

BD TOPO Scan 25© - IGN

Submersion marine permanente:

- 0 - 0,5m
- 0,5 - 1 m
- 1 - 1,5m

BD TOPO Scan 25© - IGN



Annexe 3

Liste des des documents intégrés dans l'inventaires bibliographiques réalisé dan sle cadre de l'observatoire de la côte sableuse Catalane

Agence de l'eau and Université de Perpignan (2000/12/01). Définition et cartographie des unités sédimentaires du littoral français méditerranéen, synthèse bibliographique.

Akouango, E. (1997/10/02). Morphodynamique et dynamique sédimentaire dans le Golfe du Lion. Contribution à l'étude de la zone côtière dans l'actuel et le quaternaire récent.

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

Aleman, N., C. Michel, et al. (2012). Impact des ouvrages portuaires sur la morphodynamique des barres sédimentaires d'avant-côte du Languedoc-Roussillon.

Altern Consult and ECOFYS (2008/04/02). Etude des effets du changement climatique sur le Grand Sud-Est.

Augeard, C., E. Tirard, et al. (2011/07). CPER - Etat des connaissances sur les méthodologies d'évaluation de l'évolution des morphologies côtières.

Balouin, Y. and R. Belon (2012/06). CPER - Evaluation des submersions marines lors des tempêtes en Languedoc-Roussillon - Atlas cartographique.

Balouin, Y., Y. De La Torre, et al. (2011/02). CPER - Les tempêtes marines sur le littoral du Languedoc-Roussillon - Caractérisation et faisabilité d'un réseau de surveillance des tempêtes et de leurs impacts.

Barnéoud, V. (2009/03/01). Etude des espaces littoraux de Leucate (11) et le Barcarès (66) - Eléments de géographie physique territoriale et historique des modifications anthropiques (1848-2008).

Barousseau, J. P. (1979/03/01). Extraction des sables en mer - Synthèse bibliographique de la documentation existante sur le milieu maritime situé au large des côtes du Roussillon.

BCEOM (2003/07/01). Etude générale pour la protection du littoral de l'Agly à Cap Leucate.

BCEOM (2007/12/01). Programme d'aménagement en vue de la protection du littoral de Leucate et Barcarès - Dossier d'enquête publique - Etude d'impact.

Beachmed-e and Interreg-IIIIC (2007/11/01). Beachmed-E, Opération Cadre Régionale - La gestion stratégique de la défense des littoraux pour un développement soutenable des zones côtières de la Méditerranée. 2ème cahier technique Phase B.

Becet, J. M. (1999). Les outils juridiques pour l'aménagement harmonieux du littoral. Le Littoral - Manuels & Méthodes par B-Gérard. BRGM. Orléans.

Bourrin, F. (2007/10/05). Variabilité et devenir des apports sédimentaires par les fleuves côtiers: Cas du système Têt-littoral roussillonnais dans le Golfe du Lion.

BRGM (2006/09/01). Response of the coastline to climate change - Specific report for the RESPONSE Project LIFE-Environnement programm: Evolution of coastal risk (erosion and marine flooding) for the aquitaine and Languedoc-Roussillon pilot regions.

BRL (2008/09/01). Création du port de Sainte-Marie - Etude d'impact - document provisoire.

Brunel, C. (2010/07/02). Evolution séculaire de l'avant-côte de la Méditerranée française. Impact de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes.

Brunel, C. (2012/03/26). CPER - Atlas de l'évolution à long terme de l'avant côte du Languedoc-Roussillon 1895 / 1984 / 2009.

Cabinet RCT (2008/12/01). Scénarios plaine littoral - 2030.

Centre de Recherches d'Etudes Océanographiques (date inconnue). Rapport géologique et minéralogique relatif au littoral du Languedoc-Roussillon.

CEPREL (1993). Schéma d'orientation pour la protection, la restauration et la gestion des plages du Languedoc-Roussillon.

Certain, R. (2002/12/20). Morphodynamique d'une côte sableuse microtidale à barres : Le Golfe du Lion (Languedoc-Roussillon).

CETE Méditerranée (2007/09/01). Les évolutions des territoires littoraux 1986-2006.

CETE Méditerranée (2008/02/01). Protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon - Quel territoire protéger, à quel coût, selon quel critère?

CETE Méditerranée (2010/07/06). Séries marégraphiques du Golfe du Lion.

CETE Méditerranée (2010/07/27). Evaluation des coûts de la protection des territoires littoraux en Languedoc-Roussillon.

CETE Méditerranée and IPSEAU (1997/12/01). Evolution du littoral sableux du Languedoc-Roussillon de 1945 à nos jours.

CETE Méditerranée and IPSEAU (2002/03/01). Evolution du littoral sableux du Golfe du Lion. - Deuxième phase d'étude. Constat et perspectives en vue de l'élaboration d'une stratégie de gestion.

Church, J. A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan (2013). Sea Level Change. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Conseil Général 34 (2008). Atlas du littoral - Département de l'Hérault et Golfe du Lion - Gestion intégrée des zones côtières Méditerranéennes - sous projet ICZM-MED (Beachmed-e).

Conseil Général 34, BRGM, et al. (2004/06/01). Evaluation des stocks sédimentaires dans le Golfe du Lion. Phase B: Synthèse des données sur les ateliers potentiellement exploitables.

Creocean (2009/05). Liteau II - Les rechargements sédimentaires d'avant-côte : une nouvelle méthode de lutte contre l'érosion côtière.

De La Torre, Y. and Y. Balouin (2012/02). CPER - Mise en œuvre opérationnelle du "Réseau Tempête" sur le littoral du Languedoc-Roussillon.

Denamiel, C. (2006/12/19). Modélisation hydrodynamique 3D en zone pré-littorale: Caractérisation des effets des houles de tempête sur la circulation océanique.

DREAL Languedoc Roussillon (2003/12/10). Analyse de la tempête marine sur la littoral Languedoc-Roussillon du 4 décembre 2003.

DREAL Languedoc Roussillon (2007/11/30). Analyse de la tempête marine sur le littoral Languedoc-Roussillon du 19 au 22 novembre 2007.

DREAL Languedoc Roussillon (2008/01/15). Analyse de la tempête marine sur le littoral Languedoc-Roussillon - (janvier 2008).

DREAL Languedoc Roussillon (2009/01/23). Analyse de la tempête marine sur le littoral du Languedoc-Roussillon des 26 et 27 décembre 2008.

DREAL Languedoc Roussillon (2009/10/30). Analyse de la tempête marine sur le littoral Languedoc-Roussillon - (octobre 2009).

DREAL Languedoc Roussillon (2010/01/30). Analyse de la tempête marine sur le littoral Languedoc-Roussillon des 14 et 15 janvier 2010.

DREAL Languedoc Roussillon (2010/07/26). Exploitation des sables au large pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon. Etude d'évaluation des enjeux et d'amélioration des connaissances sur le secteur potentiel repéré.

DREAL Languedoc Roussillon (2010/10/15). Analyse de la tempête marine sur le littoral Languedoc-Roussillon du 08 au 15 octobre 2010.

Durand, P. (1999/12/01). L'évolution des plages de l'Ouest du Golfe du Lion au vingtième siècle. Cinématique du trait de côte, dynamique sédimentaire, analyse prévisionnelle.

Duvail, C. (2008/12/17). Expression des facteurs régionaux et locaux dans l'enregistrement sédimentaire d'une marge passive. Exemple de la marge du Golfe du Lion, étudiée selon un continuum terre-mer.

egis eau (2014/02). ESPEXS - Enjeux du Secteur Potentiellement Exploitable en Sable au large du golfe du Lion.

EID Méditerranée (2010). CPER - Stratégies d'adaptation - Retour sur les pratiques d'aménagement.

EID Méditerranée (2010). CPER - Stratégies d'adaptation - Le nettoyage des plages problèmes et solutions.

EID Méditerranée (2010). CPER - Stratégies d'adaptation - Etat des lieux sur le recul stratégique.

EID Méditerranée (2011). CPER - Stratégies d'adaptation - Inventaire et évaluation des Plans Communaux de Sauvegarde et de leur intégration de l'aléa submersion marine.

EID Méditerranée (2011). CPER - Stratégies d'adaptation - Mitigation et atténuation du risque de submersion marine.

EID Méditerranée (2011). CPER - Stratégies d'adaptation - Analyse coûts/avantages dans les projets d'aménagement du littoral.

EID Méditerranée (2011). CPER - Stratégies d'adaptation - Le nettoyage des plages appui aux communes.

Fay, S. (2013). Analyse des concomitances entre crues et submersions marines sur le littoral méditerranéen.

Ferrer, P. (2010/07/20). Morphodynamique à multi-échelle du trait de côte du Golfe du Lion depuis le dernier optimum climatique.

Garcia, C. and C. Vanroye (date inconnue). Les données marines au service de la gestion des risques littoraux : les réseaux de mesures du Littoral Languedoc-Roussillon.

Gervais, M. (2012). Impacts morphologiques des surcotes et vagues de tempêtes sur le littoral méditerranéen.

GIEC (2013). Résumé à l'intention des décideurs, Changements climatiques 2013 : Les éléments scientifiques. Contribution du groupe de travail I au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

HYDRECO GUYANE and Biotope (2012/10). Vulnérabilité des milieux aquatiques et de leurs écosystèmes - Etudes des zones humides.

IARE, BRL, et al. (1998/01/01). Premier bilan sur les effets des tempêtes des 16, 17 et 18 décembre 1997 - Compte rendu de l'expertise réalisée par l'IARE à la demande de la région Languedoc-Roussillon.

IOTA (2003/09/10). Sainte Marie la Mer - Levé bathymétrique après l'implantation du géotube.

ISL Ingénierie (2011/06). Etude du transfert des matériaux depuis l'amont du barrage de Vinça vers l'aval.

Jouvin, P. (2008/06/25). La Mission racine (1963-1983) et 45 ans d'aménagement du littoral languedocien.

Lacube, S. (2013/06/21). Evaluation de l'état de conservation du Mas de l'Ille (commune de Barcarès) à l'aide d'un suivi floristique.

- LRSM Perpignan** (1986/06/01). Rapport de sondages bathymétriques à Saint-Cyprien et Sainte-Marie plage.
- Météo France** (2002/02/22). Préviation des surcotes sur les côtes de la Méditerranée - rapport final.
- Monaco, A., W. Ludwig, et al.** (2009/05). Le Golfe du Lion - Un observatoire de l'environnement en Méditerranée.
- Moron, V. and F. Sabatier** (2007/05/31). Impact des évènements extrêmes (tempêtes, surcotes) sur les hydrosystèmes du littoral méditerranéen dans le cadre du changement climatique - programme IMPLIT.
- Moulis, D. and P. Barbel** (1999). Réhabilitation et gestion des dunes littorales méditerranéennes française. Le Littoral - Manuels & Méthodes par B-Gérard. BRGM. Orléans: 75-91.
- Pirazzoli, P.A.** (2005/06/01). Projet DISCOBOLE.
- Rainaud, R.** (2011). Modélisation 3D du Golfe du Lion.
- Raynal, O.** (2008/12/18). Architecture de dépôts et facteurs de contrôle d'un système côtier à faibles apports sédimentaires - le littoral languedocien (Golfe du Lion, sud de la France).
- Raynal, O. and R. Certain** (2011/03/01). CPER - Plan de gestion des sédiments du Languedoc-Roussillon -Tache A1 et A2.
- SAFEGE** (2010/10/01). Recherche de gisements sableux. - Rapport provisoire.
- SAMAT, O.** (2007/03/23). Efficacité et impacts des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du Languedoc et du Delta du Rhône.
- SCOT Roussillon** (2012/07/03). DOO - Documents d'Orientations et d'Objectifs.
- SIEE** (2000/07/01). Protection du littoral de Sainte-Marie-la-Mer (Etude d'impact).
- SMNLR** (1996/03/05). Dégâts causés sur le littoral Languedoc-Roussillon par les tempêtes de novembre 1995 à février 1996 - Constat des dégâts.
- SMNLR** (1997/12/31). Tempête du 16 au 18 décembre 1997.
- SMNLR** (1999/11/30). Littoral de la région Languedoc-Roussillon - Tempête des 12 et 13 novembre 1999 - Rapport de présentation des phénomènes météorologiques.
- SMNLR** (2002/05/01). Inventaire des données relatives aux tempêtes survenues sur les communes littorales du Languedoc-Roussillon de 1982 à aujourd'hui.
- SMNLR, BRL, et al.** (2003/06/01). Orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon.
- SOGREAH** (2007/12/01). Etude générale pour la protection du littoral de la Têt à l'Agly.
- SOGREAH** (2011/10). CPER - Actualisation de l'aléa érosion Languedoc-Roussillon.
- Somot, S.** (2005/12/13). Modélisation climatique du bassin méditerranéen: variabilité et scénarios de changement climatique.
- Syndicat RIVAGE** (2012). Stratégie de Gestion en faveur des Zones Humides périphériques à l'étang de Salses-Leucate.
- Tirard, E. and Y. Balouin** (2011/09). CPER - Evaluation des submersions marines lors des tempêtes en Languedoc-Roussillon - Validation de la méthodologie.
- Ullmann, A.** (2008/05/16). Surcotes dans le Golfe du Lion et conditions atmosphériques: variabilité contemporaine et future (1905-2100).

Université Montpellier I (2007/12/01). Evaluation de la politique de gestion du littoral relative à l'érosion et aux inondations côtières en Languedoc-Roussillon.

Université Perpignan (1989/12/01). Rapport relatif à l'analyse sédimentologique des fonds marins au large de Sainte-Marie-la-Mer sur quatre radiales.

Vanroye, C. (2011/09/22). Les données altimétriques terre-mer au service de la gestion des risques littoraux : applications en Languedoc-Roussillon.

Yates Michelin, M. and G. Le Cozannet (2011/01). CPER - Etat des connaissances sur les effets potentiels du changement climatique sur les aléas côtiers en Languedoc-Roussillon.

Annexe 4

Tableau de synthèse des données existantes sur le littoral des Pyrénées-Orientales

Type de données	Auteur de la donnée	Date de la donnée	Localisation de la donnée	Document citant la donnée	Remarque
Bathymétrie	BCEOM	avant 2002	Agly à la Franqui	BCEOM 2003	30 profils
Bathymétrie	CNEXO		Golfe du Lion	BRGM 2006	données numérisées
Bathymétrie	DREAL Languedoc-Roussillon	1993-2001	Languedoc-Roussillon	Brunel 2010	31 profils
Bathymétrie	DREAL Languedoc-Roussillon	juil-05	Golfe du Lion	Ferrer 2010	levé aéroporté LIDAR
Bathymétrie	DREAL Languedoc-Roussillon	1989 - 2001	Languedoc-Roussillon	Tirard et Balouin 2011	Transmit au BRGM
Bathymétrie	DREAL Languedoc-Roussillon	2009	Languedoc-Roussillon	Tirard et Balouin 2012	Transmit au BRGM, LIDAR
Bathymétrie	IFREMER	avant 2004		CG34 et al/ 2004	
Bathymétrie	IOTA	févr-00	Sainte-Marie	SIEE 2000	
Bathymétrie	IOTA	2002	Têt à l'Agly	SOGREAH 2007	
Bathymétrie	IOTA	10/09/2003	Sainte-Marie		Carte d'évolution des fonds pour 2002-2003
Bathymétrie	LEGEM	2000-2002	Languedoc-Roussillon	Certain 2002	printemps, Trittech ST500 et DGPS
Bathymétrie	LRSM Perpignan	avant 1986	Saint-Cyprien à Sainte-Marie	LRSM Perpignan 1986	3 profils
Bathymétrie	SHOM	1895 et 1896	Languedoc-Roussillon	Brunel 2010	Minutes et cartes marines
Bathymétrie	SHOM	1895, 1982, 1984 et 1985	Languedoc-Roussillon	Brunel 2010	Cartes bathymétriques
Bathymétrie	SHOM	1957, 1958, 1982 et 1983	Languedoc-Roussillon	Durand 1999	Minutes bathymétriques, géoréférencées en Lambert III
Bathymétrie	SMNLR	1986-1998	Pyrénées-Orientales	Agence de l'eau - Université de Perpignan 2000	7 profils
Bathymétrie	SMNLR	1988 - 2003	Agly à cap Leucate (à préciser)	BCEOM 2003	2 profils
Bathymétrie	SMNLR	milieu années 1980 - 2002	Sète à Argelès	Certain 2002	36 profils
Bathymétrie	SMNLR	depuis 1984	Languedoc-Roussillon	Durand 1999	27 profils à intervalles réguliers réalisés tous les 2 ans
Bathymétrie	SMNLR	1969 - 1978		LCHF 1995 (document non disponible)	été / hiver
Bathymétrie	SMNLR	1964, 1988, 1998, 2000, 2001, 2002, 2003	Tech à la pointe du Racou	SOGREAH 2003 (dossier St-Cyprien)	Carte SHOM de bathymétrie globale 6843L
Bathymétrie	SMNLR	1989 et 2007	Têt à l'Agly	SOGREAH 2007	4 profils

Type de données	Auteur de la donnée	Date de la donnée	Localisation de la donnée	Document citant la donnée	Remarque
Bathymétrie	SOGREAH	janv-07	Têt à l'Agly	SOGREAH 2007	75 profils tous les 100 m
Bathymétrie	Université de Perpignan	avant 1997	Golfe du Lion	Akouango 1997	33 profils, théodolite électromagnétique
Bathymétrie	Université de Perpignan	avant 2013		Aleman 2013	Sondeur monofaisceaux
Bathymétrie	Université de Perpignan	18/04/2004	Canet-en-Roussillon, embouchure de la Têt	Bourrin 2007	
Bathymétrie	Université de Perpignan	avant 2004		CG34 et al 2004	
Bathymétrie	Université de Perpignan	2006 à 2008	Golfe du Lion	Ferrer 2010	réalisation d'une carte bathymétrique
Bathymétrie	Université de Perpignan	étés 2000, 2001, 2002 et tempêtes de janvier 2009	Golfe du Lion	Ferrer 2010	11 profils longitudinaux, 21 profils transversaux
Bathymétrie	Université de Perpignan	nov-89	Sainte-Marie	Université de Perpignan 1989	4 profils
Bathymétrie	Université de Perpignan	avant 2004	Torreilles : du Bourdigou à l'Agly		6 profils
Courant ; Météo ; Houle	Université de Perpignan	depuis octobre 2003	Prodelta de la Têt (28 m de fond)	Bourrin 2007	plate-forme POEM-L2R, station côtière composée de capteurs météo et d'un ADCP, hauteur et période de pic de la houle
Granulométrie	BCEOM	oct-02	Agly à cap Leucate	BCEOM 2003	10 profils perpendiculaires au rivage
Granulométrie	BRL	2005	Sainte-Marie	BRL 2008	Reconnaissance de sols pour analyser la lithologie du sous-sol, analyses granulométriques
Granulométrie	LCHF	1984	Ouest du Golfe du Lion	Durand 1999	
Granulométrie	LRSM Perpignan	avant 1990	Torreilles	LRSM Perpignan 1990 (document non disponible)	
Granulométrie	SIEE	28/06/2000	Sainte-Marie : Zone Sud de la digue Sud du port et zone de sortie du chenal du port	SIEE 2000	prélèvement de sédiments par carottier, 3 dans chacune des deux zones, analyses granulométriques réalisées par le Laboratoire d'Hydrologie et Molysmologie Aquatique de Marseille
Granulométrie	SMNLR	avant 1979	cordon littoral et barres d'avant-côte du Roussillon	Barusseau 1979	cordon littoral et barres d'avant-côte
Granulométrie	SOGREAH	janv-07	Têt à l'Agly	SOGREAH 2007	18 prélèvements répartis sur 3 postes

Type de données	Auteur de la donnée	Date de la donnée	Localisation de la donnée	Document citant la donnée	Remarque
Granulométrie	Université de Perpignan	été 2012	Avant-côte des Pyrénées-Orientales	Aleman 2013	
Granulométrie	Université de Perpignan	octobre 2003 à octobre 2006	Prodelta de la Têt	Bourrin 2008	
Granulométrie	Université de Perpignan	avant 2010	Golfe du Lion	Ferrer 2010	76 prélèvements sur la plage émergée et immergée
Granulométrie	Université de Perpignan	avant 1990	Embouchure de la Têt et Sainte-Marie	Université de Perpignan 1989	4 échantillons sur 4 profils de plage et 2 prélèvements à l'embouchure
Granulométrie	Université de Perpignan (2003) ; BCEOM (2002) ; SMNLR (2001)	2001 - 2003	Leucate et Barcarès	Barnéoud 2009	
Granulométrie	Université Lumière Lyon 2	avril 1997 et avril 1998	Ouest du Golfe du Lion	Durand 1999	78 profils de plage (3 échantillons par profil)
Houle	BCEOM	2001 - 2002	Agly à cap Leucate	BCEOM 2004	
Houle	DREAL Languedoc-Roussillon	mise en place avant 2007	Leucate	DREAL Languedoc-Roussillon et EID 2007 ; SMNLR 2008	bouée Datawell
Houle	DREAL Languedoc-Roussillon	mise en place avant 2008	Banyuls	SMNLR 2008 ; CETMEF 2009	bouée Datawell
Houle	IX Survey	février à juin 2004	entre le débouché de la Têt et le port de Sainte-Marie par 10 m de fond	SOGREAH 2007	
Houle	LCHF	1984	port de Barcarès	LCHF 1995 (document non disponible)	réalisation d'une carte de réfraction de houle
Houle	LEGEM	janv-99	Languedoc-Roussillon	Certain 2003	campagne de terrain
Houle	SMNLR, ARAGO	avant 2002	Banyuls	BRL 2002 (document non disponible)	
Houle	SMNLR, CETMEF	janvier 1989 - 2000	Languedoc-Roussillon	Certain 2002	bouée Datawell
Houle	SOGREAH	1961 - 1980	Agly à cap Leucate	BCEOM 2003	
Niveaux Marins	CEREGE, CETMEF	1986 à 1999	Sète	Moron et Sabatier 2007	Analyse de 650 marégrammes
Niveaux Marins	CEREGE, CETMEF	1983 - 1997	Port-Vendres	Moron et Sabatier 2007	Analyse de 680 marégrammes
Niveaux Marins	Compagnie des Salins du Midi	1974 - 1995	Golfe du Lion	Moron et Sabatier 2007	Analyse de 900 marégrammes originaux

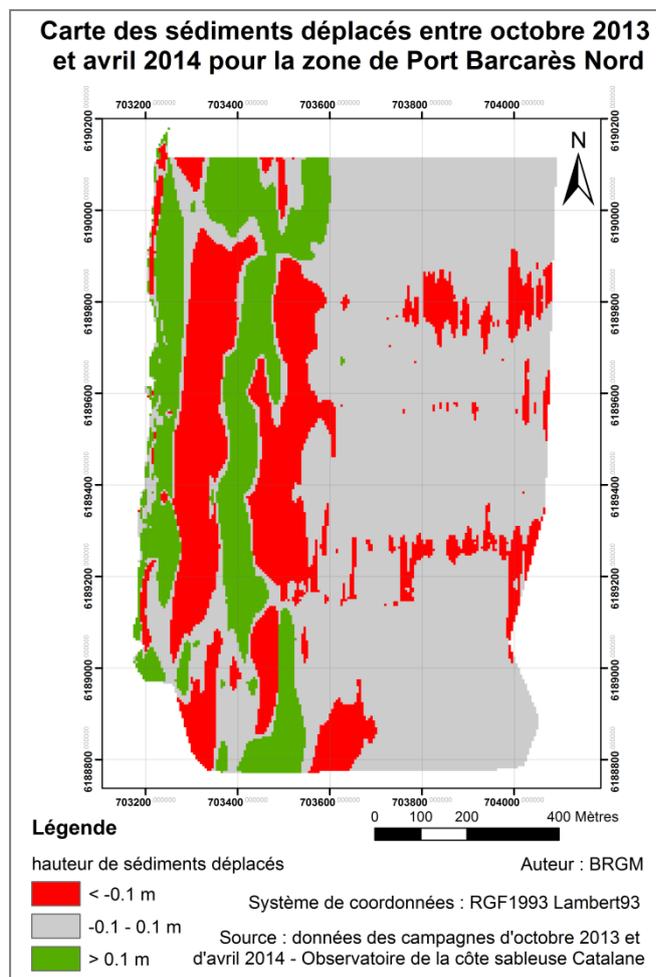
Type de données	Auteur de la donnée	Date de la donnée	Localisation de la donnée	Document citant la donnée	Remarque
Niveaux Marins	SHOM		Port-Vendres et Sète	BRL 2002 (document non disponible) ; SMNLR 2008 ; DREAL Languedoc-Roussillon (2009)	marégraphes
Niveaux Marins	SHOM, SMNLR	avant 2002	Languedoc-Roussillon	SMNLR 2002	Elévation totale du niveau d'eau au maximum des tempêtes mesurée aux différents marégraphes du Languedoc-Roussillon et limnigraphes des ports
Sédimentologie	IFREMER et Université de Perpignan	depuis 1990	Languedoc-Roussillon	CG34 et al 2004	analyses lithologiques et granulométriques
Sédimentologie	Université de Perpignan	avant 1997	Golfe du Lion	Akouango 1997	Prélèvements et carottages
Sédimentologie	Université de Perpignan	octobre 2003 à octobre 2005	Prodelta de la Têt	Bourrin 2007	carottages
Sédimentologie	Université de Perpignan	avant 1989	Sainte-Marie	Université de Perpignan 1989	Reconnaissance de l'environnement sédimentaire sous-marin
Sédimentologie ; Sismique	Université de Montpellier II	avant 2008	Languedoc-Roussillon	Raynal 2008	Carottages : réalisation de profils sismiques pour déterminer les faciès sédimentologique
Sismique	Université de Montpellier II	avant 2008	Languedoc	Raynal 2008	sismique réflexion très haute résolution
Sismique	Université de Perpignan	avant 2002	Leucate, Sainte-Marie, Canet-en-Roussillon et Saint-Cyprien	Certain 2002	49 profils, sismique très haute résolution
Sismique	Université de Perpignan	avant 2003	Têt à l'Agly	LEGEM 2003	
Topo-Bathymétrie	BCEOM	sept-02	Agly à cap Leucate	BCEOM 2003	
Topo-Bathymétrie	DREAL Languedoc-Roussillon	avant 2009	Languedoc-Roussillon : Canet-en-Roussillon et Sainte-Marie	DREAL Languedoc-Roussillon 2009	LIDAR
Topo-Bathymétrie	Litto3D® Languedoc-Roussillon 2011	2011	Pyrénées-Orientales	BRGM	BRGM
Topographie	DREAL Languedoc-Roussillon	avant 2010	Argelès à Port Camargue	Brunel 2010	

Type de données	Auteur de la donnée	Date de la donnée	Localisation de la donnée	Document citant la donnée	Remarque
Topographie	IARE	1981, 1988, 1993 à 1999	Languedoc-Roussillon	Durand 1999	24 profils
Topographie	LEGEM	2000-2002		Certain 2002	printemps
Topographie	Projet ALDES pour la DGSCGC	2010	Pyrénées-Orientales	BRGM	BRGM
Topographie	SMNLR	depuis 2001	Agly à cap Leucate	BCEOM 2003	
Topographie	SOGREAH	janv-07	Têt à l'Agly	SOGREAH 2007	4 profils (niveau du trait de cote, milieu de plage, pied et crête du cordon dunaire)
Topographie	Université de Perpignan	avant 1997	Golfe du Lion	Akouango 1997	Théodolite magnétique
Topographie	Université de Perpignan	avant 2013		Aleman 2013	DGPS
Topographie	Université de Perpignan	nov-89	Sainte-Marie	LRSM Perpignan 1986	4 profils
Topographie	Université de Perpignan	nov-89	Sainte-Marie	Université de Perpignan 1989	4 profils
Topographie	Université de Perpignan		Torreilles : du Bourdigou à l'Agly		6 profils
Topographie	Université Lumière Lyon 2	avril 1997 - avril 1999	Languedoc-Roussillon	Durand 1999	55 profils (sommet de l'avant dune au pied du talus pré-littoral), 2 levés par an
Trait de côte	Agence de l'eau et Université de Perpignan	avant 2000	Méditerranée	Agence de l'eau - Université de Perpignan 2000	Evolution et volumes érodés
Trait de côte	CEREGE	1842, 1895, 1944, 1977 et 2000	Languedoc-Roussillon	Moron et Sabatier 2007	Evolution annuelle des surfaces gagnées, perdues et de leur bilan entre chaque date
Trait de côte	CETE IPSEAU	avant 1997	Languedoc-Roussillon	CETE IPSEAU 1997	à partir de l'analyse diachronique de photographies aériennes
Trait de côte	DREAL	1942, 1953, 1962, 1974, 1982, 1992, 1998, 2000, 2008, 2009, 06/2010, 09-10/2010	Pyrénées-Orientales	BRGM	
Trait de côte	IGN	1942, 1945, 1946 et 1962	Languedoc-Roussillon	CETE IPSEAU 1997	levés photogrammétrique pour levé initial du trait de côte
Trait de côte	LCHF	1962 - 1980	Barcarès	LCHF 1995 (document non disponible)	à partir de photos aériennes

Type de données	Auteur de la donnée	Date de la donnée	Localisation de la donnée	Document citant la donnée	Remarque
Trait de côte	SIEE	1980, mars 1998 et juin 2000)	Sainte-Marie	SIEE 2000	cartographie de l'évolution du trait de côte
Trait de côte	SMNLR	avant 2002	Languedoc-Roussillon	BRL 2002 (document non disponible)	levé de terrain et interprétation à partir de cartes et de photographies aériennes anciennes
Trait de côte	SMNLR et CEFREM	1850 - 2008	Leucate et Barcarès	Barnéoud 2009	cartographie et bilan sédimentaire
Trait de côte	SOGREAH	1989 - 2002	Agly à cap Leucate	BCEOM 2003	à partir de photos aériennes
Trait de côte	SOGREAH	avant 2007	Têt à l'Agly	SOGREAH 2007	à partir de photos aériennes IGN
Trait de côte	Université de Perpignan	avant 2002	Languedoc-Roussillon	Certain 2002	levés réalisés sur plus de 35km de linéaire sableux (DGPS)
Trait de côte	Université de Perpignan	avant 2010	Golfe du Lion	Ferrer 2010	levés
Trait de côte	Université Lumière Lyon 2	avant 1999	Languedoc-Roussillon	Durand 1999	évolution du trait de côte à partir de l'analyse diachronique des photographies aériennes
Vent	Capitainerie du port de Canet-en-Roussillon	avril 1993 à juillet 1994	Canet-en-Roussillon	Akouango 1997	
Vent	Météo France, Sémaphores et Capitaineries	avant 1997	Sainte-Marie, Leucate, Torreilles	SMNLR 1997 ; SMNLR 1999	
Vent	Université de Perpignan	2003 - 2005	Prodelta de la Têt (sur une bouée à 6 m de hauteur)	Bourrin 2007	

Annexe 5

Méthodologie de calcul des marges d'erreur des volumes sédimentaires déplacés entre deux campagnes topo-bathymétriques



Les marges d'erreurs des calculs de volume ont été obtenues par une méthode présentée dans Mark et *al.* (2002). Le principe est de calculer le volume total de sédiments déplacés (soit la somme des valeurs absolues des volumes en accrétion et en érosion) pour les zones où la hauteur de sédiments déplacés est comprise dans l'intervalle d'erreur des données.

Dans le cadre des deux campagnes réalisées pour l'observatoire de la côte sableuse Catalane la marge d'erreur des données bathymétriques et topographiques est estimée à 10 cm. Les volumes ont donc été calculé pour l'ensemble des zones où les déplacements sédimentaires sont compris entre -10 cm et 10 cm (zones en grises sur la carte). Les calculs ont été réalisés sous ArcGis. Le tableau ci-dessous, présente le détail des volumes calculés et des marges d'erreurs pour la zone de Port Barcarès Nord.

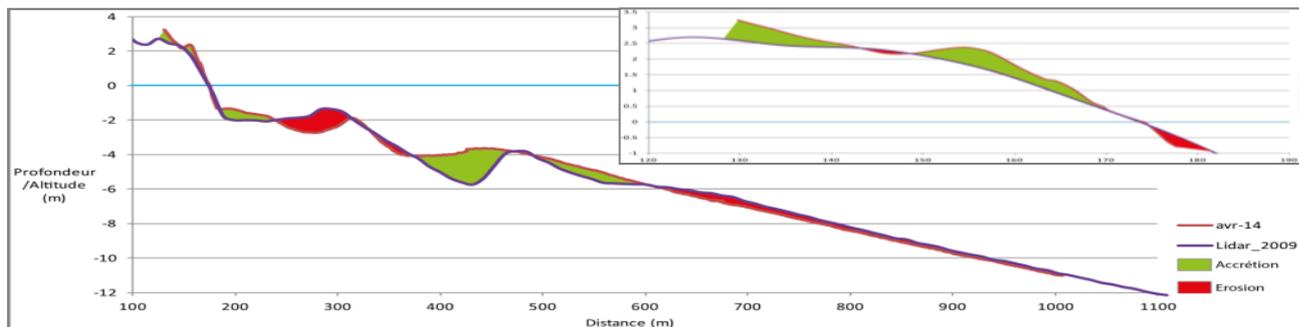
Localisation		Surface (m ²)	Accrétion (m ³)	Erosion (m ³)	Total (m ³)	Volume déplacé (m ³)	[0 ; 0.1] (m ³)	[-0.1 ; 0] (m ³)	Volume [-0.1;0.1] (m ³)
Port Barcarès Nord	zone complète	1138783	85948	-104320	-18373	190268	26841	-6214	33055
	zone immergée	1105422	79397	-101552	-22155	180949	26713	-5873	32586
	zone émergée	33298	6163	-2713	3450	8876	123	-334	457

Tableau des volumes sédimentaires et des marges d'erreurs calculés sur le secteur de Port Barcarès Nord

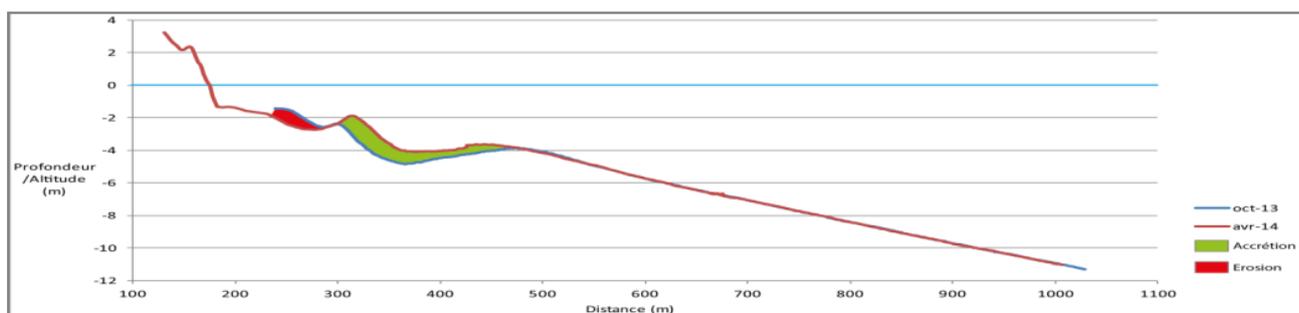
Annexe 6

Profils complémentaires

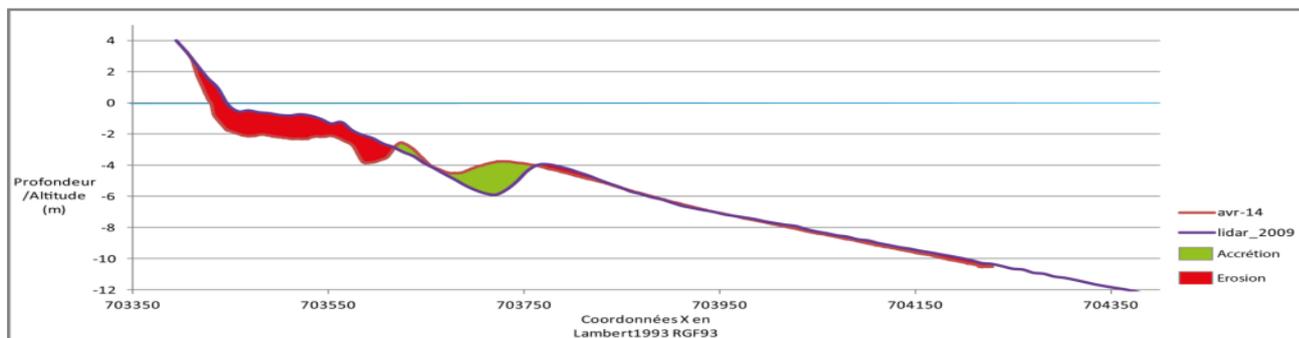
Secteur N°1 - Le Lydia



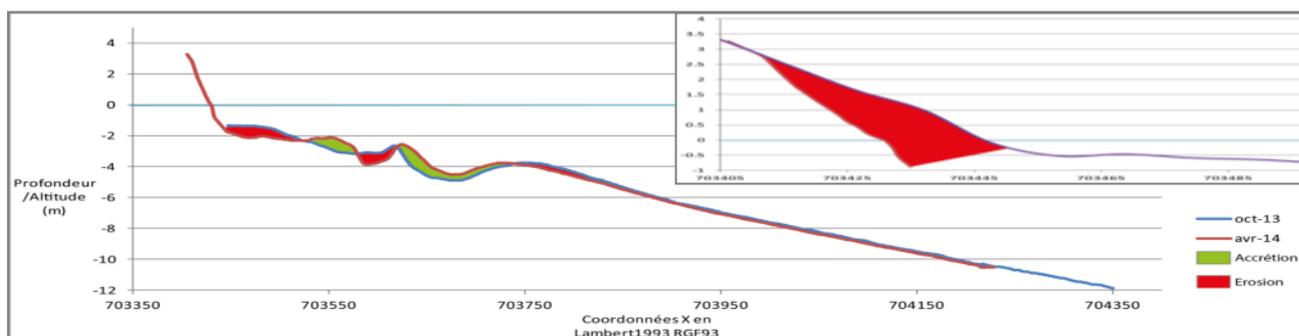
Profils LydiaN - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



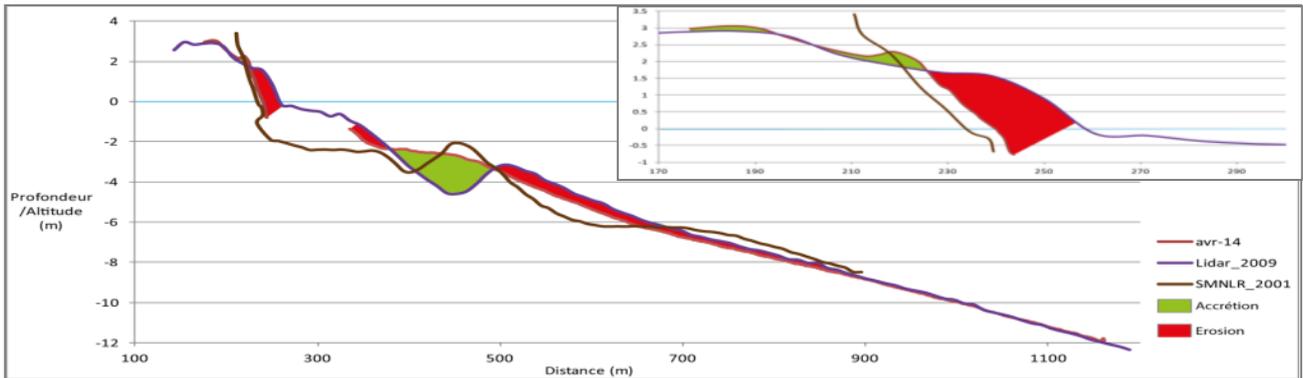
Profils LydiaN - 2013 et 2014 (OBSCAT)



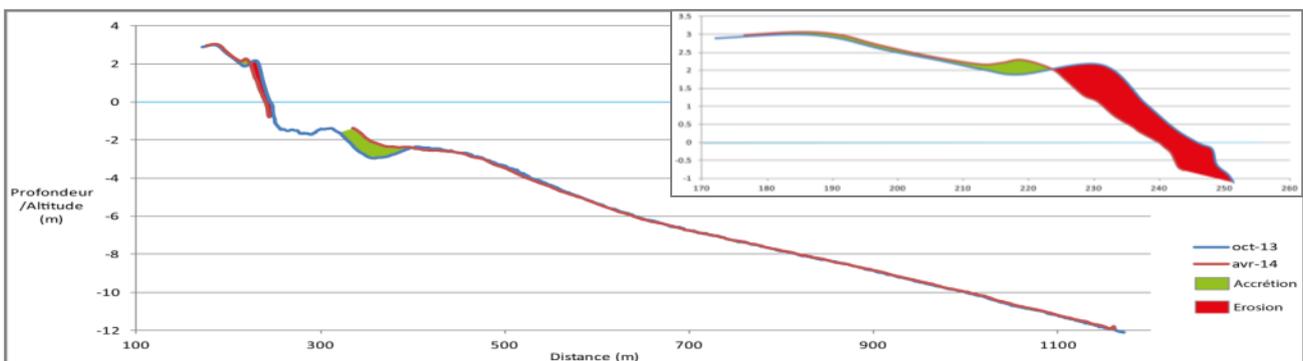
Profils LydiaC - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



Profils LydiaC - 2013 et 2014 (OBSCAT)

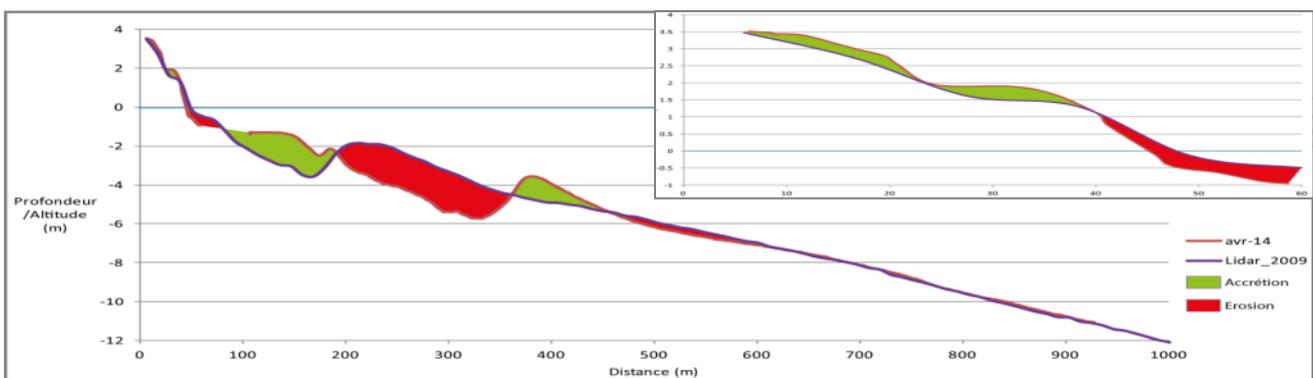


Profils BT074006 - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL) et 2001 (SMNLR)

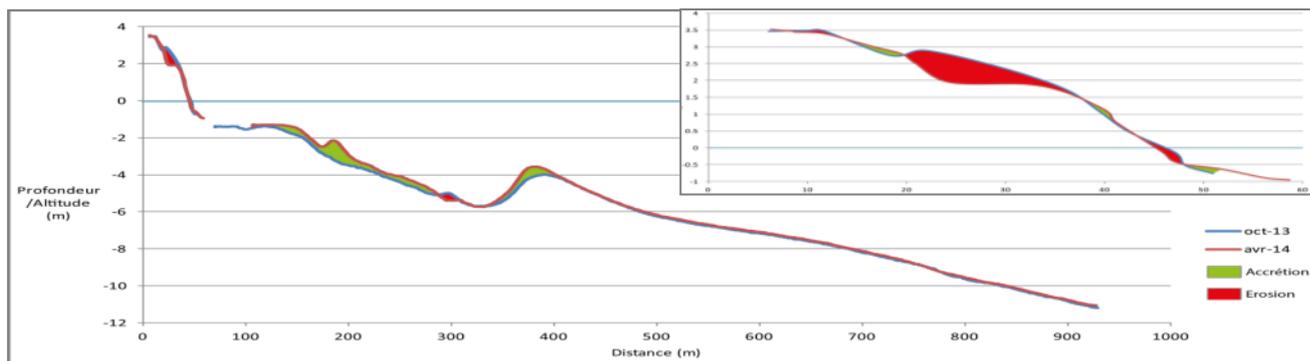


Profils BT074006 - 2013 et 2014 (OBSCAT)

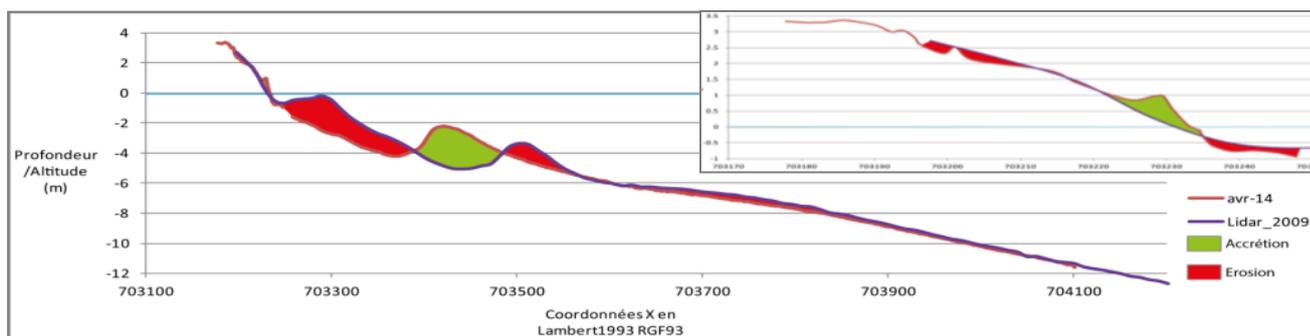
Secteur N°2 - Port Barcarès Nord



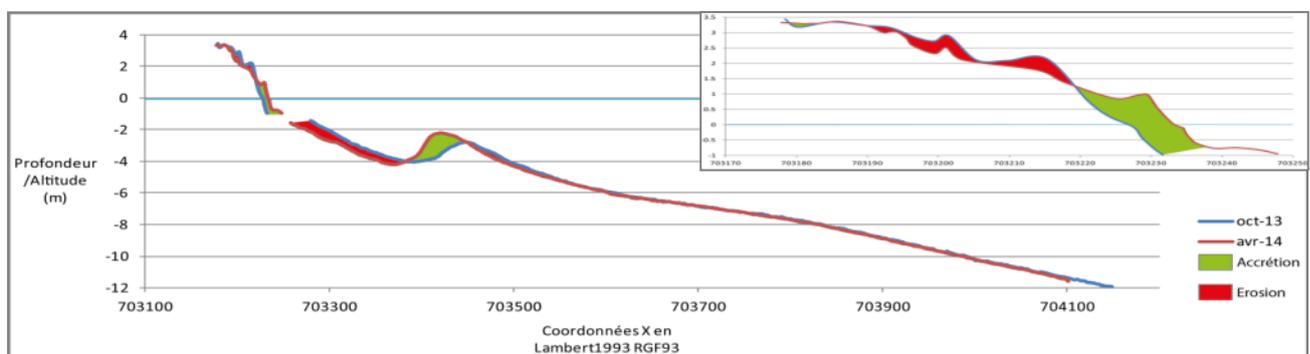
Profils PortBacNord-N - 2014 (OBSCAT) et Lidar 2009 (DREAL)



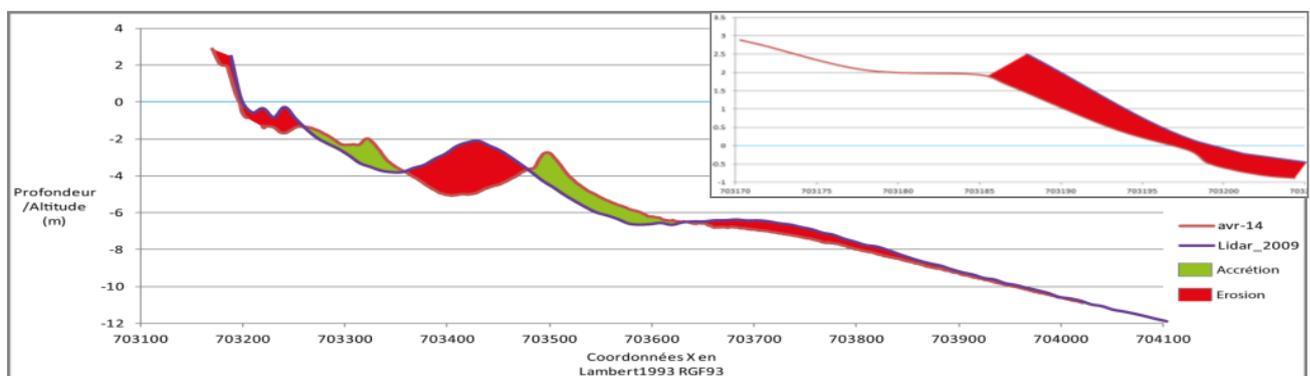
Profils PortBacNord-N - 2013 et 2014 (OBSCAT)



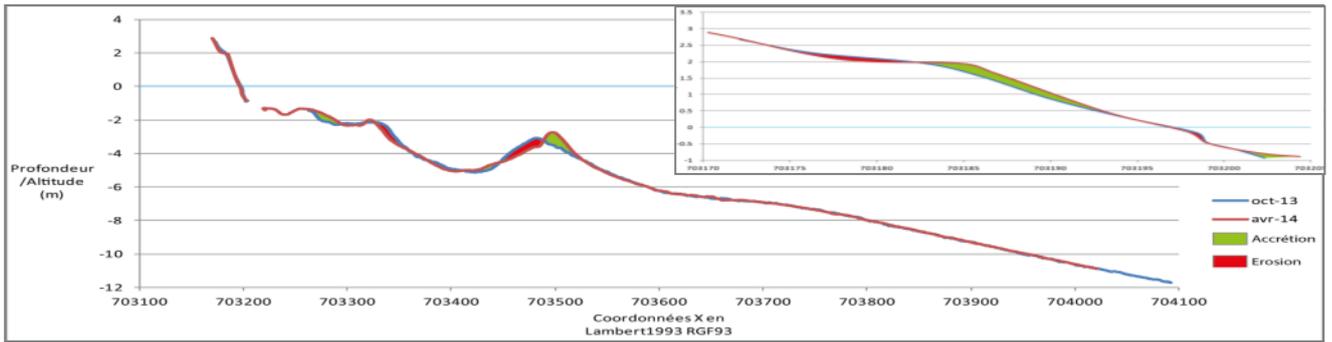
Profils PortBacNord-C - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



Profils PortBacNord-C - 2013 et 2014 (OBSCAT)

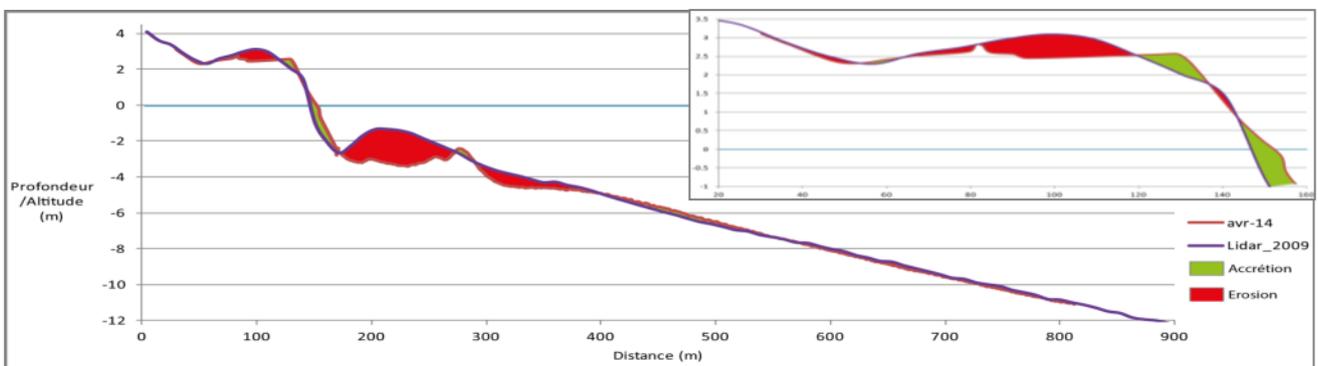


Profils PortBacNord-S - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)

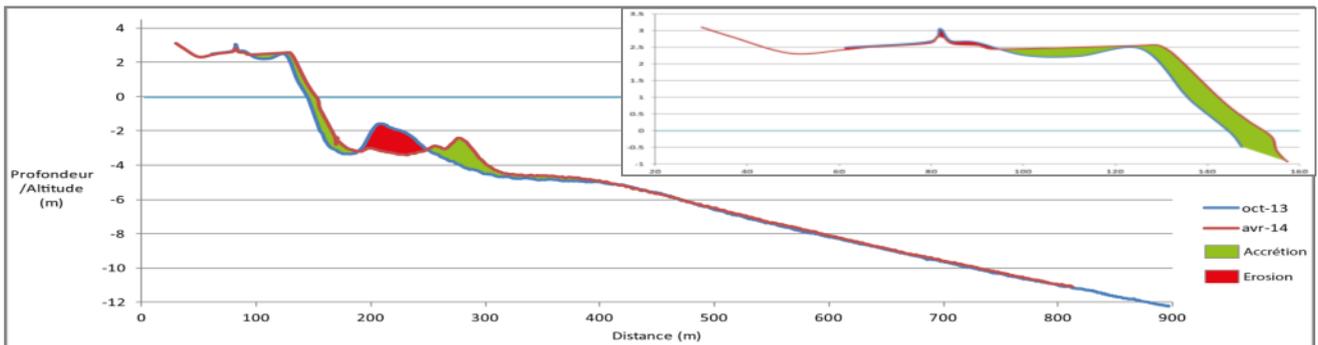


Profils PortBacNord-S - 2013 et 2014 (OBSCAT)

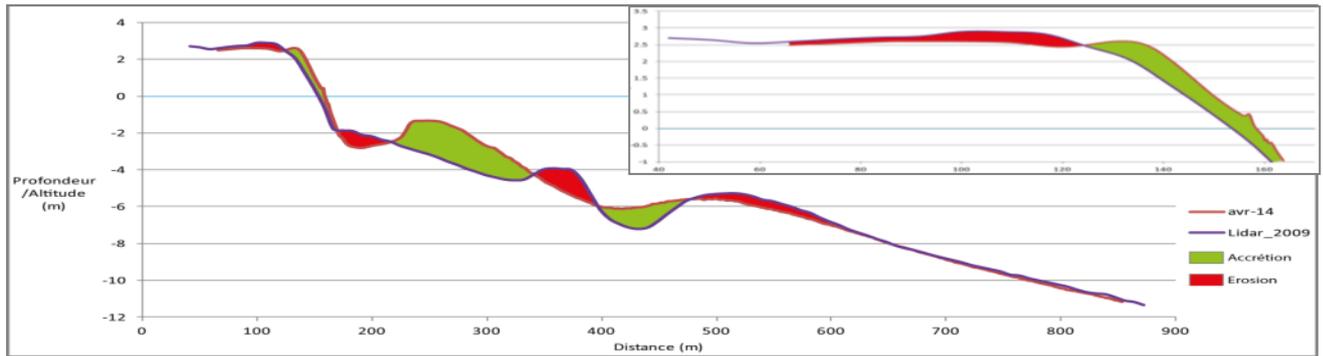
Secteur N°3 - Port Barcarès Sud



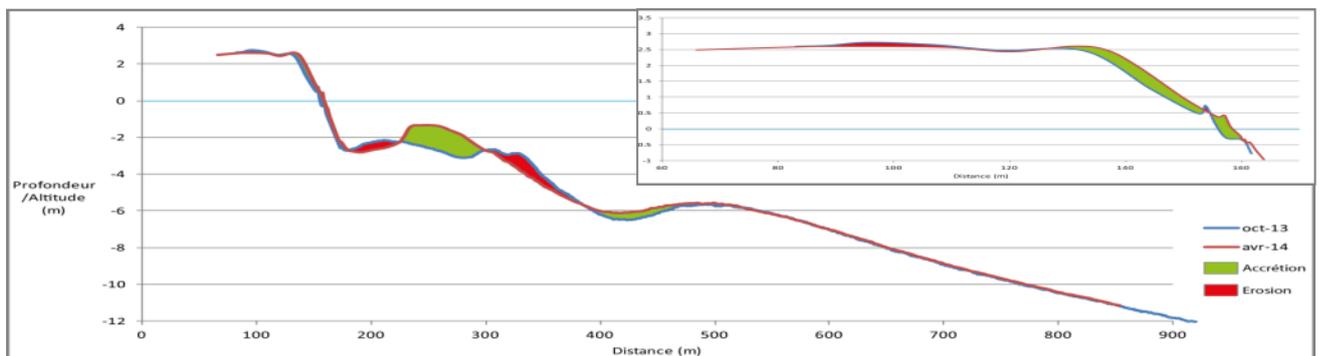
Profils PortBacSud-N - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



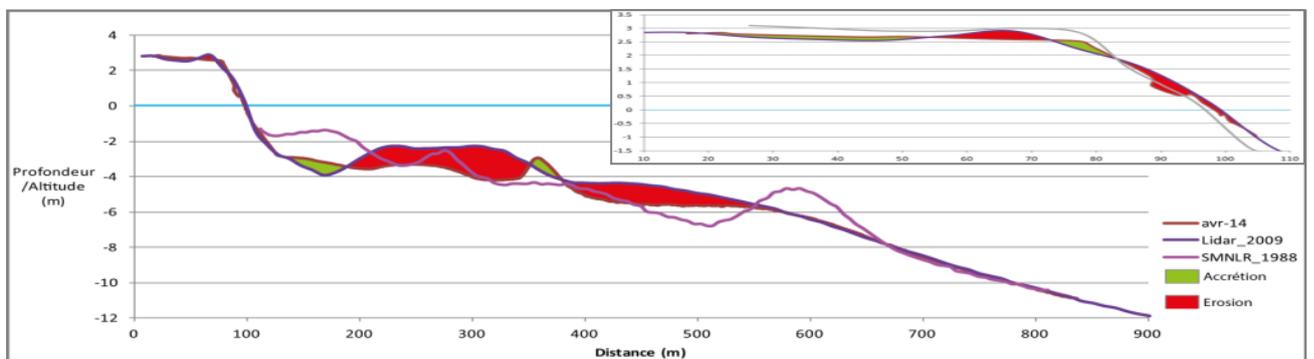
Profils PortBacSud-N - 2013 et 2014 (OBSCAT)



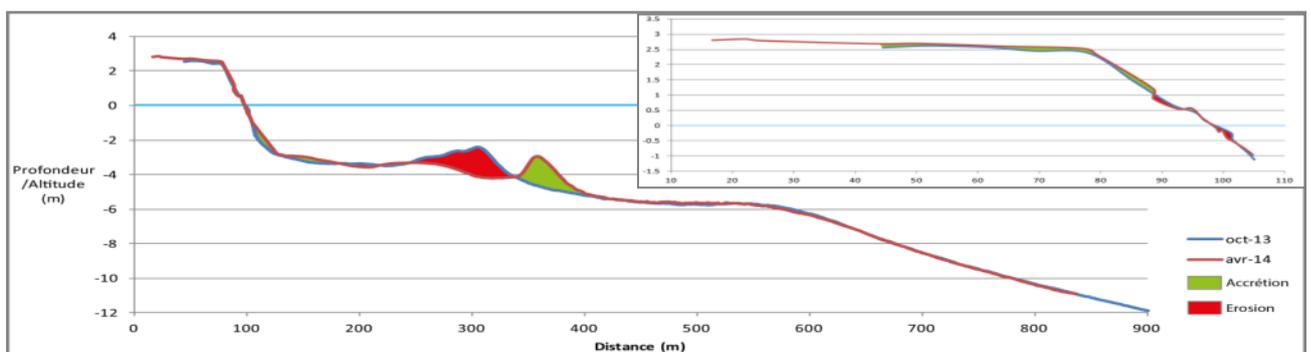
Profils PortBacSud-S - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



Profils PortBacSud-S - 2013 et 2014 (OBSCAT)

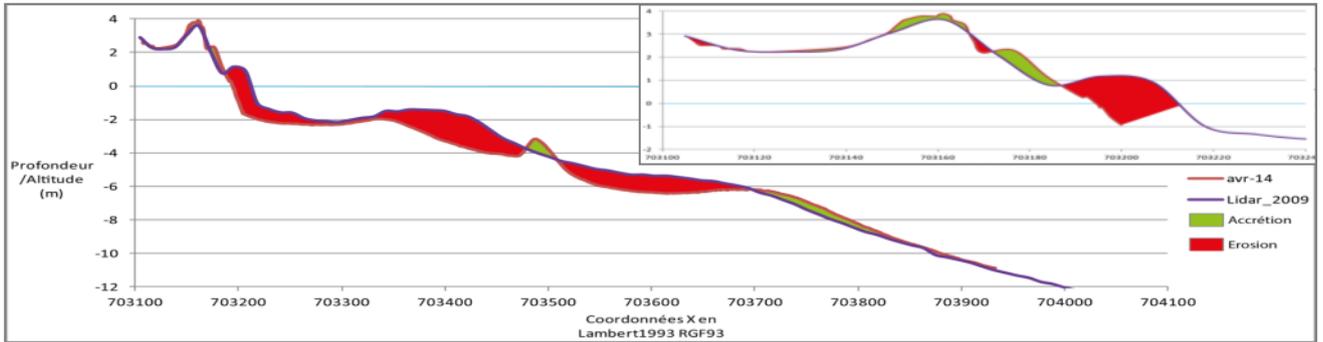


Profils BT070215 - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL) et 1988 (SMNLR)

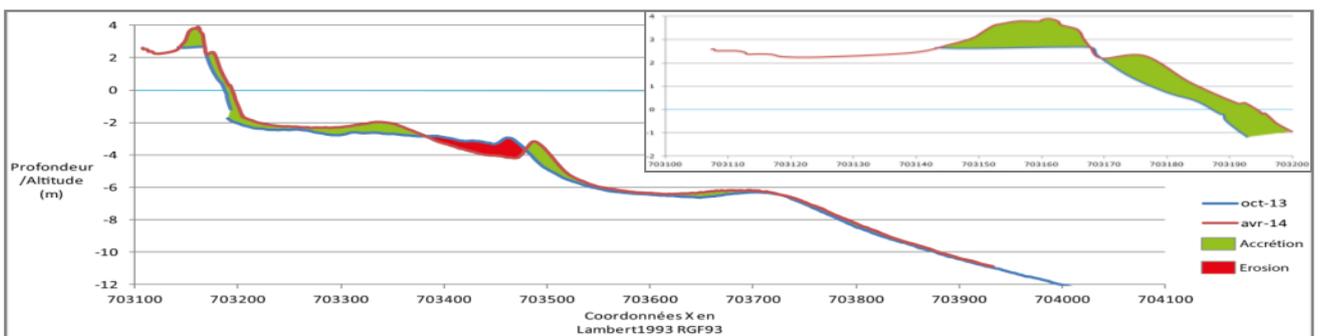


Profils BT070215 - 2013 et 2014 (OBSCAT)

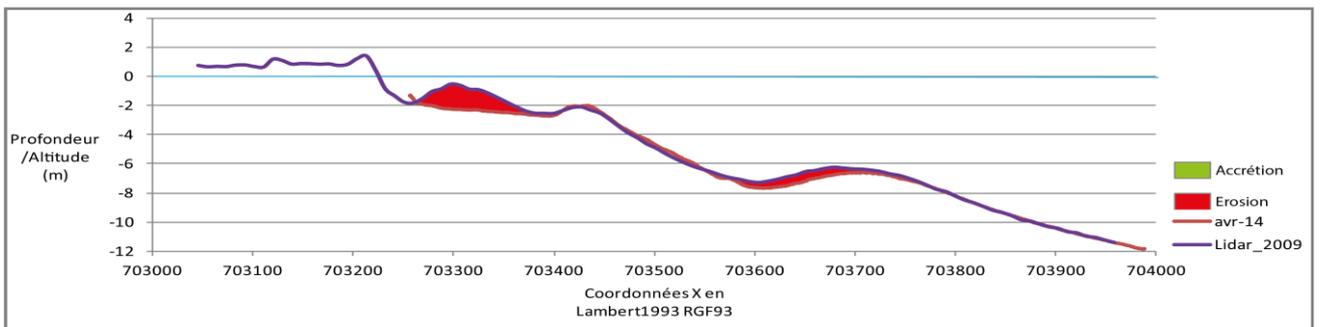
Secteur N°4 - L'embouchure de l'Agly



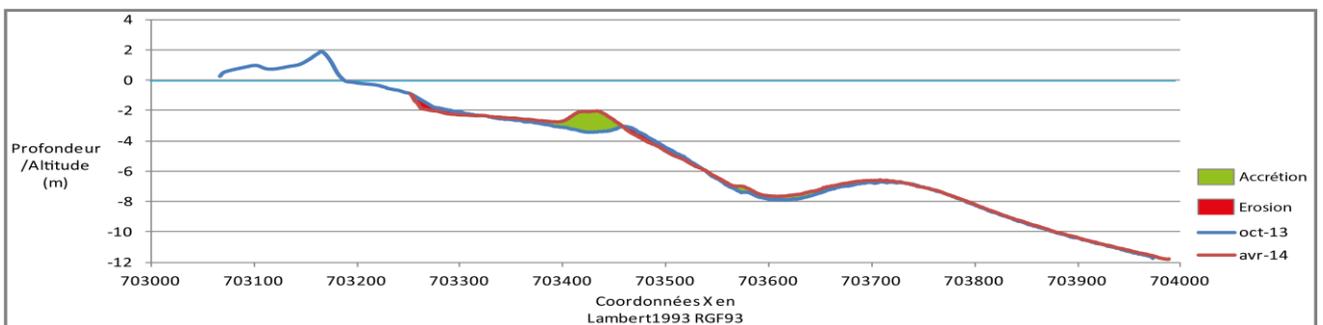
Profils Aggly_N - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



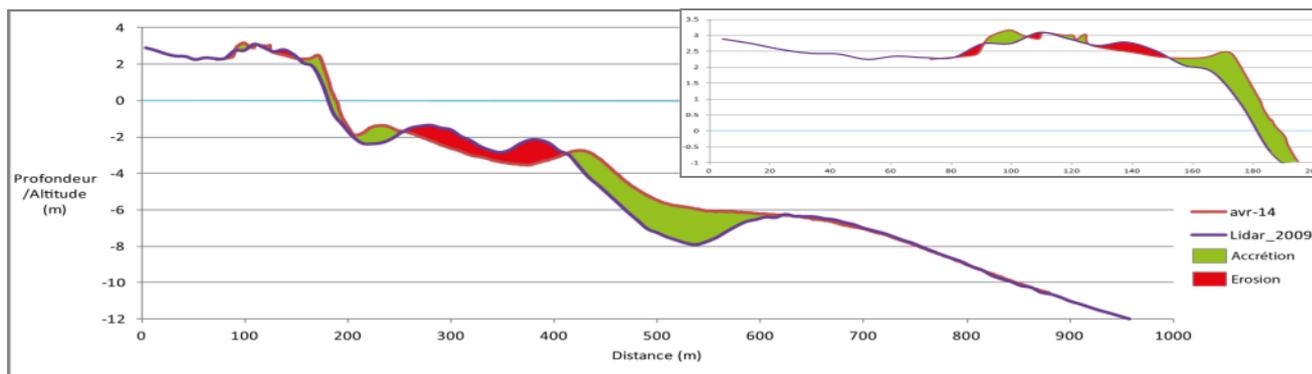
Profils Aggly_N - 2013 et 2014 (OBSCAT)



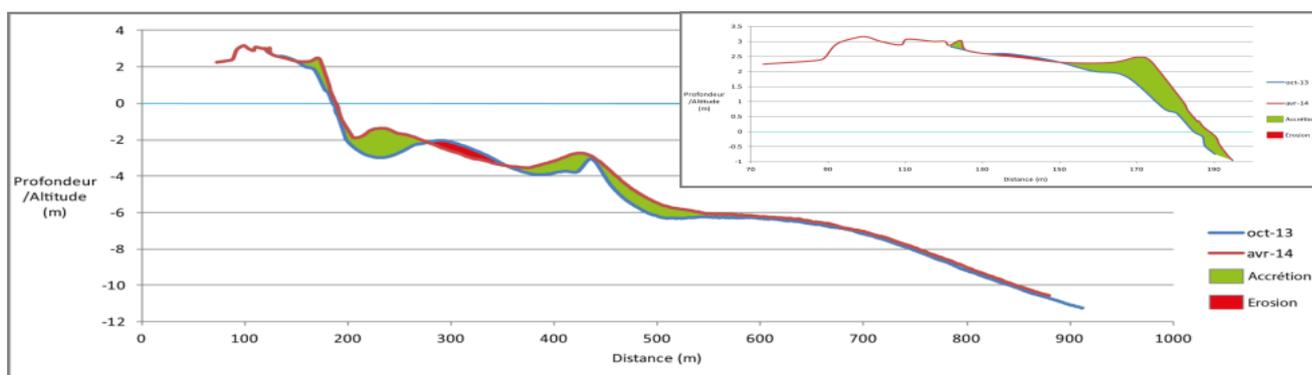
Profils Aggly_C - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



Profils Agly_C - 2013 et 2014 (OBSCAT)

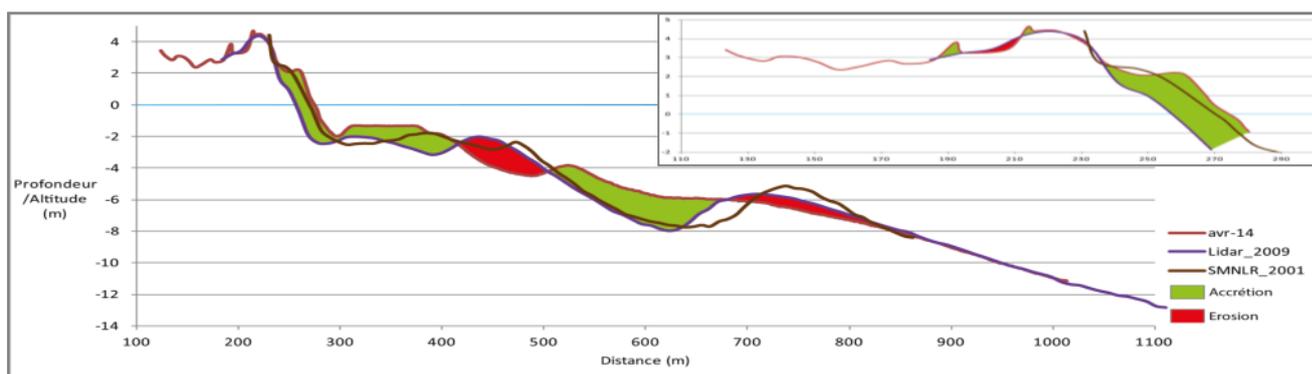


Profils Aggly_S - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)

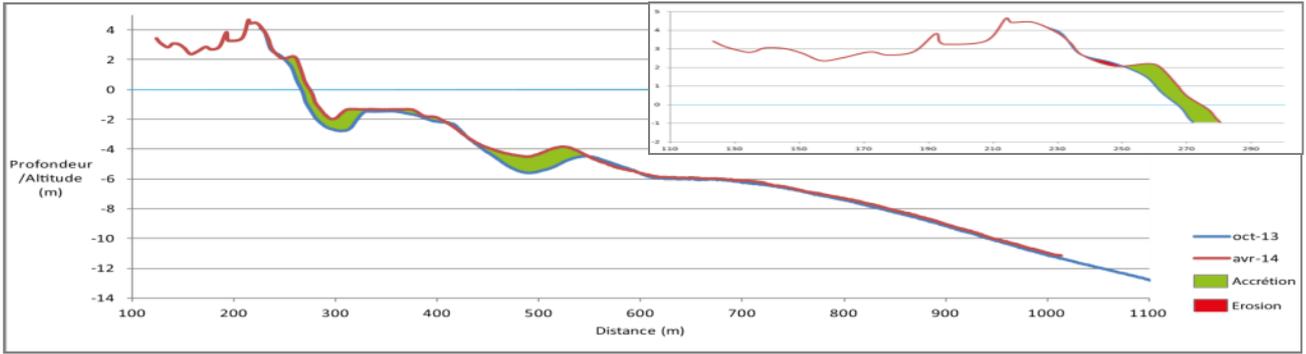


Aggly_S - 2013 et 2014 (OBSCAT)

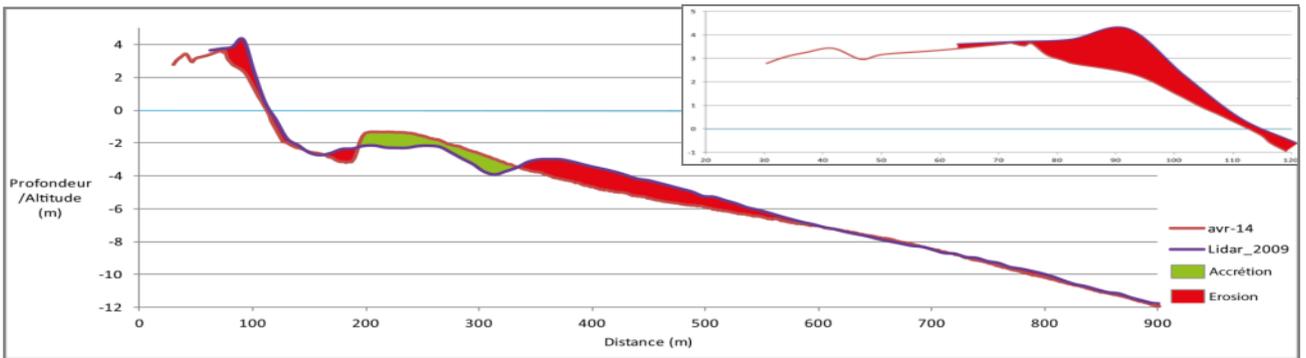
Secteur N°5 - Torreilles



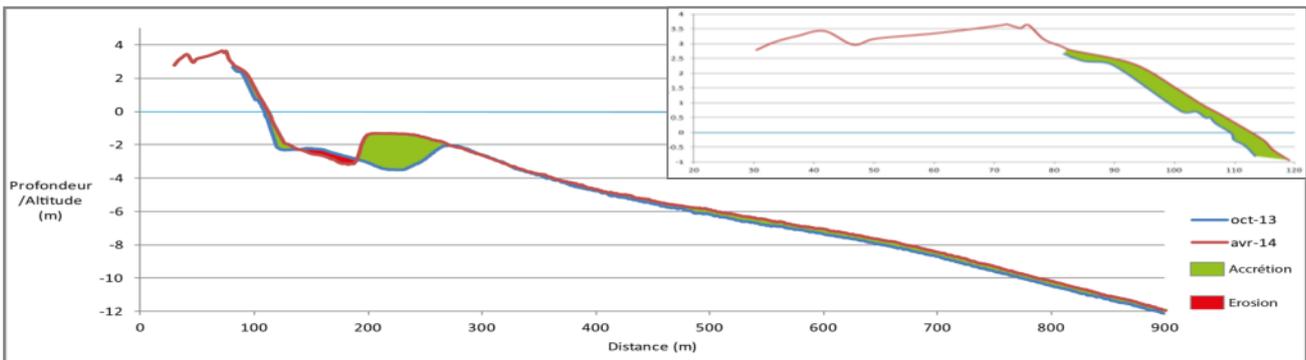
Profils BT067930 - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2001 (SMNLR)



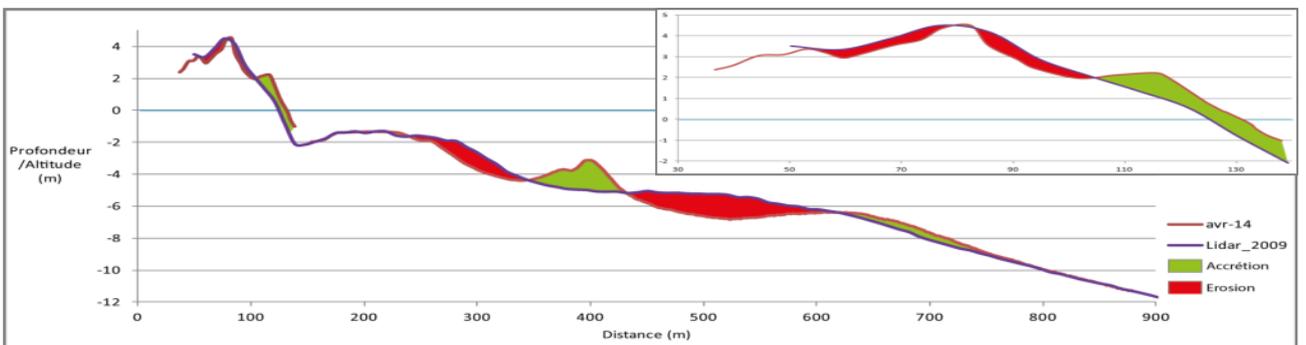
Profils BT067930 - 2013 et 2014 (OBSCAT)



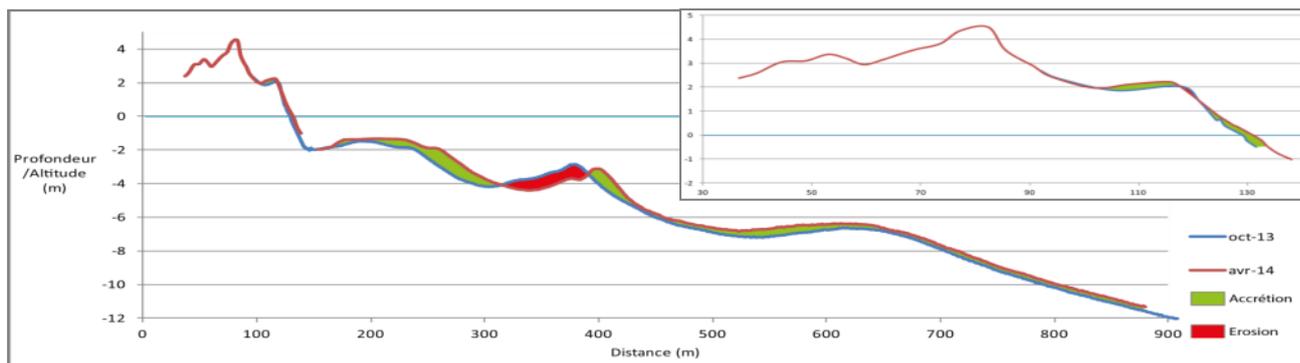
Profils TorrC - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



Profils TorrC - 2013 et 2014 (OBSCAT)

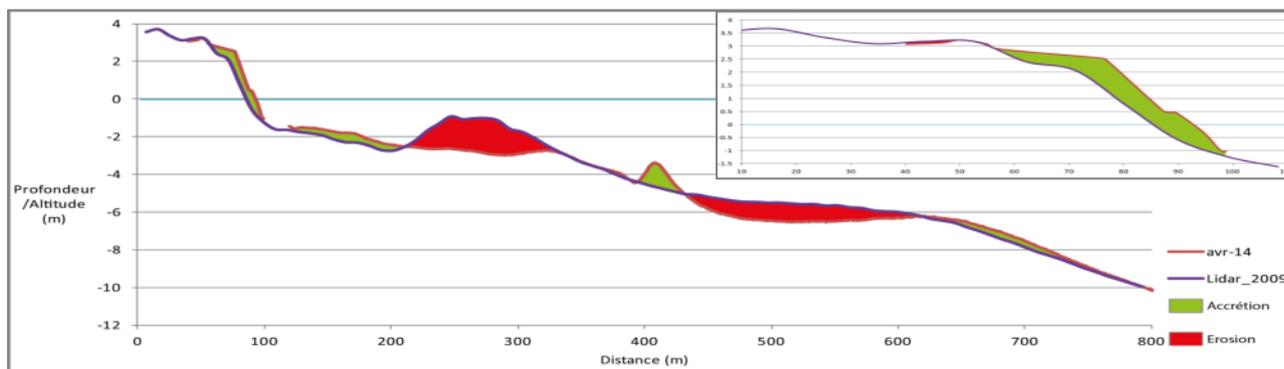


Profils TorrS - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)

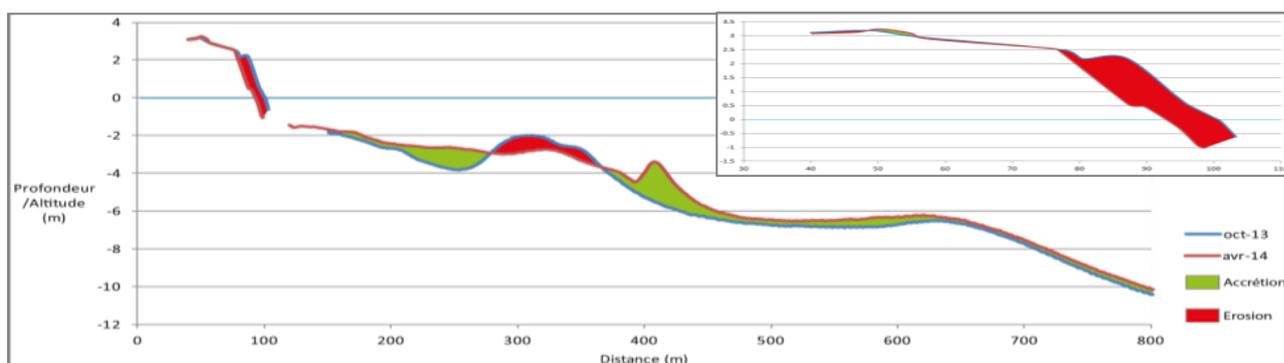


Profils TorrS - 2013 et 2014 (OBSCAT)

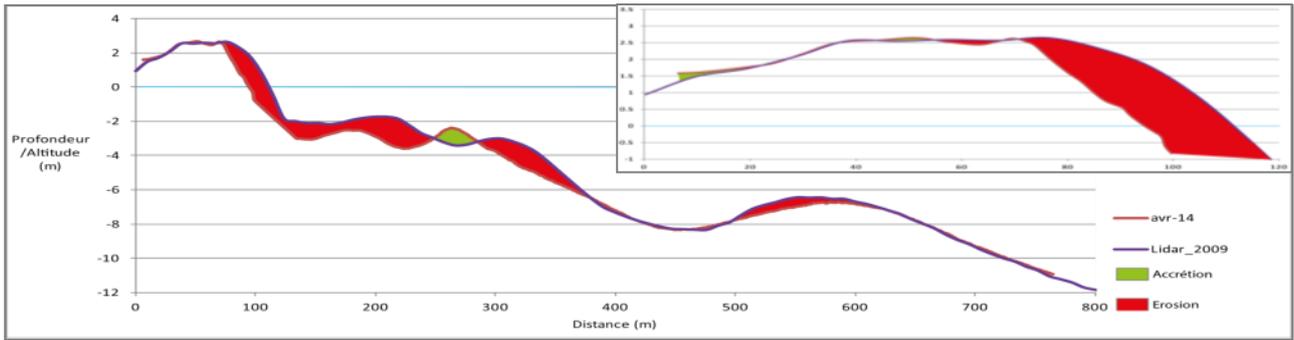
Secteur N°6 - L'embouchure du Bourdigou



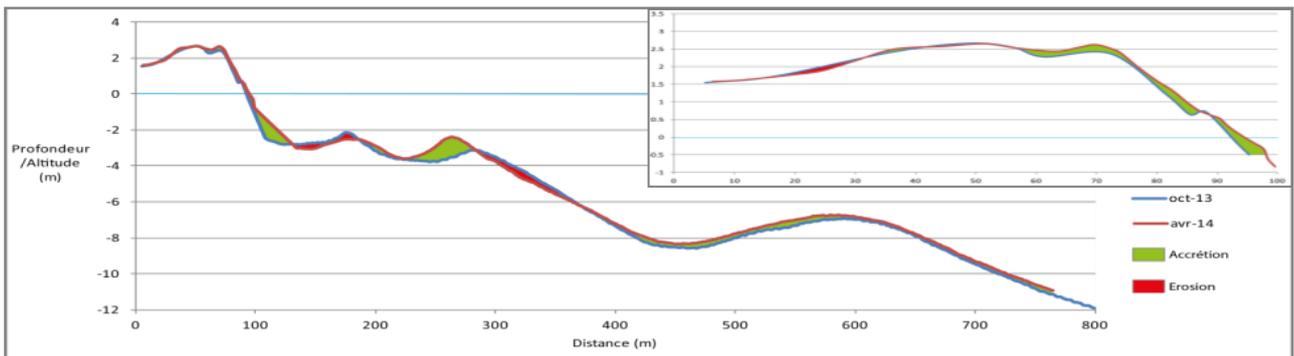
Profils BourdigN - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



Profils BourdigN - 2013 et 2014 (OBSCAT)

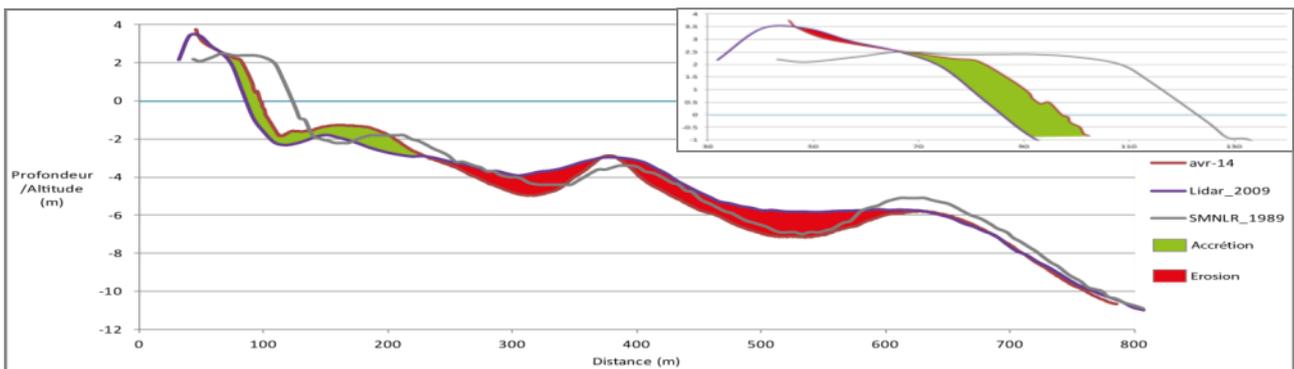


Profils BourdigS - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)

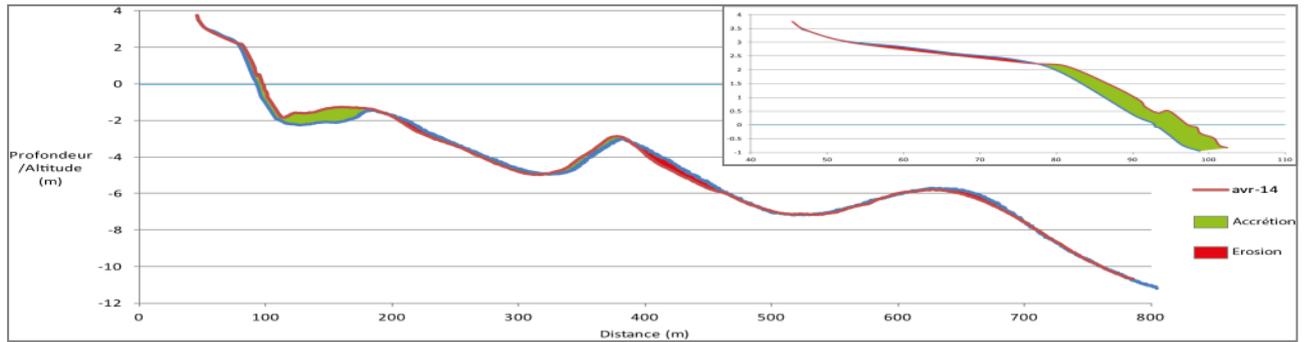


Profils BourdigS - 2013 et 2014 (OBSCAT)

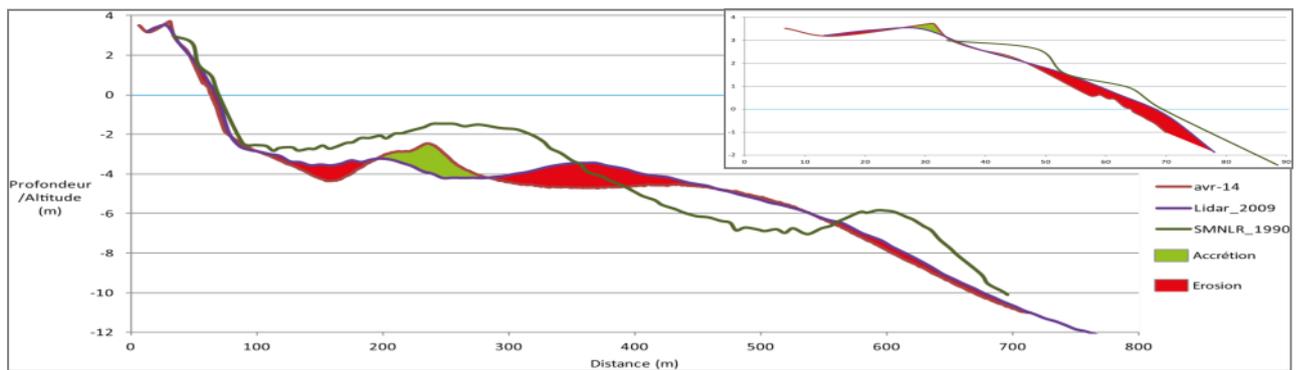
Secteur N°7 - Sainte-Marie



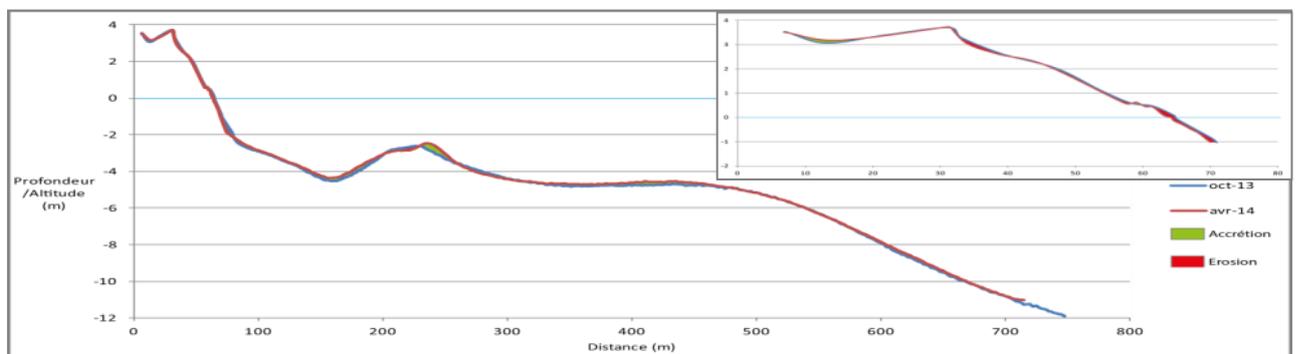
Profils BT063940 - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 1989 (SMNLR)



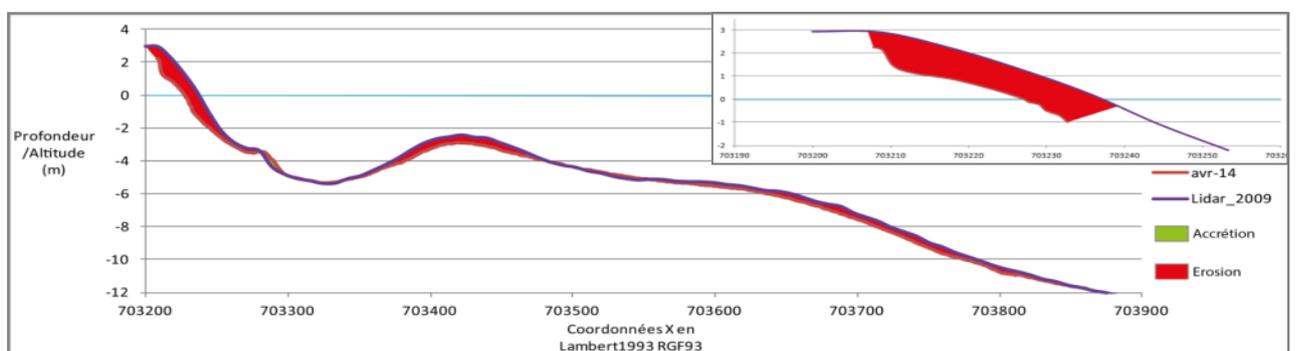
Profils BT063940 - 2013 et 2014 (OBSCAT)



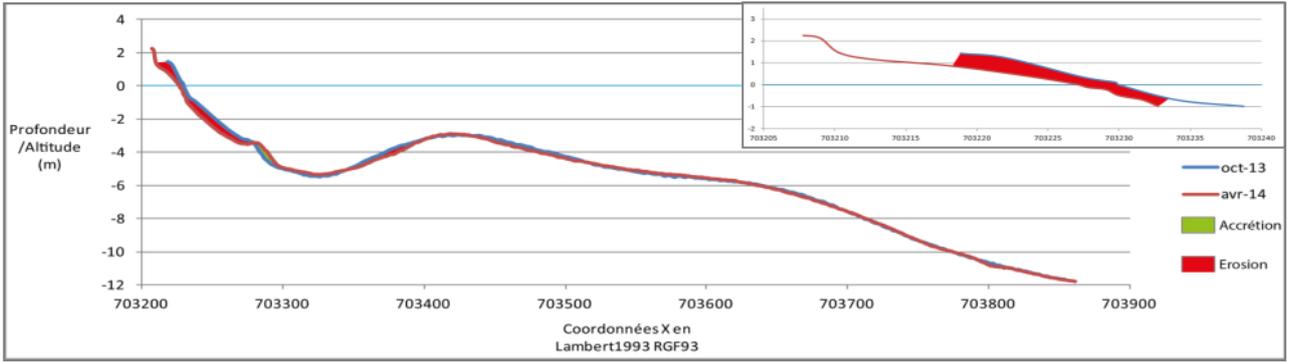
Profils BT064040 - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



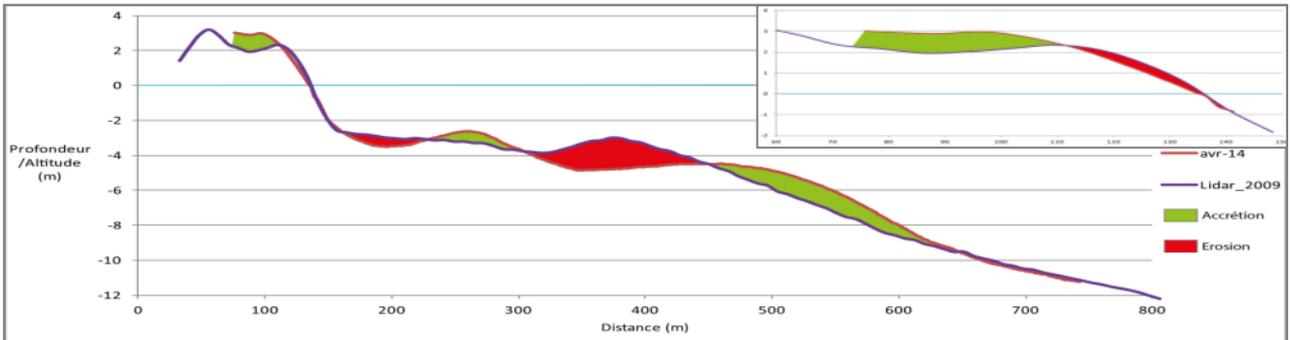
Profils BT064040 - 2013 et 2014 (OBSCAT)



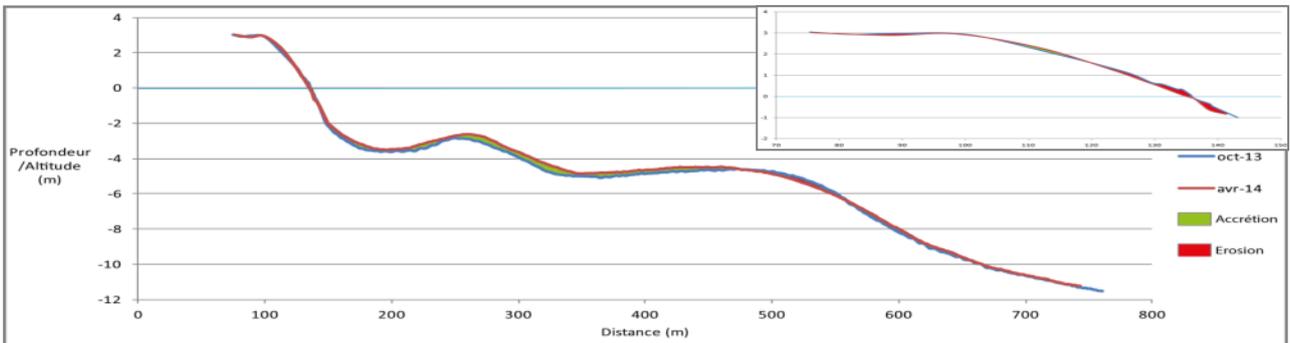
Profils SteMAr_C - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



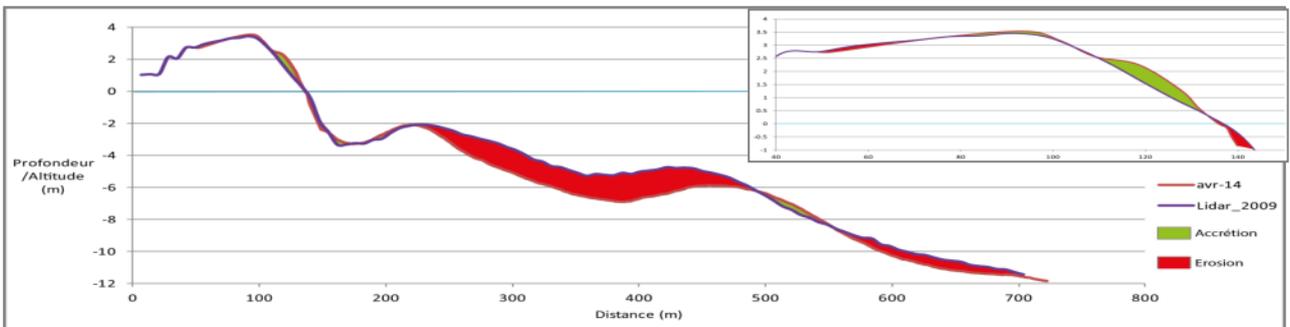
Profils SteMar_C - 2013 et 2014 (OBSCAT)



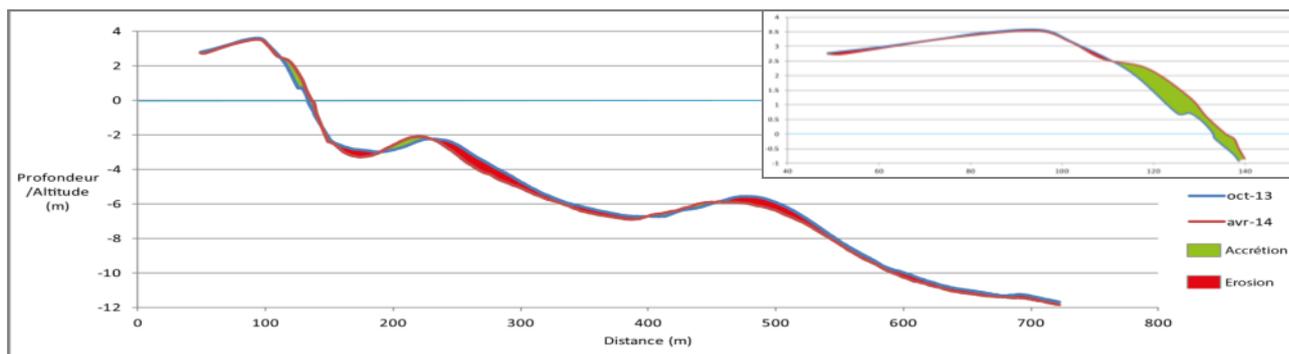
Profils SteMar_S - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



Profils SteMar_S - 2013 et 2014 (OBSCAT)

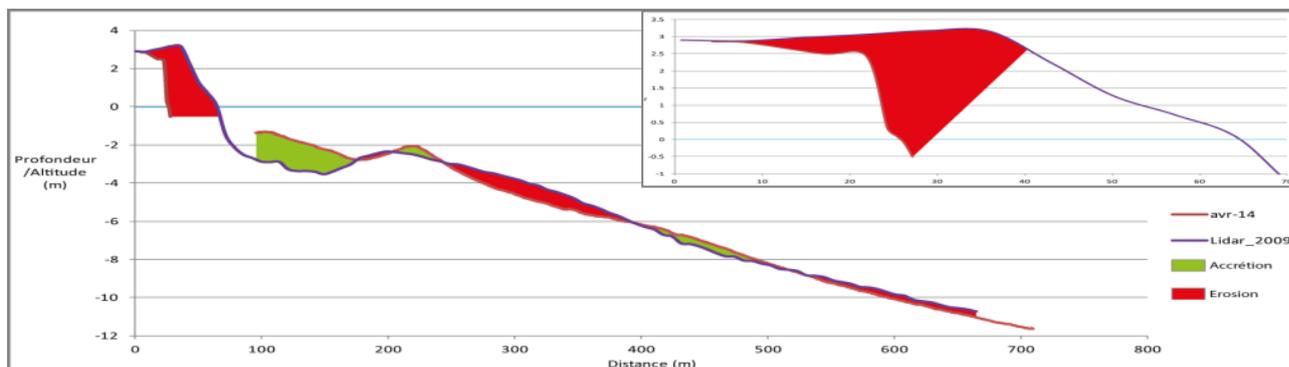


Profils LaCrostN - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)

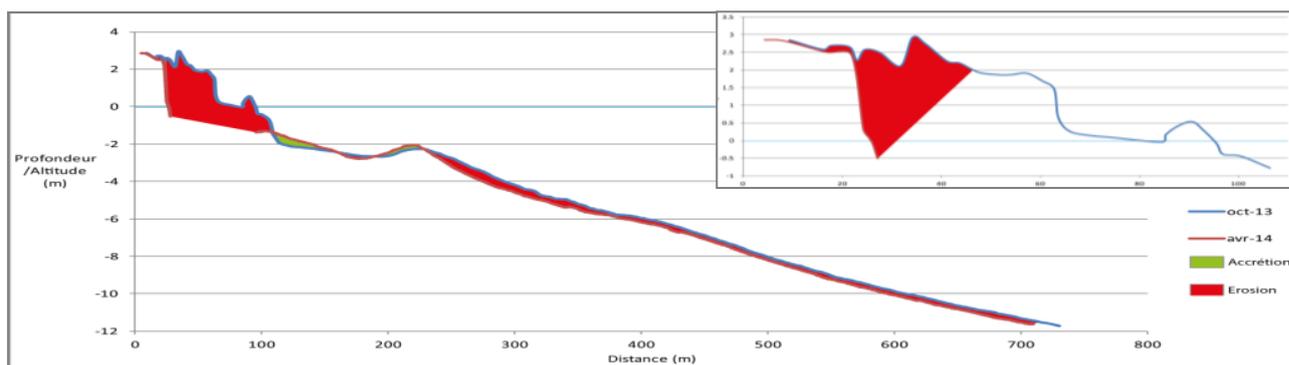


Profils LaCrostN - 2013 et 2014 (OBSCAT)

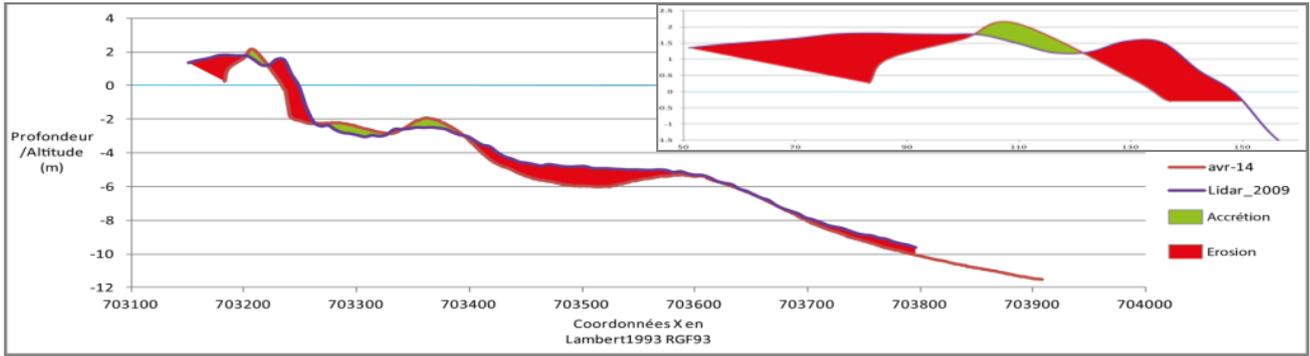
Secteur N°8 - L'embouchure de la Têt



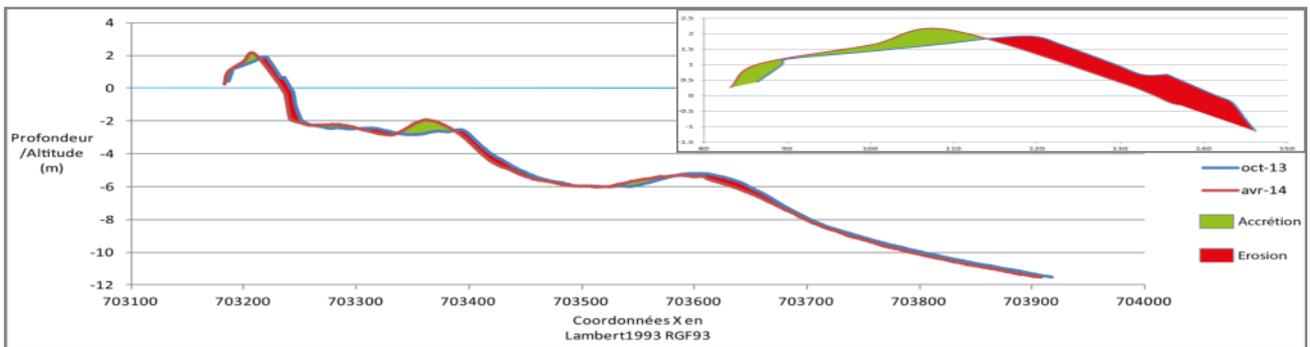
Profils Tet_N - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)



Profils Tet_N - 2013 et 2014 (OBSCAT)

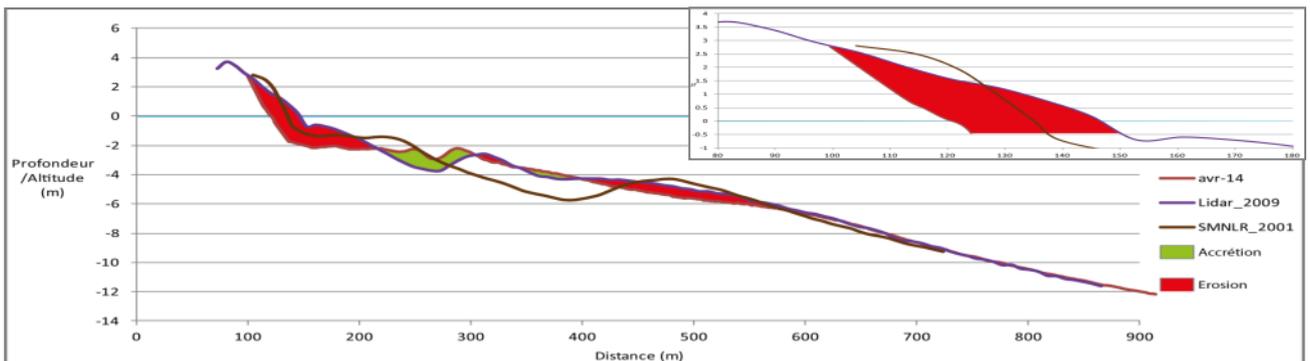


Profils Tet_S - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)

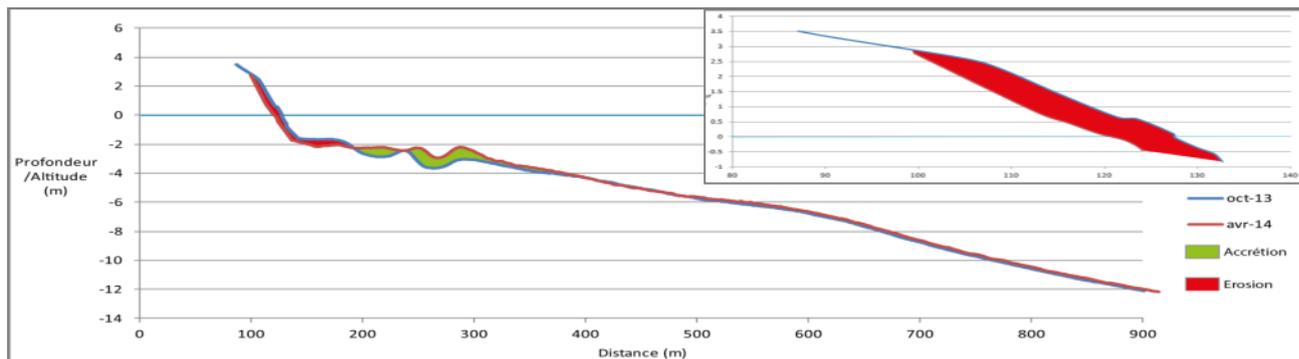


Profils Tet_S - 2013 et 2014 (OBSCAT)

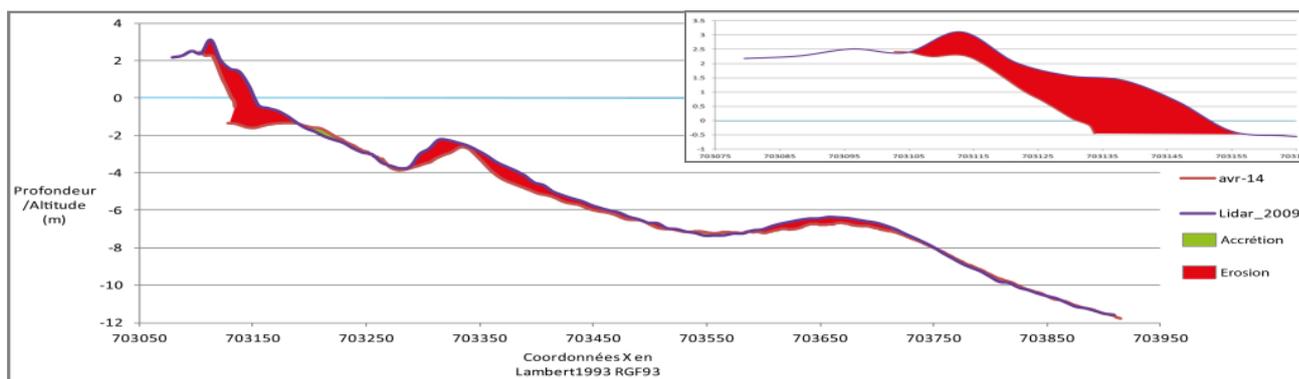
Secteur N°9 - Canet-en-Roussillon



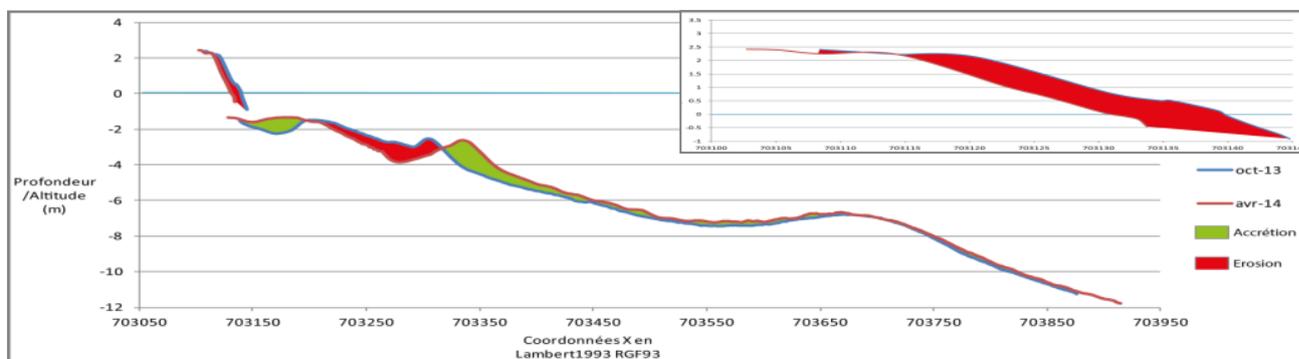
Profils BT061140 - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL), 2001 (SMNLR)



Profils BT061140 - 2013 et 2014 (OBSCAT)



Profils PortCanetN-S - 2014 (OBSCAT), Lidar 2009 (DREAL)

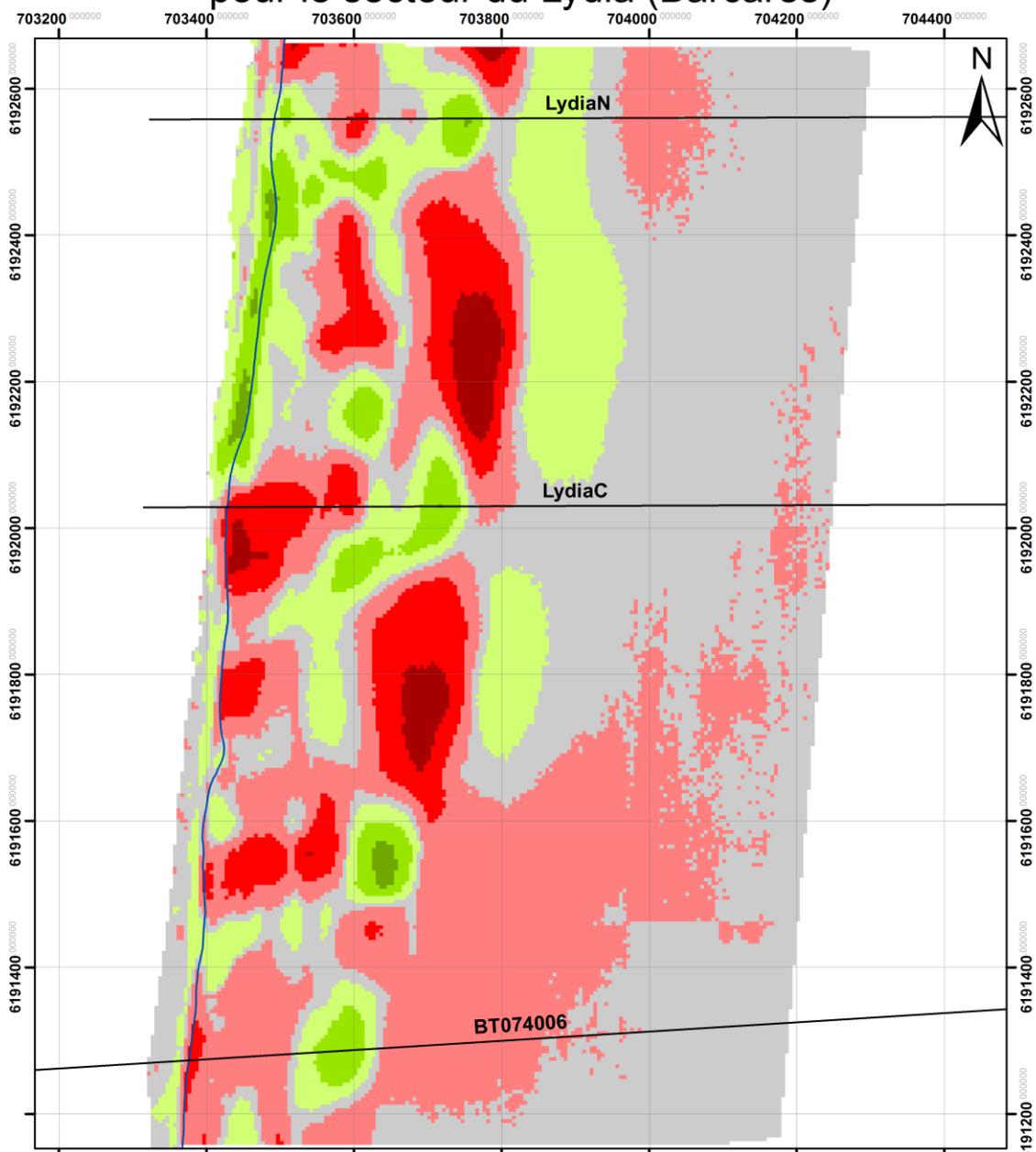


Profils PortCanetN-S - 2013 et 2014 (OBSCAT)

Annexe 7

Cartes d'évolution topo-bathymétrique entre 2009 (Lidar DREAL) et 2014 (OBSCAT)

Carte des sédiments déplacés entre 2009 et 2014 pour le secteur du Lydia (Barcarès)



Légende

Épaisseur de sédiment déplacé entre 2009 et 2014 (m)



Système de coordonnées : RGF1993 Lambert93

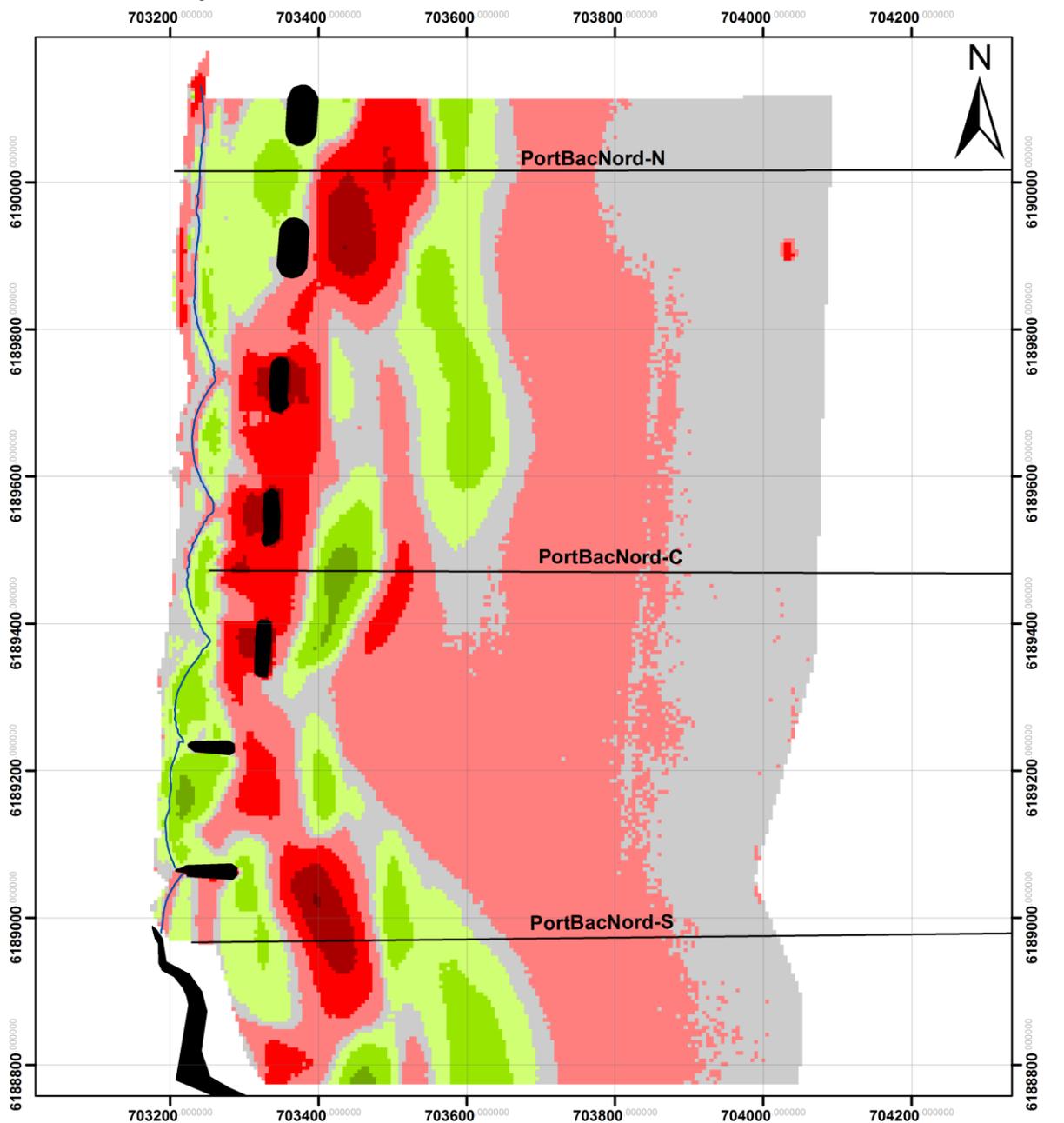
Auteur : BRGM

Sources

2009 : Lidar 2009 (DREAL)

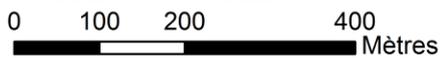
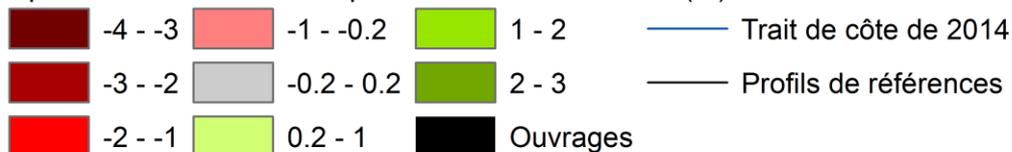
2014 : Observatoire de la côte sableuse Catalane

Carte des sédiments déplacés entre 2009 et 2014 pour le secteur de Port Barcarès Nord



Légende

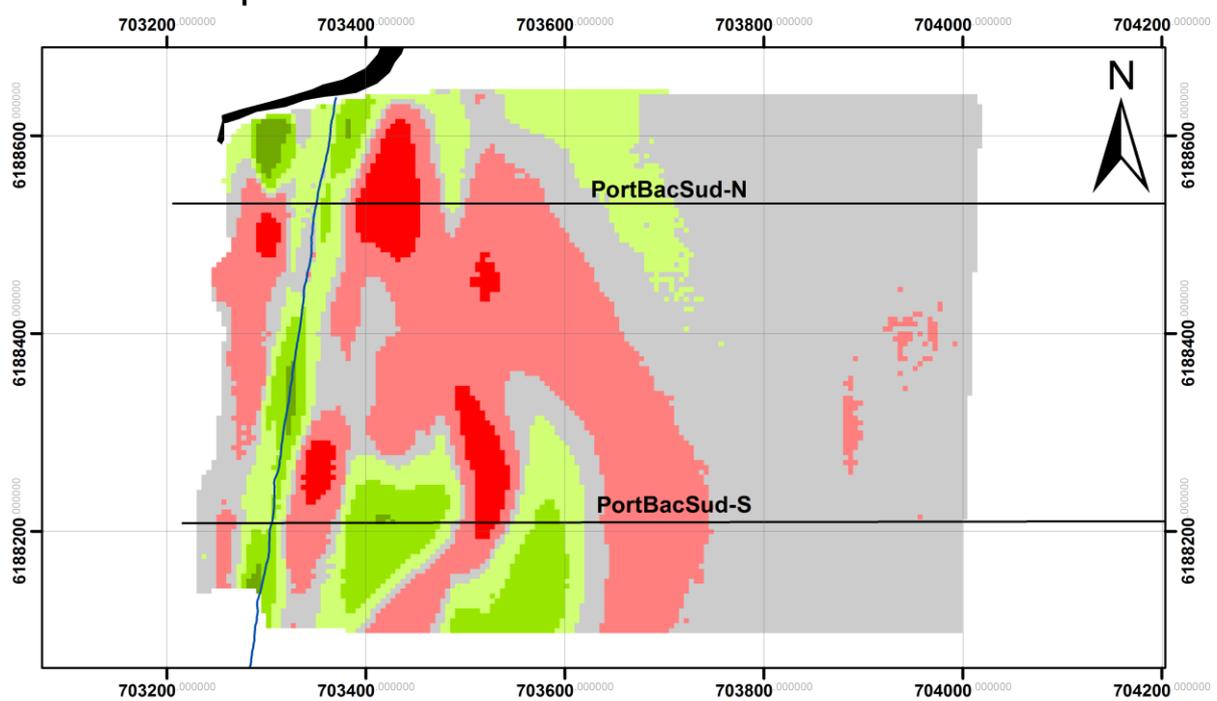
Epaisseur de sédiment déplacé entre 2009 et 2014 (m)



Système de coordonnées : RGF1993 Lambert93
Auteur : BRGM

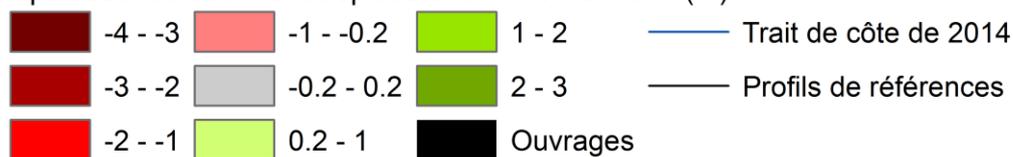
Sources
2009 : Lidar 2009 (DREAL)
2014 : Observatoire de la côte sableuse Catalane

Carte des sédiments déplacés entre 2009 et 2014 pour le secteur de Port Barcarès Sud



Légende

Épaisseur de sédiment déplacé entre 2009 et 2014 (m)



Système de coordonnées : RGF1993 Lambert93

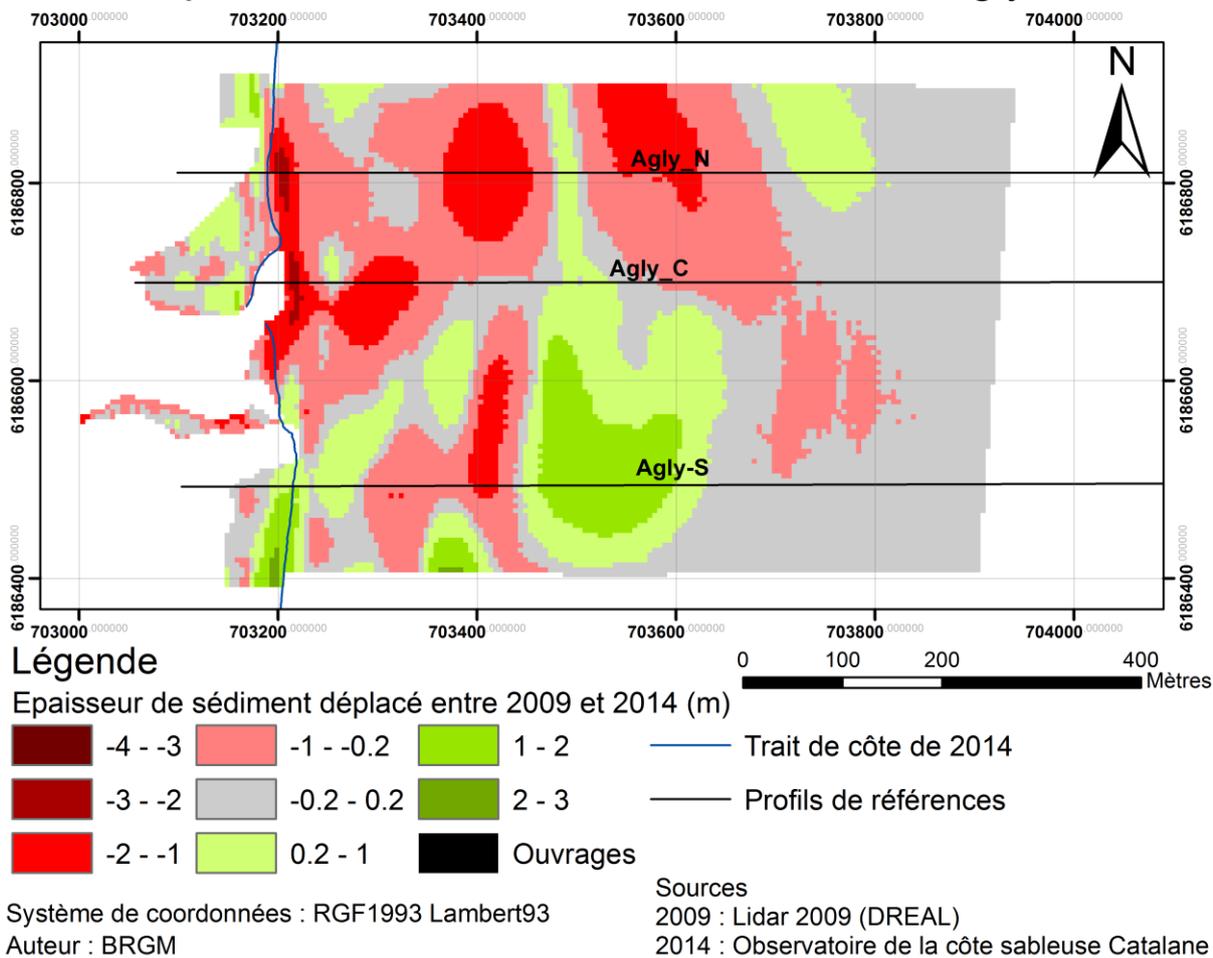
Auteur : BRGM

Sources

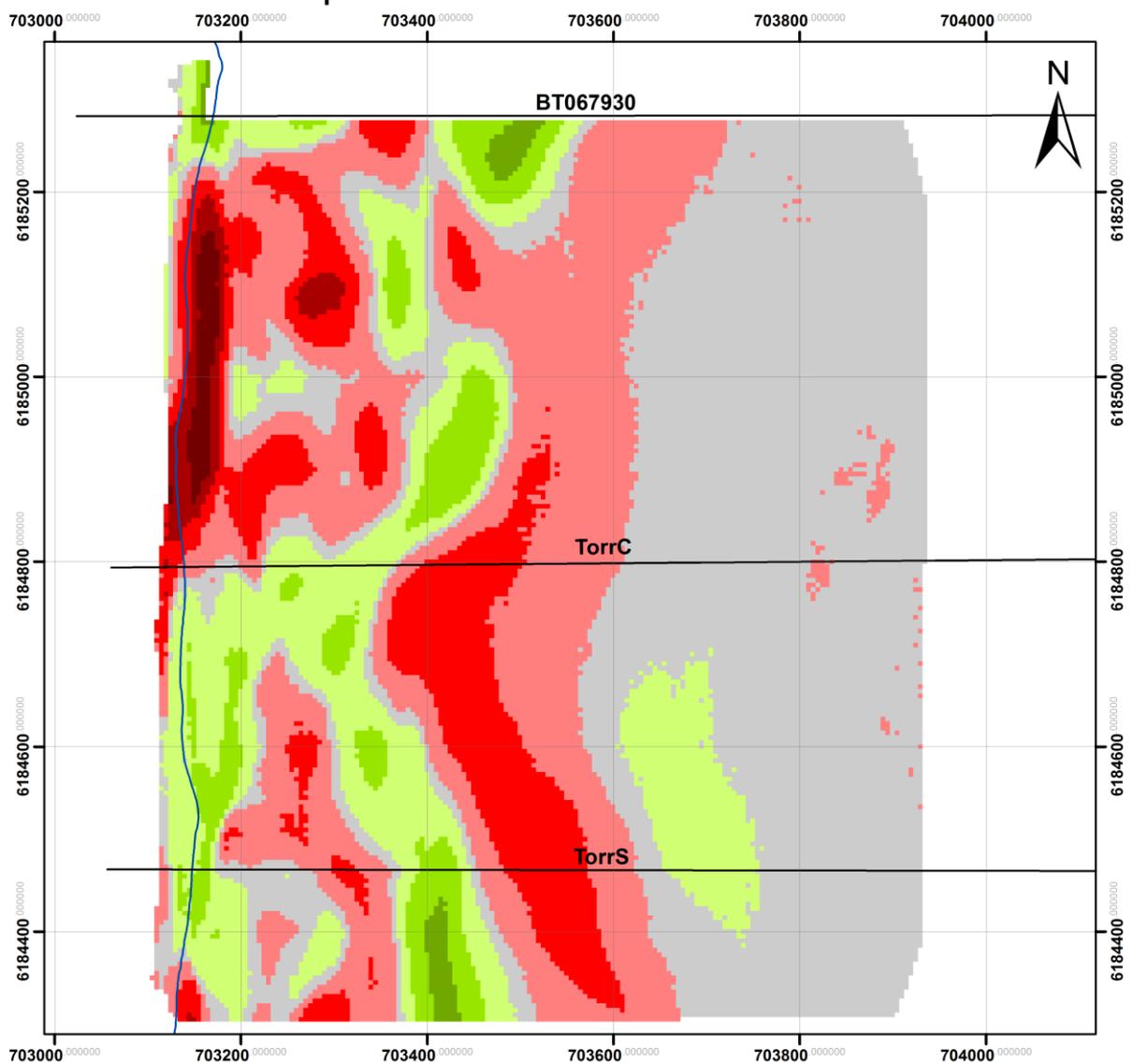
2009 : Lidar 2009 (DREAL)

2014 : Observatoire de la côte sableuse Catalane

Carte des sédiments déplacés entre 2009 et 2014 pour le secteur de l'embouchure de l'Agly



Carte des sédiments déplacés entre 2009 et 2014 pour le secteur de Torrelles



Légende

Epaisseur de sédiment déplacé entre 2009 et 2014 (m)



Système de coordonnées : RGF1993 Lambert93

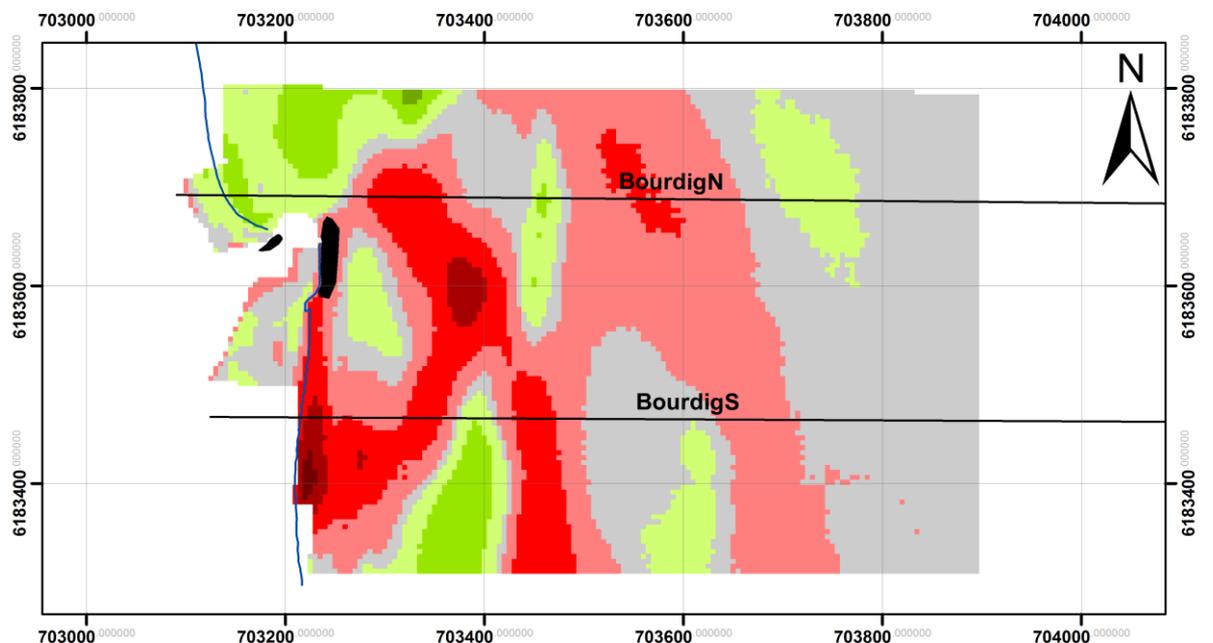
Auteur : BRGM

Sources

2009 : Lidar 2009 (DREAL)

2014 : Observatoire de la côte sableuse Catalane

Carte des sédiments déplacés entre 2009 et 2014 pour le secteur de l'embouchure du Bourdigou



Légende

Epaisseur de sédiment déplacé entre 2009 et 2014 (m)



Système de coordonnées : RGF1993 Lambert93

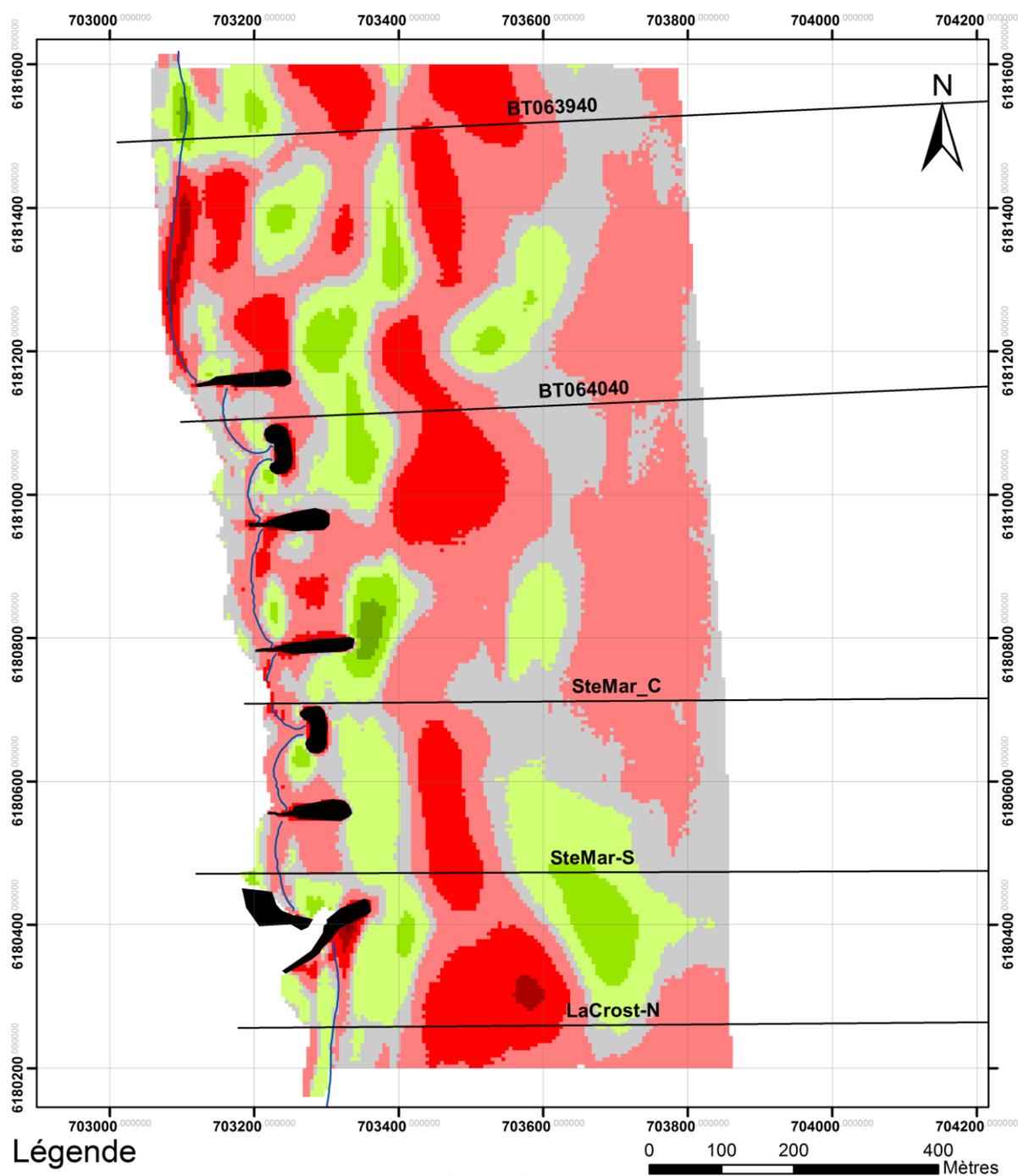
Auteur : BRGM

Sources

2009 : Lidar 2009 (DREAL)

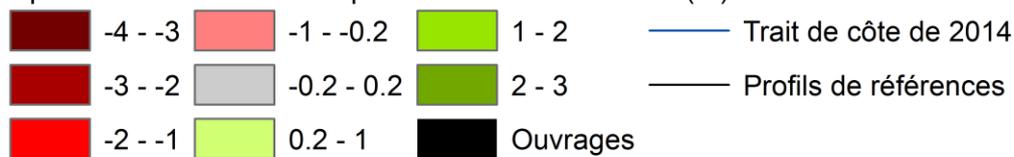
2014 : Observatoire de la côte sableuse Catalane

Carte des sédiments déplacés entre 2009 et 2014 pour le secteur de Sainte-Marie



Légende

Epaisseur de sédiment déplacé entre 2009 et 2014 (m)



Système de coordonnées : RGF1993 Lambert93

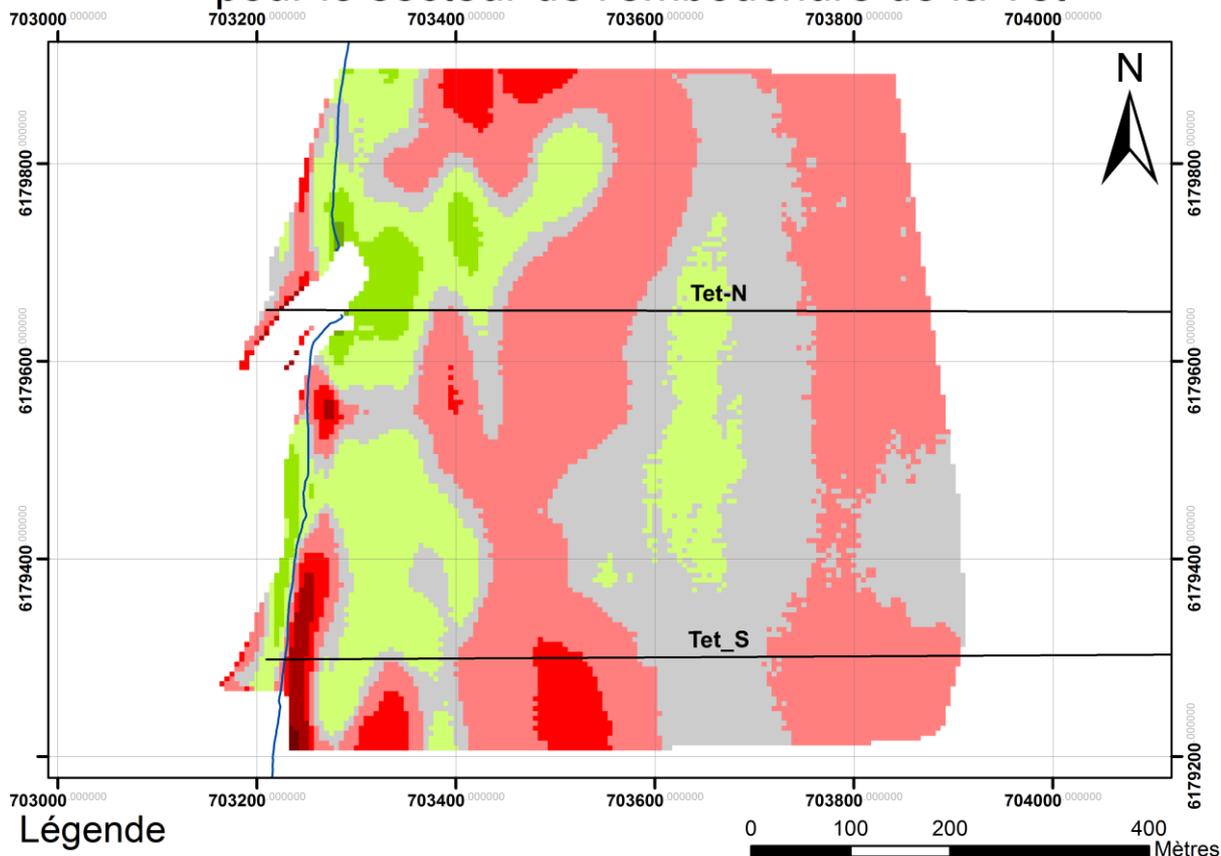
Auteur : BRGM

Sources

2009 : Lidar 2009 (DREAL)

2014 : Observatoire de la côte sableuse Catalane

Carte des sédiments déplacés entre 2009 et 2014 pour le secteur de l'embouchure de la Têt



Légende

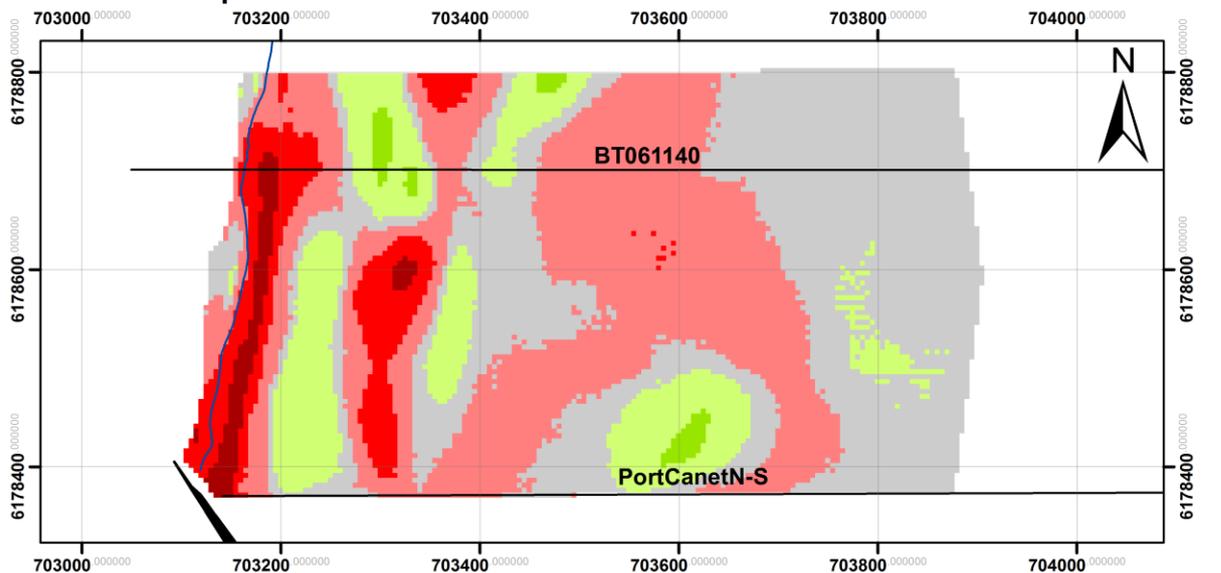
Epaisseur de sédiment déplacé entre 2009 et 2014 (m)



Système de coordonnées : RGF1993 Lambert93
Auteur : BRGM

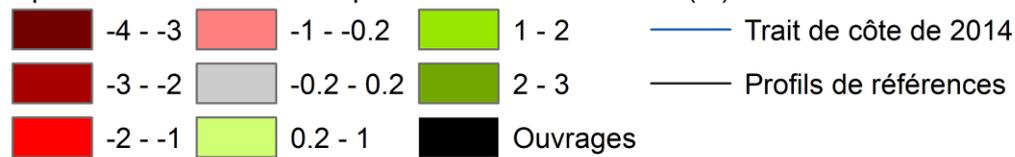
Sources
2009 : Lidar 2009 (DREAL)
2014 : Observatoire de la côte sableuse Catalane

Carte des sédiments déplacés entre 2009 et 2014 pour le secteur de Canet-en-Roussillon



Légende

Epaisseur de sédiment déplacé entre 2009 et 2014 (m)



Système de coordonnées : RGF1993 Lambert93
Auteur : BRGM

Sources

2009 : Lidar 2009 (DREAL)

2014 : Observatoire de la côte sableuse Catalane



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 Languedoc-Roussillon
1039, rue de Pinville
34000 - Montpellier – France
Tél. : 04 67 15 79 80