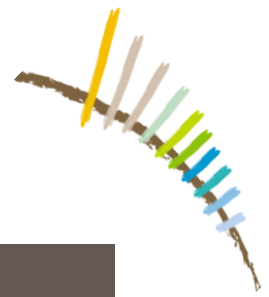


**OBSERVATOIRE DU LITTORAL DE L'ILE DE RE
RAPPORT FINAL DE SYNTHESE DES RESULTATS 2013-2016**





INFORMATIONS GENERALES SUR LE DOCUMENT

Contact	CASAGEC INGENIERIE 18 rue Maryse Bastié Z.A. de Maignon 64600 Anglet - FRANCE Tel : + 33 5 59 45 11 03 Web : http://www.casagec.fr
Titre du rapport	OBSERVATOIRE DU LITTORAL DE L'ILE DE RE RAPPORT FINAL DE SYNTHESE DES RESULTATS 2013-2016
Maître d'Ouvrage	Communauté de Communes de l'Île de Ré
Auteur(s)	Didier RIHOUEY – rihouey@casagec.fr Damien DAILLOUX – dailloux@casagec.fr
Responsable du projet	Didier RIHOUEY – rihouey@casagec.fr
Rapport n°	CI-CR-03-A

SUIVI DU DOCUMENT

Rev.	Date	Description	Rédigé par	Approuvé par
00	07/12/2016	Première version envoyée à la Communauté de Communes de l'Île de Ré	DRY / DDX	VMD
01	07/06/2017	Seconde version envoyée à la Communauté de Communes de l'Île de Ré	DRY / DDX	CFR
02				

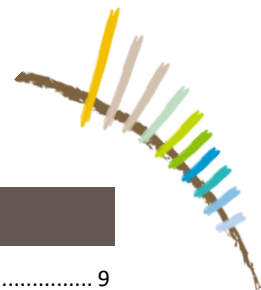
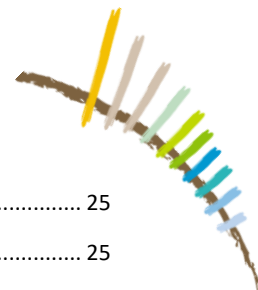
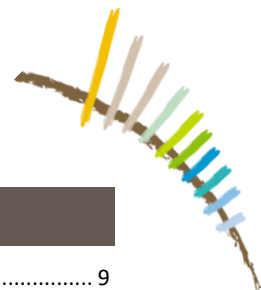


TABLE DES MATIERES

1.	Introduction.....	9
1.1.	Contexte.....	9
1.2.	Dispositif et emprise du suivi.....	9
1.3.	Organisation du document.....	9
2.	Moyens et méthodes.....	10
2.1.	Concepts généraux des systèmes morphodynamiques.....	10
2.2.	Mesures in-situ.....	11
2.2.1.	Suivi dunaire.....	11
2.2.2.	Suivi de l'estran.....	11
2.2.3.	Suivi bathymétrique.....	11
2.2.4.	Indicateurs de suivi de l'évolution du littoral.....	12
2.3.	Modélisation des processus.....	13
2.3.1.	Outils de modélisation.....	13
2.3.2.	Description du modèle.....	13
3.	Littoral de l'Île de Ré : généralités.....	14
3.1.	Géomorphologie.....	14
3.2.	Dunes littorales.....	15
3.2.1.	Typologie des dunes atlantiques.....	15
3.2.2.	Les dunes face à l'érosion côtière.....	15
3.2.3.	Dunes de l'Île de Ré.....	15
3.3.	Conditions hydrodynamiques.....	16
3.3.1.	Niveaux d'eau.....	16
3.3.2.	Vents.....	17
3.3.3.	Etats de mer au large.....	18
3.3.4.	Etats de mer à la côte.....	20
3.4.	Courantologie.....	21
4.	Résultats de l'Observatoire.....	22
4.1.	Introduction.....	22
4.1.1.	Objet et organisation.....	22
4.1.2.	Conditions d'agitation 2013-2016.....	22
4.2.	Zone 1 – Les Portes-en-Ré.....	23
4.2.1.	Introduction.....	23
4.2.2.	Processus.....	23
4.2.3.	Evolution de l'estran.....	23
4.2.4.	Trait de côte et dune.....	24
4.2.5.	Conclusion.....	24



4.3.	Zone 2 – Les Baleines	25
4.3.1.	Introduction	25
4.3.2.	Processus.....	25
4.3.3.	Evolution de l'estran	25
4.3.4.	Trait de côte et dune	26
4.3.5.	Conclusion	26
4.4.	Zone 3 – Ars-en-Ré.....	27
4.4.1.	Introduction	27
4.4.2.	Processus.....	27
4.4.3.	Evolution de l'estran	27
4.4.4.	Trait de côte et dune.....	28
4.4.5.	Conclusion.....	28
4.5.	Zone 4a – Le Martray / La Couarde-sur-Mer.....	29
4.5.1.	Introduction	29
4.5.2.	Processus.....	29
4.5.3.	Evolution de l'estran	29
4.5.4.	Trait de côte et dune.....	30
4.5.5.	Conclusion.....	30
4.6.	Zone 4b – Le Bois / Les Grenettes.....	31
4.6.1.	Introduction	31
4.6.2.	Processus.....	31
4.6.3.	Evolution de l'estran	31
4.6.4.	Trait de côte et dune.....	32
4.6.5.	Conclusion.....	32
4.7.	Zone 5 – Rivedoux.....	33
4.7.1.	Introduction	33
4.7.2.	Processus.....	33
4.7.3.	Evolution de l'estran	33
4.7.4.	Trait de côte et dune.....	34
4.7.5.	Conclusion.....	34
4.8.	Banc du Bûcheron	35
4.9.	Pointe de Sablanceaux	36
5.	Conclusions et perspectives	37
	Références bibliographiques	39
	Glossaire.....	40



LISTE DES FIGURES

Figure 1. Dispositif et emprise du suivi de l'Observatoire de l'Île de Ré.	9
Figure 2. Evolution de la Pointe de Sablanceaux entre 1950 et 2012.	10
Figure 3. Relation spatio-temporelle des systèmes morphodynamiques côtiers.....	10
Figure 4. Levé topographique de la dune réalisé au GPS-RTK.	11
Figure 5. Photographies panoramiques géo-référencées de la dune du Peu Ragot (La Couarde-sur-Mer).	11
Figure 6. Carte bathymétrique de la Pointe de Sablanceaux.	11
Figure 7. Levé topographique de l'estran.....	11
Figure 8. Vedette hydrographique utilisée pour les levés bathymétriques.	11
Figure 9. Schéma de principe pour la localisation de l'indicateur « pied de dune ».	12
Figure 10. Schéma de principe pour le calcul de l'indicateur « recul du front dunaire ».	12
Figure 11. Schéma de principe pour le calcul des cubatures.....	12
Figure 12. Emprise globale du modèle hydrodynamique.	13
Figure 13. Carte géologique de l'île de Ré.	14
Figure 14. Exemple de cordons dunaires érodés de l'île de Ré au niveau de la Conche des Baleines (a) et de Trousse Chemise (b)	15
Figure 15. Facies dunaire d'après ONF (2005).....	15
Figure 16. Niveaux d'eau de pleine mer atteints lors de la tempête Xynthia.....	16
Figure 17. Marégraphe du Fier d'Ars.	16
Figure 18. Rose moyenne « hivernale » d'Octobre à Mars (source Météo France, SHOM 2005).	17
Figure 19. Rose moyenne « estivale » d'Avril à Septembre (source Météo France, SHOM 2005).	17
Figure 20. Corrélogramme Hs / Tp (données source BOBWA-H / HOMERE).....	18
Figure 21. Corrélogramme Hs / Dirp (données source BOBWA-H / HOMERE).....	18
Figure 22. Schéma de principe de la sélection des évènements de fortes houles (source : Nicolae Lerma et al., 2014).....	19
Figure 23. Séries temporelles (1958 – 2016) des mesures de hauteur de houle au niveau de la bouée Oléron. Les droites en pointillés vert représentent (du haut vers le bas) $H_{s, 10ans}$, $H_{s, 2/3}$ et $H_{s, 2/5}$. Les cercles rouges représentent le pic des périodes de tempêtes et leur taille est proportionnelle à la durée de l'évènement.	19
Figure 24. Propagation à l'approche de l'Île de Ré d'une houle de Nord-Ouest 1 ($H_s = 1,7m$ / $T_p = 11s$ / $Dirp = N289$).	20
Figure 25. Propagation à l'approche de l'Île de Ré d'une houle d'Ouest 2 ($H_s = 1,6m$ / $T_p = 10s$ / $Dirp = N278$).	20
Figure 26. Propagation à l'approche de l'Île de Ré d'une houle d'Ouest 1 ($H_s = 2,4m$ / $T_p = 13s$ / $Dirp = N270$).	20
Figure 27. Propagation à l'approche de l'Île de Ré d'une houle d'Ouest 3 ($H_s = 2,4m$ / $T_p = 13s$ / $Dirp = N282$).	20
Figure 28. Propagation à l'approche de l'Île de Ré d'une houle de Sud-Ouest 1 ($H_s = 2,6m$ / $T_p = 14s$ / $Dirp = N270$).	20
Figure 29. Courants de marée sur un cycle de vive-eau.	21
Figure 30. Séries temporelles (2013 – 2016) des mesures de hauteur de houle au niveau de la bouée Oléron. Les droites en pointillés vert représentent (du haut vers le bas) $H_{s, 10ans}$, $H_{s, 2/3}$ et $H_{s, 2/5}$. Les cercles rouges représentent le pic des périodes de tempêtes et leur taille est proportionnelle à la durée de l'évènement.	22
Figure 31. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).	23
Figure 32. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire à la côte au droit de la Loge pour les classes de houle : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).....	23

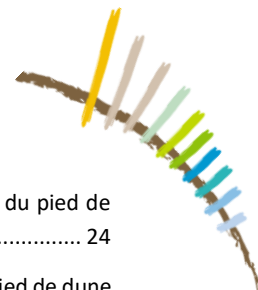


Figure 33. (a) Zone de suivi topographique des Portes en Ré le long de 27 profils transversaux, et (b) évolution du pied de dune en mètres.	24
Figure 34. Evolution topographique au niveau du profil 5 localisé au Nord de Trousse-Chemise. Recul marqué du pied de dune et destruction des ganivelles.	24
Figure 35. Evolution topographique au niveau du profil 14 localisé au centre de la plage du Gros-Jonc. Progradation de l'avant-dune.	24
Figure 36. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).	25
Figure 37. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire à la côte au droit du pas de Zanuck pour les houles : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).	25
Figure 38. (a) Zone de suivi topographique des Baleines le long de 37 profils transversaux, et (b) évolution du pied de dune en mètres.	26
Figure 39. Evolution topographique au niveau du profil 3 localisé à proximité de la Pointe du Lizay. Stabilité du système dunaire.	26
Figure 40. Evolution topographique au niveau du profil 14. Recul significatif du pied de dune et chute du blockhaus.	26
Figure 41. Mise en place des enrochements au niveau de la Pyramide (profil 37).	26
Figure 42. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).	27
Figure 43. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire au droit de la Combe à l'eau pour les classes de houle : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).	27
Figure 44. (a) Zone de suivi topographique de la zone 3 le long de 27 profils transversaux, et (b) évolution du pied de dune en mètres.	28
Figure 45. Evolution topographique au niveau du profil 7 localisé au Nord de la plage de la Combe. Stabilité du pied et du front de dune.	28
Figure 46. Evolution topographique au niveau du profil 16 localisé au Nord de la plage de Grignon. Erosion du pied de dune et stabilité de la face.	28
Figure 47. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).	29
Figure 48. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire à la côte au droit de la Pergola pour les classes de houle : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).	29
Figure 49. (a) Zone de suivi topographique du Martray à la Couarde-sur-Mer, le long de 51 profils transversaux, et (b) évolution du pied de dune en mètres.	30
Figure 50. Mise en place des enrochements au niveau de la Pergola (Profil 37).	30
Figure 51. Evolution topographique au niveau du profil 15 localisé au niveau de la plage du Moulin Brûlé. Recul marqué du pied de dune et destruction des ganivelles.	30
Figure 52. Evolution topographique au niveau du profil 47 localisé au centre de la plage du Peu-Ragot Sud. Recul du pied de dune.	30
Figure 53. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).	31
Figure 54. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire à la côte au droit du Gros Jonc pour les classes de houle : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).	31
Figure 55. (a) Zone de suivi topographique entre le Bois-Plage et les Grenettes, et (b) évolution du pied de dune en mètres.	32
Figure 56. Evolution topographique au niveau du profil 7 : Erosion du pied de dune puis reconstitution d'une banquette végétalisée.	32
Figure 57. Evolution topographique au niveau du profil 39 : Erosion du pied de dune et affleurement du substrat rocheux.	32
Figure 58. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).	33

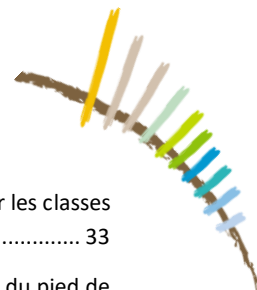
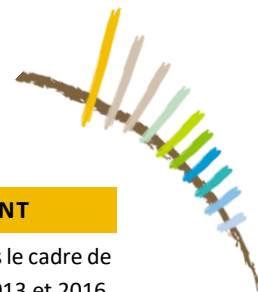


Figure 59. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire à la côte au droit de la cale de mise à l'eau pour les classes de houle : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).....	33
Figure 60. (a) Zone de suivi topographique de Rivedoux-Plage le long de 37 profils transversaux, et (b) évolution du pied de dune en mètres.	34
Figure 61. Evolution topographique au niveau du profil 7 localisé à l'aval de la cale de mise à l'eau. Recul du pied de dune.	34
Figure 62. Evolution topographique au niveau du profil 19 localisé au Nord de la Plage de Sablanceaux. Engraissement du haut de plage.....	34
Figure 63. Schéma de fonctionnement du banc du Bûcheron et levés bathymétriques de 2015 et 2016.....	35
Figure 64. Carte des tendances évolutives de la Pointe de Sablanceaux entre 1950 et 2014.....	36
Figure 65. Cartes bathymétriques issues des levés de 2014, 2015 et 2016, et carte de la différence altimétrique entre le levé de 2014 et 2016.	36
Figure 66. Coupes transversales des levés bathymétriques de 2014, 2015 et 2016.	36
Figure 67. Synthèse des évolutions mesurées entre 2013 et 2016 dans le cadre de l'Observatoire du littoral de l'Île de Ré.	38
Figure 68. Dispositif et emprise de suivi de l'Observatoire du littoral de l'Île de Ré (2017-2019).....	38



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Marée astronomique (source : SHOM, 2014).	16
Tableau 2. Surcotes de pleine mer au port de La Rochelle La Pallice (source : CETMEF 2013).	16
Tableau 3. Fréquence (en %) des vents à La Rochelle en fonction de la direction de provenance (période 1961 – 1990) (source : MétéoFrance).	17
Tableau 4. Classes de houle définies avec une technique de segmentation par les k-moyennes et probabilités d'occurrence.	18
Tableau 5. Caractéristiques des régimes de tempêtes entre 1958 et 2016 au niveau de la bouée Oléron.	19
Tableau 6. Caractéristiques des régimes de tempêtes hivernales entre 2013 et 2016 au niveau de la bouée Oléron.	22
Tableau 7. Evolution volumétrique (en m ³) de la zone 1 au niveau des plages de Trousse-Chemise, de la Loge et du Gros-Jonc.	23
Tableau 8. Evolution volumétrique (en m ³) de la zone 2 au niveau de la plage de la Conche des Baleines (Baleines Est / Baleines Ouest).	25
Tableau 9. Evolution volumétrique (en m ³) de la zone 3 au niveau des plages de Saint-Clément, de la Combe et de Grignon.	27
Tableau 10. Evolution volumétrique (en m ³) de la zone 4a au niveau des plages du Martray, du Moulin Brûlé, des Prises, du Peu Ragot.	29
Tableau 11. Evolution volumétrique (en m ³) de la zone 4b au niveau des plages du Petit-Sergent aux Grenettes.	31
Tableau 12. Evolution volumétrique (en m ³) de la zone 5 au niveau des plages des Sablanceaux, de la Pointe et de Rivedoux-Plage.	33



1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

Le projet d'Observatoire du littoral de l'Île de Ré s'inscrit dans le cadre de trois projets complémentaires :

- Un projet de création d'un observatoire des risques littoraux prévu dans le cadre du Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) de l'Île de Ré (ACTION 1.5),
- Un projet de réalisation d'un programme de définition de la vulnérabilité des cordons dunaires jouant un rôle de digues et avec enjeux arrières face aux tempêtes extrêmes, prévu dans le cadre du Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) de l'Île de Ré (ACTION 1.6),
- Un projet d'amélioration des connaissances de la dynamique hydro-sédimentaire du littoral de l'Île de Ré.

Le projet concerne plus particulièrement l'érosion des plages et la dynamique des cordons dunaires de l'Île de Ré, qui constituent des problématiques majeures en termes de risque de submersion.

1.2. DISPOSITIF ET EMPRISE DU SUIVI

Les levés topographiques et bathymétriques de l'Observatoire du littoral de l'Île de Ré couvrent :

- A terre (topographie) : les estrans sableux et les cordons dunaires depuis Trouse Chemise (Les Portes-en-Ré) au Nord jusqu'à la pointe de Sablanceaux (Rivedoux-Plage) au Sud,
- En mer (bathymétrie) : la fosse de Loix et le Fier d'Ars / le banc du Bûcheron / la Pointe de Sablanceaux.

Enfin, des mesures de niveaux d'eau et de vent, ainsi que la mise en œuvre de modèles hydrodynamiques complètent le dispositif de suivi.

1.3. ORGANISATION DU DOCUMENT

Ce document présente les travaux réalisés dans le cadre de l'Observatoire du littoral de l'Île de Ré entre 2013 et 2016. Axé sur la dynamique morpho-sédimentaire, ce rapport se veut synthétique et didactique.

Le second chapitre traite des moyens et méthodes mis en œuvre pour acquérir les données de terrain, les traiter et les analyser. Les outils de modélisation hydrodynamique y sont également décrits.

Le troisième chapitre présente les généralités sur le littoral de l'Île de Ré : géomorphologie, conditions océano-climatiques et courantologie.

Dans le quatrième chapitre, la dynamique sédimentaire est présentée par « cellules sédimentaires » sur la base des résultats des suivis topographiques et des modélisations (figure ci-dessous) :

- Zone 1 - Les Portes en Ré,
- Zone 2 - Les Baleines,
- Zones 3 - Ars-en-Ré,
- Zone 4a - Le Martray / La Couarde-sur-Mer,
- Zone 4b - Le Bois / Les Grenettes,
- Zone 5 - Rivedoux-Plage.

La dynamique des secteurs du banc du Bûcheron et de la Pointe de Sablanceaux est également présentée sur la base des suivis bathymétriques et des orthophotographies historiques.

In fine, les conclusions et perspectives sont présentées au travers du retour d'expériences des suivis 2013 -2016 et des prospectives relatives à la stratégie de gestion du littoral de l'Île de Ré.

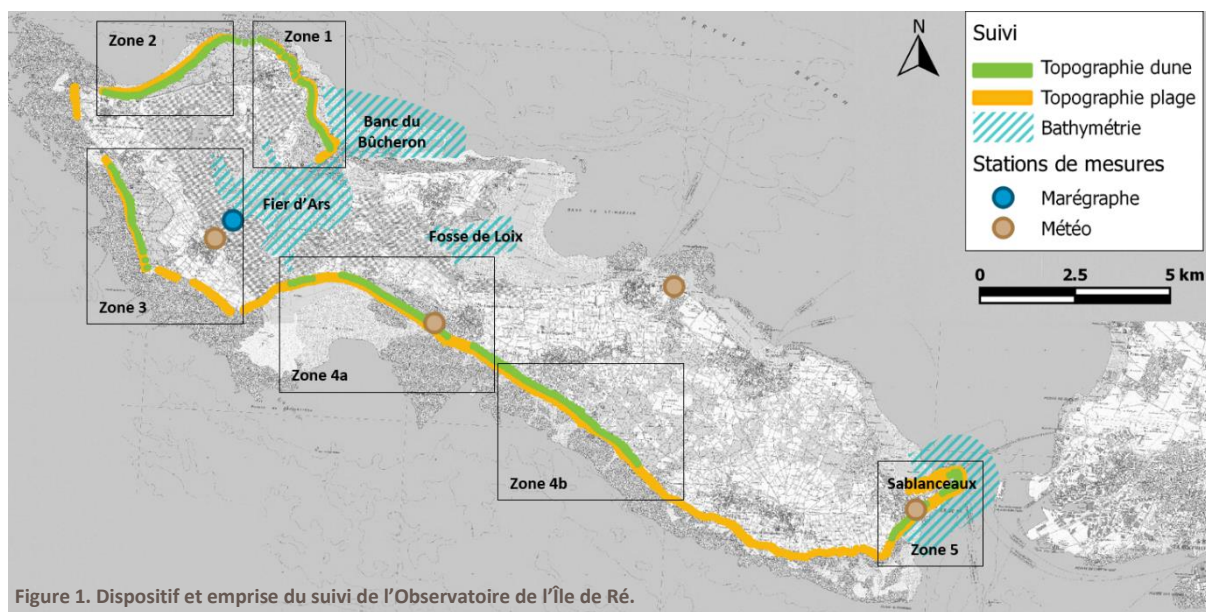
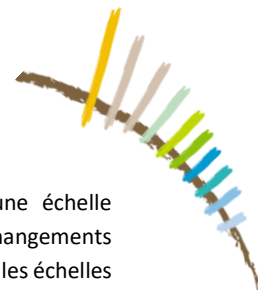


Figure 1. Dispositif et emprise du suivi de l'Observatoire de l'Île de Ré.



2. MOYENS ET METHODES

2.1. CONCEPTS GENERAUX DES SYSTEMES MORPHODYNAMIQUES

Les environnements côtiers sont des milieux dynamiques contrôlés par un large spectre spatio-temporel de forçages :

- La tectonique, responsable de la dynamique des bassins, contrôle l'évolution du littoral à l'échelle géologique,
- L'eustasie, évolution d'ensemble du niveau marin, contrôle l'évolution du littoral à l'échelle « pluri-séculaire »,
- L'hydrodynamique, caractérisée par les processus côtiers (vagues, marées, courants) et fonction de la climatologie locale (vents dominants, fréquence des tempêtes), contrôle l'évolution du littoral à l'échelle du « temps historique ».

Les évolutions des environnements côtiers considérées à cette échelle du « temps historique » sont fonction des flux sédimentaires. Ces flux entraînent des réponses du milieu qui se manifestent également à différentes échelles de temps et d'espace :

- Phénomènes à micro-échelle et instantanés, tels que l'évolution des rides sédimentaires au passage d'une vague ou la construction de figures sédimentaires par les courants,
- Phénomènes à méso-échelle et moyen terme, tels que l'évolution des barres littorales qui répondent à des processus de type événementiel (tempête) ou périodiques (cycle tidal et cycle météorologique saisonnier),
- Phénomènes à macro-échelle, annuel à pluriannuel, tels que l'évolution du trait de côte incluant les variations environnementales long terme et l'action anthropique.

A chaque échelle de temps est associée une échelle spatiale fonction de l'amplitude des changements morphologiques considérés. En supposant que les échelles de temps et d'espace sont liées par des relations linéaires croissantes (De Vriend, 1991), on peut conceptualiser les systèmes côtiers et leurs évolutions comme un emboîtement (Figure 3) de compartiments spatio-temporels (Kroon, 1994).

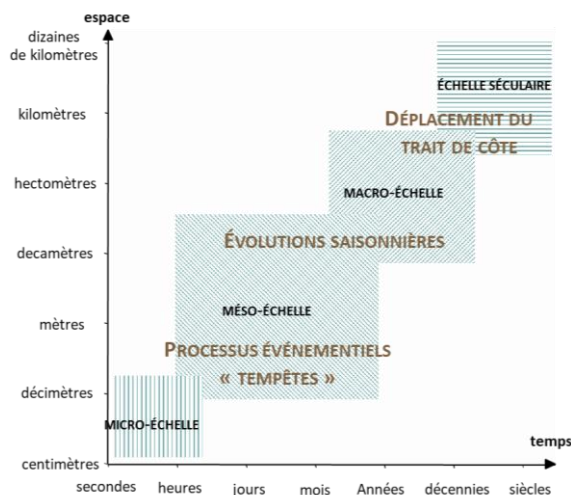


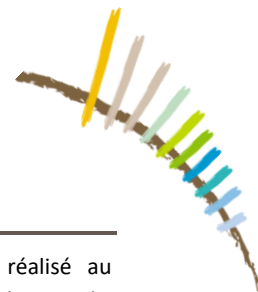
Figure 3. Relation spatio-temporelle des systèmes morphodynamiques côtiers.

Les mesures in-situ et les modélisations mises en œuvre entre 2013 et 2016 dans le cadre de l'Observatoire du littoral de l'Île de Ré ont pour objectifs principaux d'appréhender :

- La dynamique saisonnière des plages et les processus hydrosédimentaires par secteur,
- L'évolution du trait de côte à moyen terme et les reculs dunaires suite aux tempêtes hivernales,
- L'évolution moyen / long terme des secteurs du banc du Bûcheron et de la Pointe de Sablanceaux qui constituent respectivement les « terminaisons » Nord et Sud des transits littoraux autour de l'île.



Figure 2. Evolution de la Pointe de Sablanceaux entre 1950 et 2012.



2.2. MESURES IN-SITU

2.2.1. Suivi dunaire

Le suivi topographique des cordons dunaire a été réalisé au GPS-RTK centimétrique (Figure 4). Les levés ont été effectués à pied selon des profils espacés de 100 m, du haut de dune (espace végétalisé) jusqu'à une dizaine de mètres au-delà du pied de dune.

Si deux levés globaux des cordons dunaires ont été réalisés au début (2013) et à la fin (2016) de la période d'étude, des secteurs spécifiques ont fait l'objet de suivis pluriannuels.



Figure 4. Levé topographique de la dune réalisé au GPS-RTK.

Pour chacun des profils réalisés, des photographies panoramiques géo-référencées de la dune ont été prises en haut de plage (Figure 5).

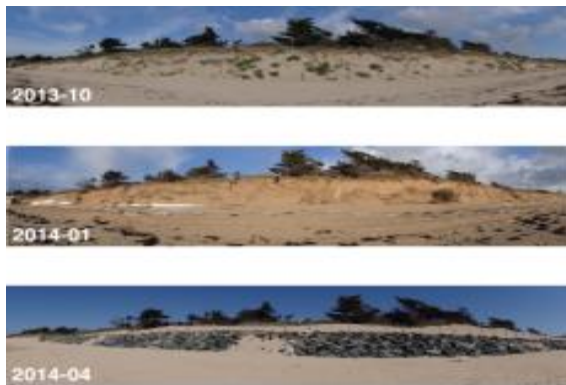


Figure 5. Photographies panoramiques géo-référencées de la dune du Peu Ragot (La Couarde-sur-Mer).

2.2.2. Suivi de l'estran

Le suivi topographique de l'estran a été réalisé au GPS-RTK centimétrique embarqué sur un quad (Figure 7).

Les levés ont été réalisés deux fois par an, à marée basse, le long de profils perpendiculaires à la plage espacés de 100 m.



Figure 7. Levé topographique de l'estran.

2.2.3. Suivi bathymétrique

Les levés bathymétriques ont été réalisés à l'aide d'un sondeur mono-faisceau bi-fréquence (Figure 8). Couplé à un GPS centimétrique, ce système permet de cartographier les fonds marins avec précision (Figure 6). Les profils sont espacés d'environ 100 m et sont réalisés à pleine mer de façon à recouvrir au mieux les données topographiques.



Figure 8. Vedette hydrographique utilisée pour les levés bathymétriques.

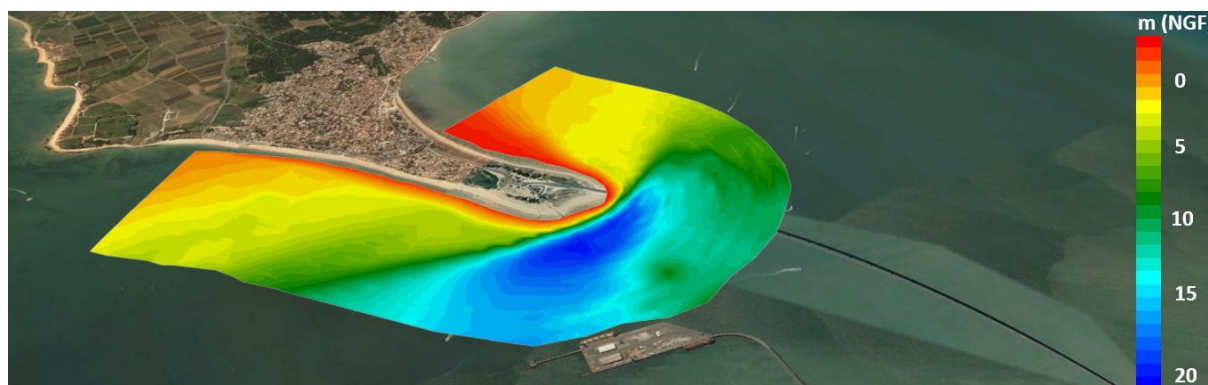
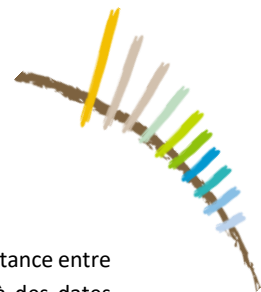


Figure 6. Carte bathymétrique de la Pointe de Sablanceaux.



2.2.4. Indicateurs de suivi de l'évolution du littoral

Afin d'analyser les évolutions du littoral de l'Île de Ré, plusieurs indicateurs synthétiques ont été choisis. Ils permettent de suivre et de quantifier les évolutions observées, analyser les effets des choix de gestion et orienter la prise de décision.

Les trois indicateurs retenus dans le cadre de cette étude et calculés à l'aide des informations de levés topographiques sont les suivants :

- La position du pied de dune qui correspond à la rupture de pente, plus ou moins marquée, entre le front dunaire (front de dune) et la plage,
- Le recul du front dunaire à mi-hauteur,
- Les volumes de l'estran

Ces différents indicateurs sont décrits ci-après.

2.2.4.1. Position du pied de dune

Le pied de dune (PDD) est défini comme étant situé au niveau de la rupture de pente entre le front dunaire et la plage (Figure 9).

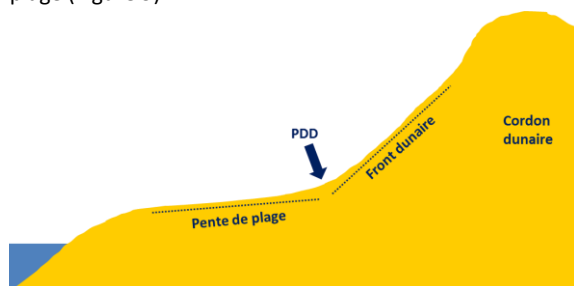


Figure 9. Schéma de principe pour la localisation de l'indicateur « pied de dune ».

Dans le cas de levés DGPS par un opérateur à pied, la position du pied de dune est repérée directement par l'opérateur au moment du levé. Il peut s'agir de la rupture nette de la pente entre le haut de plage et le front dunaire ou bien la limite de la végétation entre le haut de plage et la dune embryonnaire (cf. 3.2).

Dans le cas d'une localisation à partir de levés par profils, la position du pied de dune est calculée à partir de la variation rapide de la valeur de la pente du profil sans changement de sens.

Dans la plupart des cas, la rupture de pente entre le front dunaire et la plage est bien définie. Cependant, certains secteurs ont une pente régulière depuis la plage jusqu'à la crête de dune. Dans ce cas, l'indicateur pied de dune devient difficilement identifiable et exploitable.

2.2.4.2. Recul du front de dunaire

Le recul du front dunaire est calculé entre la distance entre deux points de profils topographiques levés à des dates différentes, situés à la même altitude et proche du centre du front dunaire (Figure 10).

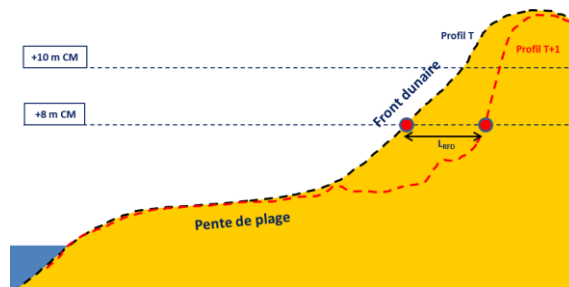


Figure 10. Schéma de principe pour le calcul de l'indicateur « recul du front dunaire ».

Le recul du front dunaire est un indicateur complémentaire du pied de dune pour appréhender l'érosion du cordon dunaire. En effet, les variations saisonnières de la plage peuvent entraîner la formation de bermes de haut de plage en pied de dune. La position du pied de dune peut alors montrer des accrétions alors que le reste du front dunaire reste dans une situation érosive.

2.2.4.3. Volume de l'estran

Les volumes (perdus ou gagnés) sur l'estran sont un indicateur permettant d'évaluer la quantité de sédiments qui a été mobilisée hors ou sur le cordon dunaire. Ainsi, des Modèles Numériques de Terrain (MNT) sont générés sur chaque secteur à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG). Les volumes de dépôt et d'érosion sont ensuite calculés pour chaque MNT entre deux levés consécutifs (Figure 11).

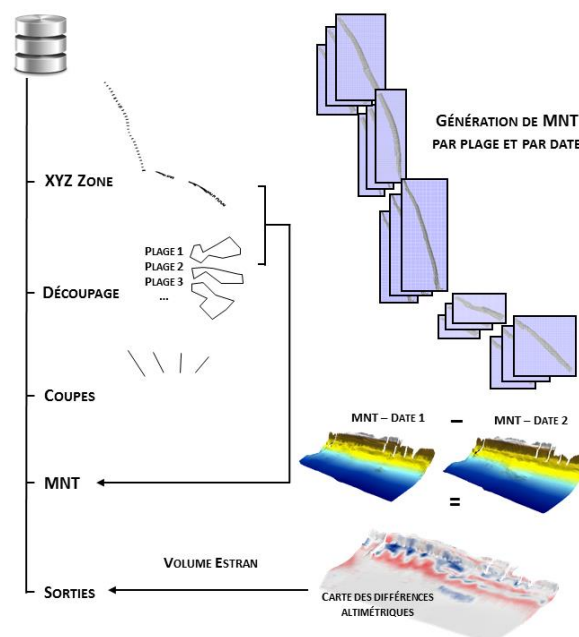
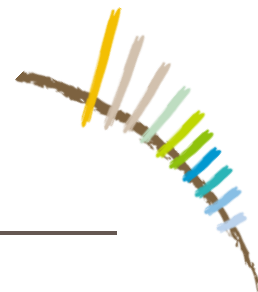


Figure 11. Schéma de principe pour le calcul des cubatures.



2.3. MODELISATION DES PROCESSUS

2.3.1. Outils de modélisation

La modélisation mise en œuvre est réalisée à l'aide de la suite logicielle TELEMAT-TOMAWAC. Elle permet de reproduire les conditions hydrodynamiques autour de l'Île de Ré. La marée astronomique, la pression atmosphérique, le vent, la houle et les courants induits par les vagues sont pris en compte par le modèle.

2.3.1.1. Module de courant : TELEMAT

La méthode des éléments finis sur laquelle repose TELEMAT, associée à un maillage de calcul constitué de facettes triangulaires de tailles et de formes variables, permet un découpage adapté de la topographie et donc la prise en compte des géométries complexes de la zone d'étude (pointes rocheuses, digues, épis, etc...). Elle autorise de densifier le maillage, et donc d'affiner les résultats fournis par le modèle dans la zone de déferlement.

Les équations décrivant la dynamique des écoulements sont résolues intégralement sur l'ensemble des points du maillage sans hypothèse sur le sens d'écoulement ou le type de loi hydraulique. La hauteur d'eau et les deux composantes horizontales de la vitesse sont ainsi calculées à chaque pas de temps.

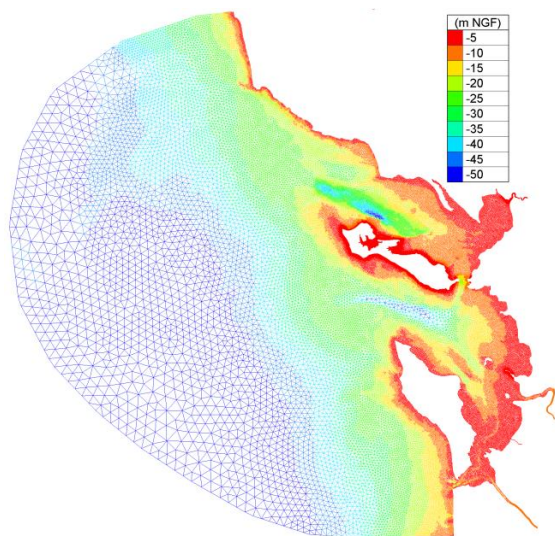


Figure 12. Emprise globale du modèle hydrodynamique.

2.3.1.2. Module de vague : TOMAWAC

TOMAWAC est un modèle numérique de propagation de vagues qui permet d'obtenir des estimations précises sur les paramètres des vagues dans les zones côtières. TOMAWAC est un modèle spectral de propagation de houle 3^{ème} génération. Ce modèle résout l'équation de conservation de l'énergie de la houle aléatoire en milieu peu profond.

2.3.2. Description du modèle

2.3.2.1. Système de coordonnées

Le référencement planimétrique utilisé est le système Lambert 2 Etendu. Le référencement altimétrique retenu est le système de Nivellement Géographique de la France IGN69. Le zéro hydrographique a été défini à -3,50 m à La Pallice sur la base des données du SHOM (RAM, 2014).

2.3.2.2. Emprise

Afin d'assurer une bonne représentation des différents phénomènes hydrodynamiques par le modèle, il est important de définir une emprise maritime assez importante permettant de prendre en compte les volumes oscillants des estuaires charentais. La limite Nord du modèle se situe au Nord des Sables d'Olonne et la limite Sud au niveau de Royan. L'emprise au large du modèle se situe à environ 100 km au large de l'embouchure de la Charente.

2.3.2.3. Maillage

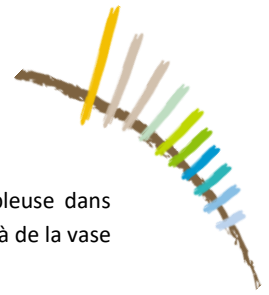
Le maillage réalisé dans le cadre de la présente étude vise à reproduire au mieux les circulations engendrées par le déferlement des vagues. Le maillage mis en œuvre est composé d'environ 98 000 points de calcul formant près de 188 000 mailles triangulaires. Des contraintes ont été imposées sur des nœuds de calcul dans le but de représenter fidèlement la morphologie des fonds. Les tailles des mailles sont comprises entre 5 m sur le littoral jusqu'à 2 km au large.

2.3.2.4. Bathymétrie – Topographie

Les données utilisées pour représenter la bathymétrie sont principalement les dalles bathymétriques du SHOM. Pour représenter fidèlement les estrans et la topographie de l'Île de Ré, les levés LIDAR Litto3d® (IGN) ont été utilisés. De plus, les levés topographiques et bathymétriques acquis dans le cadre de l'Observatoire viennent compléter les données existantes.

2.3.2.5. Conditions imposées aux limites

Les conditions maritimes (niveaux d'eau et houle) sont imposées sur la frontière ouverte en mer. Le modèle mis en œuvre intègre un modèle de prédiction de marée (TPXO). Il permet de représenter les conditions de marée théorique au large des pertuis charentais. Pour les houles, le nombre de direction (24) et de fréquence (32) du spectre ont été définis afin de modéliser le plus précisément la propagation de la houle du large à la côte.



3. LITTORAL DE L'ÎLE DE RÉ : GENERALITES

3.1. GEOMORPHOLOGIE

Le littoral charentais présente une géomorphologie de transition entre les côtes granitiques et schisteuses du massif armoricain et les rives meubles du vaste bassin sédimentaire aquitain.

Face à un rivage continental marno-calcaire orienté Nord-Sud, l'Île Ré et l'Île Oléron, orientées Nord-Ouest – Sud-Est, découpent la zone côtière en unités morphosédimentaires au fonctionnement complexe :

- Le pertuis Breton au Nord de Ré,
- Le pertuis d'Antioche entre Ré et Oléron,
- Le pertuis de Maumusson au Sud d'Oléron.

Les sédiments superficiels récents (quaternaire) sont majoritairement composés de sables fins (0.2 à 0.8 mm) dans la zone du Golfe de Gascogne comprise entre la Loire et la Gironde.

Sur le pertuis Breton, la sédimentation est à forte dominante vaseuse, à l'exception de la partie occidentale, tapissée de matériaux sableux.

Les estrans sont également à dominante sableuse dans leur partie supérieure, mais ce sable fait place à de la vase dans leur partie inférieure.

Le pertuis Breton est marqué par la présence d'une fosse, la fosse de Chevarache, descendant brusquement à – 50 m quand le plateau autour s'établit à – 20 m. Dans cette fosse, sédimentent essentiellement des matériaux fins, en sur-couche sur des formations de type sableux.

Le substratum de l'Île de Ré est constitué de 4 môles calcaires du Jurassique. Ces môles, qui affleurent principalement sous forme de falaises au Sud de l'Île, se prolongent en mer par des platiers rocheux. Ils forment en réalité 4 îles (l'Île des Portes, l'Île de Loix, l'Île d'Ars, l'Île de Saint-Martin) reliées postérieurement par des cordons dunaires. Les zones dépressionnaires entre les îles septentrionales se sont colmatées pour former des marais et des estrans vaseux : la Fosse de Loix et le Fier d'Ars.

Sur cette base, des formations dunaires se sont développées et s'étendent sur près de 20 km soit presque un tiers du littoral :

- Au Nord sur le cordon rejoignant l'Île d'Ars à l'Île des Portes (forêts du Lizay et de Trousse Chemise),
- Sur la façade Sud-Ouest, aux abords d'Ars-en-Ré (forêt de la Combe à l'Eau), de La Couarde-sur-Mer (forêt Henry IV) et du Bois-Plage-en-Ré.

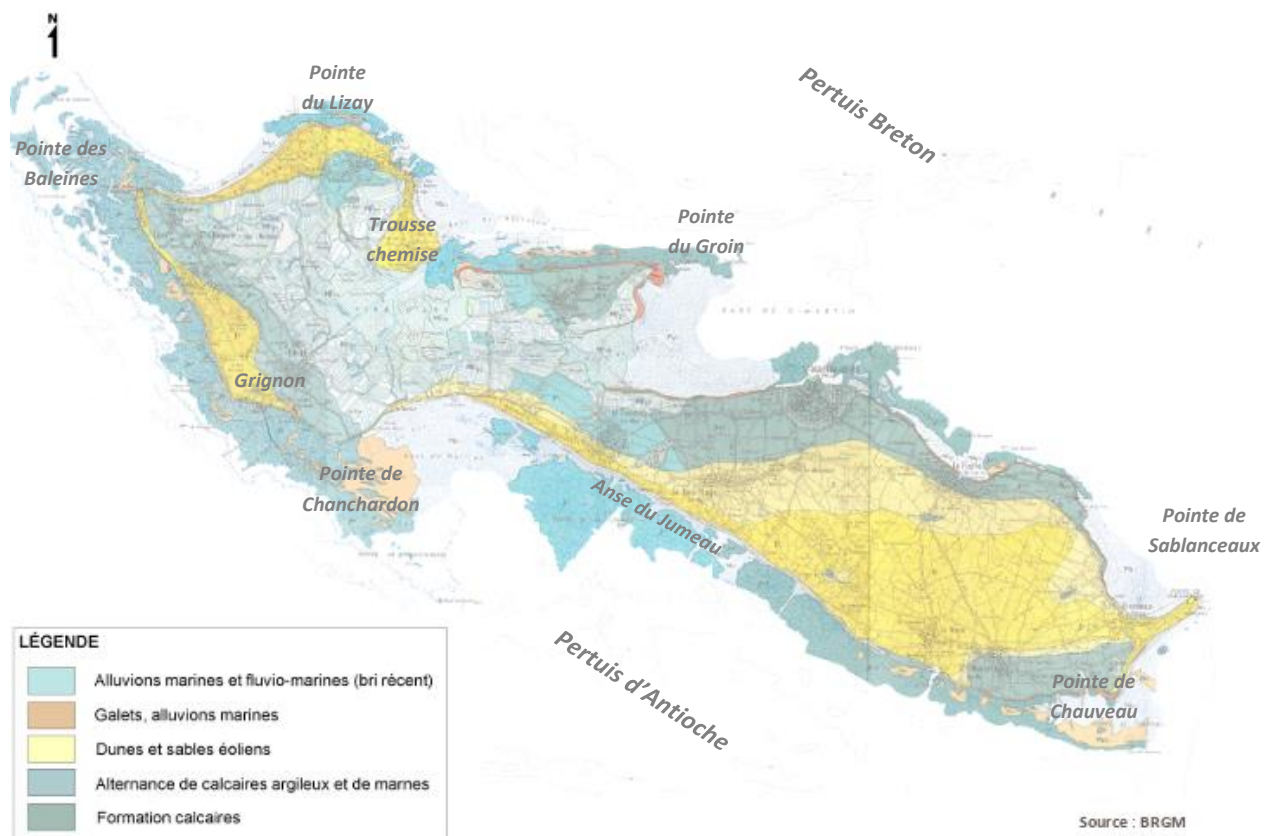
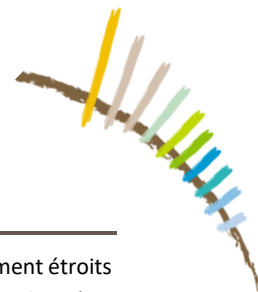


Figure 13. Carte géologique de l'île de Ré.



3.2. DUNES LITTORALES

Les dunes littorales se forment le long des côtes basses où l'apport de sédiments par les transits littoraux et les vents permettent l'accumulation de sable sur les plages. Avec 500 km de côtes sableuses, le littoral atlantique constitue le plus grand complexe dunaire au niveau européen.

3.2.1. Typologie des dunes atlantiques

Ces milieux possèdent une structure organisée en bandes parallèles à la côte, au sein desquelles les conditions environnementales et la granulométrie du sable vont conditionner l'organisation de la végétation. En se dirigeant du haut de plage vers la dune boisée, différents faciès dunaires peuvent être rencontrés (Figure 15). Ces faciès se caractérisent par une végétation propre, jouant un rôle décisif dans l'édification et la stabilisation des dunes littorales.

La végétation s'organise notamment selon des gradients de psammophilie (« qui aime le sable ») et d'halophilie (« qui aime le sel »). Malgré des conditions de vie drastiques (vent, embruns, ensoleillement et sécheresse), la végétation dunaire a su s'adapter à cet environnement en développant des stratégies et des adaptations morphologiques. C'est le cas de l'oyat qui, par son système racinaire très développé et sa psammophilie, participe au maintien des sables dans les zones de remaniement sableux.

3.2.2. Les dunes face à l'érosion côtière

Lors des tempêtes, les dunes constituent une réserve de sable face à l'érosion des vagues : l'attaque directe des déferlantes entaille la dune et le sable érodé transite dans les petits fonds. Il remonte normalement lors des périodes de calme sous l'action des houles. Ainsi, les dunes sont des outils naturels de protection de la côte face aux risques et aléas côtiers. Cependant, la pression exercée par le tourisme avec notamment le piétinement, entraîne une dégradation de la végétation. En étant ainsi fragilisées, les plantes dunaires ne peuvent plus, ou moins bien, piéger le sable essentiel à la pérennité de la dune, entraînant alors une perturbation du fonctionnement naturel et la rendant plus sensible à l'érosion.

3.2.3. Dunes de l'Île de Ré

Sur l'Île de Ré, les estrans sableux sont relativement étroits et les surfaces de déflation éolienne sont donc limitées. Par ailleurs les tempêtes récentes (Xynthia en février 2010 et hiver 2013-2014) ont fortement attaqué l'avant-dune. Ainsi, les faciès de haut de plage et de dune embryonnaire sont quasi inexistantes et la dune-blanche présente un profil en falaise faiblement végétalisée.



Figure 14. Exemple de cordons dunaires érodés de l'Île de Ré au niveau de la Conche des Baleines (a) et de Trouse Chemise (b)

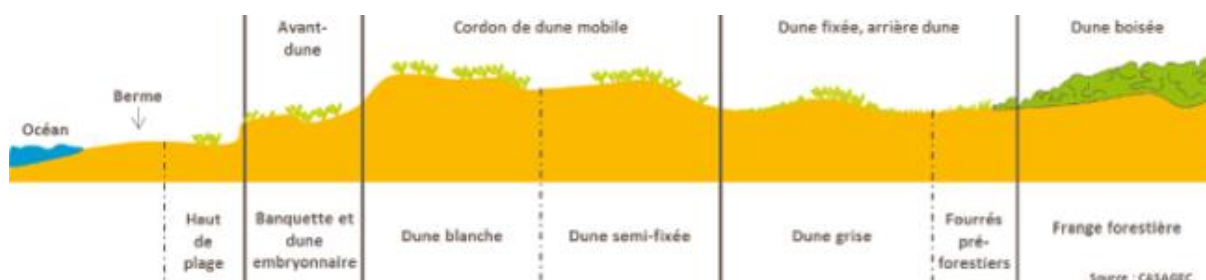
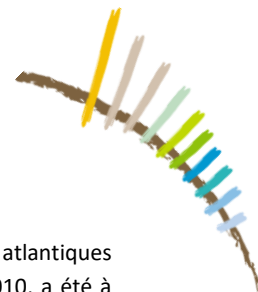


Figure 15. Faciès dunaire d'après ONF (2005).



3.3. CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES

3.3.1. Niveaux d'eau

3.3.1.1. Marée astronomique

En Charente Maritime, la marée est de type semi-diurne à égalité diurne. Le tableau suivant donne les marnages caractéristiques (le zéro hydrographique, exprimé en cote marine, est situé à -3,504 m/NGF pour l'ensemble de l'Île de Ré).

Tableau 1. Marée astronomique (source : SHOM, 2014).

Marée type ¹	Coeff. de marée	Niveau Cote Marine	Niveau NGF
PHMA	120	+6,72 m	+3,22 m
PMVE	95	+5,90 m	+2,40 m
PMME	40	+4,75 m	+1,25 m
NM		+3,82 m	+0,32 m
BMME	45	+2,35 m	-1,15 m
BMVE	93	+0,90 m	-2,60 m
PBMA	120	+0,14 m	-3,36 m

3.3.1.2. Surcotes

Le niveau d'eau lié à la marée peut être également augmenté par une surcote de tempête. Une étude relative aux « Analyse des surcotes extrêmes le long des côtes métropolitaines » a été réalisée par le CETMEF en 2013. Le tableau suivant donne les surcotes de pleine mer au port de La Rochelle La Pallice.

Tableau 2. Surcotes de pleine mer au port de La Rochelle La Pallice (source : CETMEF 2013).

Période de retour (an)	5	10	20	50	100	1000
Surcote de pleine mer (cm)	85	96	107	121	132	168

¹ PHMA : Plus Haute Marée Astronomique ; PMVE : Pleine Mer de Vive Eau ; PMME : Pleine Mer de Morte Eau ; NM : Niveau Moyen ; BMME : Basse Mer de Morte Eau ; BMVE : Basse Mer de Vive Eau ; PBMA : Plus Basse Mer Astronomique

La tempête Xynthia, qui a touché les côtes atlantiques françaises dans la nuit du 27 au 28 février 2010, a été à l'origine de phénomènes de submersion et d'érosion d'une rare intensité, notamment sur les côtes vendéennes et en Charente-Maritime, causant la mort de 59 personnes et coûtant près de deux milliards d'euros de dommages.

Le passage de la tempête au maximum du creusement de la dépression atmosphérique a, en effet, coïncidé avec la pleine mer d'une marée de vive-eau de coefficient 102 et des fortes houles comprises entre 6 et 7 m au large, provoquant une surcote de l'ordre de 1,50 m et un niveau d'eau de +4,51 m/NGF à La Rochelle. Au niveau de l'Île de Ré, un fort gradient de niveau d'eau (supérieur à 50 cm) a été observé entre le Sud et le Nord de l'Île (Figure 16).

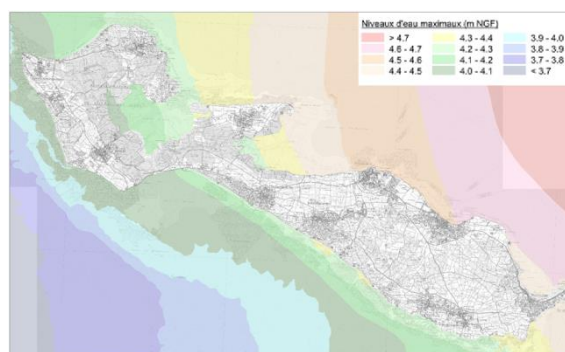


Figure 16. Niveaux d'eau de pleine mer atteints lors de la tempête Xynthia.

3.3.1.3. Marégraphe du Fier d'Ars

Afin de connaître précisément les niveaux d'eau au niveau de l'Île de Ré, un marégraphe a été installé dans le Fier d'Ars dans le cadre de l'Observatoire. Situé à la sortie du port d'Ars-en-Ré (Figure 17.b), ce capteur mesure le niveau d'eau à une fréquence de 1Hz (Figure 17.a).

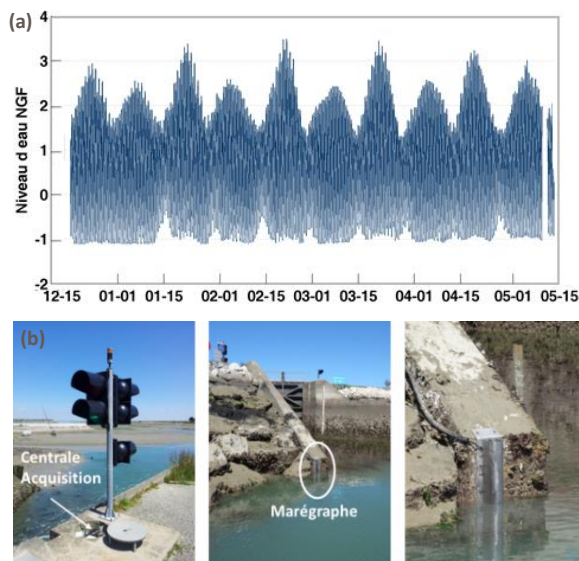
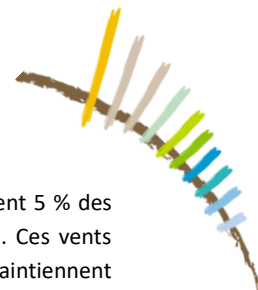


Figure 17. Marégraphe du Fier d'Ars.



3.3.2. Vents

Le vent est un paramètre important dans le cadre de l'analyse du régime littoral. En effet, il est générateur de mers de vent et clapots, de courants et de fluctuations du niveau de la mer (surcotes, décotes) et aussi le moteur du transport éolien.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des mesures de vent à La Rochelle entre 1961 et 1990.

Tableau 3. Fréquence (en %) des vents à La Rochelle en fonction de la direction de provenance (période 1961 – 1990) (source : MétéoFrance).

Direction de provenance	Vitesse				Total
	1 à 10 nœuds	11 à 21 nœuds	22 à 33 nœuds	> 33 nœuds	
	0,5 à 5,5 m/s	5,5 à 10,5 m/s	10,5 à 20 m/s	> 20 m/s	
N	123	22	1	0	146
NE	114	28	1	0	143
E	79	9	0	0	88
SE	39	5	0	0	44
S	44	22	2	0	68
SW	36	24	4	1	65
W	97	83	13	2	195
NW	69	51	4	1	125
Total > 1 noeud	601	244	25	4	374
Temps calme < 1 noeud					126
Total vent à La Rochelle					1000

Sur le littoral de l'Île de Ré, les vents dominants sont de secteur Ouest. La prédominance des vents d'Ouest n'est pas systématique d'une saison à l'autre. Les vents de secteur Nord-Est débutent en février et prédominent de la fin de l'hiver au printemps. En mai, plus de 30% des vents proviennent encore du secteur Nord-Nord-Est. En revanche, les vents océaniques (secteur Ouest) dominent au printemps et en été. En hiver, ils ne représentent que 35% des observations.

En moyenne, le mois d'août est le moins venté, tandis que les vents les plus forts soufflent en décembre et janvier (secteur Ouest).

Les vents très forts, supérieurs à 33 nœuds, représentent moins de 1% des observations. Leur fréquence cumulée ne dépasse pas 3 jours par an. Ces vents soufflent essentiellement en hiver et proviennent du secteur océanique.

Les vents forts, de 22 à 33 nœuds, représentent 5 % des observations, soit à peu près 18 jours par an. Ces vents soufflent principalement en hiver et se maintiennent jusqu'en avril.

■ 1 à 10 nœuds ■ 11 à 21 nœuds ■ 22 à 33 nœuds ■ > 33 nœuds



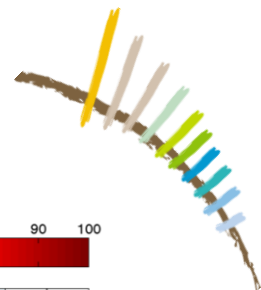
Figure 18. Rose moyenne « hivernale » d'Octobre à Mars (source Météo France, SHOM 2005).

■ 1 à 10 nœuds ■ 11 à 21 nœuds ■ 22 à 33 nœuds ■ > 33 nœuds



Figure 19. Rose moyenne « estivale » d'Avril à Septembre (source Météo France, SHOM 2005).

Afin de disposer de données de vents de temps réel au niveau de l'Île de Ré, 4 stations météorologiques (Ars-en-Ré, Saint-Martin-de-Ré, La Couarde-sur-mer, Rivedoux-Plage) ont été installées dans le cadre de l'Observatoire. Une interface de visualisation dynamique et interactive a par ailleurs été développée sur la plateforme internet de l'Observatoire (<http://observatoire-littoral-cdc-iledere.fr/>).



3.3.3. Etats de mer au large

3.3.3.1. Base de données

Afin de réaliser une analyse statistique du régime des tempêtes au droit d'un site donné, il est nécessaire d'utiliser une base de données la plus longue possible. Dans le cadre de la présente étude, nous avons utilisé deux bases de données simulations numériques rétrospectives :

- BoBWA-H (Charles et al., 2012) couvrant la période de 1958 à 2002,

- HOMERE (Boudiere et al., 2013) couvrant la période 1994 à 2014.

Ces deux bases de données ont été obtenues à partir de simulations rétrospectives effectuées avec le modèle de vagues de 3^{ème} génération WAVEWATCH IIITM (WW3), modèle spectral permettant de calculer les principales caractéristiques des vagues sur des domaines océaniques à côtiers.

3.3.3.2. Climat moyen

La climatologie moyenne des états de mer rencontrés au large de l'Île de Ré (Au niveau de la bouée Oléron) peut être appréhendée à l'aide des corrélogrammes H_s^2 / Tp^3 (Figure 20), et $H_s / Dirp^4$ (Figure 21). En synthèse, les informations à retenir sont les suivantes :

- La majorité des vagues est comprise entre une hauteur significative de 1 et 4 m de direction Ouest (N270-N285),

- Les directions principales de provenance sont de l'Ouest (N270) à l'Ouest-Nord-Ouest (N300) avec près de 91% des états de mer incidents,

- Les hauteurs significatives restent inférieures à 1,0m pendant environ 31% du temps, inférieures à 2,0m pendant environ 69% et inférieures à 3,0m pendant environ 87% du temps,

- Les états de mer inférieurs à 1,0 m ont généralement des périodes pics de l'ordre de 9 à 10s,

- Les états de mer plus forts voient leurs périodes augmenter avec communément des périodes comprises entre 9s et 16s. Plus rarement, certains états de mer ont des périodes longues pouvant atteindre les 20s.

En complément, des classes de houles ont été définies avec une technique de segmentation (Rihouey, 2008). Le tableau ci-contre présente les 10 classes définies et leurs probabilités d'occurrence.

² Hauteur significative (m)

³ Période (s)

⁴ Direction pic (°)

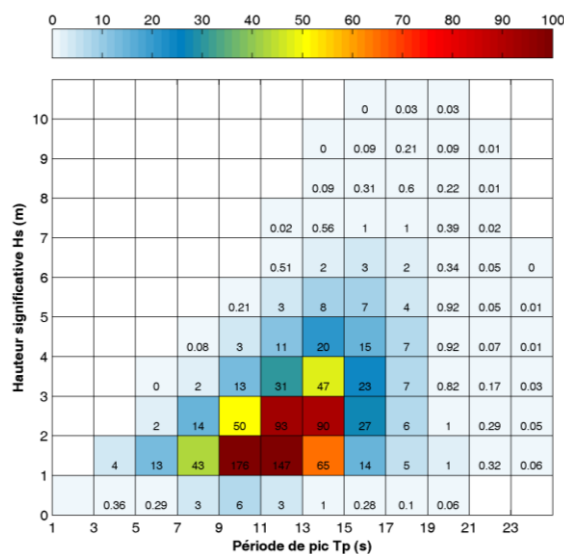


Figure 20. Corrélogramme H_s / Tp (données source BOBWA-H / HOMERE).

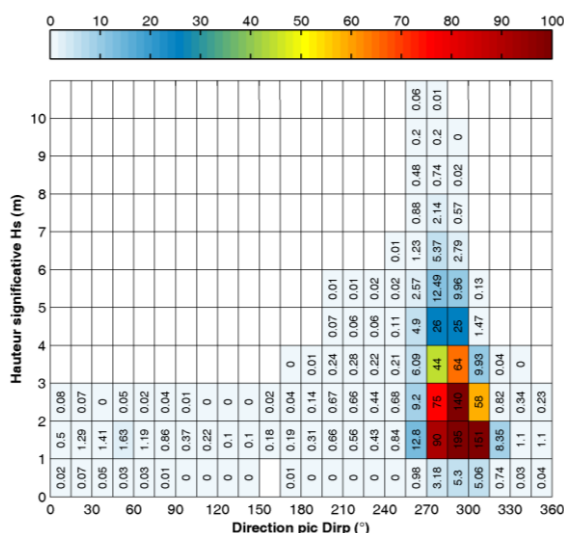
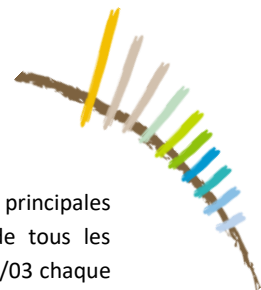


Figure 21. Corrélogramme $H_s / Dirp$ (données source BOBWA-H / HOMERE).

Tableau 4. Classes de houles définies avec une technique de segmentation par les k-moyennes et probabilités d'occurrence.

ID Classe	H_s (m)	T_p (m)	$Dirp$ (°)	Probabilité d'occurrence (%)
Nord - Est	1,0	5	44	0,8%
Sud	1,8	6	198	0,5%
Sud-Ouest	2,6	14	257	3,8%
Ouest 1	2,4	13	270	22,8%
Ouest 2	1,6	10	278	11,4%
Ouest 3	2,5	13	282	10,7%
Nord Ouest 1	1,7	11	289	32,7%
Nord Ouest 2	1,3	10	298	11,9%
Nord - Ouest 3	1,1	9	305	5,1%
Nord	1,2	7	340	0,3%



3.3.3.3. Régime de tempête

La caractérisation des épisodes de tempêtes est basée sur la méthode décrite dans Nicolae Lerma et al., 2014.

Elle s'appuie sur la définition de seuils de hauteurs significatives des vagues à partir desquels sont identifiées, classées et caractérisées les tempêtes ayant pu toucher le littoral :

- La valeur de H_s (hauteur significative des vagues) de période de retour 10 ans (H_s 10ans) est récupérée à chaque point étudié dans la base de données fusionnées BoBWA-H / HOMERE,
- La valeur H_s 10ans sert à déterminer un seuil équivalent à 2/3 de H_s 10ans (H_s 2/3). Tous les événements ayant dépassé la valeur H_s 2/3 sont identifiés et considérés comme étant des tempêtes. Ce premier seuil est donc le seuil d'identification des tempêtes,
- Au sein des événements identifiés, la valeur la plus forte de H_s est retenue comme le pic de la tempête concerné,
- La durée de chaque événement est celle pendant laquelle les valeurs de H_s sont supérieures à la valeur 2/5 de H_s 10ans (H_s 2/5). Ce second seuil correspond donc au seuil de calcul de la durée des tempêtes identifiées.

Le schéma suivant permet d'illustrer la méthode de sélection des événements de fortes houles.

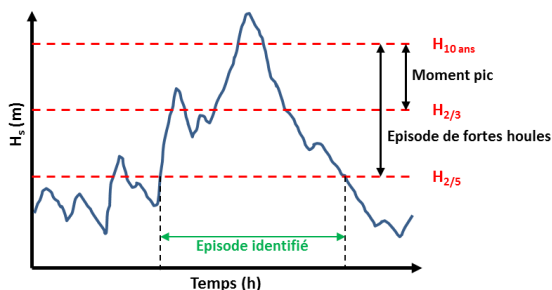


Figure 22. Schéma de principe de la sélection des événements de fortes houles (source : Nicolae Lerma et al., 2014).

Le tableau suivant regroupe les principales caractéristiques des régimes de tempêtes de tous les hivers de 1958 à 2016 (hiver = du 01/10 au 31/03 chaque année) au niveau de bouée Oléron :

- Les indices (H_s ,50%, H_s ,95%, H_s ,99%) correspondant aux valeurs de la hauteur significative H_s qui sont dépassées 50%, 95% et 99% du temps sur la période d'analyse,
- H_s max correspondant à la valeur maximale de H_s sur la période d'analyse,
- H_s 1 an, H_s 10 ans et H_s 100 ans sont les hauteurs significatives des périodes de retour 1, 10 et 100 ans,
- H_s 2/3 et H_s 2/5 sont les seuils pour la détection et la délimitation des épisodes de fortes houles,

Tableau 5. Caractéristiques des régimes de tempêtes entre 1958 et 2016 au niveau de la bouée Oléron.

	Bouée Oléron
$H_{s,50\%} / H_{s,médian}$ (m)	1,5
$H_{s,95\%}$ (m)	2,4
$H_{s,99\%}$ (m)	5,9
H_s max (m)	10,9
H_s 1 an (m)	7,4
H_s 10 ans (m)	9,3
H_s 100 ans (m)	10,3
H_s 2/3 (m)	6,2
H_s 2/5 (m)	3,7
Nombre d'épisodes de tempêtes 1958-2014 ($H_s > H_{s,2/3}$)	201
Nombre maximal d'épisodes de tempêtes ($H_s > H_{s,2/3}$)	9
Nombre moyen d'épisodes de tempêtes ($H_s > H_{s,2/3}$)	3,4
H_s pic moyen des épisodes de tempêtes (m)	7,3
Durée maximale d'un épisode de tempêtes (h)	227
Durée moyenne d'un épisode de tempêtes (h)	71,9
Nombre d'épisodes où la hauteur de houle dépasse $H_{s,2/5}$	1296
Nombre maximal d'épisodes où la hauteur de houle dépasse $H_{s,2/5}$	34
Nombre moyen d'épisodes où la hauteur de houle dépasse $H_{s,2/5}$	18,4
Nombre maximal d'heures où la hauteur de houle dépasse $H_{s,2/5}$	1305
Nombre moyen d'heures où la hauteur de houle dépasse $H_{s,2/5}$	693,6

Sur la série temporelle ci-dessous, on observe en moyenne 3 à 4 tempêtes hivernales par an et 9 épisodes de fortes houles au maximum. La durée moyenne d'un épisode tempétueux est de 72 heures.

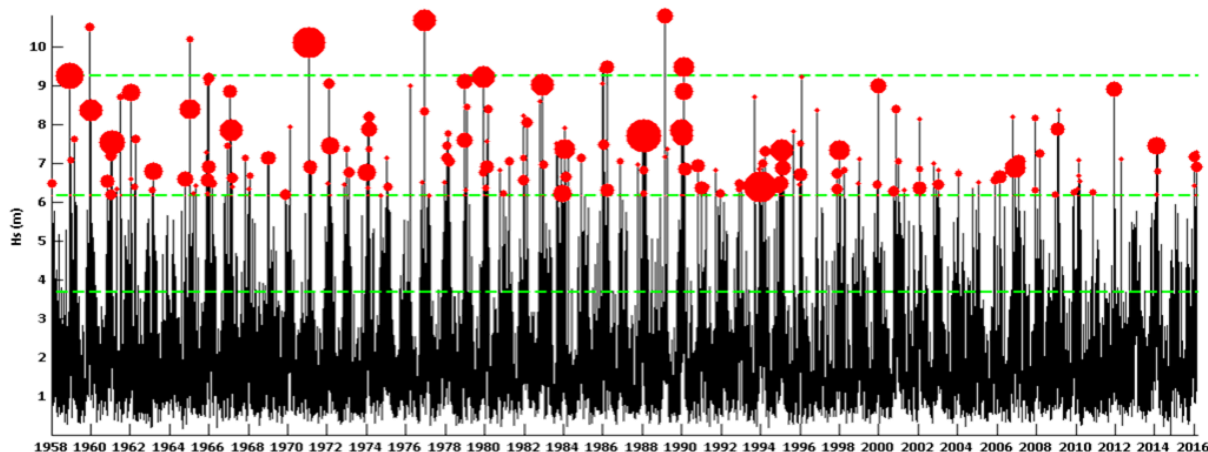
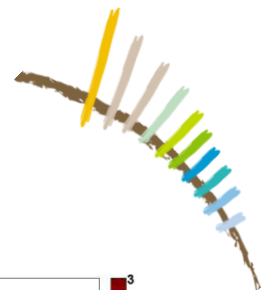


Figure 23. Séries temporelles (1958 – 2016) des mesures de hauteur de houle au niveau de la bouée Oléron. Les droites en pointillés vert représentent (du haut vers le bas) H_s , 10ans, H_s 2/3 et H_s 2/5. Les cercles rouges représentent le pic des périodes de tempêtes et leur taille est proportionnelle à la durée de l'évènement.



3.3.4. Etats de mer à la côte

A l'approche de la côte et lors de la propagation dans le pertuis Breton et le Pertuis d'Antioche, les houles du large subissent d'importantes déformations. Les figures suivantes, qui présentent les cartes de propagation pour les 5 classes de houle les plus énergétiques, illustrent les phénomènes de réfraction et d'amortissement modifiant ainsi leurs caractéristiques à la côte.

Sur la côte Nord de l'Île de Ré, on note un gradient important des hauteurs de houles entre la Pointe des Baleines et la Pointe du Grouin.

Au Sud, Les houles qui se propagent dans le pertuis d'Antioche s'épanouissent par réfraction sur le talus et par diffraction autour de la Pointe de Chauveau. Entre Boutillon et Jumeau, on observe des phénomènes de concentration de l'agitation qui ont pour effet d'augmenter la hauteur des houles à la côte, en particulier sur le secteur de la Courarde.

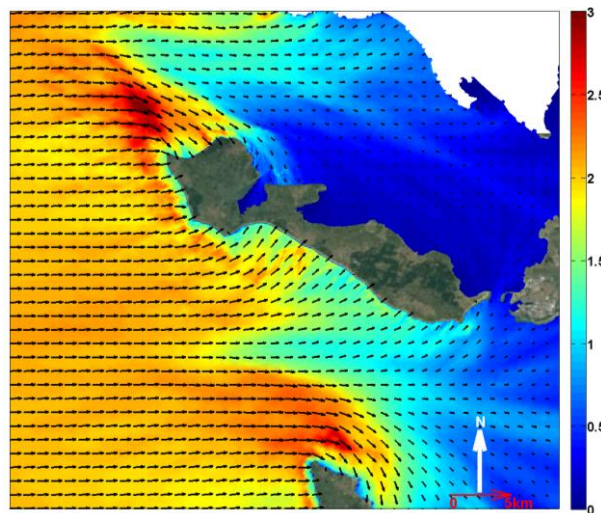


Figure 26. Propagation à l'approche de l'Île de Ré d'une houle d'Ouest 1 ($H_s = 2,4m$ / $T_p = 13s$ / $Dirp = N270$).

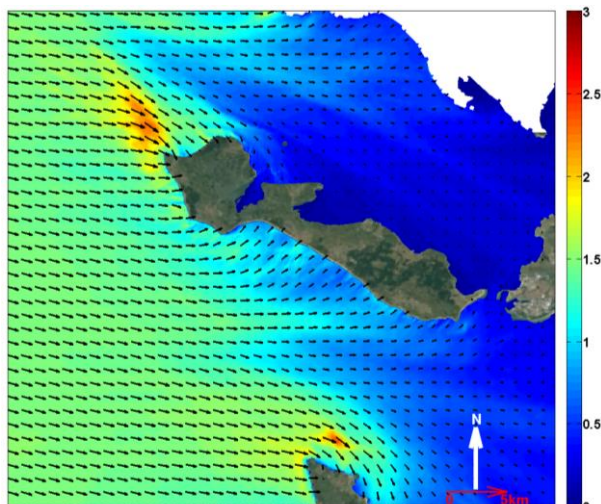


Figure 24. Propagation à l'approche de l'Île de Ré d'une houle de Nord-Ouest 1 ($H_s = 1,7m$ / $T_p = 11s$ / $Dirp = N289$).

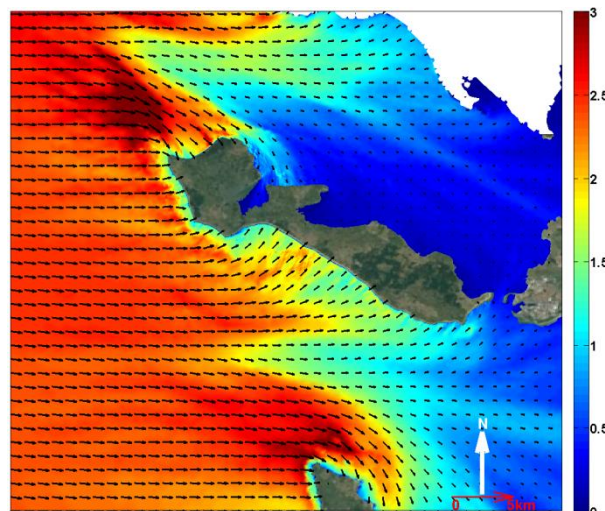


Figure 27. Propagation à l'approche de l'Île de Ré d'une houle d'Ouest 3 ($H_s = 2,4m$ / $T_p = 13s$ / $Dirp = N282$).

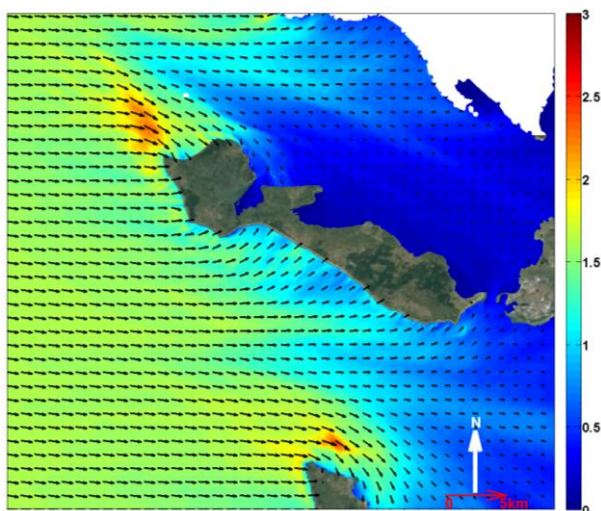


Figure 25. Propagation à l'approche de l'Île de Ré d'une houle d'Ouest 2 ($H_s = 1,6m$ / $T_p = 10s$ / $Dirp = N278$).

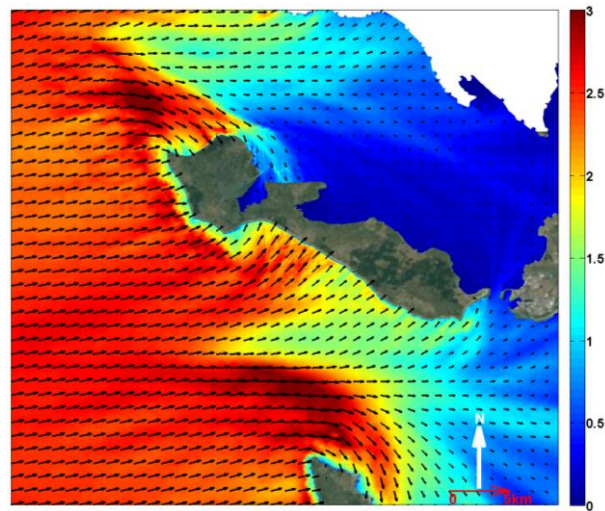
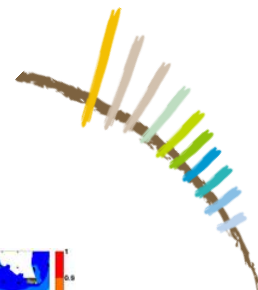


Figure 28. Propagation à l'approche de l'Île de Ré d'une houle de Sud-Ouest 1 ($H_s = 2,6m$ / $T_p = 14s$ / $Dirp = N270$).



3.4. COURANTOLOGIE

Les courants sont, avec l'agitation, un des facteurs majeurs des mouvements sédimentaires. On distingue différents types de courant :

- Les courants généraux (circulations à grande échelle),
- Les courants dus au vent,
- Les courants dus à la houle,
- Les courants de marée.

Les courants généraux (faibles) et les courants dus au vent (qui concerne la couche superficielle supérieure de la tranche d'eau) ont des actions négligeables sur les sédiments au niveau du littoral de l'Île de Ré.

Dans ce sous-chapitre, seuls les courants de marée sont abordés, les courants dus à la houle étant présentés en détails dans le chapitre 4.

Au large du littoral charentais, les courants de marée sont giratoires avec des vitesses relativement faibles qui ne dépassent pas 0,5 à 0,6 m/s. Ils s'affaiblissent à l'approche du littoral et la configuration des courants de marée aux abords de l'Île de Ré est liée à la circulation des eaux dans les Pertuis :

- Dans le Pertuis Breton, les circulations peuvent être divisées en deux régimes :
 - A l'Ouest, et ce jusqu'au deux tiers de la longueur de l'Île de Ré, les courants s'alternent en gardant un axe parallèle au Pertuis (vitesses inférieures à 0,5 m/s).
 - A l'Est, le flux se dirige vers le Coureau⁵ de la Pallice au jusant et vers la baie de l'Aiguillon au flot.

On peut noter une augmentation sensible des vitesses des courants (1m/s à 1,2 m/s en vive-eau) sur certains secteurs localisés au niveau du Coureau de la Pallice et de l'entrée du Fier d'Ars.

- Au niveau du Pertuis d'Antioche :
 - Le flot s'engouffre dans le Pertuis et se sépare en deux courants, l'un ayant pour direction le Coureau de la Pallice et les côtes continentales en face, l'autre se dirigeant directement vers le sud en suivant les côtes de l'Île d'Oléron. Le long de l'Île de Ré, les vitesses des courants s'accroissent d'Ouest en Est et atteignent 0,8 m/s au droit de la pointe de Chauveau.
 - Au jusant, les courants s'écartent des côtes de l'Île de Ré. Les vitesses, légèrement plus faibles qu'au flot, atteignent 0,6 m/s.

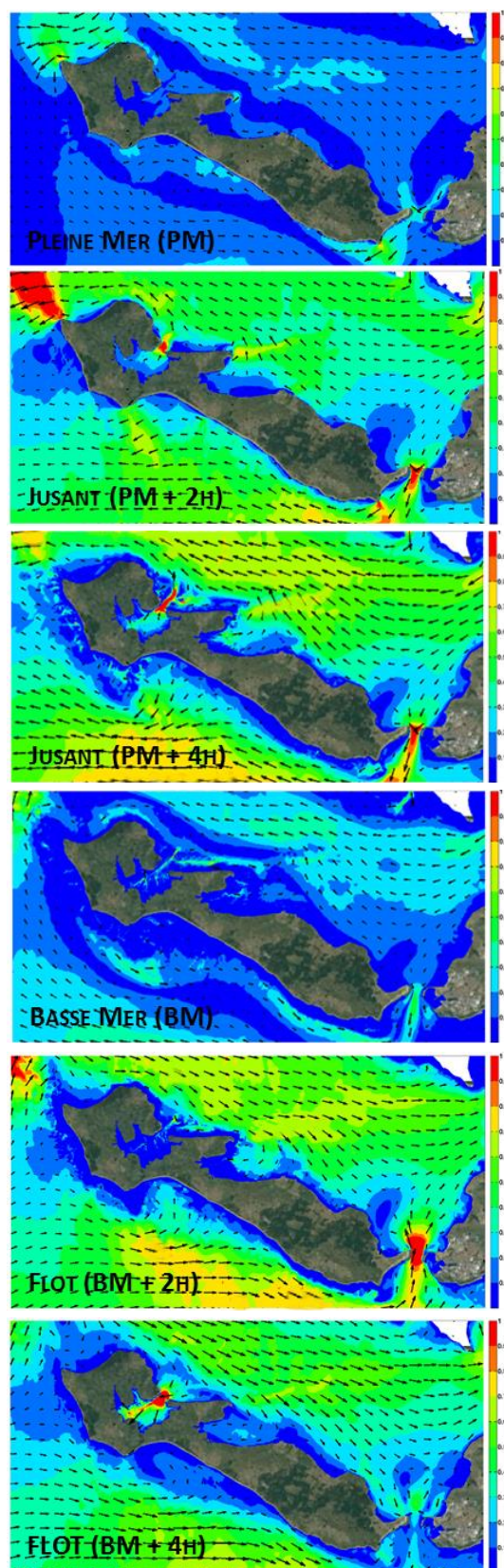


Figure 29. Courants de marée sur un cycle de vive-eau.

⁵ Coureau : Terme de marine désignant une sinuosité entre des bas-fonds et des roches que l'eau recouvre.



4. RESULTATS DE L'OBSERVATOIRE

4.1. INTRODUCTION

4.1.1. Objet et organisation

Ce chapitre présente les résultats des suivis réalisés dans le cadre de l'Observatoire du littoral de l'Île de Ré entre 2013 et 2016. Ces suivis couvrent les estrans sableux et cordons dunaires depuis Trousse Chemise au Nord jusqu'à la Pointe de Sablanceaux au Sud. Les résultats sont présentés par « cellules sédimentaires » définies dans le cadre de la présente étude :

- Zone 1 - Les Portes-en-Ré,
- Zone 2 - Les Baleines,
- Zone 3 - Ars-en-Ré,
- Zone 4a - Le Martray / La Couarde-sur-Mer,
- Zone 4b - Le Bois / Les Grenettes,
- Zone 5 - Rivedoux-Plage.

En introduction de chaque secteur, les processus de la dynamique sédimentaire sont présentés sur la base des modélisations couplées houle / courant pour les 3 classes énergétiques suivantes :

- Nord-Ouest 1 : Hs = 1,7m / Tp = 11s / Dirp = N289,
- Ouest 1 : Hs = 2,4m / Tp = 13s / Dirp = N270,
- Sud-Ouest: Hs = 2,6m / Tp = 14s / Dirp = N257.

En effet, lorsque la houle aborde la côte de manière oblique, il se forme des courants de dérive parallèles au rivage qui peuvent être renforcés en cas de gradients de hauteur de houle à la côte. L'action de ces courants se concentre sur l'estran où ils forment une dérive sédimentaire littorale parallèle au rivage, nommée transit littoral. Ce processus est un mode de transport essentiel sur la majorité des côtes de l'Île de Ré.

Enfin, la dynamique des secteurs du banc du Bûcheron et de la Pointe de Sablanceaux est également abordée sur la base des suivis bathymétriques et d'orthophotographies historiques.

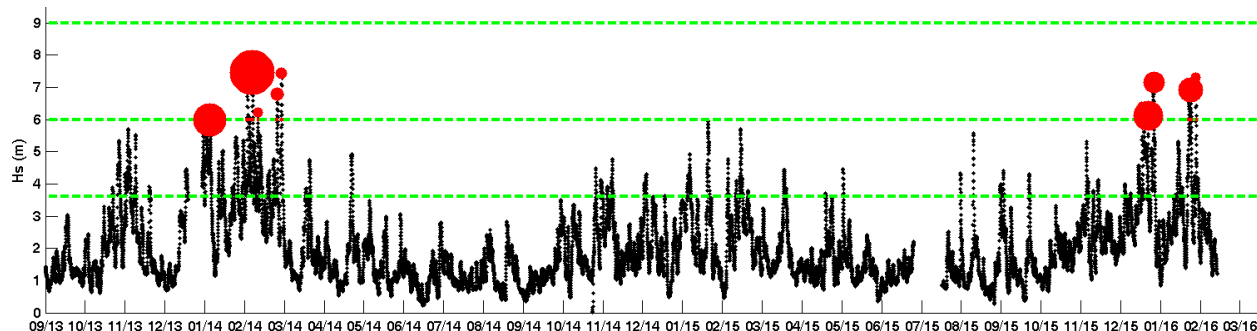


Figure 30. Séries temporelles (2013 – 2016) des mesures de hauteur de houle au niveau de la bouée Oléron. Les droites en pointillés vert représentent (du haut vers le bas) $H_{s, 10ans}$, $H_{s, 2/3}$ et $H_{s, 2/5}$. Les cercles rouges représentent le pic des périodes de tempêtes et leur taille est proportionnelle à la durée de l'évènement.

4.1.2. Conditions d'agitation 2013-2016

Les conditions d'agitation rencontrées au cours de la période de suivi sont représentées sur la figure 30 et les caractéristiques des tempêtes sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6. Caractéristiques des régimes de tempêtes hivernales entre 2013 et 2016 au niveau de la bouée Oléron.

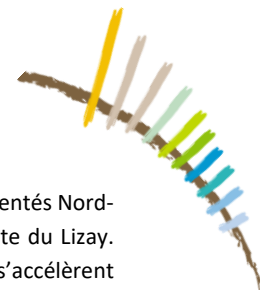
	2013-2014	2014-2015	2015-2016
nb d'épisodes	5	0	5
Hs pic moyen	7	-	6,9
Hs max	7,5	5,9	7,3
durée moy	64	-	56
durée max	133	-	87
nb d'épisodes (hs>2/5)	28	17	21
nb d'heures (hs>2/5)	1167	369	558

L'hiver 2014-2015 a été peu énergétique par rapport aux hivers 2013-2014 et 2015-2016. Si ces deux hivers énergétiques ont eu un nombre d'épisodes de tempêtes équivalent, l'intensité des tempêtes de l'hiver 2013-2014 est beaucoup plus importante :

- le nombre d'heure où Hs > Hs 2/5 est globalement le double en 2013-2014 qu'en 2015-2016,
- les périodes de pic (Tp) des houles des tempêtes 2013-2014 ont fréquemment dépassées les 16s et atteint les 20s pour les tempêtes Christina et Hercules du 03 janvier au 06 janvier 2014.
- Les périodes de pic (Tp) des houles des tempêtes 2015-2016 n'ont pas dépassé les 14s.

Enfin, les tempêtes de l'hiver 2013-2014 ont été concomitantes avec des marées de vive-eau (coef 106 pendant Hercules) alors que les tempêtes de l'hiver 2015-2016 ont été concomitantes avec des marées de morte-eau.

Ainsi, les tempêtes de l'hiver 2013-2014 ont eu un impact significatif sur le littoral l'Île de Ré qui a pu être précisément quantifié par les suivis mis en œuvre dans le cadre de l'Observatoire.



4.2. ZONE 1 – LES PORTES-EN-RE

4.2.1. Introduction

Cette zone est segmentée par des épis dans la partie Nord puis constituée d'une flèche sableuse (dunes de Trousse-Chemise) jusqu'à l'entrée du Fier d'Ars. L'estran est constitué d'un platier rocheux de la Pointe du Lizay à La Redoute, puis il est composé de sables jusqu'au Fier d'Ars.

Les processus érosifs sont faibles dans les secteurs endigués qui captent une partie du transit littoral. Au niveau de Trousse-Chemise, siège de fortes interactions avec le banc du Bûcheron, les processus érosifs s'accroissent notablement.

4.2.2. Processus

Entre la Pointe de Lizay et l'entrée du Fier d'Ars, les houles ont tendance à s'infléchir et à longer le littoral. Elles sont fortement réfractées et atténuées sur le linéaire de cette façade, avec des hauteurs résiduelles inférieures à 1 m.

Les courants de dérive littorale, orienté Nord-Sud, sont confinés sur le haut de l'estran et peu influencés par la marée. Les vitesses n'excèdent pas 0,4 m/s quelle que soit l'orientation des houles (cf. convergence des courbes bleue, verte et rouge à proximité de la côte / Figure 32).

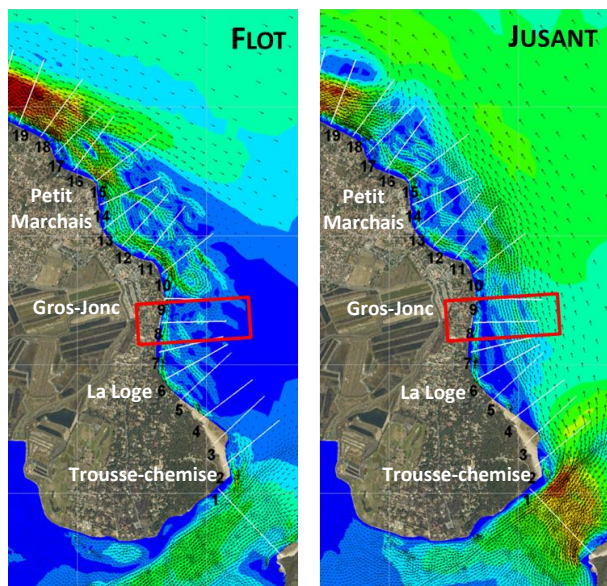


Figure 31. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).

Au flot (Figure 31.a), les courants de marée orientés Nord-Sud renforcent la dérive au niveau de la Pointe du Lizay. Assez faibles au large des plages, les courants s'accroissent à l'entrée du Fier d'Ars.

Au jusant (Figure 31.b), les courants de marée sont orientés Sud-Nord et sont plus forts au large et à l'entrée du Fier d'Ars. A noter la présence d'une recirculation au droit de la plage du Gros-Jonc.

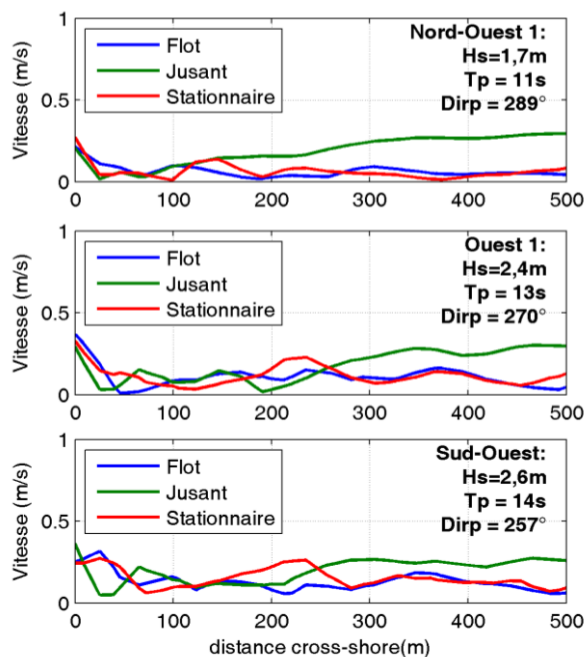


Figure 32. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire à la côte au droit de la Loge pour les classes de houle : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).

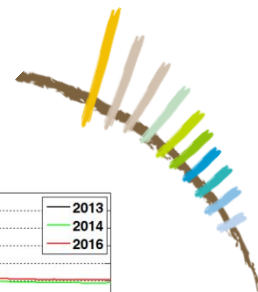
4.2.3. Evolution de l'estran

Les analyses d'évolutions volumétriques de l'estran ont été mises en œuvre sur les plages du Gros-Jonc, de la Loge et de Trousse-Chemise (Tableau 7). Elles montrent :

- Une tendance significative à l'accrétion sur la plage du Gros-Jonc avec un bilan excédentaire de +38 500 m³ entre 2013 et 2016.
- Une alternance de périodes d'érosion (2013-2014) et d'accrétion (2015-2016) sur les plages de la Loge et de Trousse Chemise avec un bilan globalement stable (-1500 m³) sur la période de suivi.

Tableau 7. Evolution volumétrique (en m³) de la zone 1 au niveau des plages de Trousse-Chemise, de la Loge et du Gros-Jonc.

	2013-04 / 2013-10	2013-10 / 2014-04	2014-04 / 2014-10	2014-10 / 2015-04	2015-04 / 2015-10	2015-10 / 2016-04	Bilan
Gros-Jonc	-1036	22215	-160	2925	3289	11323	38556
La Loge	1066	-4359	-1846	417	1443	2494	-785
Trousse-Chemise	-5208	-6670	-2443	2601	1592	9526	-602
Total	-5178	11182	-4448	5946	6326	23346	37174



4.2.4. Trait de côte et dune

Le suivi topographique a été réalisé entre Trousse-Chemise et le Petit Marchais, le long de 27 profils transversaux répartis sur la partie sableuse de la Zone 1 (Figure 33a).

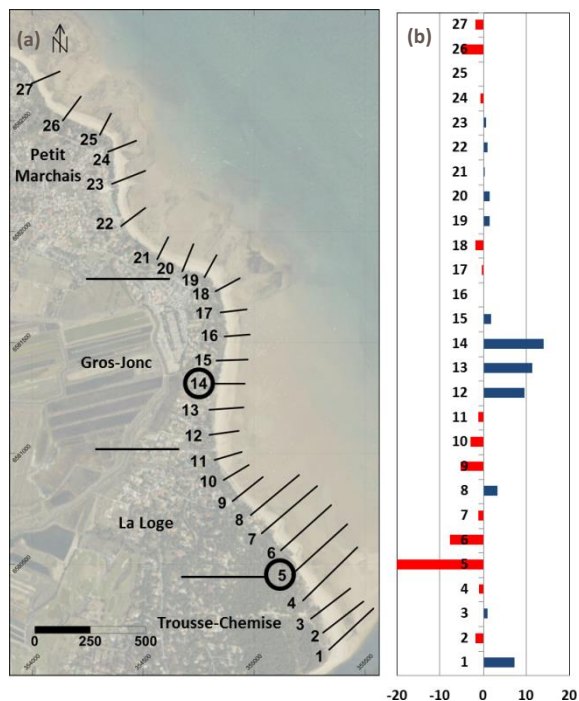


Figure 33. (a) Zone de suivi topographique des Portes en Ré le long de 27 profils transversaux, et (b) évolution du pied de dune en mètres.

Au Nord, entre le Petit Marchais et la plage du Gros-Jonc, la position du pied et du front de dune est globalement stable sur la période de suivi (+0,1m/ 3 ans en moyenne, Figure 33b).

Au Sud de cette zone, l'évolution du trait de côte est plus significative :

- A Trousse-Chemise, le recul du pied de dune atteint -20 m au profil 5 entre 2013 et 2016 (Figure 34). Les profils topographiques montrent une érosion chronique sur le secteur. Le suivi photographique fait apparaître la destruction du premier rideau de ganivelles alors que le profil de la dune s'aplatit de façon significative,
- Au Gros-Jonc, on observe une progradation de l'avant dune de l'ordre de +12m sur la même période au niveau du profil 14 (Figure 35). Les mesures topographiques font apparaître une élévation de la plage d'environ 2 m pour l'ensemble des cotes supérieures à 0mNGF. Les banquettes de sable, premiers remparts de la dune embryonnaire, sont colonisées par de nombreuses espèces végétales qui contribuent à sa fixation.

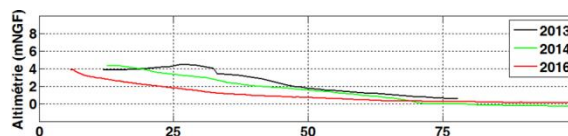


Figure 34. Evolution topographique au niveau du profil 5 localisé au Nord de Trousse-Chemise. Recul marqué du pied de dune et destruction des ganivelles.

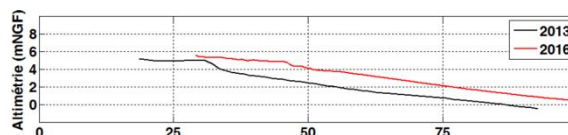


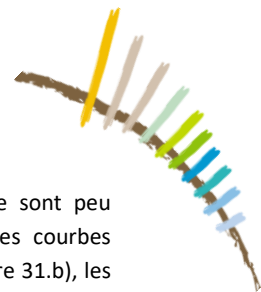
Figure 35. Evolution topographique au niveau du profil 14 localisé au centre de la plage du Gros-Jonc. Progradation de l'avant-dune.

4.2.5. Conclusion

La zone des Portes en Ré, relativement protégée de l'action des houles, ne constitue pas une zone sensible du littoral de l'Île de Ré.

Seul le secteur de Trousse-Chemise présente localement des reculs importants à l'aval du dernier épi qui capte les transits littoraux. Une réflexion sur le maintien de cet épi pourrait d'ailleurs être initiée dans le cadre des futures études de l'Observatoire.

Enfin, certains secteurs sont en accretion avec la formation de banquettes végétalisées qui traduisent la résilience des cordons dunaires suite aux tempêtes de l'hiver 2013-2014.



4.3. ZONE 2 – LES BALEINES

4.3.1. Introduction

Cette portion du littoral est composée essentiellement de dunes, à l'exception de la partie occidentale fixée par des épis et des digues. L'éstran est essentiellement sableux, sauf à proximité des Pointes des Baleines et du Lizay où des platiers rocheux affleurent à basse-mer. Les processus érosifs sont intenses sur ce secteur avec un entraînement de sables vers la Pointe du Lizay sous l'influence d'une dérive littorale Ouest - Est et d'une forte déflation éolienne.

4.3.2. Processus

Sur ce secteur, les houles issues des secteurs Ouest se propagent selon une direction Ouest/Nord-Ouest. Elles sont fortes avec des hauteurs résiduelles de l'ordre de 2 m par houle de secteur Ouest et Nord-Ouest. Elles ont une incidence assez faible et attaque la Conche de manière frontale. Les houles de Sud-Ouest sont plus atténuées, subissant une réfraction importante sur la Pointe des Baleines.

Les courants de dérive littorale, orientés Ouest–Est, s'étendent sur une largeur de l'ordre de 300 m et les vitesses peuvent atteindre 0,6 m/s au droit du pas de Zanuck.

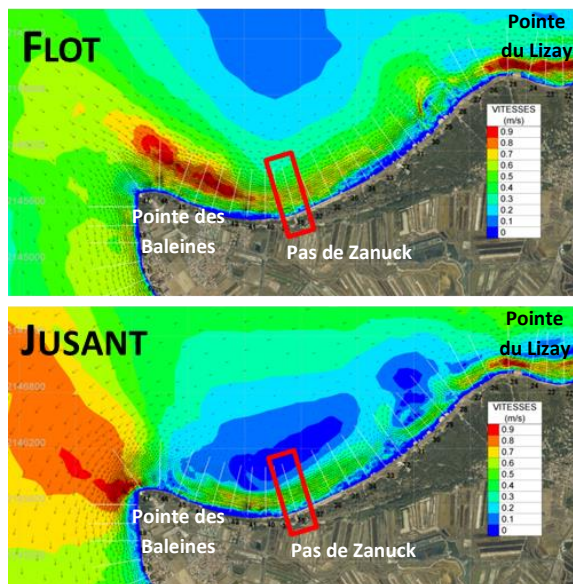


Figure 36. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).

Au flot (Figure 36.a), les courants de dérive sont peu influencés par la marée (cf. convergence des courbes bleues et rouges / Figure 37). Au jusant (Figure 31.b), les courants de marée atténuent sensiblement les courants de dérive. A noter la présence de recirculations dans la partie Est de la conche.

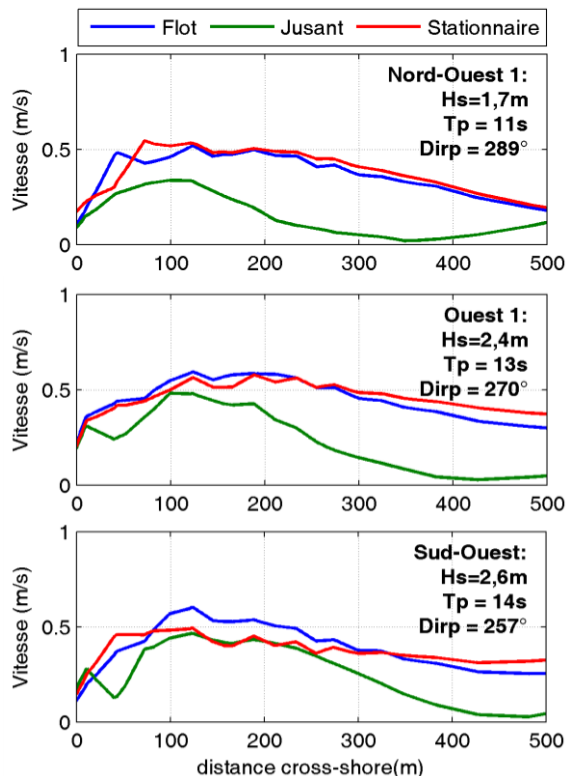


Figure 37. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire à la côte au droit du pas de Zanuck pour les houles : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).

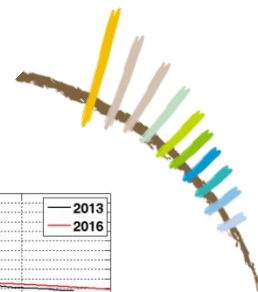
4.3.3. Evolution de l'éstran

Les analyses d'évolutions volumétriques de l'éstran de la plage de la Conche ont été différenciées selon deux secteurs nommés ici Baleines Est et Baleines Ouest (Tableau 8). Elles montrent :

- Une tendance significative à l'érosion en période hivernale (2014-2015, 2015-2016) généralisée sur l'intégralité de l'éstran. A l'exception de l'hiver 2013-2014 où la tendance est à l'accrétion, le déficit sédimentaire est de l'ordre de -50 000 m³ par hiver,
- Une tendance à l'accrétion en période estivale particulièrement au niveau de la zone des Baleines Ouest,
- Un bilan globalement stable de la plage de la Conche des Baleines (+9 690 m³ sur l'ensemble du suivi).

Tableau 8. Evolution volumétrique (en m³) de la zone 2 au niveau de la plage de la Conche des Baleines (Baleines Est / Baleines Ouest).

	2013-04 / 2013-10	2013-10 / 2014-04	2014-04 / 2014-10	2014-10 / 2015-04	2015-04 / 2015-10	2015-10 / 2016-04	Bilan
Baleines Est	-3323	46489	4171	-33130	-1343	-22184	-9320
Baleines Ouest	-3448	3602	50125	-31139	26429	-26158	19411
Total	-6905	50053	54262	-64284	25123	-48559	9690



4.3.4. Trait de côte et dune

Le suivi topographique est réalisé entre la Pointe du Lizay et la Pointe des Baleines, le long de 37 profils transversaux répartis sur la partie sableuse de la zone 2 (Figure 38a).

L'évolution de la position du pied et du front de dune montre une tendance érosive significative (-5,5m/3ans en moyenne, Figure 38b), A l'exception des zones situées à proximité des pointes du Lizay (Figure 39) et des Baleines, l'érosion est généralisée sur l'intégralité du linéaire :

- Au niveau de la Pointe du Lizay, le trait de côte est relativement stable entre les profils 1 et 4 (-1m/3ans),

- Entre les profils 5 et 35, la tendance érosive est marquée avec un recul de l'ordre de -6m/3ans en moyenne (recul maximal de -9,3m au niveau du Pas des Zanucks). Le suivi annuel met en évidence l'impact majoritaire de l'hiver 2013-2014 qui a engendré la quasi-totalité de la perte sédimentaire mesurée (Figure 40). Au cours des deux hivers suivants, le cordon dunaire est relativement stable et ne montre pas d'évolution significative,

- Au niveau de la Pyramide (profils 36 et 37), la mise en place d'enrochements en haut de plage illustrée par le suivi photographique (Figure 41) se traduit par les valeurs positives d'évolutions sur la Figure 38b.

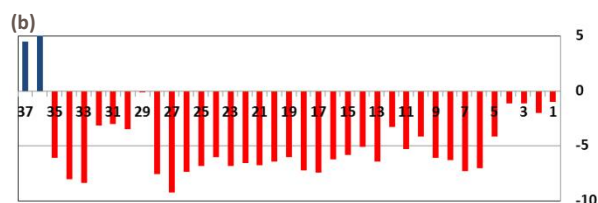
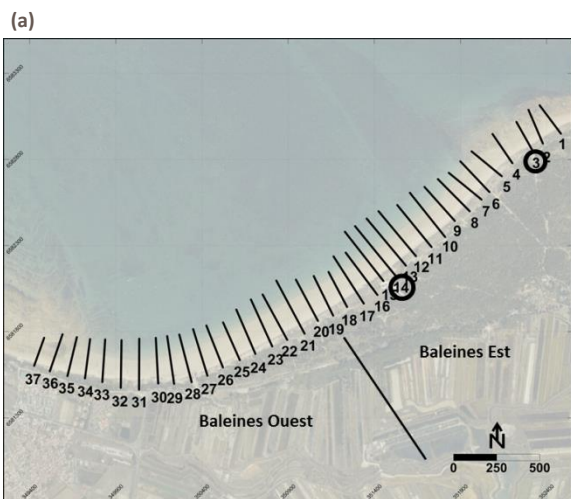


Figure 38. (a) Zone de suivi topographique des Baleines le long de 37 profils transversaux, et (b) évolution du pied de dune en mètres.

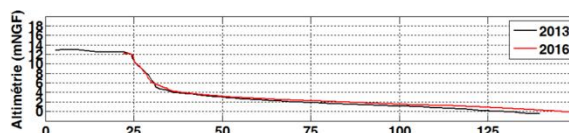


Figure 39. Evolution topographique au niveau du profil 3 localisé à proximité de la Pointe du Lizay. Stabilité du système dunaire.

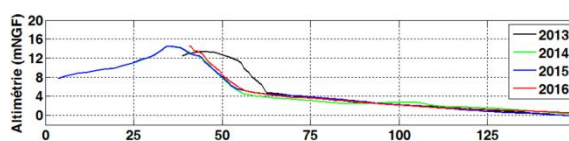


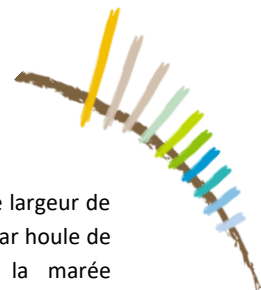
Figure 40. Evolution topographique au niveau du profil 14. Recul significatif du pied de dune et chute du blockhaus.



Figure 41. Mise en place des enrochements au niveau de la Pyramide (profil 37).

4.3.5. Conclusion

La zone des Baleines constitue une zone sensible du littoral de l'Île de Ré. Des reculs significatifs des cordons dunaires (pied et face) ont été mesurés au cours de l'hiver 2013-2014. Cependant, à la suite de cet hiver énergétique, cette partie du littoral montre une certaine stabilité. Le suivi de ce secteur devra être renforcé, notamment après la démolition des blockhaus en 2016.



4.4. ZONE 3 – ARS-EN-RE

4.4.1. Introduction

Cette portion du littoral est composée essentiellement d'un cordon dunaire, à l'exception de la partie septentrionale fixée par des digues. Le bas de l'estran est constitué d'un large platier rocheux et le haut de l'estran est recouvert par une étroite bande sableuse au Sud des digues. Les processus érosifs sont intenses sur ce secteur avec un entraînement de sables vers le Sud.

4.4.2. Processus

Entre la pointe des Baleines et Grignon, les houles sont fortes avec des hauteurs résiduelles de l'ordre de 2 m quel que soit le secteur de provenance. Au Sud de Grignon, les houles s'épanouissent par réfraction sur le talus et sont fortement atténuées par déferlement sur les platiers. Ce processus est particulièrement significatif au niveau de Chanchardon.

Les courants de dérive littorale, orientés Nord-Sud, sont d'ailleurs renforcés au niveau des pointes de Grignon et de Chanchardon.

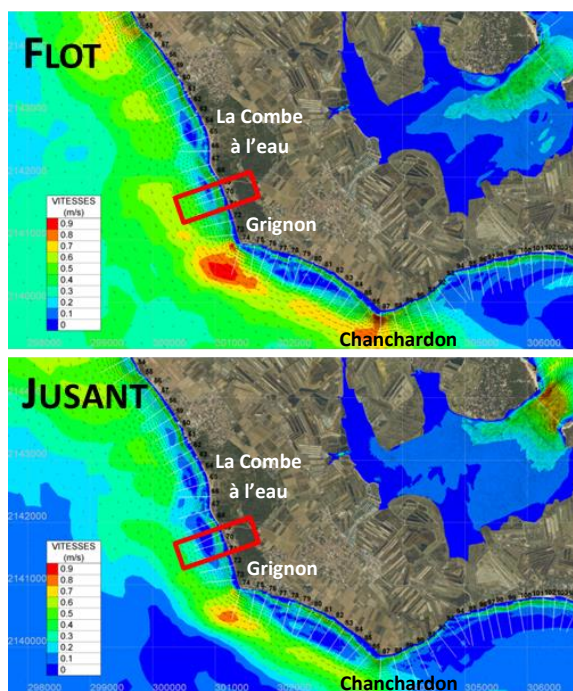


Figure 42. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).

Tableau 9. Evolution volumétrique (en m³) de la zone 3 au niveau des plages de Saint-Clément, de la Combe et de Grignon.

	2013-04 / 2013-10	2013-10 / 2014-04	2014-04 / 2014-10	2014-10 / 2015-04	2015-04 / 2015-10	2015-10 / 2016-04	Bilan
Saint-Clément	1197	2892	1848	-693	928	-2538	3634
La Combe	-2002	7738	-3492	53	-1866	2558	2989
Grignon	-950	-4056	-1037	1773	-2405	809	-5866
Total	-1755	6574	-2681	1133	-3343	829	757

Les courants de dérive, qui s'étendent sur une largeur de 100 m, peuvent atteindre 0,5 m/s. Plus forts par houle de Nord-Ouest, ils sont peu influencés par la marée (cf. convergence des courbes bleues, vertes et rouges / Figure 43).

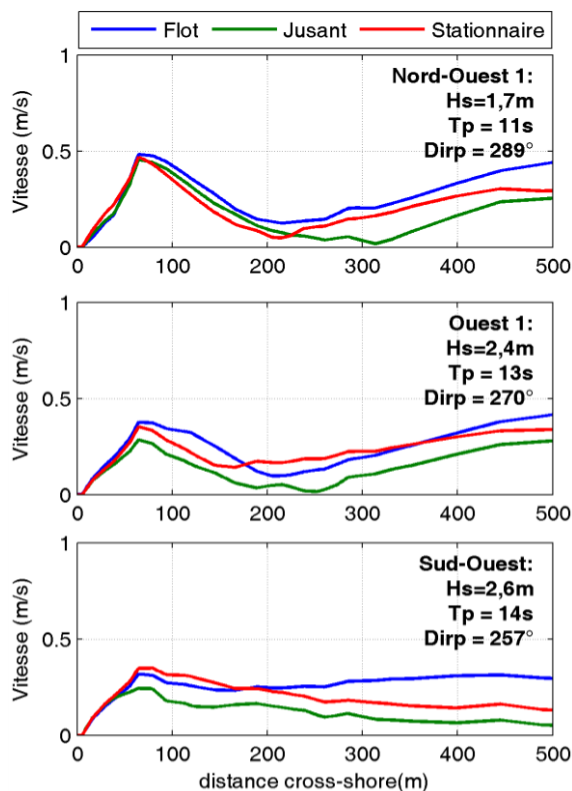
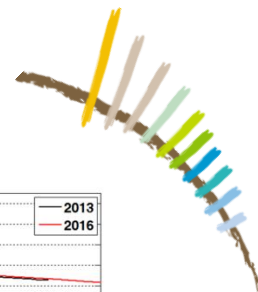


Figure 43. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire au droit de la Combe à l'eau pour les classes de houle : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).

4.4.3. Evolution de l'estran

Les analyses d'évolutions volumétriques de l'estran ont été mises en œuvre sur les plages de Saint-Clément, de la Combe à l'eau et de Grignon (Tableau 9). Elles montrent :

- Une alternance de périodes d'érosion et d'accrétion en fonction des périodes estivales et hivernales. Les variations volumétriques de proche en proche sont de faible amplitude,
- La plage de Grignon semble plus sensible que les plages situées plus au Nord, mais le bilan de la zone est globalement stable sur la période de suivi (+757m³).



4.4.4. Trait de côte et dune

Le suivi topographique est réalisé entre la plage de Saint-Clément au Nord et la Pointe de Grignon au Sud, le long de 27 profils transversaux répartis sur la partie sableuse de la zone 3 (Figure 44a). L'évolution du pied et du front de dune met en évidence deux secteurs au comportement bien distinct (Figure 44b) :

- Au niveau de la plage de Saint-Clément, le système dunaire est relativement stable (Figure 44b, profils 1 à 9) sous l'effet des deux épis en enrochements qui stockent les sédiments issus de la dérive littorale et garantissent un niveau de sable assez important sur l'estran. Une alternance de légères érosions / engraissements du pied de dune est observée mais aucune tendance significative n'est décelable (Figure 45).

- Au niveau des plages de la Combe et de Grignon les processus érosifs sont plus prégnants et le pied de dune recule d'environ -3,5m sur la période de suivi. Ce recul du trait de côte ne concerne que le pied de dune et la face de dune est relativement stable sur l'intégralité du linéaire (Figure 46). Les reculs les plus importants sont observés au droit du camping de La Combe à l'eau où ils atteignent -6,17m en 3 ans au niveau de profil 19.

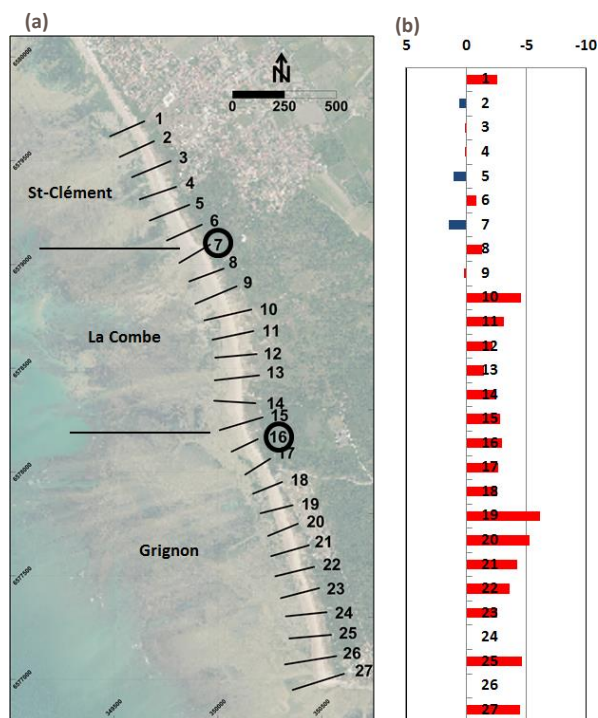


Figure 44. (a) Zone de suivi topographique de la zone 3 le long de 27 profils transversaux, et (b) évolution du pied de dune en mètres.

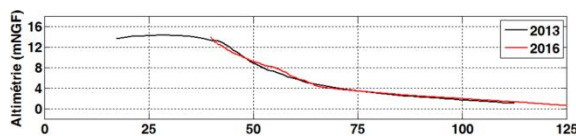


Figure 45. Evolution topographique au niveau du profil 7 localisé au Nord de la plage de la Combe. Stabilité du pied et du front de dune.

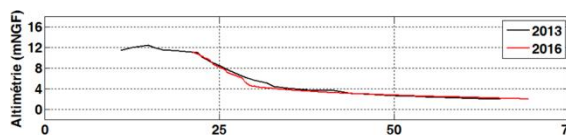


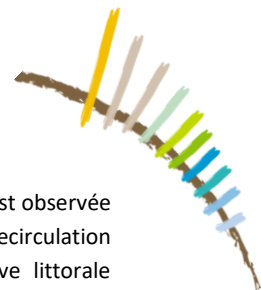
Figure 46. Evolution topographique au niveau du profil 16 localisé au Nord de la plage de Grignon. Erosion du pied de dune et stabilité de la face.

4.4.5. Conclusion

La zone d'Ars en Ré constitue une zone modérément sensible du littoral de l'Île de Ré.

A l'amont des épis de Saint-Clément, le trait de côte est globalement stable. A l'aval des épis, le recul du trait de côte est modéré et concerne essentiellement le pied de dune.

Ce secteur serait propice à l'accompagnement de formation de dunes embryonnaires végétalisées par la mise en place de pièges à sable et la plantation d'espèces adaptées, favorisant ainsi la reconstitution naturelle de la dune.



4.5. ZONE 4A – LE MARTRAY / LA COUARDE-SUR-MER

4.5.1. Introduction

Ce secteur constitue le plus long cordon dunaire de l'Île de Ré. Le bas de l'estran est constitué d'un large platier rocheux et le haut de l'estran est recouvert par une bande sableuse. La zone est globalement soumise à des processus érosifs très intenses et certains secteurs de la Couarde-sur-Mer ont été protégés, en urgence à la suite de tempêtes érosives, par des enrochements (Moulin Brûlé, Le Peu Ragot, La Pergola).

4.5.2. Processus

En se propageant dans le pertuis d'Antioche, les houles sont amorties par les fonds et ont tendance à s'infléchir tout en maintenant une certaine obliquité au trait de côte.

Ainsi, les courants de dérive littorale sont orientés d'Ouest en Est. Ils sont confinés sur le haut de l'estran et peu influencés par la marée (cf. convergence des courbes bleues, vertes et rouges / Figure 48).

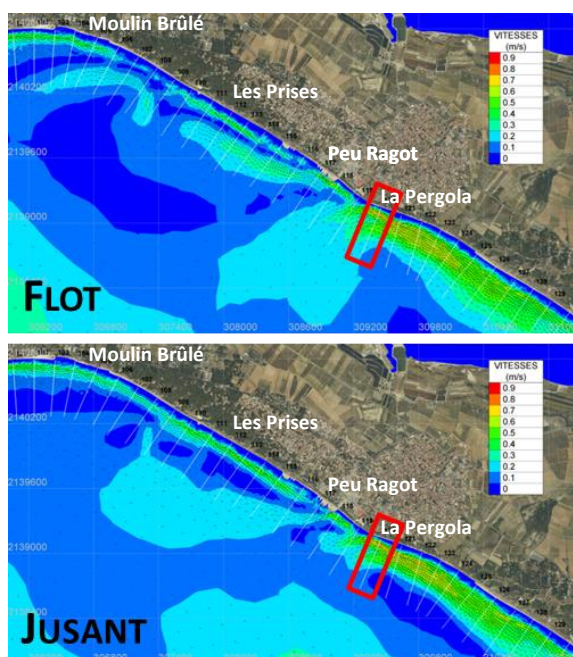


Figure 47. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).

Tableau 10. Evolution volumétrique (en m³) de la zone 4a au niveau des plages du Martray, du Moulin Brûlé, des Prises, du Peu Ragot.

	2013-04 / 2013-10	2013-10 / 2014-04	2014-04 / 2014-10	2014-10 / 2015-04	2015-04 / 2015-10	2015-10 / 2016-04	Bilan
Le Martray	2525	-6940	-2801	1738	5401	-7312	-7389
Moulin Brûlé	-3301	-6817	512	-11021	3186	-5285	-22726
Les Prises	3225	-9600	5026	1064	52	-20434	-20667
Peu Ragot Nord	3045	-7343	6219	51	3765	-13641	-7904
Peu Ragot Sud	9270	-6358	17657	-10741	-2049	6018	13797
Total	14764	-37058	26613	-18909	10355	-40654	-44889

Une concentration significative de l'agitation est observée au droit de la plage du Peu Ragot, où une recirculation d'Est en Ouest se crée, tandis que la dérive littorale s'accélère à la Pergola (secteur Sud de la plage du Peu Ragot), atteignant 0,7 m/s au jusant comme au flot.

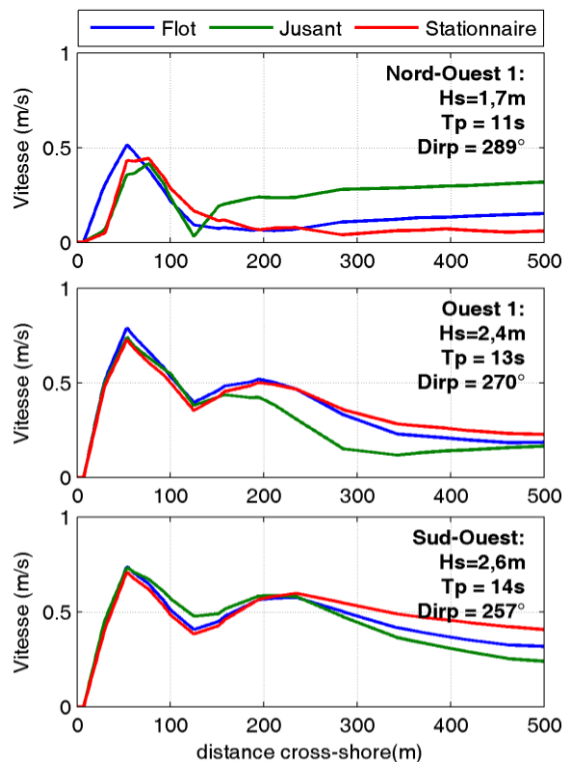
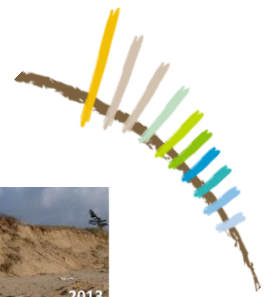


Figure 48. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire à la côte au droit de la Pergola pour les classes de houle : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).

4.5.3. Evolution de l'estran

Les analyses d'évolutions volumétriques de l'estran ont été mises en œuvre sur les plages du Martray, de Moulin Brûlé, des Prises, et du Peu Ragot Nord et Sud (Tableau 10). Elles montrent :

- Une tendance significative à l'érosion sur la plage du Moulin Brûlé et des Prises avec un bilan déficitaire de -22 726m³ et -20 667m³ entre 2013 et 2016.
- Une alternance de périodes d'érosion (hiver) et d'accrétion (été) sur l'ensemble de la zone et un bilan globalement négatif sur les plages du Martray et du Peu Ragot Nord.



4.5.4. Trait de côte et dune

Le suivi topographique est réalisé entre la plage du Martray et le Sud de la plage du Peu Ragot, le long de 51 profils transversaux répartis sur la partie sableuse de la zone 4a (Figure 49a).

La dynamique du pied de dune (Figure 49b) est variable sur cette partie du littoral :

- La mise en place d'enrochements (Figure 50) de haut de plage au niveau du Moulin Brûlé et de la Pergola entre 2013 et 2014 est observée sur les profils 9 à 12 et 37 à 39 (Figure 49b). Les valeurs positives représentent l'avancée artificielle du trait de côte,
- Une stabilité des plages situées en amont des ouvrages est observée. Les plages du Martray (Figure 49b, profils 1 à 7 et 30 à 39) et du Peu Ragot Nord ne montrent pas d'évolutions significatives,
- Une tendance nette à l'érosion à l'aval des enrochements avec un recul moyen de -5,5m/3ans (Figure 51 et Figure 52). Les reculs sont plus significatifs directement à l'aval des enrochements, et ont tendance à diminuer vers l'Est (Figure 49b). Les plages du Moulin Brûlé, des Prises et du Peu Ragot Sud subissent donc une érosion significative,
- De manière générale, la face de dune est stable sur l'ensemble de la zone 4a comprise entre le Martray et la Couarde-sur-Mer.

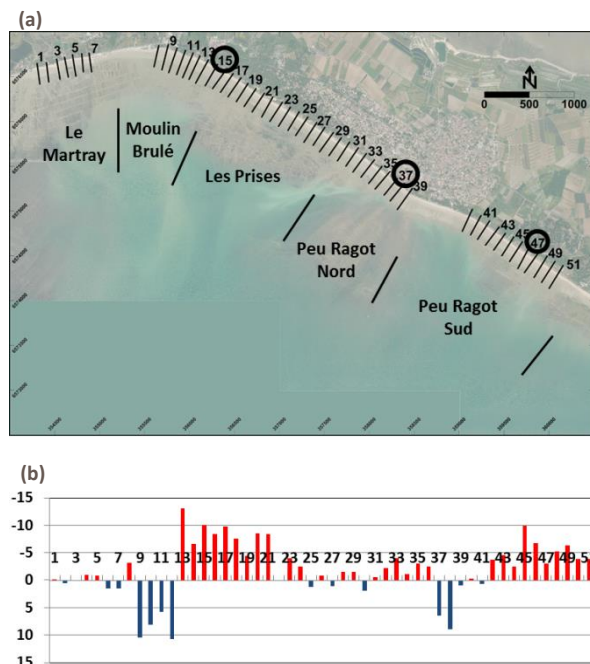


Figure 49. (a) Zone de suivi topographique du Martray à la Couarde-sur-Mer, le long de 51 profils transversaux, et (b) évolution du pied de dune en mètres.



Figure 50. Mise en place des enrochements au niveau de la Pergola (Profil 37).

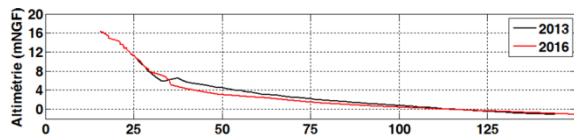


Figure 51. Evolution topographique au niveau du profil 15 localisé au niveau de la plage du Moulin Brûlé. Recul marqué du pied de dune et destruction des ganivelles.

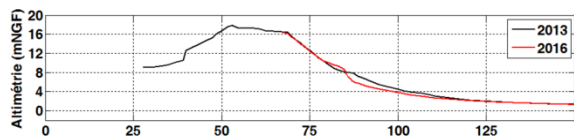
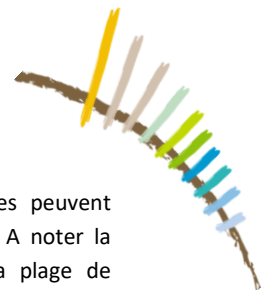


Figure 52. Evolution topographique au niveau du profil 47 localisé au centre de la plage du Peu-Ragot Sud. Recul du pied de dune.

4.5.5. Conclusion

La Couarde-sur-Mer constitue une zone sensible du littoral de l'Île de Ré. La zone est globalement soumise à des processus érosifs très intenses et certains secteurs ont été protégés en urgence par des enrochements (Moulin Brûlé, Le Peu Ragot, La Pergola). Au droit des enrochements, on constate un abaissement de la plage, et, à l'aval, des reculs importants du pied de dune sont observés. Le suivi de cette zone devra être renforcé, notamment sur le secteur du Peu Ragot où les processus érosifs sont exacerbés.



4.6. ZONE 4B – LE BOIS / LES GRENETTES

4.6.1. Introduction

Ce secteur constitue la terminaison méridionale du plus long cordon dunaire de l'Île de Ré. Le bas de l'estran est constitué d'un large platier rocheux et le haut de l'estran est recouvert par une bande sableuse. La zone est globalement soumise à des processus érosifs intenses mais moindres que dans la partie septentrionale du cordon. Au Sud des Grenettes, le littoral est caractérisé par une falaise calcaire en faible recul, prolongée par un large platier rocheux. L'estran est essentiellement composé de galets issus de l'érosion de la falaise.

4.6.2. Processus

Les processus de la zone 4b sont globalement les mêmes que ceux de la zone 4a : les houles sont amorties par les fonds et ont tendance à s'infléchir tout en maintenant une certaine obliquité au trait de côte. Les courants de dérive littorale sont orientés d'Ouest en Est. Ils sont confinés sur le haut de l'estran et peu influencés par la marée (cf. convergence des courbes bleues, vertes et rouges / Figure 54).

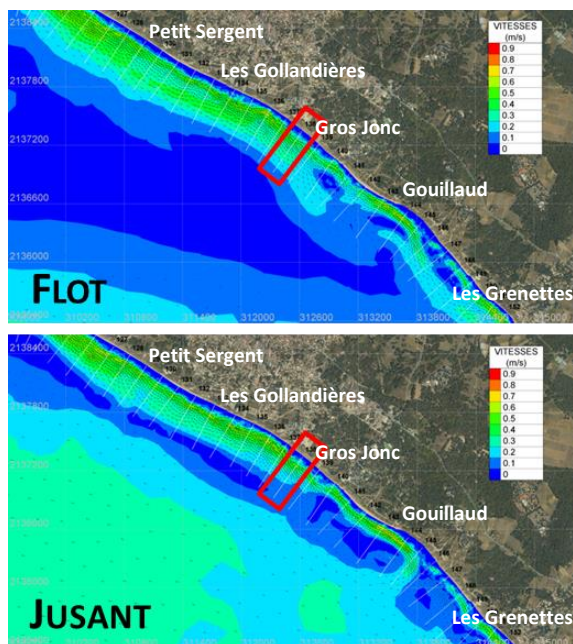


Figure 53. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).

Tableau 11. Evolution volumétrique (en m³) de la zone 4b au niveau des plages du Petit-Sergent aux Grenettes.

	2013-04 / 2013-10	2013-10 / 2014-04	2014-04 / 2014-10	2014-10 / 2015-04	2015-04 / 2015-10	2015-10 / 2016-04	Bilan
Petit-Sergent Gollandières	27707	-39238	32848	-2770	15705	-29237	5015
Gros Jonc	11559	-9503	11531	-9791	2049	2326	8171
Gouillaud Grenette	1492	-993	-12960	9904	1656	-8875	-9776
Total	40758	-49734	31419	-2657	19410	-35786	3410

Par houle d'Ouest et Sud-Ouest, les vitesses peuvent atteindre 0,7 m/s au jusant comme au flot. A noter la présence d'une recirculation au droit de la plage de Gouillaud.

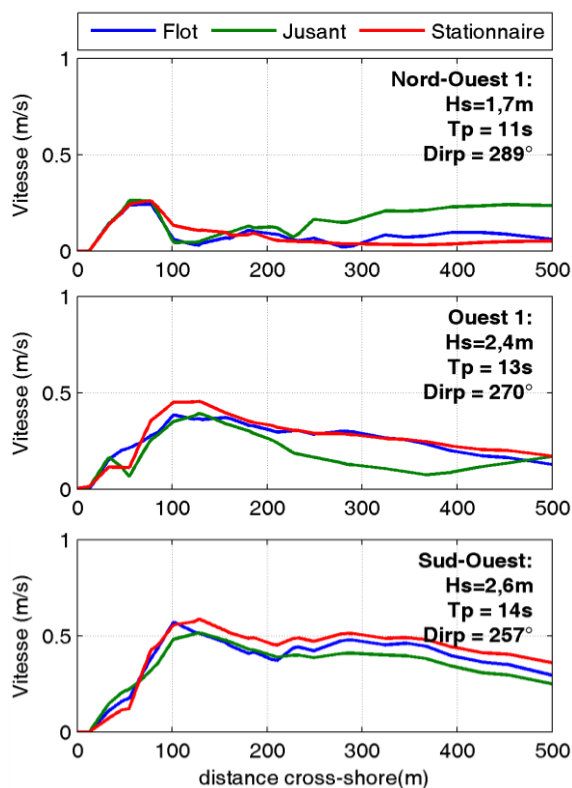
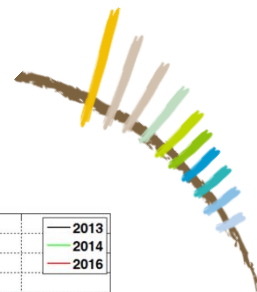


Figure 54. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire à la côte au droit du Gros Jonc pour les classes de houle : Nord – Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).

4.6.3. Evolution de l'estran

Les analyses d'évolutions volumétriques de l'estran ont été mises en œuvre sur les plages du Petit-Sergent, des Gollandières, du Gros Jonc, de Gouillaud et des Grenettes (Tableau 11). Elles montrent :

- Une tendance à l'érosion au niveau des plages de Gouillaud et des Grenettes avec un bilan déficitaire de -9 776 m³ entre 2013 et 2016,
- Une alternance de périodes d'érosion (hiver) et d'accrétion (été) sur le Nord de la zone avec un bilan excédentaire de +5000 m³ au Gollandières et de +8000 m³ au Gros Jonc sur la période de suivi.



4.6.4. Trait de côte et dune

Le suivi topographique est réalisé entre les communes du Bois-Plage-en-Ré et la plage des Grenettes sur la commune de Sainte-Marie-de-Ré, le long de 41 profils transversaux répartis sur la partie sableuse de la zone 4b (Figure 55a).

Le trait de côte est en léger recul sur cette zone (-1,9m/3ans en moyenne, Figure 55b) avec des différences marquées selon les secteurs :

- Au niveau de la plage du Petit-Sergent, à l'aval d'un épi, le trait de côte est fixé par des enrochements jusqu'au profil 4. Au Sud de l'enrochement, le trait de côte a reculé de -5m sur le profil 5,
- Le long de la plage des Gollandières, le cordon dunaire présente une résilience marquée sur certains secteurs à la suite de l'érosion généralisée du pied de dune au cours de l'hiver 2013-2014 (Figure 56). Sur ces secteurs en légère accrétion, la banquette végétalisée qui s'est constituée capte les apports éoliens,
- A partir du profil 19 (plage du Gros Jonc), la tendance à l'érosion est plus marquée en dépit d'une certaine résilience des cordons. Le recul moyen enregistré entre les profils 19 et 41 est de l'ordre de -3m/3ans et peut atteindre plus de 6m au niveau de la plage du Gouillaud. Le recul s'observe principalement au niveau du pied de dune avec l'affleurement du substrat rocheux en zone basse (Figure 57). La face de la dune reste stable même si elle peut être localement en léger recul.

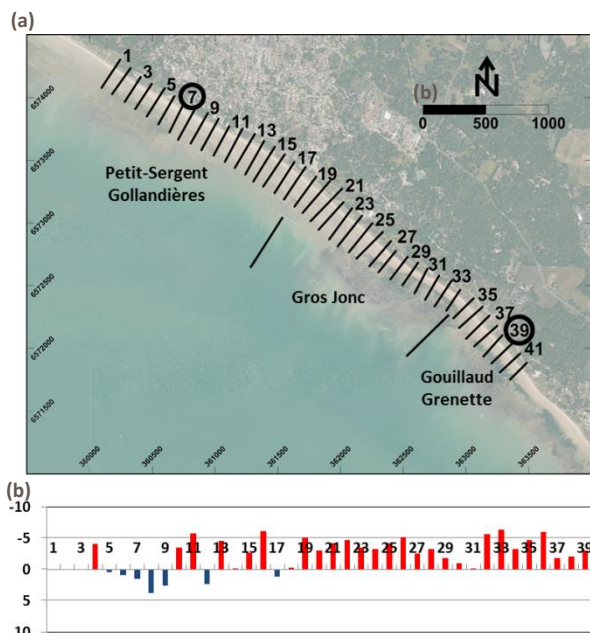


Figure 55. (a) Zone de suivi topographique entre le Bois-Plage et les Grenettes, et (b) évolution du pied de dune en mètres.

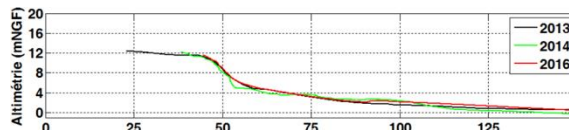


Figure 56. Evolution topographique au niveau du profil 7 : Erosion du pied de dune puis reconstitution d'une banquette végétalisée.

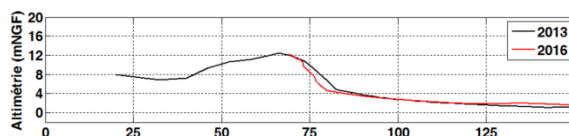


Figure 57. Evolution topographique au niveau du profil 39 : Erosion du pied de dune et affleurement du substrat rocheux.

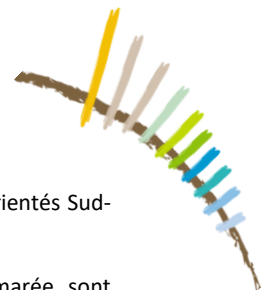
4.6.5. Conclusion

La zone du Bois-Plage-en-Ré aux Grenettes constitue une zone modérément sensible du littoral de l'Île de Ré.

Certains secteurs des Gollandières sont en accrétion avec la formation de banquettes végétalisées qui traduisent la résilience des cordons dunaires suite aux tempêtes de l'hiver 2013-2014. Au Sud, l'érosion est plus marquée mais reste modérée.

Ce secteur serait propice à l'accompagnement de formation de dunes embryonnaires végétalisées par la mise en place de pièges à sable et la plantation d'espèces adaptées, favorisant ainsi la reconstitution naturelle de la dune.

Enfin, une réflexion sur le maintien de l'épi du Petit-Sergent pourrait également être initiée dans le cadre des futures études de l'Observatoire.



4.7. ZONE 5 – RIVEDOUX

4.7.1. Introduction

De la Pointe de Chauveau à la plage de Sablanceaux, le littoral est essentiellement sableux, sauf dans le secteur de la Pointe de Chauveau constitué de falaises. La partie occidentale de la plage de Sablanceaux connaît un processus érosif important orienté en direction de la flèche qui s'engraisse. Sur la partie Nord de la flèche, en accrétion alimentée par des matériaux contournant la pointe, l'estran est sablo-vaseux.

4.7.2. Processus

Au niveau de la Pointe de Chauveau et de Sablanceaux, les houles sont fortement réfractées par les fonds et pénètrent dans le Courreau de la Pallice fortement atténuées et atteignent la côte de Sablanceaux avec une incidence assez forte, susceptible de générer un transit littoral significatif.

Les courants de dérive littorale, orienté Ouest-Est, sont confinés sur le haut de l'estran et peuvent atteindre 0,7 m/s par houles de Sud-Ouest.

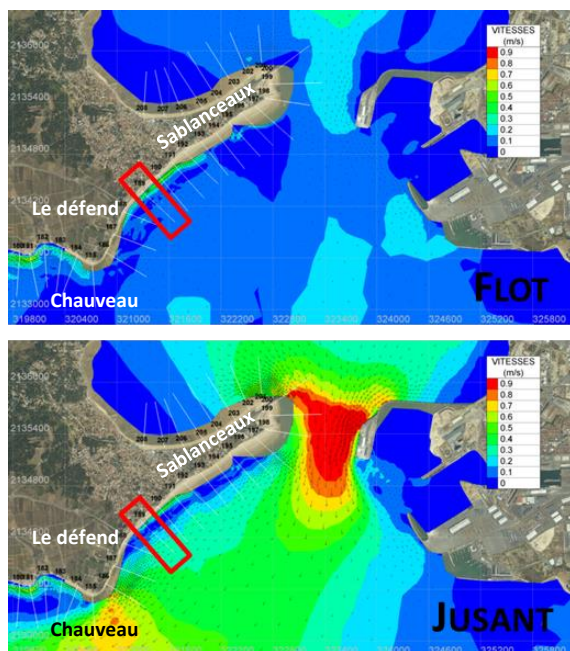


Figure 58. Courants induits par les vagues (Ouest 1) et la marée au flot (a) et au jusant (b).

Au flot (Figure 58.a), les courants de marée orientés Sud-Nord et influencent peu la dérive littorale.

Au jusant (Figure 58.b), les courants de marée sont orientés Nord-Sud et peuvent dépasser 2 m/s en vive-eau. Ils atténuent sensiblement la dérive littorale.

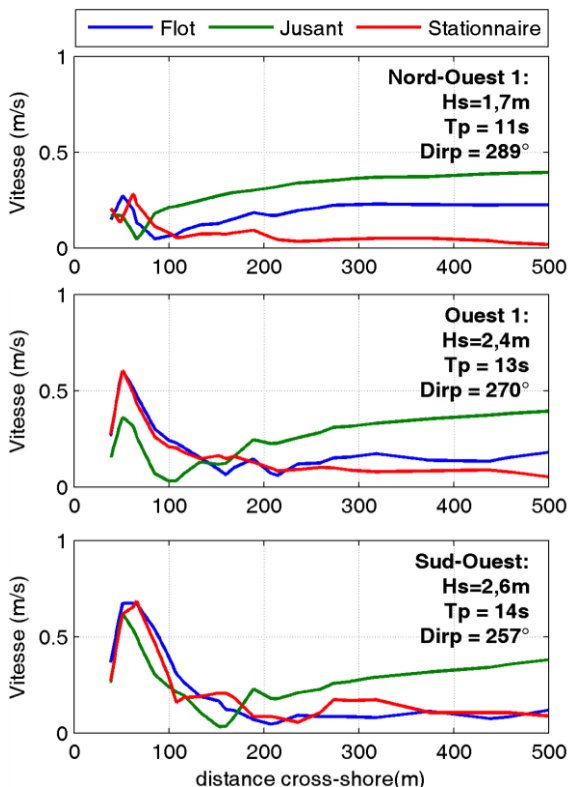


Figure 59. Profils de vitesses le long d'un transect perpendiculaire à la côte au droit de la cale de mise à l'eau pour les classes de houle : Nord - Ouest 1 (a), Ouest 1 (b) et Sud-Ouest (c).

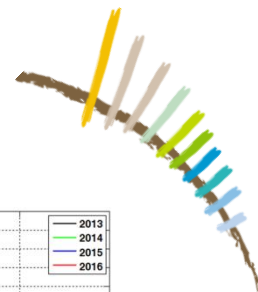
4.7.3. Evolution de l'estran

Les analyses d'évolutions volumétriques de l'estran ont été mises en œuvre sur les plages de Sablanceaux, de la Pointe et de Rivedoux-Plage (Tableau 12). Elles montrent :

- Une tendance significative à l'érosion au niveau de Sablanceaux (-10 796 m³) et plus particulièrement au cours des hivers 2013-2014 et 2015-2016,
- Un gain significatif de sable au niveau de la Pointe de Sablanceaux (+13 757 m³) et une relative stabilité de l'estran de Rivedoux-Plage (+2 026 m³).

Tableau 12. Evolution volumétrique (en m³) de la zone 5 au niveau des plages de Sablanceaux, de la Pointe et de Rivedoux-Plage.

	2013-04 / 2013-10	2013-10 / 2014-04	2014-04 / 2014-10	2014-10 / 2015-04	2015-04 / 2015-10	2015-10 / 2016-04	Bilan
Sablanceaux	-3806	-17027	10634	10448	2066	-13111	-10796
La Pointe	6758	-3591	7733	2514	1162	-819	13757
Rivedoux-Plage	-21218	14821	-6446	12645	-2131	4355	2026
Total	-18266	-5797	11921	25607	1097	-9575	4987



4.7.4. Trait de côte et dune

Le suivi topographique a été réalisé entre le Défend et Rivedoux-Plage, le long de 29 profils transversaux répartis sur la partie sableuse de la zone 5 (Figure 60a).

Sur cette zone caractérisée par la présence d'un cordon dunaire mince et bas, le suivi topographique fait apparaître cinq zones où l'évolution du trait de côte est distincte (Figure 60b) :

- Entre le Défend et la cale de mise à l'eau (profil 6), le trait de côte recule modérément grâce à l'effet des pieux bois qui stabilisent le niveau de sable et limitent l'érosion dunaire (Figure 61),
- A l'aval de la cale de mise à l'eau, entre les profils 7 à 15, le système dunaire a subi un recul conséquent (-5m) au cours de l'hiver 2013 – 2014. La mise en place d'enrochements en pied de dune a permis de stabiliser le secteur situé directement à l'aval de la cale,
- Entre les profils 15 et 17, le trait de côte est fixé par des enrochements,
- A proximité de la Pointe, entre le profil 18 et le profil 22 qui jouxte l'épi incurvé, une importante accumulation de sable est mesurée sur les profils topographiques. Sur le profil 19 (Figure 62) la formation d'une banquette végétalisée vient recouvrir l'enrochement du pied de dune,
- A l'aval de l'épi, le trait de côte est stable au Sud du Pont et en léger recul au Nord au niveau des profils 27 à 29.

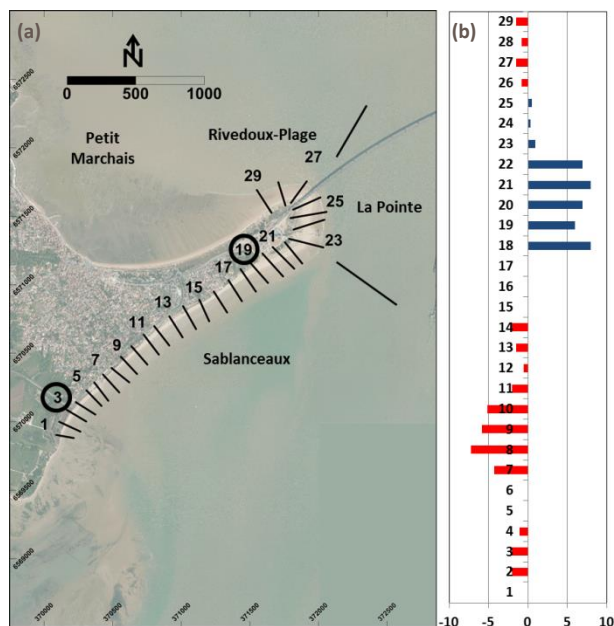


Figure 60. (a) Zone de suivi topographique de Rivedoux-Plage le long de 37 profils transversaux, et (b) évolution du pied de dune en mètres.

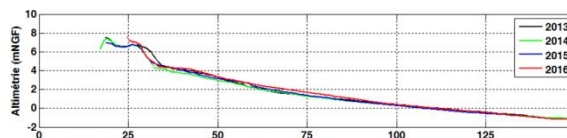


Figure 61. Evolution topographique au niveau du profil 7 localisé à l'aval de la cale de mise à l'eau. Recul du pied de dune.

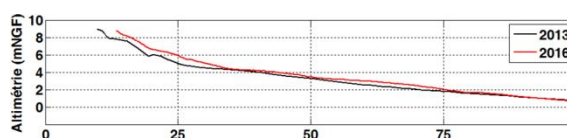


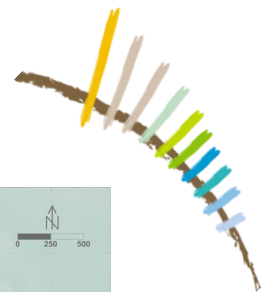
Figure 62. Evolution topographique au niveau du profil 19 localisé au Nord de la Plage de Sablanceaux. Engraissement du haut de plage.

4.7.5. Conclusion

La zone de Rivedoux est caractérisée par des reculs modérés à l'enracinement de la flèche de Sablanceaux et une accrétion à proximité de la pointe.

Si les reculs restent modérés à l'enracinement de la flèche, l'étroitesse et la faible altitude des cordons confèrent au secteur une sensibilité importante à l'érosion.

L'engraissement de la plage à l'amont de l'épi de la pointe permet d'envisager l'utilisation de ce secteur comme zone de prélèvements destinés au confortement de l'enracinement de la flèche de Sablanceaux.



4.8. BANC DU BUCHERON

Un schéma de fonctionnement morphodynamique du banc du Bûcheron (Figure 63) a été réalisé à partir :

- D'un ensemble de 21 orthophotographies IGN prises entre 1945 et 2014,
- Des travaux réalisés par Schillinger (2000) dans le cadre d'une thèse de doctorat,
- De deux levés bathymétriques mono-faisceau réalisés en juin 2015 et 2016 dans le cadre de l'Observatoire. La zone de couverture est d'environ 3,3km à l'Est et 1,5km au Nord du débouché du Fiers d'Ars. L'enracinement de la partie proximale n'a pas pu être couvert en raison des faibles profondeurs.

Depuis 1945, le banc du Bûcheron a toujours conservé son orientation Ouest-Est.

La partie proximale est continuellement érodée à sa base par le jusant du Fiers d'Ars. Par ailleurs, sous l'action combinée du flot et du jusant, des chenaux éphémères s'initient sur la racine de la partie proximale, dans une direction Nord/Sud.

Alors que la partie centrale reste fixe dans la plupart des cas, l'action du jusant du Fiers d'Ars engendre la formation du chenal des Goélands. Ce chenal de dimension significative, est très instable et change de direction en migrant régulièrement.

La partie distale du delta de jusant subit une translation vers le Sud sous l'influence des courants de flot. Le delta est constitué de chenaux éphémères qui apparaissent en fonction de la houle et des courants de marée.

En 2015, le chenal des Goélands est présent au niveau de la partie centrale du banc. Le chenal est significatif avec une largeur d'environ 250m à 300m et des profondeurs maximales de -3,6m NGF au niveau de la passe Nord. En partie distale, une légère dépression est observable au niveau du delta de jusant, alors que l'extrémité du banc s'oriente vers le Nord-Est.

En 2016, le chenal des Goélands est toujours présent et d'autant plus marqué. Les bords du chenal sont rectilignes et les profondeurs sont plus importantes (jusqu'à -4,5m NGF). En partie distale, un chenal éphémère est maintenant initié, et l'extrémité du banc est en phase de déstructuration. De manière plus générale, la partie centrale et la partie distale ont migré vers l'Est d'environ 20 à 25m, comme observé dans les études précédentes (Schillinger, 2000).

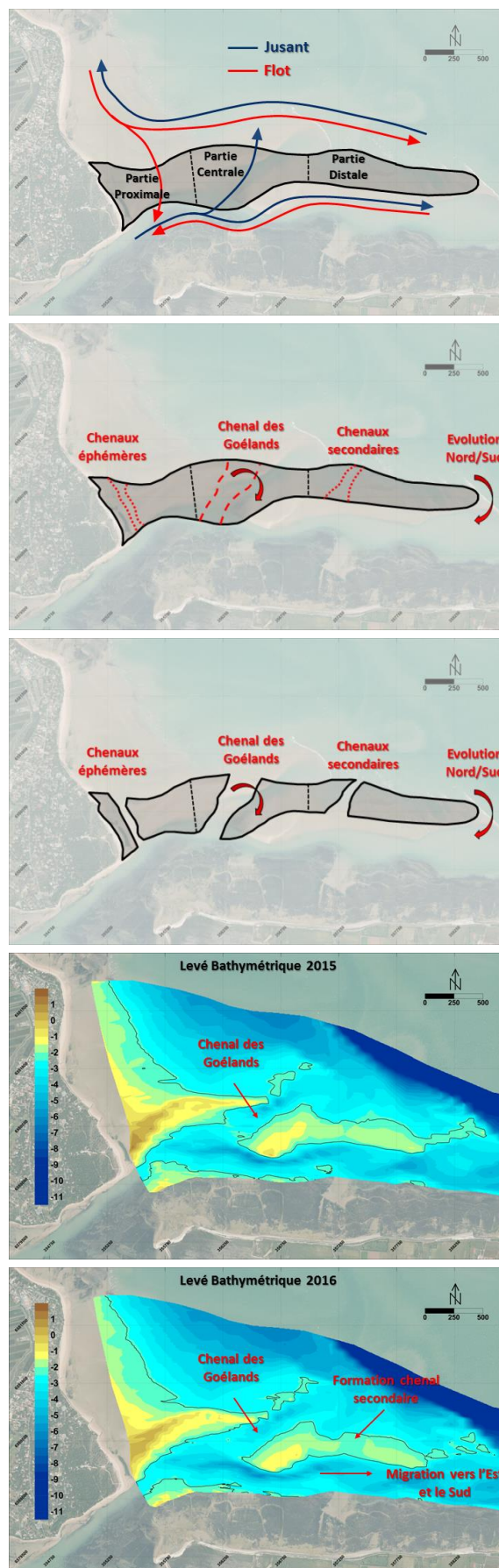
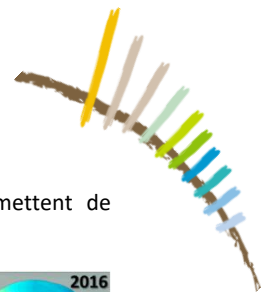


Figure 63. Schéma de fonctionnement du banc du Bûcheron et levés bathymétriques de 2015 et 2016.



4.9. POINTE DE SABLANCEAUX

La pointe orientale de l'Île de Ré constitue un large massif dunaire dont l'extrémité la plus orientale se caractérise par une flèche : la Pointe de Sablanceaux. Cette flèche sableuse montre depuis 1824 un engraissement et une progression vers le Nord-Est de l'ordre de 550 m en 180 ans (environ 3m/an en moyenne, Weber 2004). Son évolution illustre la présence d'un transport résiduel sableux par dérive littorale du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

Une analyse des tendances évolutives a été réalisée à partir d'un jeu de 28 orthophotographies IGN acquises entre 1950 et 2014 (Figure 64).

Le littoral situé entre la pointe des Chauveaux au Sud et l'embarcadère de la plage de Sablanceaux au Nord montre une tendance érosive de l'ordre de -1m/an. Cette tendance s'inverse à partir de l'embarcadère, vers la pointe (environ +2,5m/an) et jusqu'au niveau de Rivedoux-Plage (environ +1m/an).

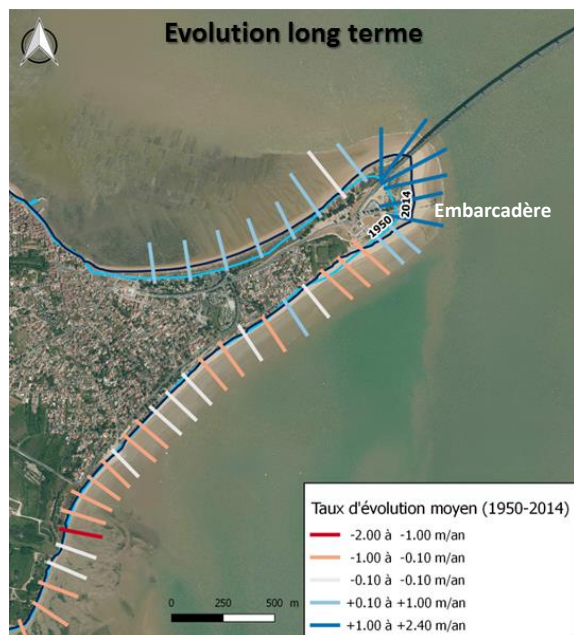


Figure 64. Carte des tendances évolutives de la Pointe de Sablanceaux entre 1950 et 2014.

Trois levés bathymétriques mono-faisceau ont été mis en œuvre au cours des mois de juillet 2014, 2015 et 2016. L'ensemble des résultats obtenus est présenté en Figure 65. Comme le montre la carte de différences altimétriques, les fonds bathymétriques au niveau de la zone de levé varient peu au cours de la période d'étude. La seule différence significative est mesurée au niveau de la Pointe de Sablanceaux avec une élévation de l'ordre de +1,5m pour les fonds compris entre -3 et -10m NGF.

Cette accumulation de sédiment se traduit par une progradation de la flèche vers le Nord-Est de l'ordre de 3,5m/an.

Deux coupes transversales (Figure 66) permettent de mettre en avant ce phénomène d'extension.

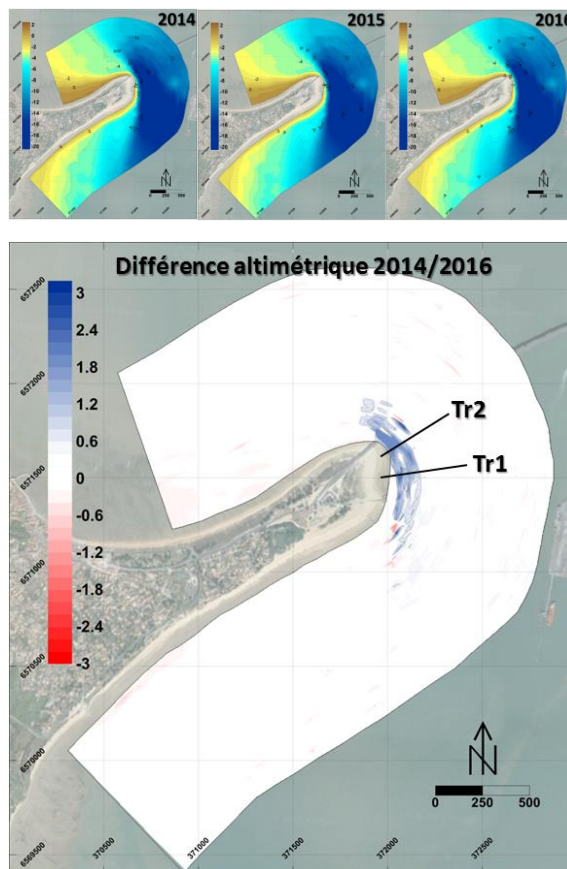


Figure 65. Cartes bathymétriques issues des levés de 2014, 2015 et 2016, et carte de la différence altimétrique entre le levé de 2014 et 2016.

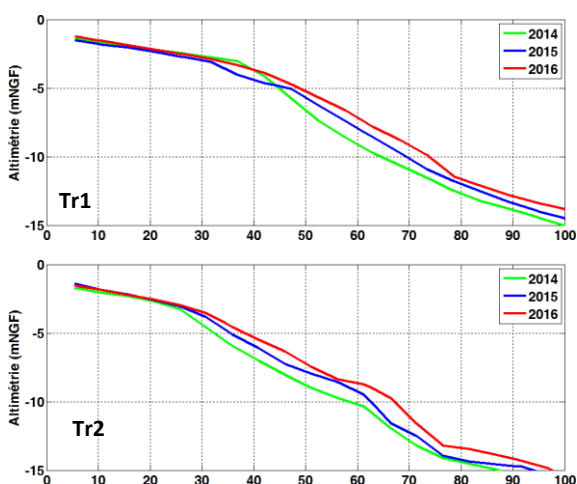
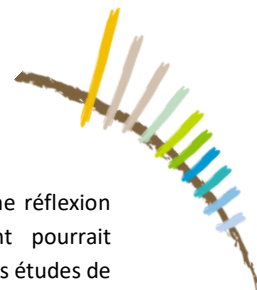


Figure 66. Coupes transversales des levés bathymétriques de 2014, 2015 et 2016.



5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les suivis et modélisation mis en œuvre dans le cadre de l'Observatoire ont permis d'améliorer les connaissances de la dynamique hydro-sédimentaire du littoral de l'Île de Ré. Par ailleurs, l'impact des tempêtes de l'hiver 2013-2014 sur les dunes de l'Île de Ré et la résilience des cordons ont pu être précisément quantifiés.

Aux niveaux des 6 « cellules sédimentaires » étudiées les éléments suivants sont à retenir (Figure 67).

Zone 1 – Les Portes en Ré : relativement protégée de l'action des houles et segmentée par des épis, cette zone ne constitue pas une zone sensible du littoral de l'Île de Ré. Certains secteurs sont en accretion avec la formation de banquettes végétalisées qui traduisent la résilience des cordons dunaires suite aux tempêtes de l'hiver 2013-2014. Seul le secteur de Trousse-Chemise présente localement des reculs importants à l'aval du dernier épi qui capte les transits littoraux. Une réflexion sur le maintien de cet épi pourrait d'ailleurs être initiée dans le cadre des futures études de l'Observatoire.

Zone 2 - Les Baleines : exposé à de fortes houles, ce secteur constitue une zone sensible du littoral de l'Île de Ré. Des reculs significatifs des cordons dunaires ont été mesurés au cours de l'hiver 2013-2014. Au cours des hivers suivants, cette partie du littoral a montré une certaine stabilité. Le suivi de ce secteur devra être renforcé, notamment après la démolition des blockhaus en 2016.

Zones 3 - Ars-en-Ré : bien qu'exposé à de fortes houles, ce secteur constitue une zone modérément sensible du littoral de l'Île de Ré. A l'amont des épis de Saint-Clément, le trait de côte est globalement stable. A l'aval des épis, le recul du trait de côte est modéré et concerne essentiellement le pied de dune. Ce secteur serait propice à l'accompagnement de formation de banquettes végétalisées par la mise en place de pièges à sable et la plantation d'espèces adaptées.

Zone 4a - Le Martray / La Couarde-sur-Mer : globalement soumis à des processus érosifs très intenses, ce secteur constitue une zone sensible du littoral de l'Île de Ré. Certains secteurs ont été protégés par des enrochements (Moulin Brulé, Le Peu Ragot, La Pergola) au cours de l'hiver 2013-2014. Au droit des enrochements, on constate un abaissement des fonds, et, à l'aval, des reculs importants du pied de dune sont observés. Le suivi de cette zone devra être renforcé, notamment sur le secteur du Peu Ragot où les processus érosifs sont exacerbés.

Zone 4b - Le Bois / Les Grenettes : exposé à des houles relativement atténuées, ce secteur constitue une zone modérément sensible du littoral de l'Île de Ré. Cette zone serait propice à l'accompagnement de formation de banquettes végétalisées par la mise en place de pièges à

sable et la plantation d'espèces adaptées. Une réflexion sur le maintien de l'épi du Petit-Sergent pourrait également être initiée dans le cadre des futures études de l'Observatoire.

Zone 5 - Rivedoux-Plage : exposée à des houles très obliques, la partie occidentale de la plage de Sablanceaux connaît un processus érosif important orienté en direction de la flèche qui s'engraisse. Si les reculs restent modérés à l'enracinement de la flèche, l'éroitesse et la faible altitude des cordons confèrent au secteur une sensibilité importante à l'érosion. L'engraissement de la pointe permet d'envisager l'utilisation de ce secteur comme zone de prélèvements destinés au confortement de l'enracinement de la flèche de Sablanceaux.

Concernant la poursuite des actions de l'Observatoire, la Communauté de Communes de l'Île de Ré souhaite pérenniser et améliorer les suivis et les outils de modélisations à travers sept axes de travail (Figure 68):

Axe 1 : Installation d'un système de suivi vidéo du littoral sur le secteur du Peu Ragot.

Axe 2 : Poursuite du suivi topographique (plages, dunes, enrochements) du littoral sableux de l'Île de Ré et suivi de la granulométrie des plages. Afin d'améliorer les suivis réalisés entre 2013 et 2016, des techniques de mesures innovantes par scanner laser et /ou photogrammétrie 3D seront mises en œuvre.

Axe 3 : Poursuite du suivi bathymétrique de la flèche de Sablanceaux et du banc du Bucheron. Prospection géophysique de gisements sableux (Sonar latéral et prélèvements sédimentaires).

Axe 4 : Modélisation morphodynamique des reculs dunaires en période de tempête.

Axe 5 : Développement d'un outil d'aide à la gestion des digues.

Axe 6 : Actualisation de la plateforme internet permettant d'accéder aux données en temps réel de stations météo, de la station vidéo du Peu Ragot et des modèles de houle opérationnels.

Axe 7 : Analyse des résultats, rédaction de bilans annuels et définition d'un plan de gestion des sédiments :

- Actions douces d'accompagnement en faveur de la formation de dunes embryonnaires au niveau des secteurs faisant l'objet de reculs modérés.
- Prélèvements au niveau des zones d'accumulation (Banc du bucheron / Pointe de sablanceaux) pour des rechargements annuels par voie terrestre.
- Recherche de gisements de sable pour la mise en œuvre de rechargements « massifs » sur les secteurs les plus sensibles.
- Production de données destinées aux études techniques et réglementaires

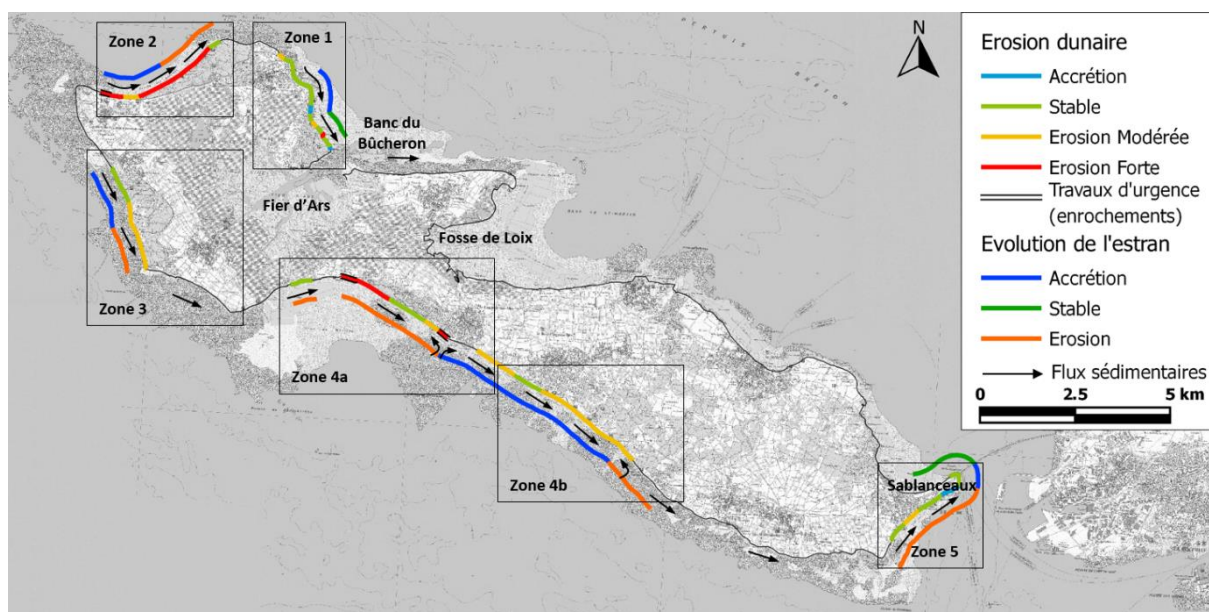
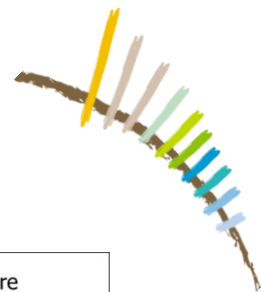


Figure 67. Synthèse des évolutions mesurées entre 2013 et 2016 dans le cadre de l'Observatoire du littoral de l'Île de Ré.

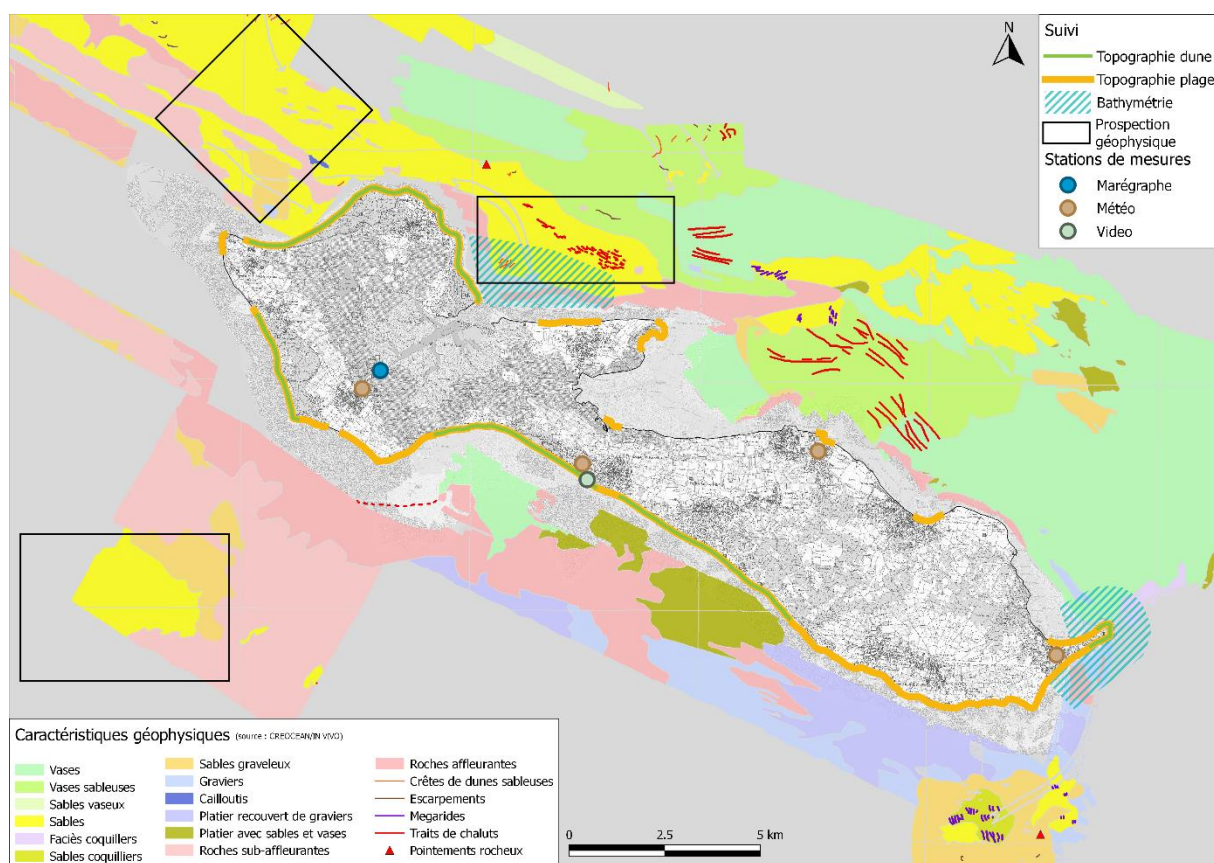
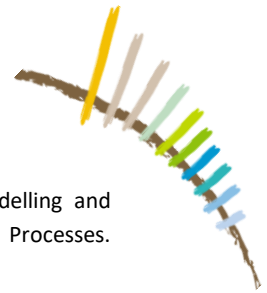


Figure 68. Dispositif et emprise de suivi de l'Observatoire du littoral de l'Île de Ré (2017-2019).



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANTEA GROUP / CABINET JEAN BOUGIS, (2012). Etude préalable de définition de dispositifs de défense contre la mer (Littoral de Charente-Maritime – Secteurs Ré, Marennes, Oléron. Rapport A65449/A.

BERTIN, X., BRUNEAU, N., BREILH, J., FORTUNATO, A. AND KARPYTCHEV, M., 2012. Importance of wave age and resonance in storm surges: The case Xynthia, Bay of Biscay. *Ocean Modelling*, 42: 16-30.

BERTIN X, Kai LI, Aron ROLAND, Jean-François BREILH, Eric CHAUMILLON. Contributions des vagues dans la surcote associée à la tempête Xynthia, février 2010. XIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Cherbourg, 12-14 juin 2012.

BOUDIERE E., MAISONDIEU C (2014). Manuel de l'utilisateur de la base de données HOMERE. Rapport IFREMER - RDT/LCSM/C&R14LCSM301/EB/CM.

BRGM (1988), La Rochelle - Île de Ré. Carte géologique de la France au 1/50 000.

CHARLES E., IDIER D., THIEBOT J., LE COZANNET G., PEDREROS R., ARDUIN F. AND PLANTON S. (2012). Wave climate variability and trends in the Bay of Biscay from 1958 to 2001, *Journal of Climate*. doi: 10.1175/JCLI-D-11-00086.1

CETMEF (2013). Analyse des surcotes extrêmes le long des côtes métropolitaines.

DE VRIEND, H. J. (1991). Mathematical modelling and large-scale coastal behavior: Part 1. Physical Processes. *Journal of Hydraulic Research*, 26(6), 727-740.

KROON, A. (1994). Sediment transport and morphodynamics of the beach and nearshore zone near Egmond, the Netherlands., University Utrecht, NL.

NICOLAE LERMA A. ET BULTEAU T. AVEC LA COLLABORATION DE MUGICA J. (2014). Caractérisation des événements de tempête de l'hiver 2013-2014 pour la côte aquitaine. Rapport BRGM/RP-64020-FR.

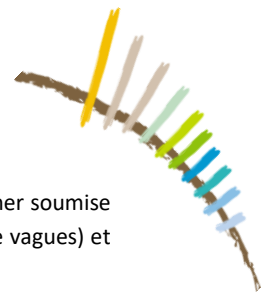
SCHILLINGER S. (2000) Genèse et architecture d'une flèche sableuse : le Banc du Bûcheron, île de Ré, France. Thèse de doctorat en Sciences de la Terre. Océanographie. Université de La Rochelle

SHOM/CETMEF (2012). Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique).

SHOM (2014) Edition 2014 du produit Références Altimétriques Maritimes (RAM) .

SOGREAH – IN VIVO (2001). Gestion dynamique des sédiments sur les côtes de l'île de Ré. Conseil Général de la Charente Maritime

WEBER N. (2004). Morphologie, architecture des dépôts, évolution séculaire et millénaire du littoral charentais : apports de la sismique réflexion combinée à des suivis bathymétriques et validée par des vibrocarottages. Thèse de doctorat en Géologie marine. Océanographie. Université de La Rochelle



GLOSSAIRE

Accrétion : Accumulation de sédiments pouvant être d'origine naturelle ou artificielle. L'accrétion naturelle de sédiments est réalisée par dépôts éoliens ou marins sur la plage. L'accrétion artificielle correspond à une accumulation issue de la mise en place d'ouvrages de protection ou le dépôt à l'aide d'engins.

Aléa : Manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique (provoqué directement ou indirectement par l'homme) d'occurrence et d'intensité données.

Anthropique : Qualifie toute forme provoquée directement ou indirectement par l'action de l'homme.

Bathymétrie : Mesure par sondage acoustique des profondeurs de l'océan pour déterminer la topographie des fonds de la mer.

Berne : Corps sédimentaire sableux de plage situé sur la zone supérieure de battement de la houle. Créée lors des périodes d'engraissement de plage par des houles calmes et régulières. Plusieurs bermes peuvent se succéder sur un profil de plage.

Cellule sédimentaire : Portion du littoral ayant un fonctionnement sédimentaire relativement autonome par rapport aux secteurs voisins. Les limites des cellules sont, soit des ouvrages maritimes, soit des obstacles naturels importants (embouchures, caps, ...) qui bloquent ou modifient le déplacement du sable sous l'action des houles (transit littoral).

Déflation éolienne : Processus d'érosion par le vent qui affecte les sédiments meubles fins.

Dérive littorale / Transit littoral : Transport sédimentaire parallèle à la côte, induit par la houle.

Engraissement : Accumulation de sédiments sur une plage en dehors des phases de tempêtes. Élévation par sédimentation du profil transversal d'une plage, d'un cordon littoral ou d'un lobe de méandre.

Epi : Ouvrage de défense transversal par rapport au trait de côte. L'épi permet de retenir une partie de la charge sédimentaire véhiculée par la dérive littorale.

Erosion : Ensemble de phénomènes externes qui, à la surface du sol ou à faible profondeur, modifient le relief par enlèvement de matière solide.

Etat de mer : Description de la surface de la mer soumise à l'influence du vent (qui génère le système de vagues) et de la houle.

Ganivelle : Clôture formée par l'assemblage de lattes de bois (habituellement du châtaignier calibré en 45 mm de large et 13 d'épaisseur) qui provoque une forte diminution de la vitesse du vent qui la traverse et par suite, la chute du sable transporté par le vent. Ce pouvoir lui confère une notoire utilité dans les actions de reconstitution ou de protection des dunes littorales ; leur fonction de barrière permettant en même temps une gestion des déplacements humains sur les sites.

Géomorphologie : Science connexe ou branche de la géographie physique qui étudie et explique les formes du relief terrestre.

Granulométrie : Mesure du classement ou de la répartition des sédiments en fonction de leur taille.

Flot : Terme maritime qualifiant la période pendant laquelle la marée est montante.

Hauteur significative des vagues (Hs) : Valeur moyenne du tiers supérieur des hauteurs des vagues observées sur un intervalle de temps défini.

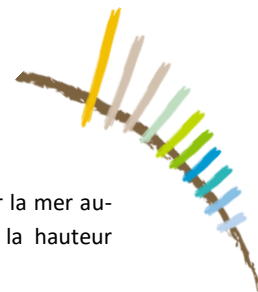
Jet de Rive : Flux et reflux des vagues sur la plage ou tout autre plan incliné tel une digue.

Jusant : Terme maritime qualifiant la période pendant laquelle la marée est descendante.

LIDAR : La topographie par laser ou lidar, acronyme de l'expression en langue anglaise « light detection and ranging » ou « laser detection and ranging », est une technique de mesure à distance fondée sur l'analyse des propriétés d'un faisceau de lumière renvoyé vers son émetteur.

Litto3D : Projet commun au SHOM et à l'Institut géographique national permettant une description en 3 dimensions du littoral, notamment grâce à la technologie LIDAR.

Littoral : Zone de contact entre l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère. Au sens strict, c'est la zone comprise entre les plus hautes et les plus basses mers. La largeur de ce domaine est variable ; il englobe l'arrière-côte dans la terre ferme, le rivage proprement dit et la zone de balancement des marées ou estran, ainsi que l'avant-côte submergée en permanence.



Marnage : Amplitude d'une marée correspondant à la distance verticale entre la limite de la basse et de la haute mer.

Mer de vent : Ensemble de vagues qui se forme sous l'action du vent local. En s'éloignant de l'endroit où elles sont générées, les vagues se transforment en houle établie.

Occurrence : L'occurrence d'un évènement est son apparition dans le temps et/ou l'espace.

Période de retour / Durée de retour : Elle correspond au temps statistique entre deux occurrences d'un évènement naturel. Plus la période de retour est importante, plus l'évènement est rare et dommageable. Pour exemple, une tempête de période de retour 10 ans a 1 chance sur 10 de se reproduire chaque année. Elle peut néanmoins ne pas survenir ou être observée plusieurs fois dans une même année.

Programme d'Actions de Prévention des inondations : Créés en 2002, les Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) visent à promouvoir une gestion intégrée des risques d'inondations afin de réduire leurs conséquences dommageables éventuelles sur la santé publique, les biens, les activités économiques et l'environnement. Outil de contractualisation entre l'Etat et les collectivités, le dispositif PAPI permet la mise en oeuvre d'une politique globale, pensée à l'échelle d'un bassin de risque.

Progradation : Avancée d'une construction sédimentaire (plage par exemple) en raison d'un bilan positif de sédimentation dans lequel les sédiments se déposent en avant les uns des autres

Réfraction des vagues : La diminution de la célérité des vagues avec la profondeur conduit à des phénomènes de réfraction. Un élément de crête arrivant obliquement par rapport aux isobathes (lignes d'égale profondeur) possède une extrémité qui se trouve sur une profondeur inférieure à celle de l'autre extrémité. Les longueurs d'onde étant différentes la crête bascule de manière à se rapprocher de la direction de l'isobathe. De manière imagée on dit que les hauts fonds freinent les vagues. Sur une plage, les crêtes se rapprochent donc de la ligne de rivage jusqu'à ce que la profondeur soit assez faible pour que s'amorce le déferlement. Sur une pointe il y a concentration des orthogonales, donc augmentation de l'agitation et une atténuation liée à l'épanouissement dans une baie.

Run-up : Hauteur d'eau maximale atteinte par la mer au-dessus de son niveau moyen. Il représente la hauteur maximale du jet de rive.

Semi-diurne : La marée semi-diurne est une marée en mer dont la périodicité est voisine de la demi-journée : 12 h pour le Soleil, 12 h 25 pour la Lune, chaque pleine mer retardant donc d'environ 25 minutes sur la suivante.

Set-up : Remontée locale du niveau moyen de la mer sous l'effet du déferlement.

Surcotes : Élévation temporaire du niveau de la mer due à une chute de la pression atmosphérique, notamment au cours d'une tempête.

Système d'information géographique - SIG : Système de gestion de base de données pour la saisie le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées géographiquement. Il permet de disposer d'un ensemble de données repérées dans l'espace, structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision en matière d'environnement.

Talus : Zone en forte pente qui limite une plaine, un glaciais, un plateau, une terrasse, un fossé, une tranchée.

Trait de côte : Représente le plus souvent la limite des plus hautes mers, mais la définition de cette locution peut varier selon l'usage : zéro hydrographique, zéro NGF, pied de dune, berme...

Zone de déferlement : Zone où les vagues se rapprochent de la côte et où elles se brisent, formant l'écume.