

Suivi des plages de la presqu'île de Cayenne de 2011 à 2014

Rapport final

BRGM/RP- 64243-FR
Décembre 2014

Étude réalisée dans le cadre du projet
de Service public du BRGM 2012-PSP12GUY37

DE LA TORRE Y. et MOISAN M.

Avec la collaboration de
PIQUET M. ; BOURBON P. ; JOSEPH B. et NONTANOVANH M.

Vérificateur :

Nom : Yann BALOUIN

Date : 14/01/2015

Signature :



Approbateur :

Nom : Ariane BLUM

Fonction : Directrice BRGM Guyane

Date : 16/01/2015

Signature :



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



Mots-clés : Littoral, plage, Cayenne, Rémire-Montjoly, réseau de suivi.

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

De la Torre Y., Moisan M., Piquet M., Bourbon P., Joseph B., Nontanovahn M. (2014) – Suivi des plages de la presqu'île de Cayenne de 2011 à 2014. Rapport BRGM/RP- 64243-FR, 46 p, 10 fig., 3 ann.

Synthèse

Les littoraux sableux de la presqu'île de Cayenne sont particulièrement dynamiques et les enjeux présents sur cette partie du littoral guyanais sont relativement importants (habitations, infrastructure routière, etc.). Or, la presqu'île de Cayenne est régulièrement menacée par l'érosion côtière et il n'existe pas à ce jour de véritables outils d'observation de la dynamique côtière.

Dans le cadre d'une convention d'une durée de 3 ans entre la DEAL (Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement) de Guyane et le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), un réseau de suivi de mesures topo-morphologiques des plages de la presqu'île de Cayenne a été mis en place afin de suivre la dynamique des littoraux sableux.

Les suivis de profils topographiques mis en œuvre depuis 2011 permettent donc de mettre en évidence et de quantifier l'érosion généralisée des plages de Cayenne dans la phase actuelle d'inter-bancs. Cependant, dans le détail les trois plages étudiées ne semblent pas se comporter de manière identique, notamment vis-à-vis de la tempête majeure de janvier 2013 (houle de Nord-Nord-Est de 6m de hauteur maximale) :

- l'anse de Montabo montre clairement une dérive littorale de l'ouest vers l'est avec un transfert de sable de l'ordre de 100m^3 en janvier 2013 consécutivement à cette tempête ;
- la plage de Montjoly subit également début 2013 une perte similaire dans sa partie ouest (Anse Bourda -80m^3) et un gain en sable conséquent à l'extrémité Est ($+350\text{m}^3$). Une bascule semble s'initier depuis octobre 2014 avec une perte de sédiment à l'est de la plage (-60 à -100m^3).
- la plage de Rémire reproduit ce schéma uniquement dans le secteur Est de Gosselin. La partie centrale au niveau de l'Auberge des plages accuse quant à elle une perte progressive et régulière de sédiments mais pas spécifiquement début 2013. Ce secteur est en effet déjà très érodé au démarrage des mesures et le stock de sable disponible est très limité.

Si la tempête de 2013 a été le forçage majeur sur la période de mesure avec un déplacement vers l'est du sable, il est possible de voir le sable revenir naturellement vers l'ouest sous l'effet du phénomène de rotation de plage, typique des plages de poche. A moins que l'arrivée à l'est du banc de vase via le contournement de l'embouchure du Mahury ne vienne interférer dans ces processus. Par ailleurs, les échanges de sable avec la partie immergée de la plage restent à éclaircir.

La poursuite des mesures topographiques et bathymétriques et l'interprétation des données, y compris de l'évolution du trait de côte et des relations de causes à effets avec les données de houle (mesures et modèles prédictifs), dans le cadre de l'*Observatoire de la dynamique côtière de Guyane* devraient permettre de préciser ces différents aspects.

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. CONTEXTE	9
1.2. OBJECTIFS	10
2. Méthodologie.....	13
2.1. LES LEVES TOPOGRAPHIQUES.....	13
2.1.1. Localisation des profils et fréquence d'acquisition.....	13
2.1.2. Les levés au tachéomètre laser	16
2.1.3. Les levés au DGPS.....	17
2.2. LES LEVÉS BATHYMÉTRIQUES.....	18
2.2.1. Les levés CREOCEAN de 2013.....	19
2.2.2. Les levés CNRS de 2014.....	20
3. Les forçages hydro-sédimentaires	21
3.1. LA MIGRATION DES BANCS DE VASE.....	21
3.2. LES CONDITIONS DE HOULE.....	22
4. Résultats	27
4.1. MONTABO.....	27
4.1.1. Contexte morphologique.....	27
4.1.2. Evolution des profils en 2014.....	28
4.1.3. Evolution des profils depuis 2011.....	30
4.2. MONTJOLY	32
4.2.1. Contexte morphologique.....	32
4.2.2. Evolution en 2014	33
4.2.3. Evolution de 2011 à 2014	36
4.3. ANSE DE RÉMIRE	39
4.3.1. Contexte morphologique.....	39
4.3.2. Evolution en 2014	40
4.3.3. Evolution de 2011 à 2014	43
5. Conclusion.....	45
6. Bibliographie	47

Liste des illustrations

Illustration 1 : Presqu'île de Cayenne et de ses principales anses sableuses (source IGN)	9
Illustration 2 - Dégâts générés par l'érosion littoral sur la plage de Montjoly entre 2006 et 2007 (BRGM)	10
Illustration 3 : Position des profils sur la plage de Montabo (BD Orthophoto IGN 2006)	13
Illustration 4 : Position des profils sur la plage de Montjoly (BD Orthophoto IGN 2006).....	14
Illustration 5 : Position des profils sur la plage de Rémire (BD Orthophoto IGN 2006)	15
Illustration 6 : Référentiel altimétrique des têtes de profils	16
Illustration 7 : Exemple d'un levé de profil de plage au tachéomètre laser	17
Illustration 8 : Dispositif GPS différentiel, avec la station fixe à gauche et la station mobile à droite, pour le levé d'un profil de plage	18
Illustration 9 : Emplacement des profils bathmétriques envisagés (Bd Ortho, IGN 2006)	19
Illustration 10 : Banc de vase à proximité de la presqu'île de Cayenne observé à partir d'une image satellite Landsat 8 de juillet 2013 en haut (banc en gris) et d'octobre 2014 en bas (banc en marron clair) – source USGS.....	22
Illustration 11 : Hauteurs significatives et maximales de houle de la bouée 97302 entre janvier 2012 et novembre 2014 – source CANDHIS.....	23
Illustration 12 : Conditions météo-marines enregistrées par le houlographe au large de la presqu'île de Cayenne entre le 13 et le 17 janvier 2013. a) Marée observée à Dégrad des Cannes en mètre côte marine, b) Période associée à la houle significative (Th1/3) et maximum (Thmax) en seconde, c) hauteur significative de la houle (H1/3) et maximum (Hmax) en mètre. En grisé sur le graphique apparait le pic d'intensité de la houle.....	24
Illustration 13 : Erosion au niveau de la rhumerie beach dans l'anse de Rémire en janvier 2013	25
Illustration 14 : Larges croissants de plage dont les cornes sont entaillées en micro-falaises (oct. 2014)	27
Illustration 15 : Haut de plage marqué par une microfalaise végétalisée (oct. 2014)	28
Illustration 16 – Profils Montabo en 2014	29
Illustration 17 – Evolution interannuelle des profils de Montabo depuis 2011 (en rouge variation nette par rapport au premier levé, en noir variation cumulée par rapport au levé précédent)	31
Illustration 18 – Morphologie globale de la plage de Montjoly en octobre 2014	32
Illustration 19 – Micro-falaise et paléo-sols à l'exutoire des salines en octobre 2014.....	32
Illustration 20 – Profils au niveau de l'anse Bourda, à l'ouest de la plage de Montjoly.....	33
Illustration 21 – Profil au niveau des salines au centre de la plage de Montjoly	34
Illustration 22 – Profils sur la partie Est de la plage de Montjoly	35
Illustration 23 - Evolution interannuelle des profils de l'anse Bourda à l'ouest de la plage de Montjoly depuis 2011 (en rouge variation nette par rapport au premier levé, en noir variation cumulée par rapport au levé précédent)	36
Illustration 24 - Evolution interannuelle du profil des salines au centre de la plage de Montjoly depuis 2011 (en rouge variation nette par rapport au premier levé, en noir variation cumulée par rapport au levé précédent).....	37

Illustration 25 : Evolution interannuelle des profils à l'est de la plage de Montjoly depuis 2011 (en rouge variation nette par rapport au premier levé, en noir variation cumulée par rapport au levé précédent).....	38
Illustration 26 : Micro-falaise du haut de plage de l'anse de Rémire en octobre 2013	39
Illustration 27 : Enrochements et constructions sur l'estran de l'anse de Rémire en octobre 2013	40
Illustration 28 – Profils de l'anse de Rémire en 2014.....	42
Illustration 29 : Evolution interannuelle des profils à l'est de la plage de Montjoly depuis 2011 (en rouge variation nette par rapport au premier levé, en noir variation cumulée par rapport au levé précédent).....	44

Liste des annexes

Annexe 1 Profils de plage de 2011 à 2014	49
Annexe 2 Profils bathymétriques de CREOCEAN 2013	59

1. Introduction

1.1. CONTEXTE

La morphologie côtière de la presqu'île de Cayenne est presque unique sur la côte guyanaise. C'est la seule portion où des avancées rocheuses des anses dans lesquelles on retrouve des plages sableuses permanentes (Illustration 1). Le reste du littoral est constitué d'une côte basse et argileuse, issue des apports réguliers du fleuve Amazone sous forme de vastes bancs de vase plurikilométriques et largement colonisé par la mangrove.



Illustration 1 : Presqu'île de Cayenne et de ses principales anses sableuses (source IGN ©SCAN25)

Les plages sableuses de la presqu'île de Cayenne subissent des transformations morphologiques considérables sous l'influence du passage de ces bancs de vase au large de la presqu'île et sous l'action la houle en période d'inter-bancs, où la côte n'est plus protégée par la présence de fonds vaseux fluides qui amortissent fortement les houles du large (Anthony et Dolique, 2004). Les impacts en termes d'érosion et de dégâts sont, dans cette configuration, considérables (Illustration 2).



Illustration 2 - Dégâts générés par l'érosion littoral sur la plage de Montjoly entre 2006 et 2007 (BRGM)

1.2. OBJECTIFS

En concertation avec la DEAL en 2012, le BRGM Guyane a proposé de mettre en place **un réseau de suivi topographique de profils de plage** sur des secteurs sensibles du littoral de la presqu'île de Cayenne, à savoir : l'anse de Montabo, la plage de Montjoly et l'anse de Rémire.

Ces trois secteurs sont par ailleurs inclus dans la zone d'aléa élevé pour le recul du trait de côte dans le Plan de Prévention des Risques Naturels Littoraux (PPRL) de Cayenne, Rémire-Montjoly et Matoury (BRGM, 2000). Ils concentrent des enjeux importants en termes d'urbanisation, ce qui en fait des espaces à risque important.

Cette action de suivi s'intègre dans les recommandations de la récente *Stratégie de Gestion Intégrée du Trait de Côte* (MEDDTL, 2012) et de son axe 1 « *Développer l'observation du trait de côte et identifier les territoires à risque érosion pour hiérarchiser l'action publique* » qui vise à *créer un réseau d'observation et de suivi de l'évolution du trait de côte à l'échelle nationale, en s'appuyant sur les acteurs locaux* (Actions 1.1).

Ce projet constitue en effet la première étape de la mise en place d'un observatoire de la dynamique côtière de Guyane intégrant également les communes de Kourou et d'Awala-Yalimapo.

Il est important de rappeler par ailleurs que par le passé, des mesures de profil de plage ont déjà été réalisées ponctuellement par des équipes de recherche du CNRS sur les plages de Montjoly et l'anse de Rémire notamment (Anthony *et al.*, 2002 ; Anthony et Dolique, 2004 ; Dolique et Anthony, 2005). En outre, un projet de démonstrateur de suivi du littoral entre Kourou et Cayenne par imagerie satellite a été récemment réalisé. Ce projet nommé *Infolittoral* met à disposition des informations concernant l'évolution du trait de côte et la migration des bancs de vase depuis ces dix dernières années. Un démonstrateur web a été réalisé et

présente les résultats des travaux menés dans le cadre de ce projet (<http://infolittoral.sirs-fr.net/>). Ces initiatives et leurs prolongations participent également à la démarche d'observatoire de la dynamique côtière de Guyane.

Le rapport présente tout d'abord la méthodologie mise en œuvre ainsi que les forçages hydrosédimentaires responsables des évolutions et enfin l'interprétation des résultats des profils de plage sur les trois anses en 2014, ainsi que sur l'ensemble de la période de mesure, soit de 2011 à 2014. Ce rapport final poursuit et reprend deux rapports intermédiaires (Moisan *et al.*, 2012 ; Moisan, 2013).

2. Méthodologie

2.1. LES LEVES TOPOGRAPHIQUES

Le suivi des plages de la presqu'île de Cayenne s'appuie sur des mesures topomorphologiques fondées sur l'acquisition de profils perpendiculaires au trait de côte, dits profils de plage. Ces mesures ont été réalisées essentiellement au moyen d'un tachéomètre laser puis, pour la dernière campagne, d'un GPS différentiel.

2.1.1. Localisation des profils et fréquence d'acquisition

La position des profils a été déterminée selon la connaissance des phénomènes en jeu sur ces plages. 12 profils ont été initialement implantés en 2011 ; puis un 13^{ème} (appelé 11bis) a été positionné en 2013 sur « *la route des plages* » de l'Anse de Rémire, au niveau de l'APCAT (ancien club de voile), afin de compléter le réseau et de suivre l'évolution du littoral qui est particulièrement marquée dans ce secteur depuis la fin de l'année 2012.

Pour l'anse de **Montabo**, trois profils ont été respectivement sélectionnés, un au centre et deux aux extrémités (Illustration 3), pour évaluer la direction générale du transit sédimentaire, notamment en cas de phénomène de rotation de plage.



Illustration 3 : Position des profils sur la plage de Montabo (IGN ©BD-ORTHO 2006)

Pour la plage de **Montjoly**, la plus grande, six profils ont été implantés (Illustration 4), répartis uniformément sur toute sa longueur. Le plus grand nombre de profils suivis vise à mieux quantifier les évolutions morphologiques rapides de cette plage qui concentre un nombre important d'enjeux (nombreuses habitations en front de plage) ayant subi des dégâts importants lors d'événements extrêmes dans un passé récent en 1998, 2000, 2005, 2007.



Illustration 4 : Position des profils sur la plage de Montjoly (BD Orthophoto IGN 2006)

Pour l'anse de **Rémire**, selon la même logique que Montabo 3 profils ont été initialement implantés puis un quatrième en 2013, soit 4 profils au total (Illustration 5).



Illustration 5 : Position des profils sur la plage de Rémire (IGN©BD ORTHO 2006)

Les têtes de profils ont été matérialisées sur le terrain tant que possible sur des points invariants (points de calage géodésiques de type dalle béton, ouvrages côtiers...) ou à défaut ils ont été créés directement (pieux en métal ou en bois), de manière à identifier la tête de station à chaque levé et à pouvoir comparer les mesures effectuées d'un levé à l'autre.

Chaque tête de profil a été levée en 2012 au GPS différentiel afin d'être rattachée au référentiel altimétrique local NGG¹. Cependant, suite à la forte tempête de janvier 2013, certains repères de tête de profil ont disparu, sans que le nivellement y ait été reproduit a posteriori. Certains

¹ Nivellement Général de Guyane

profils sont donc présentés en altitude relative, sans que cela soit préjudiciable à l'interprétation des résultats (Illustration 6).

<i>Tête de profil</i>	<i>Référentiel altimétrique utilisé</i>
N.1	2.60 NGG
N.2	3.97 NGG
N.3	0 relatif
N.4	2.95 NGG
N.5	0 relatif
N.6	0 relatif
N.7	4.69 NGG
N.8	4.56 NGG
N.9	4.19 NGG
N.10	3.87 NGG
N.11	4.53 NGG
N. 11 bis	0 relatif
N.12	4.05 NGG

Illustration 6 : Référentiel altimétrique des têtes de profils

Initialement, la fréquence d'acquisition a été prévue comme mensuelle. Suite aux premières observations (Moisan *et al.*, 2002), il a été validé en Comité de Pilotage du projet d'espacer les levés à deux ou trois mois, à ajuster en fonction des conditions météo-marines.

La période de suivi s'étend globalement de mars 2011 à octobre 2014. A noter que les mesures effectuées en 2011 ont été menées à l'initiative du BRGM à titre expérimental, avant la contractualisation de ce suivi avec la DEAL en 2012.

2.1.2. Les levés au tachéomètre laser

L'essentiel des mesures ont été réalisées au moyen d'un tachéomètre laser. Le principe général de l'appareil repose sur une station fixe qui émet un signal laser dans un référentiel spatial en 3 dimensions et d'une mire réfléchissante mobile permettant de se déplacer et d'enregistrer des points dans ce référentiel.



Illustration 7 : Exemple d'un levé de profil de plage au tachéomètre laser

Pour les profils de plage, le tachéomètre est positionné à la verticale de la tête de profil, en prenant soin de s'assurer de l'horizontalité de la plateforme de mesure (bullage) ; de définir le système de référence et de paramétrer les coordonnées du point de mise en station (si connues ou à défaut en 0 relatif), ainsi que la hauteur de l'instrument et du réflecteur. Le levé consiste ensuite à mesurer la topographie de l'estran le long d'un profil perpendiculaire au trait de côte, depuis le haut de plage jusqu'à la ligne de rivage (Illustration 7).

Les lignes de rupture des formes sédimentaires (barres sableuses, croissants de plage, microfalaises) et des points d'inflexion du profil sont levées de façon à ce que le profil mesuré s'ajuste parfaitement à la topographie observée.

Les mesures sont effectuées au cours des basses mers de vives eaux (BMVE) pour lever un linéaire de plage le plus étendue possible.

2.1.3. Les levés au DGPS

La dernière campagne de mesure d'octobre 2014 a été réalisée au moyen d'un GPS² différentiel. Le principe général du système est de disposer de deux récepteurs GPS (Illustration 8). Le premier, en station fixe, est positionné sur un point connu et corrige sa position donnée par les satellites au moment du levé par rapport à ses coordonnées réelles. La correction différentielle est communiquée par radio en temps réel à la station mobile qui enregistre dès lors des points avec une précision d'ordre centimétrique.

² Global Positioning System



Illustration 8 : Dispositif GPS différentiel, avec la station fixe à gauche et la station mobile à droite, pour le levé d'un profil de plage

Sur le terrain pour les profils de plage, contrairement au tachéomètre, la station fixe n'a pas à être positionnée sur la tête de profil. Sa position doit tout de même être matérialisée au sol afin de faciliter la répétitivité de l'opération et être dégagée d'arbres ou de bâtiments afin d'avoir une bonne couverture de satellites et de ne pas masquer les émissions radio avec la station mobile. Comme pour le tachéomètre, la hauteur des appareils doit être renseignée afin de ramener la mesure au niveau du sol (soustraction de la hauteur pour obtenir l'altitude au sol).

L'erreur verticale de mesure associée à ce type de levé est typiquement de +/- 5 cm. Cela signifie que pour un profil de 100 m de long, une variation altimétrique moyenne inférieure à 10 cm, ou une variation de volume sur le profil inférieure à 10 m³ ne sont pas considérées significatives.

2.2. LES LEVÉS BATHYMÉTRIQUES

Bien que le traitement et l'interprétation de données bathymétriques ne soient pas prévus pour cette étude, il paraît utile de rappeler que des mesures complémentaires de ce type ont été réalisées à l'initiative de la DEAL en collaboration avec CREOCEAN puis le CNRS.

En effet, en complément des profils terrestres, qui couvrent la partie intertidale des plages, il a également été proposé de prolonger les mesures des profils de plage en mer. Ces profils bathymétriques, perpendiculaires à la côte, permettent de suivre l'évolution du fond des anses. Ce type de suivi n'a encore jamais été réalisé sur la presqu'île de Cayenne. Un suivi régulier de ces profils bathymétriques permettra de lever une partie des nombreuses incertitudes qui pèsent sur l'ampleur des échanges sédimentaires au sein même de la partie subtidale (partie située sous le niveau des plus basses marées) et entre le système plage/avant-plage dans un contexte particulier de mélange sablo-vaseux. Ce suivi doit permettre en outre de suivre la progression de la partie subtidale des bancs de vase, non observable à partir des levés par télédétection couramment utilisés (photographies aériennes ou imagerie satellite).

2.2.1. Les levés CREOCEAN de 2013

La mesure des profils bathymétriques a été réalisée les 26 et 27 novembre 2013 par le bureau d'études CREOCEAN à la demande de la DEAL Guyane. Au total, ce sont 13 profils de 1 km de long perpendiculairement aux anses sableuses et d'une longueur d'un kilomètre qui ont été levés (Illustration 9).



Illustration 9 : Emplacement des profils bathymétriques envisagés (Bd Ortho, IGN 2006)

Le sondeur utilisé est un sondeur bi-fréquence de type *NAVITRONIC NAVISOUND 620* avec des fréquences de 33 et 200 kHz. La résolution théorique de l'équipement est de 10 cm en Z. Le positionnement a été assuré par un système GPS de type *PROFILEX 800* assurant un positionnement en X et Y de l'ordre de 20 à 30 cm. Ces équipements ont été installés à bord d'une embarcation mise à disposition par le service FLAG (Fluviale, Littoral, Aménagement et Gestion) de la DEAL Guyane.

La méthodologie employée pour le traitement des données a été la suivante :

- élimination des données sondes aberrantes à l'aide du logiciel *HYPACK* ;
- filtrage de la houle sur chaque profil sur les 2 fréquences 200 kHz et 33 kHz ;
- correction du marnage à partir de la marée prédite du SHOM au LARIVOT ;
- conversion des données de Z CM en Z NGG en utilisant le rapport $Z\ NGG = Z\ CM - 1.96m$.

Ces traitements permettent de pouvoir comparer les profils bathymétriques avec les profils de plages terrestres en les intégrant dans un même référentiel altimétrique.

Les résultats sont présentés en annexe 2.

2.2.2. Les levés CNRS de 2014

Le CNRS a également produit en octobre 2014 des mesures bathymétriques en se basant sur les profils initiés par CREOCEAN.

Le matériel utilisé est un sondeur monofaisceau Tritech PA500, couplé à un GPS différentiel Trimble R4 installé à terre (station fixe) et sur le bateau (station mobile). Ces appareils sont synchronisés via le logiciel Hypack.

A ce stade, le détail des traitements ainsi que les résultats ne sont pas connus.

3. Les forçages hydro-sédimentaires

Comme indiqué précédemment, les plages sableuses de la presqu'île de Cayenne subissent des transformations morphologiques importantes sous l'influence du passage des bancs de vase au large de la presqu'île de Cayenne et sous l'action de la houle en période d'inter-bancs.

Les informations relatives aux conditions de houle et à la position des bancs de vases sont précisées afin de préciser les relations de cause à effet avec les variations morphologiques des profils de plage.

3.1. LA MIGRATION DES BANCS DE VASE

Une partie de la décharge sédimentaire du fleuve Amazone transite vers le nord-ouest le long des côtes de la Guyane sous la forme de vastes bancs de vase plurikilométriques (Froidefond *et al.*, 1988 ; Garel et Gratiot, 2005) ce qui entraîne à la côte d'importantes modifications, en particulier sur les cordons sableux de la presqu'île de Cayenne (Anthony *et al.*, 2002 ; Anthony et Dolique, 2004). En effet, lorsqu'un banc de vase est accolé à la côte, la houle est complètement amortie et les plages peuvent se retrouver complètement coupées de l'influence marine. Par ailleurs, le passage d'un banc de vase modifie complètement la morphologie des fonds et à l'approche d'un banc de vase, la houle peut être complètement déformée par réfraction sur la tête du banc. En effet, c'est l'interaction entre le passage d'un banc de vase et la houle qui provoque les phénomènes de rotation de plage observés sur la presqu'île de Cayenne.

L'examen des images satellite permet d'estimer la position du banc de vase qui est situé au niveau du littoral de la plaine de Kaw. En juillet 2013, la tête du banc semble stationner sur la rive est de l'embouchure du Mahury qui ralentit sa progression vers la presqu'île de Cayenne. Sur l'image d'octobre 2014, le banc a progressé vers le large en direction de l'île La Mer mais n'a pas encore traversé le Mahury.

Dès lors que cette embouchure aura été franchie par le banc, la presqu'île de Cayenne entrera dans un nouveau cycle d'envasement.



Illustration 10 : Banc de vase à proximité de la presqu'île de Cayenne observé à partir d'une image satellite Landsat 8 de juillet 2013 en haut (banc en gris) et d'octobre 2014 en bas (banc en marron clair) – source USGS

3.2. LES CONDITIONS DE HOULE

A l'heure actuelle les trois anses sableuses suivies sont donc en situation inter-bancs, c'est-à-dire que la houle en provenance du large déferle directement sur les plages et n'est pas amortie par la présence de fonds vaseux. La houle constitue ainsi le principal facteur qui entre dans la dynamique des plages au cours de la période étudiée.

L'illustration 11 présente les hauteurs significatives et maximales de la houle au large de la Guyane entre janvier 2012 et novembre 2014. Ces données proviennent du houlographe installé derrière l'îlet La Mère au large de la presqu'île de Cayenne (n°97302). Elles ont été extraites de la base de données nationale de mesure de houle *in situ* CANDHIS. Les données ne couvrent pas l'ensemble de la période étudiée, car le houlographe est en maintenance depuis entre juin et novembre 2013 puis à partir de février 2014.

La saisonnalité des houles apparaît clairement sur ce graphique avec des houles moins importantes en été qu'en hiver. Sur la période de mesure, l'hiver 2013 apparaît comme le plus intense, avec une succession d'événements tempétueux, la plus importante étant celle de janvier 2013 avec des hauteurs maximales de quasiment 6 m.

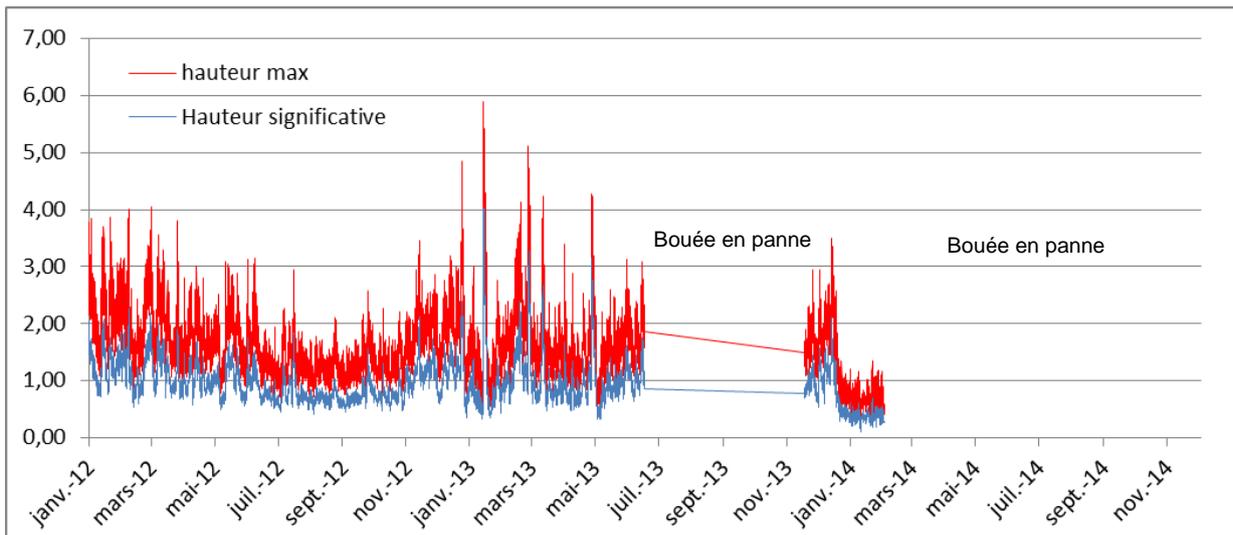


Illustration 11 : Hauteurs significatives et maximales de houle de la bouée 97302 entre janvier 2012 et novembre 2014 – source CANDHIS

Il est à noter que cet événement était concomitant d'une marée de vive-eau importante avec une hauteur d'eau prédite à marée haute de 3,50 m (Illustration 12).

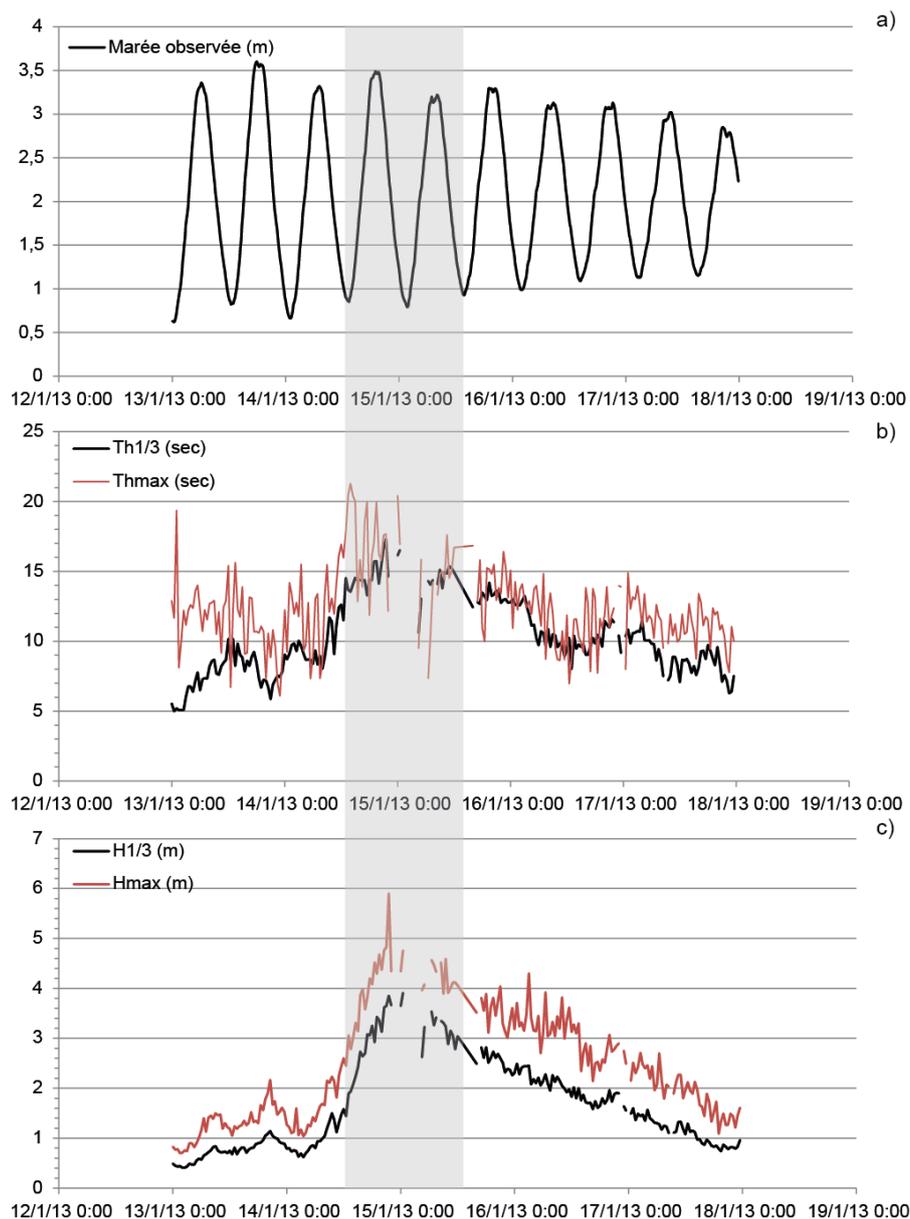


Illustration 12 : Conditions météo-marines enregistrées par le houlographe au large de la presqu'île de Cayenne entre le 13 et le 17 janvier 2013. a) Marée observée à Dégrad des Cannes en mètre côte marine, b) Période associée à la houle significative ($Th_{1/3}$) et maximum (Th_{max}) en seconde, c) hauteur significative de la houle ($H_{1/3}$) et maximum (H_{max}) en mètre. En grisé sur le graphique apparaît le pic d'intensité de la houle.

Suite à cet événement de forte houle la DEAL Guyane a chargé le BRGM de réaliser un compte-rendu de cet événement (Moisan, 2013). Une première reconnaissance a été effectuée le matin du 15 janvier 2013 pour constater les premiers impacts sur le littoral de la presqu'île de Cayenne. Une deuxième reconnaissance a eu lieu en mer le lendemain avec la DEAL Guyane dans le secteur de l'anse de Rémière. Par ailleurs, dans le cadre du suivi des profils de plage des mesures ont été effectuées le 24 et 25 janvier pour estimer les modifications morphologiques après cet épisode.

Cet événement a localement généré une importante érosion côtière. Le secteur qui a été le plus touché est l'anse de Rémière, qui montrait des signes de vulnérabilité avant cet événement

(déficit sédimentaire local). La partie de l'anse située au niveau de l'APCAT et l'ancienne « rhumerie beach » a été la plus touchée (Illustration 13). Une maison et un hangar ont été détruits et un talus d'érosion de plusieurs mètres a entaillé les formations argileuses quaternaires, menaçant à court terme la route des plages située en arrière. Par ailleurs, des reculs de plusieurs dizaines de mètres ont été observés sur les parties ouest et centrales des plages de Montjoly et Montabo, alors que les parties est se sont engraisées (15 à 30 mètres pour la plage de Montjoly et 15 mètres pour la plage de Montabo). Localement, le littoral a également été submergé par la mer (route des plages, Avenue Sainte-Rita et parking des Salines à Montjoly, accès de plage au niveau du Novotel à Montabo).



Illustration 13 : Erosion au niveau de la rhumerie beach dans l'anse de Rémire en janvier 2013

4. Résultats

4.1. MONTABO

4.1.1. Contexte morphologique

En 2014, six campagnes (février ; mars ; mai ; juillet ; août ; octobre) ont été réalisées sur l'anse Montabo. Les mesures de juillet et août n'ont pas pu être réalisées sur le profil Ouest en raison de la perte du repère et sur le profil Centre à cause de l'installation des structures temporaires de la surveillance de la baignade des vacances d'été.

En octobre 2014, date de la dernière campagne, la plage de Montabo faisait apparaître une morphologie marquée par la présence d'importants croissants de plage en limite de haute mer dont les cornes étaient localement entaillées en microfalaises (Illustration 14). Ces figures sédimentaires témoignent d'une agitation importante peu avant les mesures. Elles sont surtout marquées à l'Est de l'anse.



Illustration 14 : Grandes croissants de plage dont les cornes sont entaillées en micro-falaises (oct. 2014)

D'autres traces d'évènements énergétiques sont également observables sur le haut de plage avec, également du côté Est de la plage, une microfalaise métrique à sub-métrique (Illustration 15). Cette microfalaise est plus ancienne car elle est recouverte d'ipomées et date vraisemblablement de la tempête de janvier 2013.



Illustration 15 : Haut de plage marqué par une microfaisle végétalisée (oct. 2014)

4.1.2. Evolution des profils en 2014

Sur l'ensemble de la plage, les profils de 2014 montrent bien la variabilité saisonnière de la morphologie (Illustration 16). En effet, les profils de février et mars présentent une pente assez homogène avec un bombement en haut de plage caractéristique des périodes de forte énergie liée aux houles hivernales de l'Atlantique Nord. Les profils suivants, liés à un amortissement progressif de l'énergie de la houle, permettent le retour du sable sur l'estran avec l'apparition de belles bermes ou de croissants de plage (+1m localement en épaisseur de sable).

La comparaison des trois profils entre eux ne fait pas apparaître très clairement, sur la période considérée, de phénomène de rotation de plage, typique des plages de poche. C'est-à-dire que le sable ne semble pas se déplacer de l'ouest à l'est de plage et vice-versa de manière rythmique. Il apparaît plutôt que l'ensemble de la plage subit les mêmes forçages de manière relativement homogène avec une prédominance du transit sédimentaire transversal entre le haut et le bas de la plage sur le transit longitudinal (parallèle à la plage), ce qu'on appelle généralement le phénomène d'oscillation, également typique des plages de poche. Cela peut s'expliquer par le fait que le vent (alizés) et la houle arrivent globalement du même secteur.

Même si la tendance globale y reste la même, le secteur Est de plage nuance quelque peu ce schéma avec une protection aux forçages de Sud-est et des ajustements morphologiques des profils un peu distincts dans le détail (étagement plus marqué du haut de plage notamment).

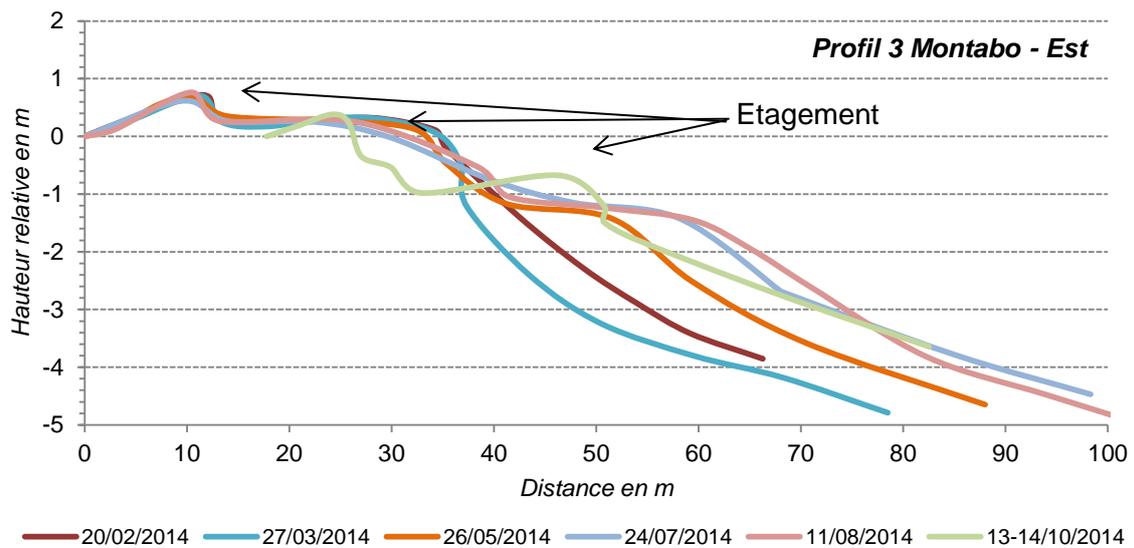
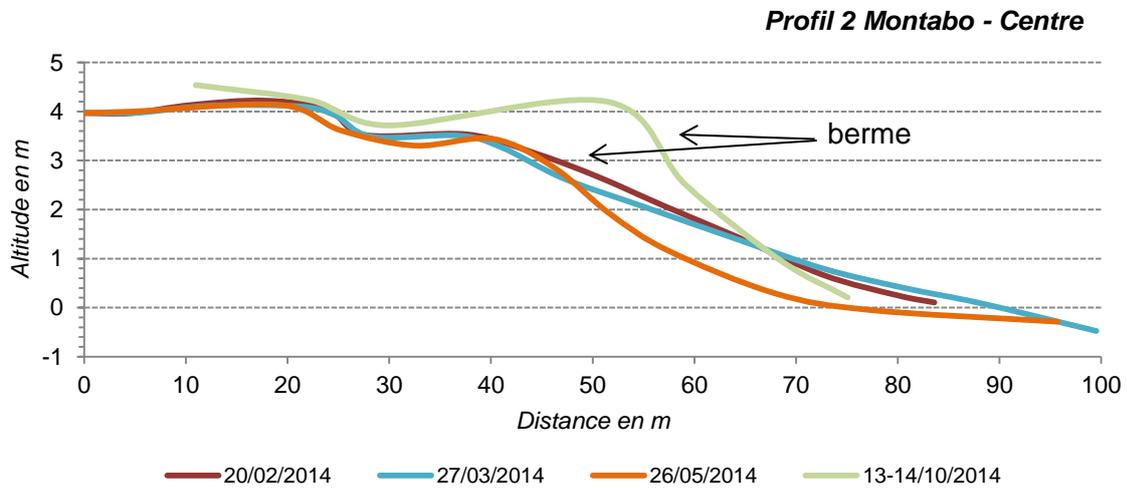
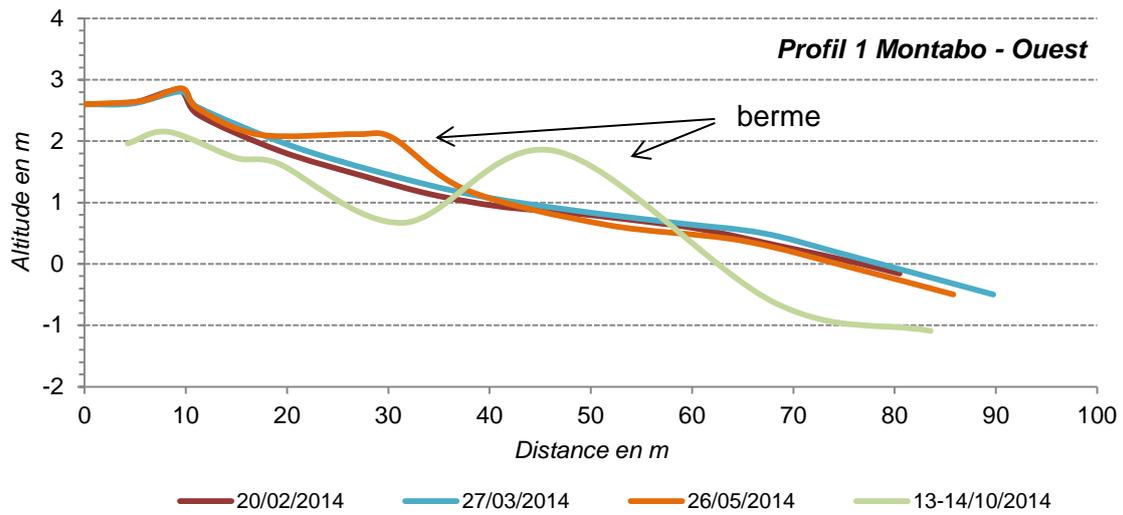


Illustration 16 – Profils Montabo en 2014. Les repères altimétriques des différents profils sont relatifs et par conséquent pas comparables entre eux

4.1.3. Evolution des profils depuis 2011

La variation des profils depuis 2011 est présentée sous forme de volume (Illustration 17). C'est-à-dire que le profil est considéré arbitrairement sur une largeur d'1m et que les variations d'altitude d'une date à l'autre sont interprétées comme une perte ou un gain de volume.

Cette méthode permet ainsi de mettre évidence les dynamique d'érosion et d'accrétion des profils. Elle n'a toutefois pas pu être appliquée intégralement sur le profil 3 car, suite à la perte du repère début 2013, le référentiel a changé et n'est plus comparable par la suite.

Le détail de l'ensemble de profils est présenté en annexe 1.

L'évolution interannuelle apparait de prime abord comme très différente suivant les profils. Si l'évolution du P1 reste globalement modérée, les profils 2 et 3 montrent une variation temporelle plus marquée, et souvent en opposition. C'est par exemple le cas en octobre 2011 ou en mars 2012 où la perte de volume d'un profil coïncide avec le gain sur le profil adjacent. Cette opposition peut s'expliquer par la dérive littorale et ces variations dans le temps avec une probable alternance de transits vers l'E et l'O.

L'évènement le plus marquant reste la tempête de janvier 2013 avec des variations importantes au centre et à l'Est. Ces variations sont toutefois opposées (-120 m^3 de volume cumulé au centre et $+90 \text{ m}^3$ à l'est). Ces observations mettent en exergue la forte dérive littorale (transit sédimentaire longitudinal) générée par la tempête de début 2013 vers l'est en raison de l'incidence N-NE de la houle. Les mois suivants voient un retour progressif du sable vers le centre sans que les volumes transportés n'ait été totalement compensés : sur le profil centre, le volume est toujours de -30 m^3 par rapport à 2011 malgré des apports réguliers ($+56 \text{ m}^3$ entre mai et octobre 2014).

Le profil ouest varie peu car il a été relativement abrité des évènements de début 2013 par le cap rocheux Montjoyeux. Sur ce profil, un semblant de rythmicité semble apparaitre avec une alternance de phase d'érosion et d'accrétion mais l'échantillon de donnée est trop limité pour en tirer des conclusions plus avancées.

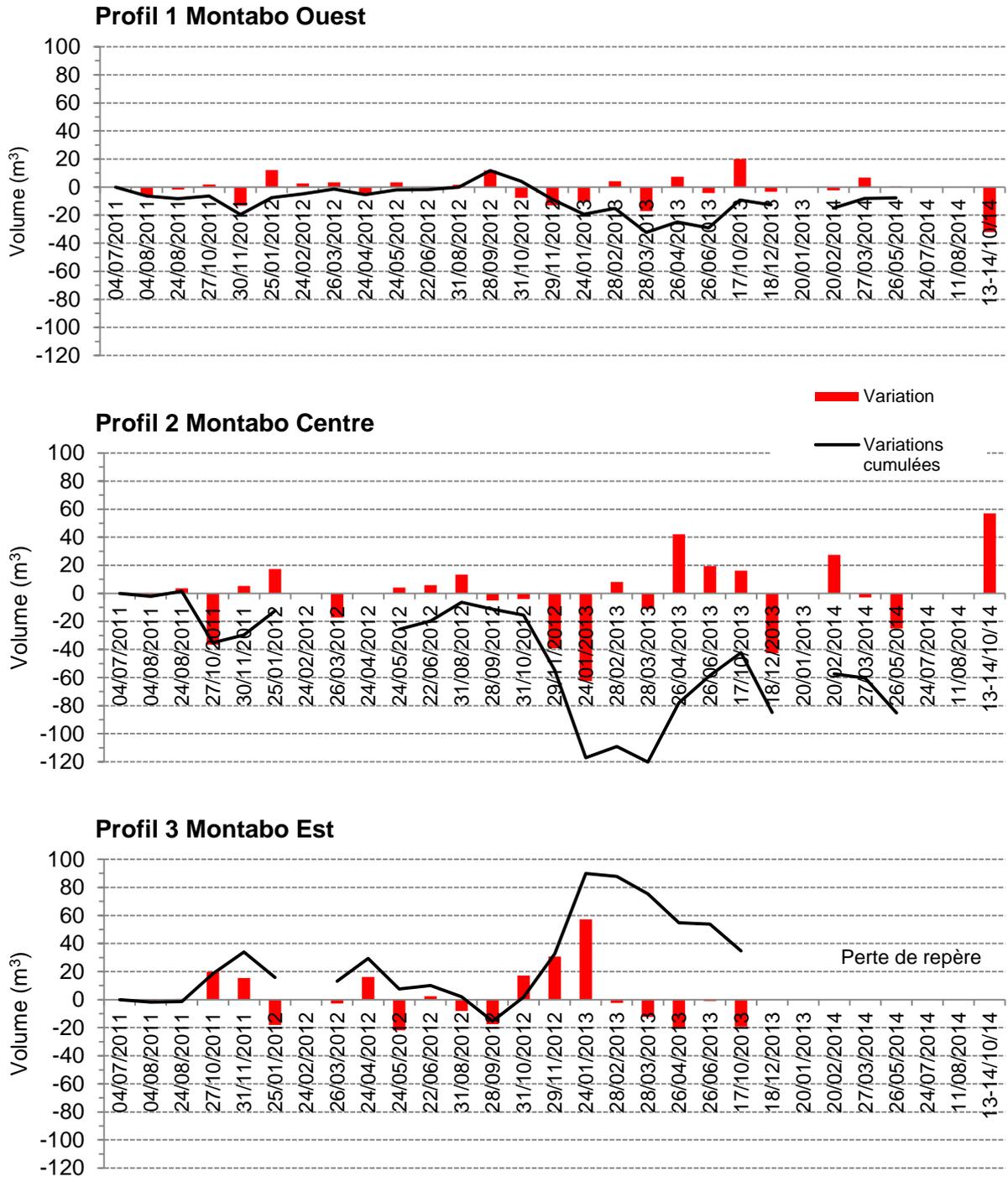


Illustration 17 – Evolution interannuelle des profils de Montabo depuis 2011
 (en rouge variation nette par rapport au premier levé, en noir variation cumulée par rapport au levé précédent)

4.2. MONTJOLY

4.2.1. Contexte morphologique

Avec un linéaire d'environ 3.5 km et l'implantation de 6 profils, la plage de Montjoly est la plus grande de Cayenne. Comme les autres anses étudiées, elle est globalement orientée vers le Nord-Est. Sa géométrie d'ensemble est plus linéaire, à l'exception de la partie ouest de la plage correspondant à l'anse Bourda.

Dans le profil, la plage de Montjoly présente une morphologie marquée par la présence d'un important talus de haut de plage pouvant atteindre 2 m de hauteur et localement recouvert d'ipomées (Illustration 18). Ce talus est par endroits entaillé sous forme de micro-falaise (Illustration 19).

Le reste de la plage suit une pente relativement douce et homogène marquée localement par une inflexion marquant la berme de haut d'estran (Illustration 18).



Illustration 18 – Morphologie globale de la plage de Montjoly en octobre 2014



Illustration 19 – Micro-falaise et paléo-sols à l'exutoire des salines en octobre 2014

Une dépression creusée de l'exutoire des salines permet d'observer l'affleurement de paléosols argileux correspondant aux dernières phases d'envasement de l'anse.

4.2.2. Evolution en 2014

Au niveau de l'anse Bourda, à l'ouest de la plage de Montjoly, les profils de plage montrent en 2014 une variation importante entre janvier et les mois suivants (Illustration 20). En effet, le haut de plage recule de quasiment 10 m. Le sable semble donc avoir été transporté soit vers l'Est de la plage de Montjoly, soit vers le large.

Sur le profil 5, un bombement en bas de plage est observé en octobre, ce qui peut être le début d'un retour du sable dans le secteur.

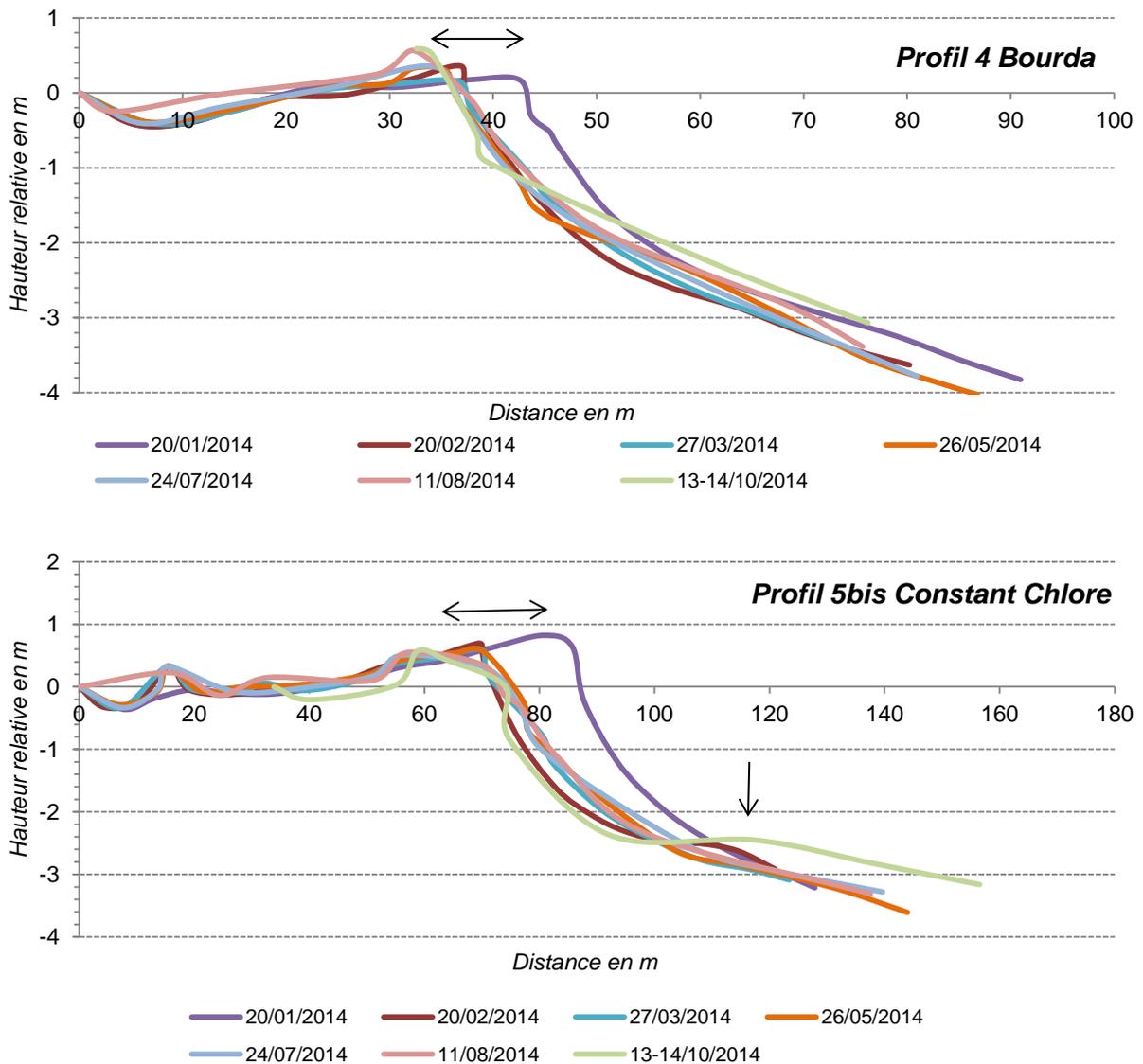


Illustration 20 – Profils au niveau de l'anse Bourda, à l'ouest de la plage de Montjoly

Au niveau des salines, au centre de la plage de Montjoly, au contraire, la zone d'estran s'est considérablement engraisée entre janvier et février, sans doute avec le sable en provenance de l'anse Bourda (Illustration 21).

Une berme est également observable en haut d'estran à partir de mai 2014.

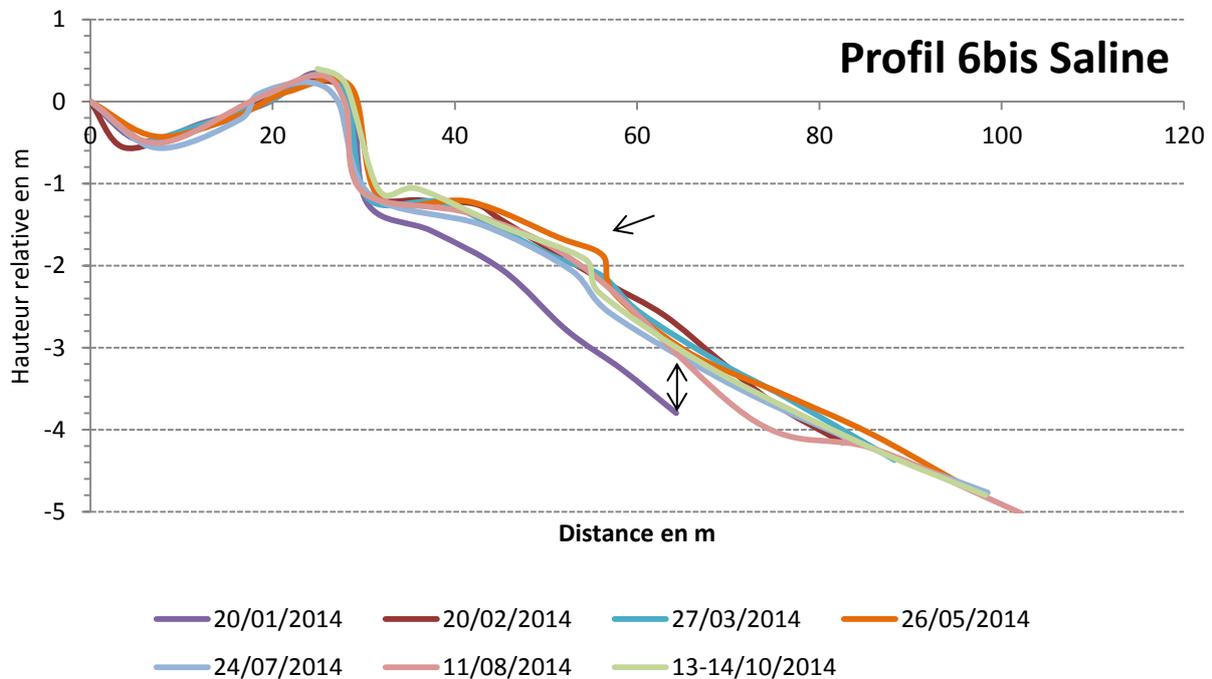


Illustration 21 – Profil au niveau des salines au centre de la plage de Montjoly

Dans le secteur Est de la plage de Montjoly, les variations sont moins significatives (Illustration 22). Il n'y a pas d'écart important entre janvier et les mois suivant. Les profils conservent leur forme globale initiale, avec une berme de haut d'estran bien marquée toute l'année.

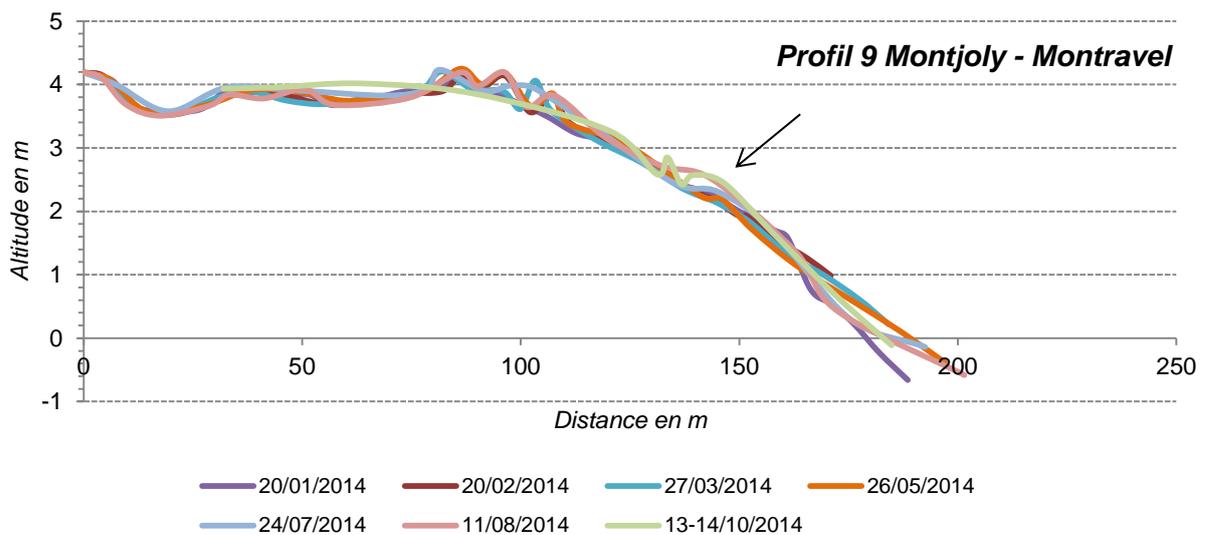
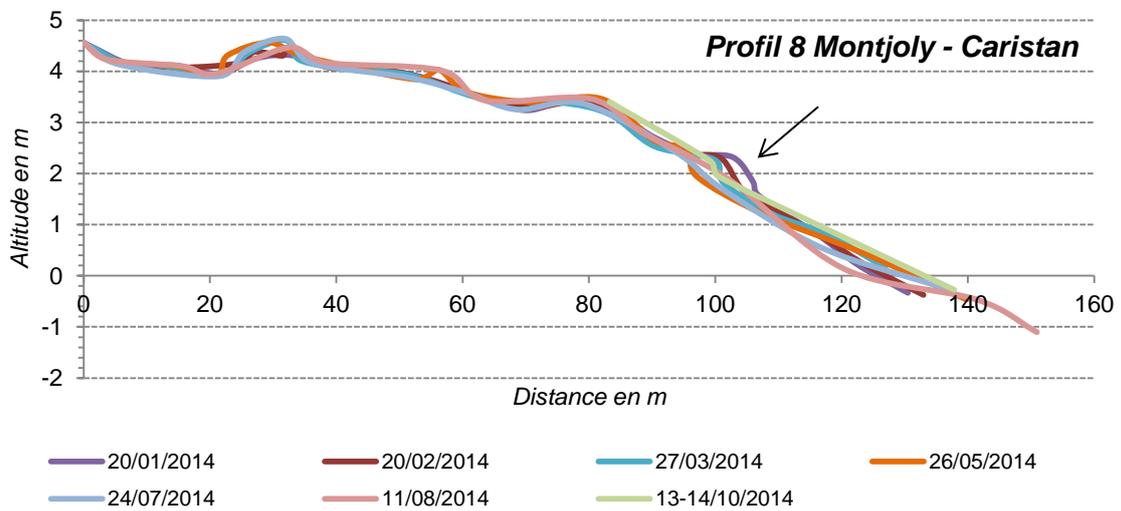
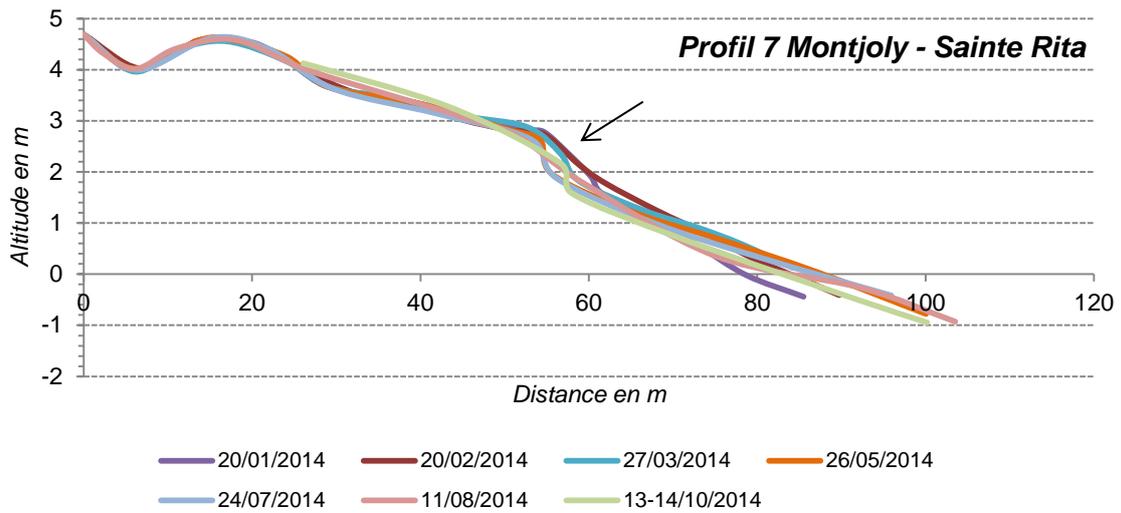


Illustration 22 – Profils sur la partie Est de la plage de Montjoly

4.2.3. Evolution de 2011 à 2014

L'évolution volumétrique interannuelle indique de la même manière qu'à Montabo une perte importante de sédiment dans le secteur ouest de la plage à l'occasion de la tempête de janvier 2013 (Illustration 23). Par rapport à 2011 la perte correspond à environ 80m³ sur le profil 4.

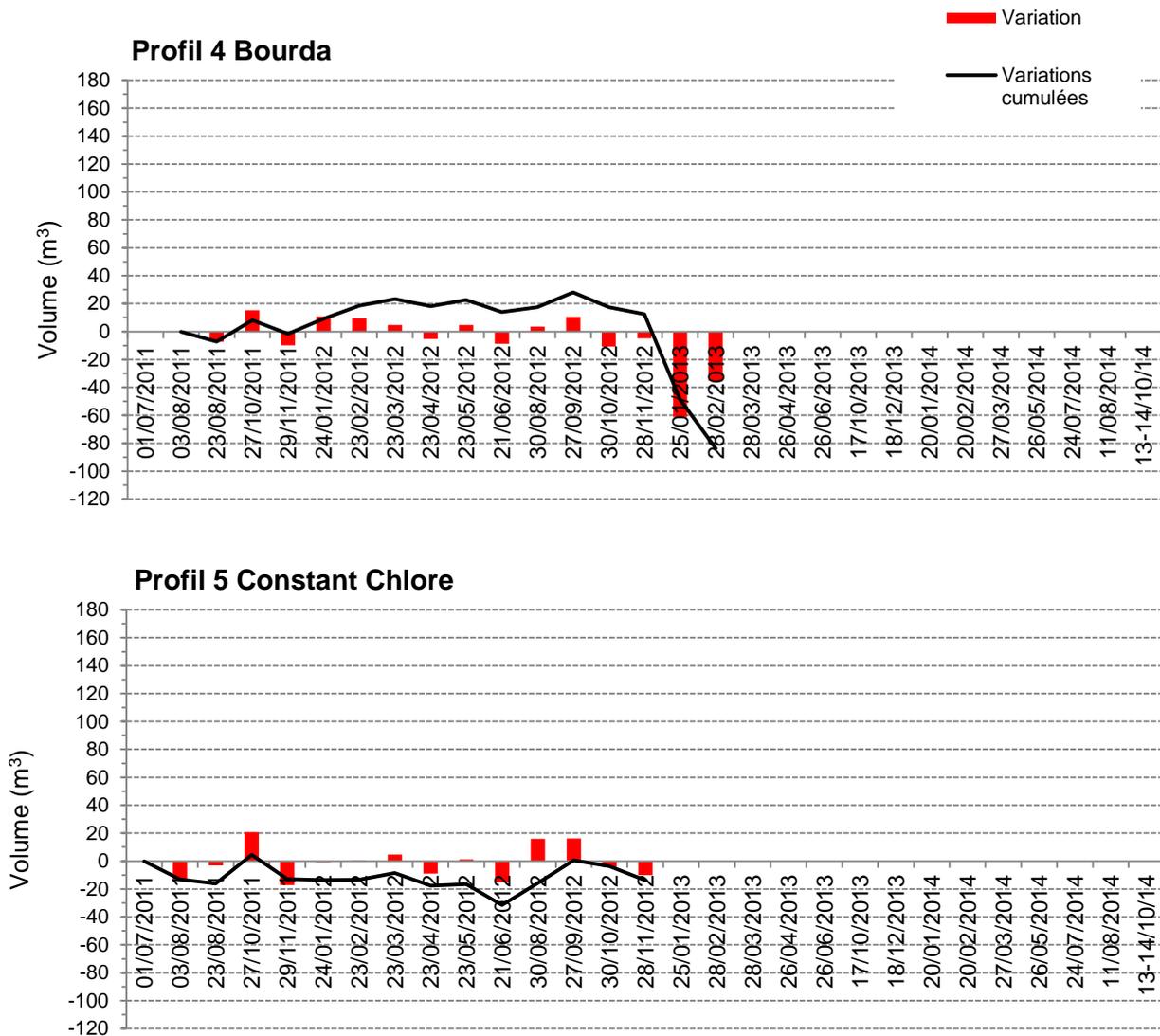


Illustration 23 - Evolution interannuelle des profils de l'anse Bourda à l'ouest de la plage de Montjoly depuis 2011 (en rouge variation nette par rapport au premier levé, en noir variation cumulée par rapport au levé précédent)

Sur le profil des salines au centre de la plage, hormis une variation ponctuelle de gain/perte de volume en mai/juin 2012, l'impact de la tempête de 2013 n'est pas observable en raison de la perte de repère de la tête de profil (Illustration 24).

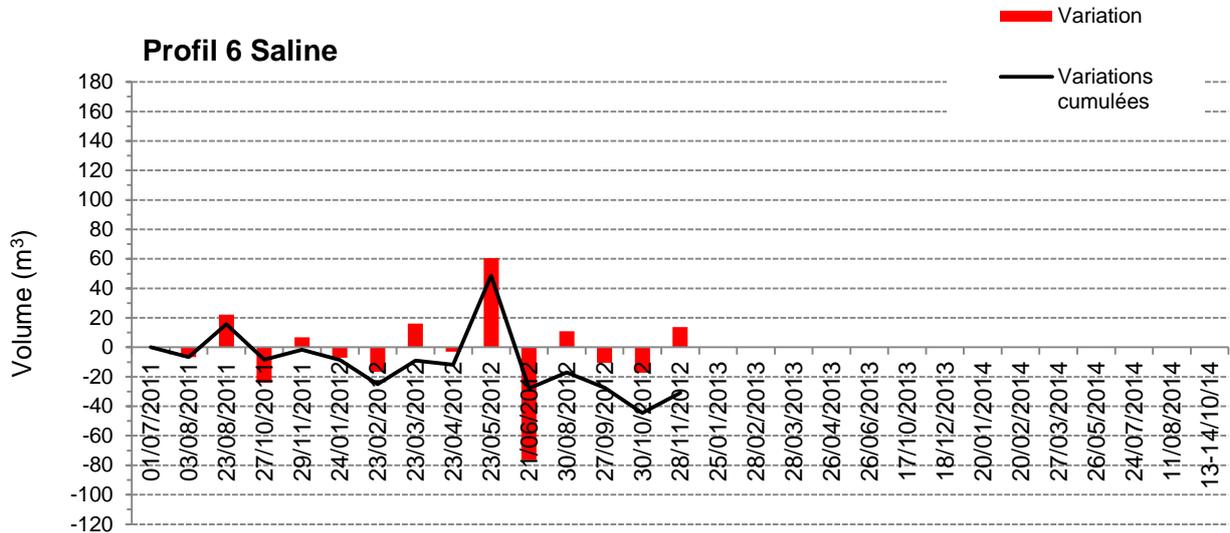


Illustration 24 - Evolution interannuelle du profil des salines au centre de la plage de Montjoly depuis 2011 (en rouge variation nette par rapport au premier levé, en noir variation cumulée par rapport au levé précédent)

Sur le secteur Est de la plage, la tendance est clairement à l'engraissement avec des apports de sable importants dès janvier 2013 (+100 m³ sur le profil 9). A l'extrémité Est de la plage l'accrétion cumulée atteint +350 m³ à partir de janvier 2014. Il semble donc que les pertes de sédiments observées sur les profils de 2014 au niveau de l'anse Bourda soit compensées dans le secteur Est.

En octobre 2014, la tendance semble s'inverser avec des pertes de l'ordre de 60 à 100 m³ sur les profils 8 et 9. Un retour du sable vers l'est semble donc s'initier si l'on en croit les gains de sédiments dans le profil 5 (Illustration 20).

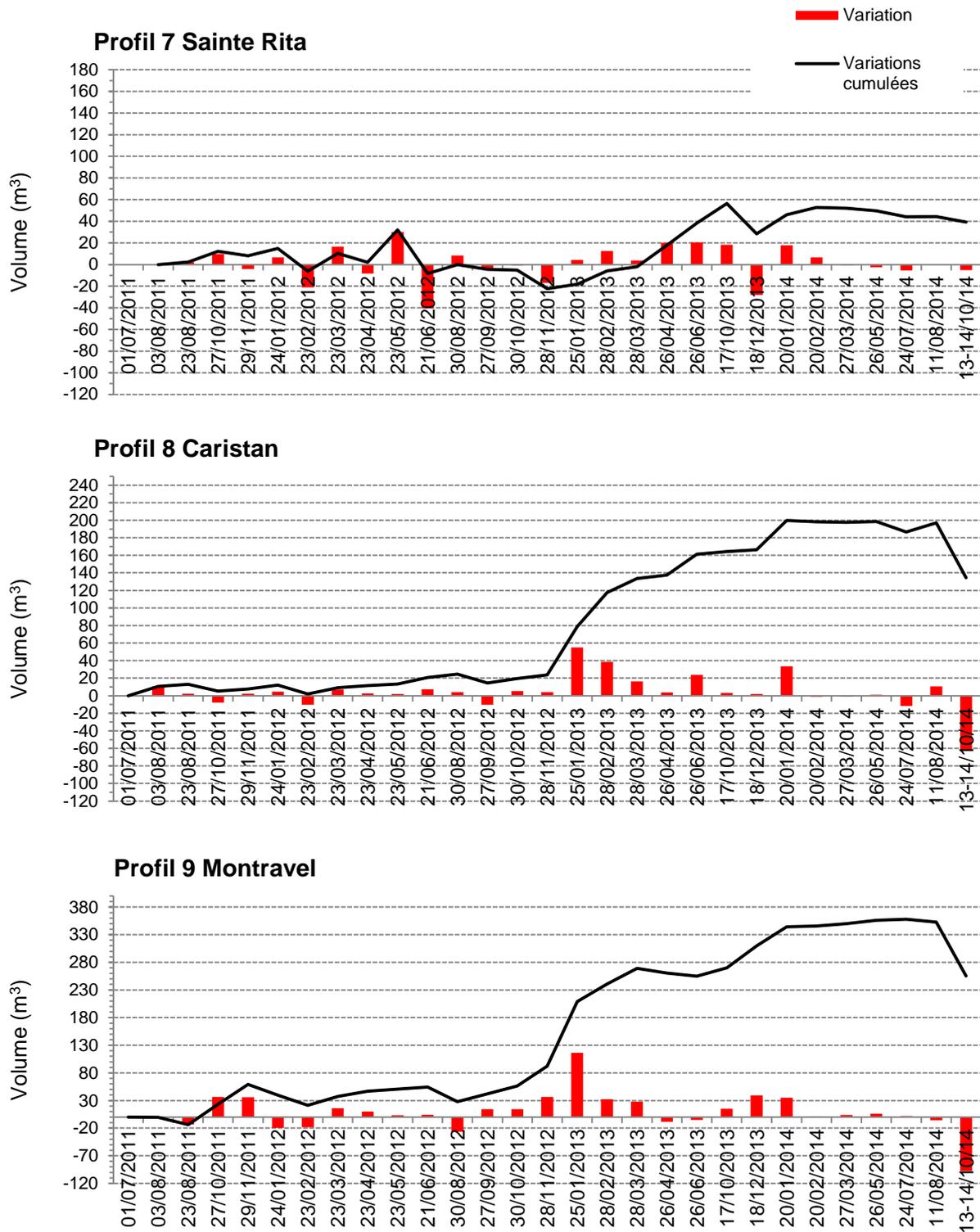


Illustration 25 : Evolution interannuelle des profils à l'est de la plage de Montjoly depuis 2011 (en rouge variation nette par rapport au premier levé, en noir variation cumulée par rapport au levé précédent)

4.3. ANSE DE RÉMIRE

4.3.1. Contexte morphologique

L'anse de Rémire était couverte initialement par trois profils, un quatrième a été rajouté en 2013 au niveau du club de voile de l'APCAT.

Globalement l'anse de Rémire présente une plage assez étroite (entre 50 et 100 m de large) particulièrement incurvée à l'ouest aux abords de Montravel. L'ensemble est donc exposé au Nord-Est, à l'exception de Montravel qui est plutôt Est à Sud-Est.

La morphologie est fortement impactée en haut de plage par les tempêtes, ce qui se traduit par le creusement d'une micro-falaise (Illustration 26) sur les parties non-aménagées.



Illustration 26 : Micro-falaise du haut de plage de l'anse de Rémire en octobre 2013

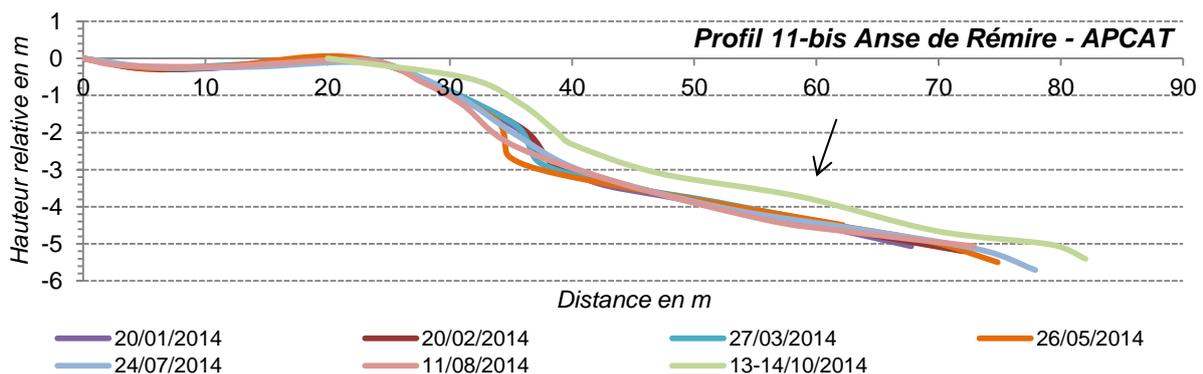
L'anse est par ailleurs très aménagée avec des habitations et constructions en haut de plage. Ces enjeux, parfois en contact direct avec l'estran, ont subi des dégâts importants et font l'objet de protections au moyen de murs maçonnés ou d'enrochement.



Illustration 27 : Enrochements et constructions sur l'estran de l'anse de Rémire en octobre 2013

4.3.2. Evolution en 2014

Les profils de l'anse de Rémire font apparaitre une morphologie assez homogène de la pente avec d'une part un talus de haut de plage bien marqué et plus ou moins raide suivant les secteurs, et d'autre part un estran relativement plat (



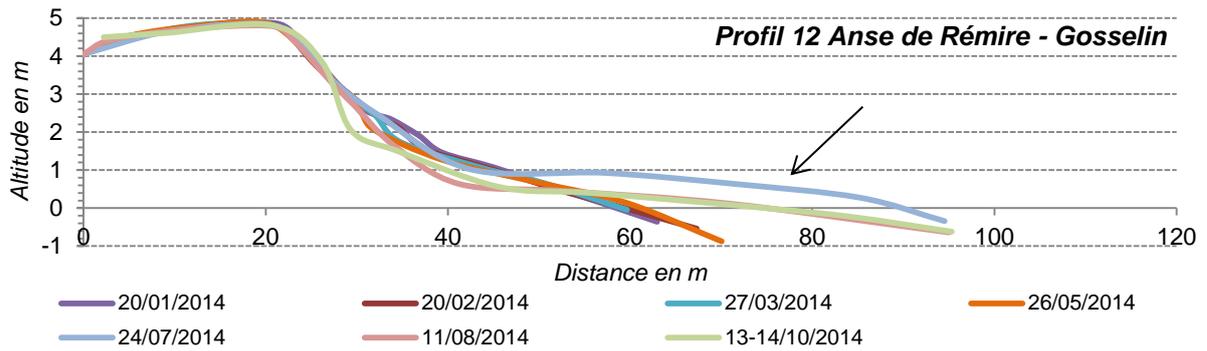


Illustration 28).

L'inter-comparaison des profils permet d'observer une légère perte de sable au niveau du profil ouest (profil 10) et au contraire un gain en épaisseur dans le secteur Est (profils 11bis en particulier). Cela semble traduire un déplacement du sable vers l'Est de la même manière que pour l'anse de Montjoly.

Le profil 11 montre peu de variations car il s'agit d'une zone de transit du sable d'une extrémité à l'autre de la plage.

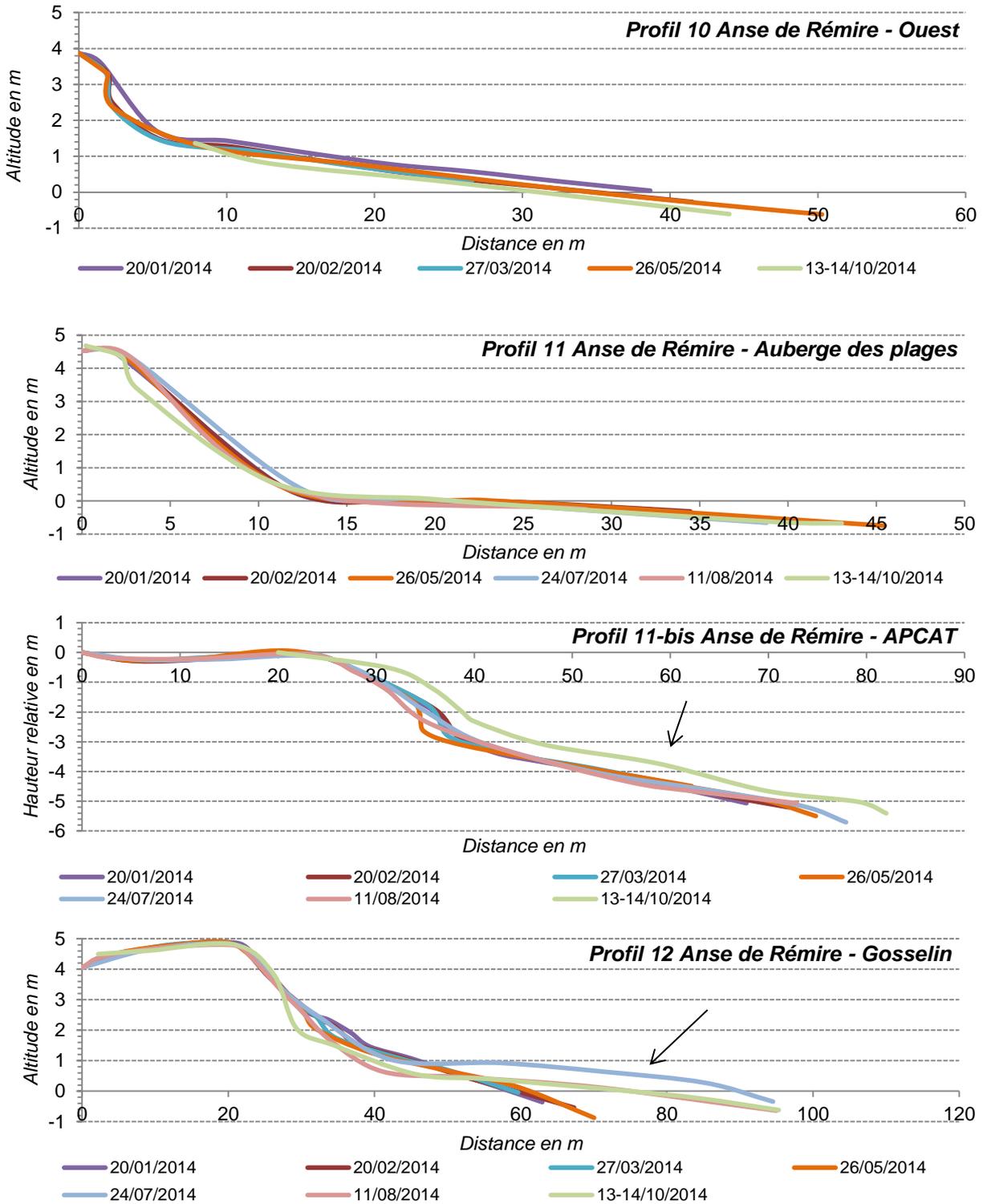


Illustration 28 – Profils de l'anse de Rémire en 2014

4.3.3. Evolution de 2011 à 2014

Sur l'ensemble de la période de mesure, la situation apparaît plus contrastée suivant les secteurs des profils (Illustration 29). En effet, la plage de Rémire semble se comporter différemment que celle de Montjoly, notamment vis-à-vis de l'évènement majeur que constitue la tempête de janvier 2013.

Seul le secteur de Gosselin (profil 12) marque très clairement une perte forte et ponctuelle de sédiment en janvier 2013 (-110 m³ en perte nette). Il n'y a pas de gain sur les autres profils, le sable a donc été évacuée soit vers le large, soit plus à l'est.

Le secteur de l'Auberge des plages ne reproduit pas ce schéma. Il affiche au contraire une perte progressive et régulière depuis 2011, sans doute car le stock de sable est déjà minimal. Dans ce secteur, la mer atteint le talus et les ouvrages à marée haute et il ne reste pas de stock de sable à éroder si ce n'est avec l'estran lui-même.

Le profil 11bis de l'APCAT ne semble pas évoluer fortement, avec de faibles variations autour de sa situation initiale qui, pour rappel, n'est pas 2011 comme pour les autres profils mais fin 2013, une situation où l'érosion de la plage était déjà bien installée.

Le secteur de Montravel (profil 10) subit également peu de variations sans doute du fait de son caractère abrité (forme incurvée). Début 2014, un léger engraissement est observable (+10m³), mais dans des proportions bien moindres qu'au niveau de l'Auberge des plages. La perte de sédiment mesurée en 2014 reste somme toute minimale et peu significative sur l'ensemble de la période de mesure.

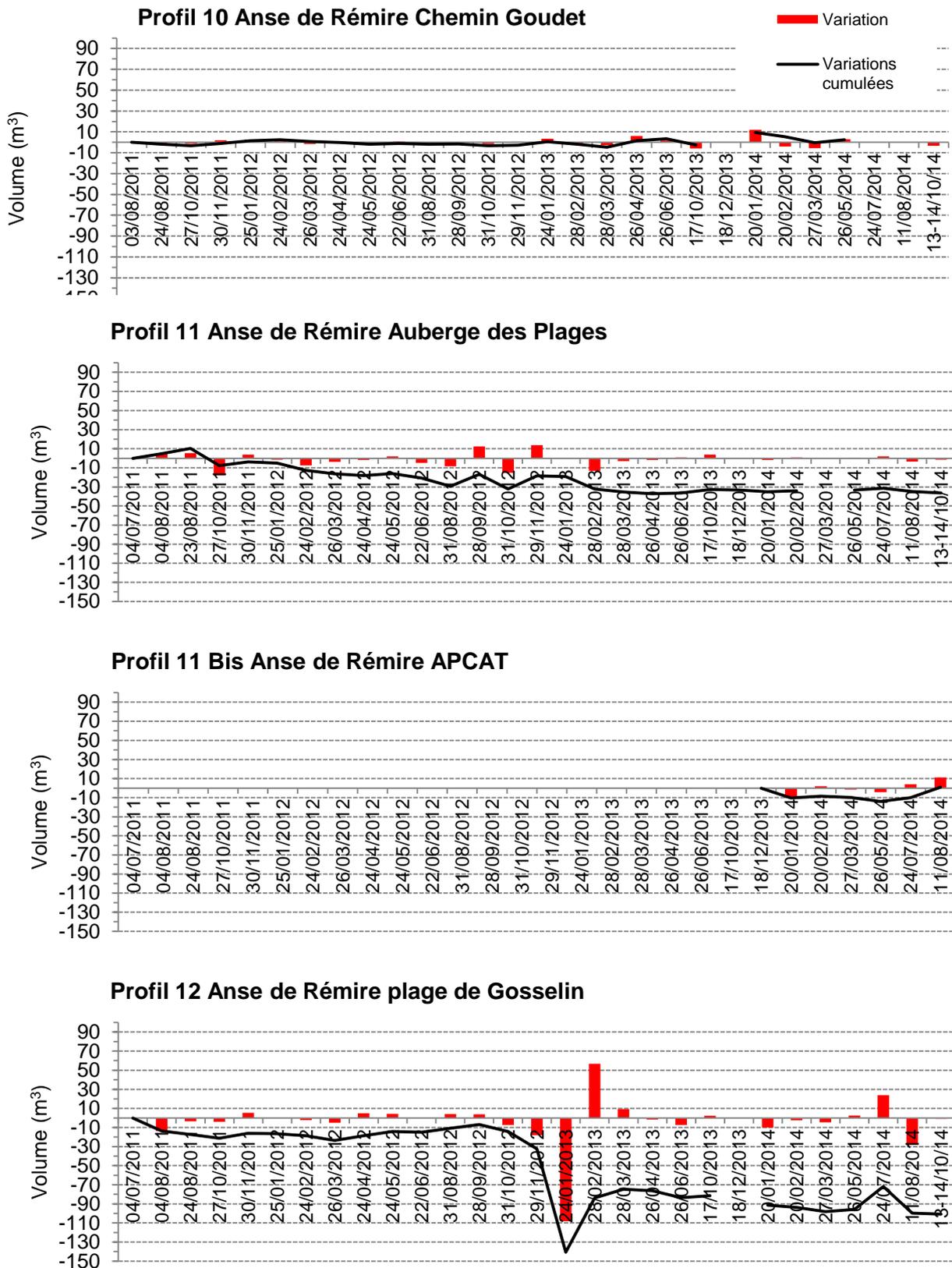


Illustration 29 : Evolution interannuelle des profils à l'est de la plage de Montjoly depuis 2011 (en rouge variation nette par rapport au premier levé, en noir variation cumulée par rapport au levé précédent)

5. Conclusion

Ainsi, les suivis de profils topographiques mis en œuvre depuis 2011 permettent de mettre en évidence et de quantifier, l'érosion sur certains secteurs des plages de Cayenne et les déplacements de sables dans la phase actuelle d'inter-bancs. Cependant, dans le détail les trois plages étudiées ne semblent pas se comporter de manière identique, notamment vis-à-vis de la tempête majeure de janvier 2013 (houle de Nord-Nord-Est de 6m de hauteur maximale) :

- l'anse de Montabo montre clairement une dérive littorale de l'ouest vers l'est avec un transfert de sable de l'ordre de 100m^3 en janvier 2013 consécutivement à cette tempête ;
- la plage de Montjoly subit également début 2013 une perte similaire dans sa partie ouest (Anse Bourda -80m^3) et un gain en sable conséquent à l'extrémité Est ($+350\text{m}^3$). Une bascule semble s'initier depuis octobre 2014 avec une perte de sédiment à l'est de la plage (-60 à -100m^3).
- la plage de Rémire reproduit ce schéma uniquement dans le secteur Est de Gosselin. La partie centrale au niveau de l'Auberge des plages accuse quant à elle une perte progressive et régulière de sédiments mais pas spécifiquement début 2013. Ce secteur est en effet déjà très érodé au démarrage des mesures et le stock de sable disponible est très limité.

Si la tempête de 2013 a été le forçage majeur sur la période de mesure avec un déplacement vers l'est du sable, il est possible de voir le sable revenir naturellement vers l'ouest sous l'effet du phénomène de rotation de plage, typique des plages de poche. A moins que l'arrivée à l'est du banc de vase via le contournement de l'embouchure du Mahury ne vienne interférer dans ces processus. Par ailleurs, les échanges de sable avec la partie immergée de la plage restent à éclairer.

La poursuite des mesures topographiques et bathymétriques et l'interprétation des données, y compris de l'évolution du trait de côte et des relations de causes à effets avec les données de houle (mesures et modèles prédictifs), dans le cadre de l'*Observatoire de la dynamique côtière de Guyane* devraient permettre de préciser ces différents aspects.

6. Bibliographie

ANTHONY E.J. et DOLIQUE F., 2004. The influence of Amazon-derived mud banks on the morphology of sandy headland bound beaches in Cayenne, French Guiana: a short- to long-term perspective. *Marine Geology*, 208 pages 249-264.

ANTHONY E.J., GARDEL A., DOLIQUE F., GUIRAL D., 2002. Short term change in the plan shape of a Sandy Beach in reponse to sheltering by a nearshore mud bank, Cayenne, French Guiana. *Earth Surface Processes and Landforms* 27, 857-866.

BRGM., 2000. Plan de Prévention des Risques Naturels Littoraux de l'île de Cayenne. Communes de Cayenne, Remire-Montjoly et Matoury, Cartographie de l'aléa. BRGM/RP-50475-FR, 75 pages.

CREOCEAN et BRGM 2008. Schéma Directeur d'Aménagement et de Valorisation du Littoral de la commune de Rémire-Montjoly. Rapport final phase 1 à 3, 199 pages.

FROIDEFOND J.M., PUJOS M., ANDRE X. 1988. Migration of mud banks and changing coastline in french Guiana. *Marine Geology*, 84 pages 19-30.

DOLIQUE F. et ANTHONY E.J., 2005. Short-term profil changes of sandy pocket beaches affected by Amazon-derived mud, Cayenne, French Guiana. *Journal of Coastal Research* 21, 1195-1202.

GARDEL A. et GRATIOT N., 2005. A satellite image-based method for estimating rates of mud bank migration. French Guiana, South America. *Journal of Coastal Research*, 21(4), 720–728. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208. 9 Pages.

MEDDTL., 2012. Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte – Vers la relocalisation des activités et des biens. 20 pages.

MALLET C. et MICHOT A. avec la collaboration de DE LA TORRE Y., LAFON V. et ROBIN M., 2012. Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte– Rapport BRGM/RP-60616-FR, 222 pages.

MARTEAU P., OLIVEROS C., BILLET J.F., CAILLEAU A., JOSEPH B., 2001. Plan de prévention des risques naturels littoraux de la commune de Kourou - Note de présentation - Cartographie de l'aléa. Proposition de plan de zonage et projet de règlement. Rapport BRGM/RP-50802-FR, 60 Pages.

MOISAN M., JOSEPH B. et NONTAVONAHN M. 2012. Mise en place d'un réseau de suivi morphologique des plages de la presqu'île de Cayenne. Rapport intermédiaire BRGM/RP-61695-FR, 31 pages.

MOISAN M. 2013. Compte-rendu de l'épisode d'érosion marine du 14 et 15 janvier 2013, Rapport final. Rapport BRGM/RP-62017-FR. 33 p., 22 fig.

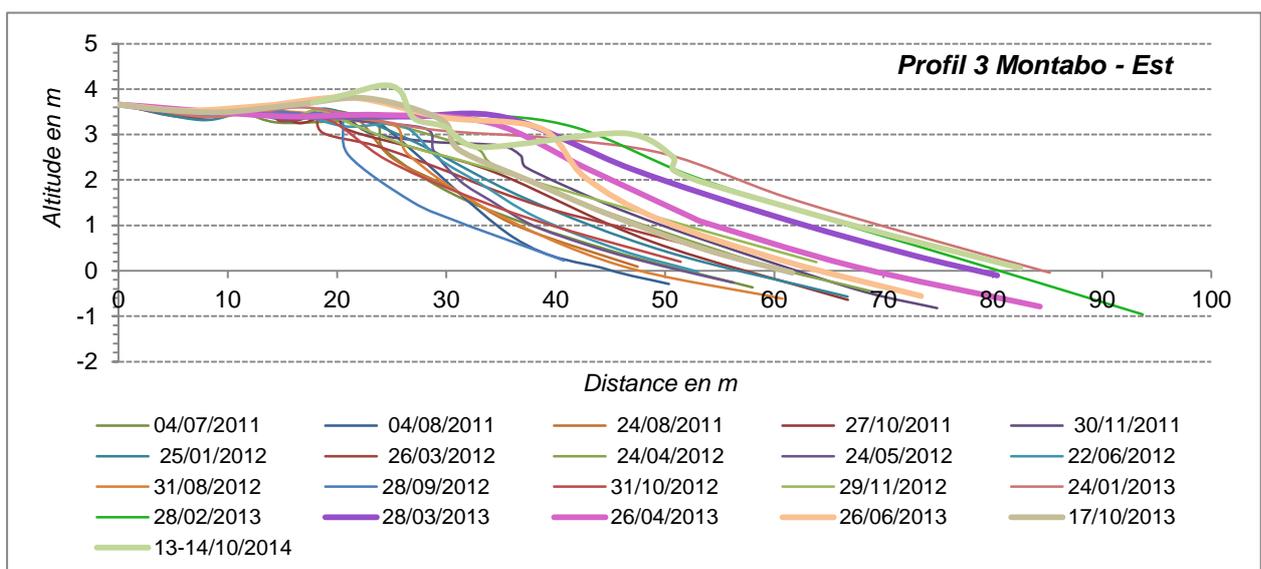
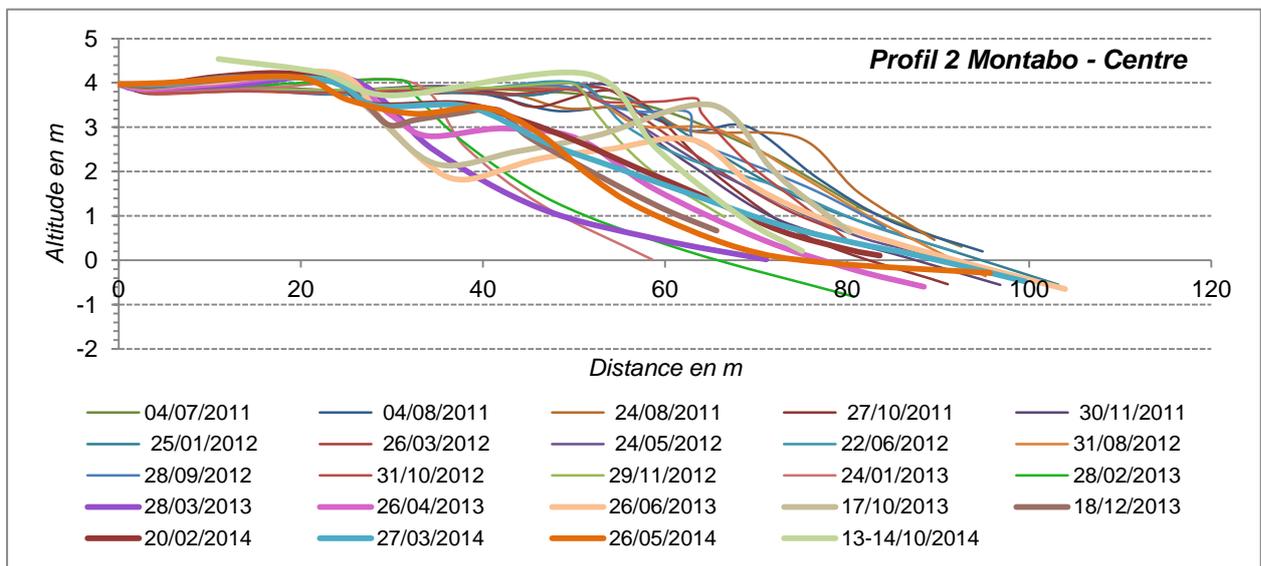
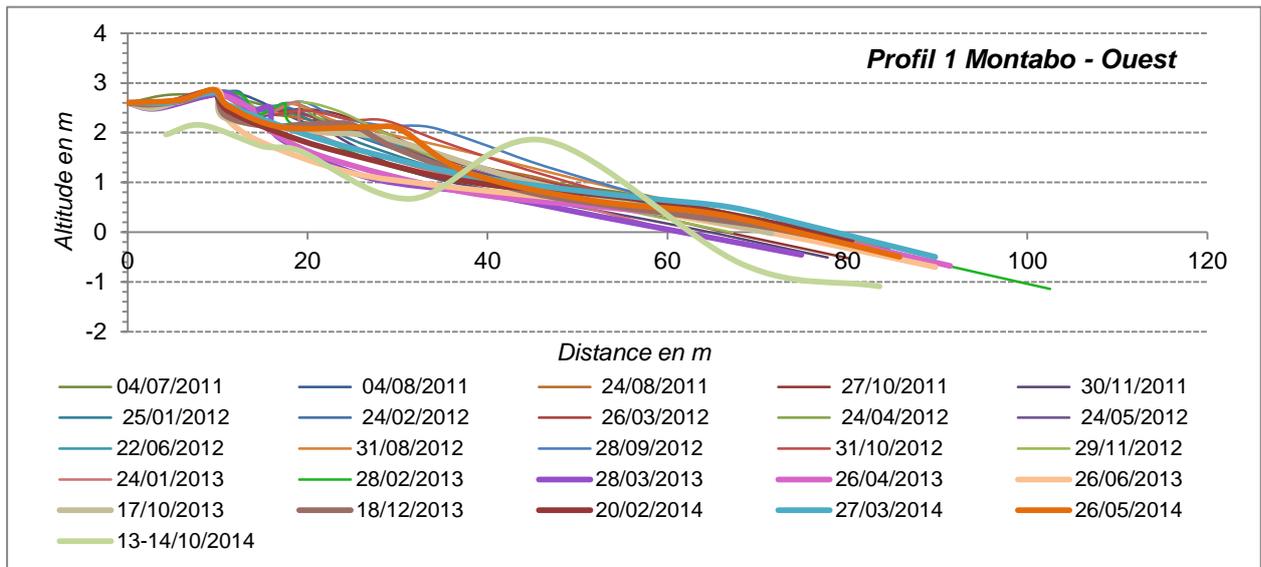
MOISAN M. 2013. Suivi des plages de la presqu'île de Cayenne : rapport d'étape de la deuxième année d'observation. Rapport intermédiaire BRGM/RP-62881-FR, 37 pages.

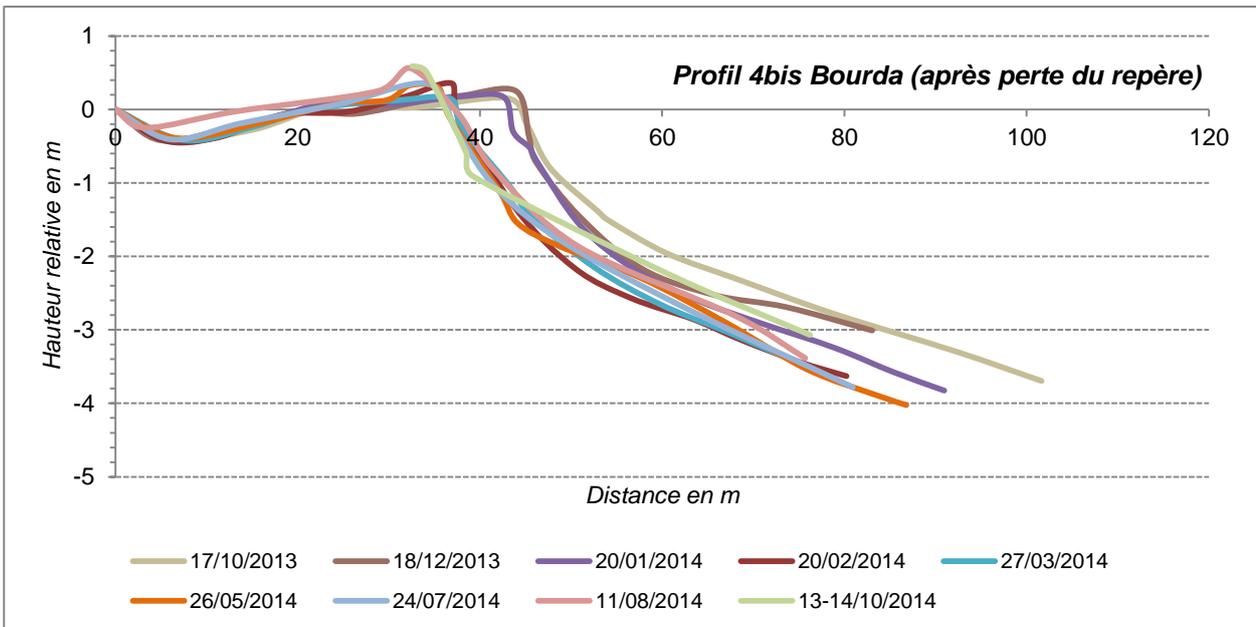
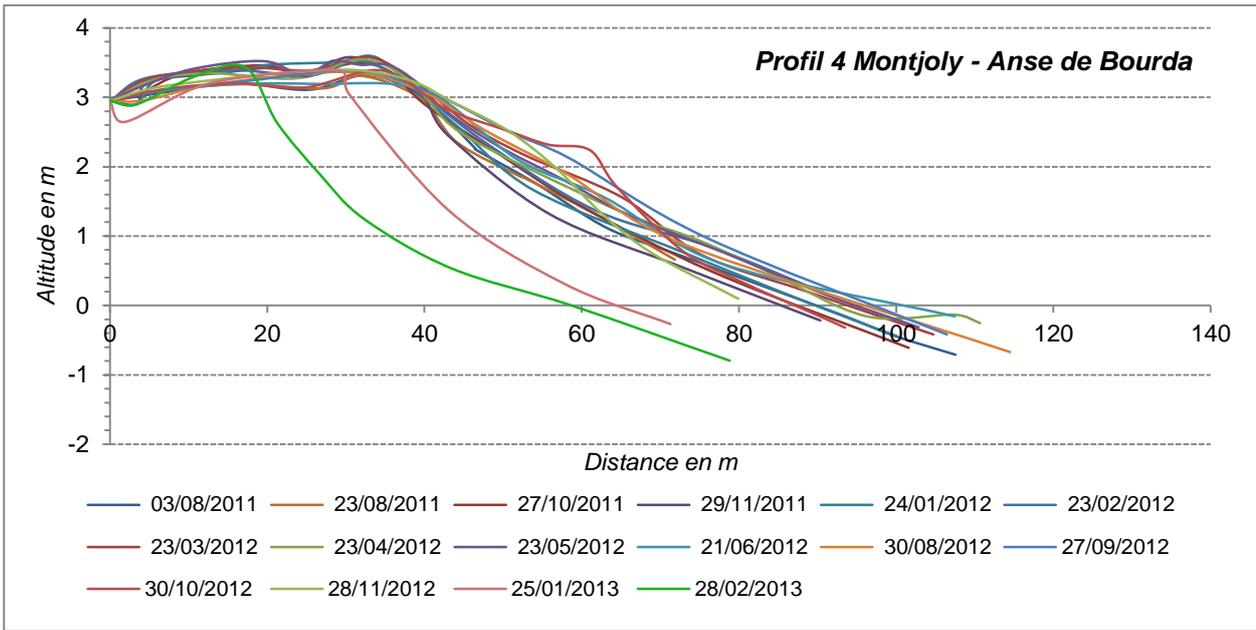
PUJOS M., PONS J.C., PARRA M., 2000. Les minéraux lourds des sables du littoral de la Guyane française : bilan sur l'origine des dépôts de la plate-forme des Guyanes. *Oceanologica Acta*, volume 24 – supplément, 9 pages.

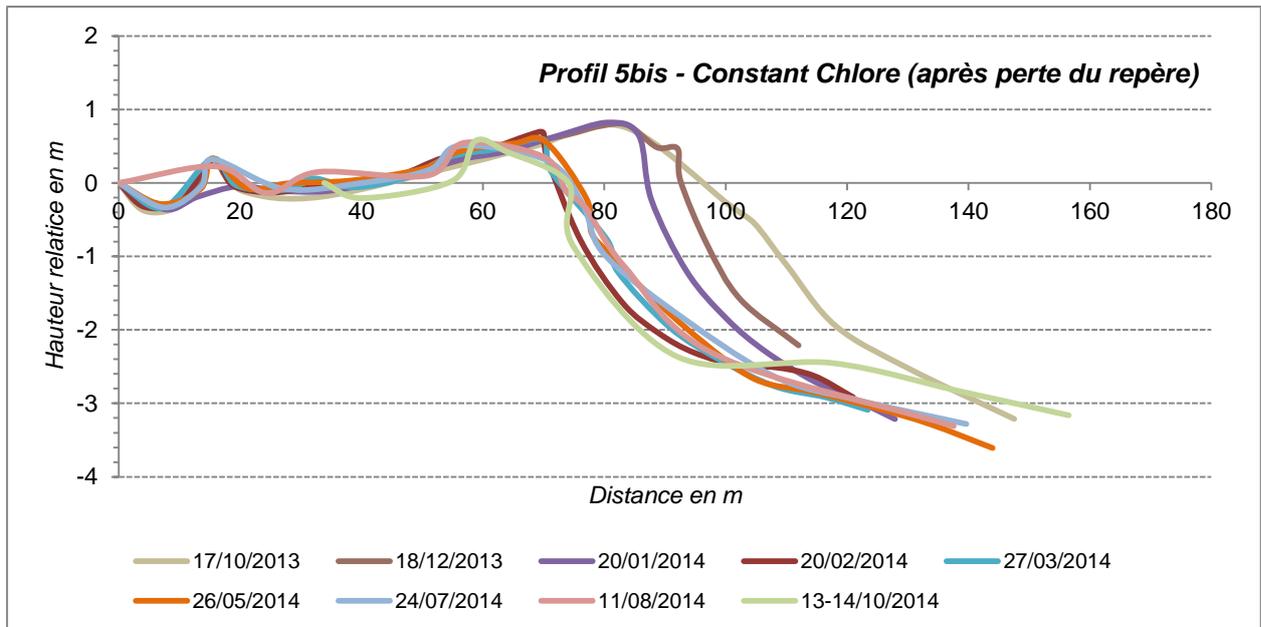
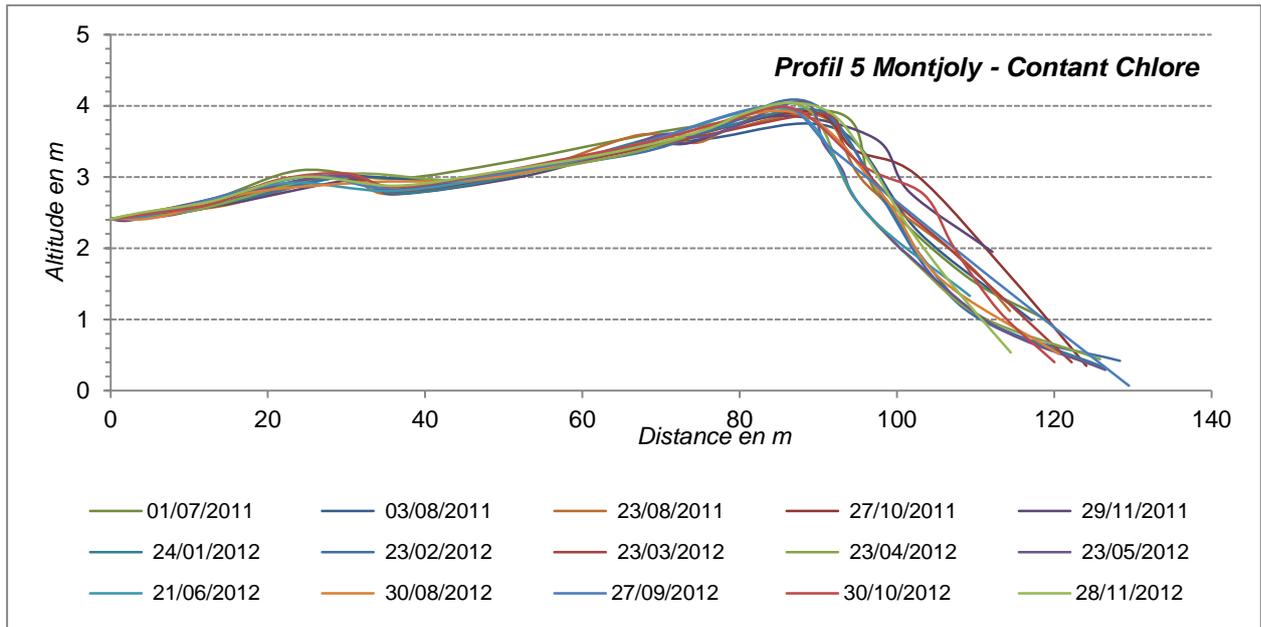
SUANEZ S., STEPHAN P. 2005. Rapport sur le suivi de l'évolution des dunes de Saint-Michel-en-Grève et de Tréduder et des travaux de rectification des filières du Yar et du Roscoat au cours de l'année 2003-2004. Laboratoire GEOMER, Institut Universitaire Européen de la Mer.

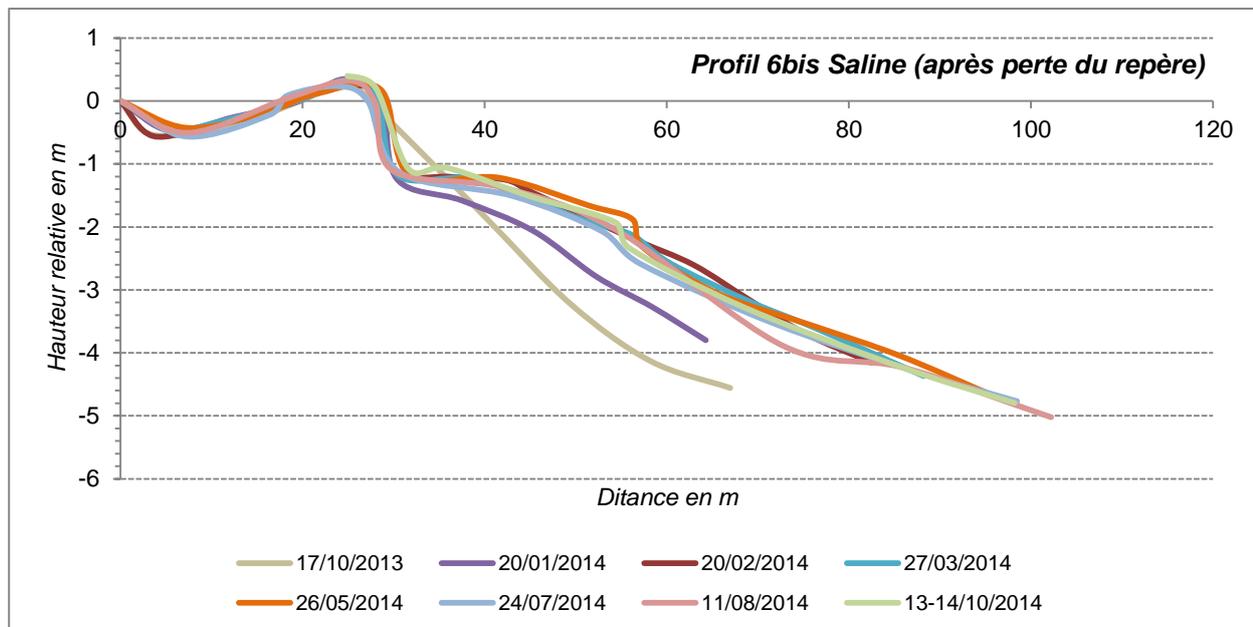
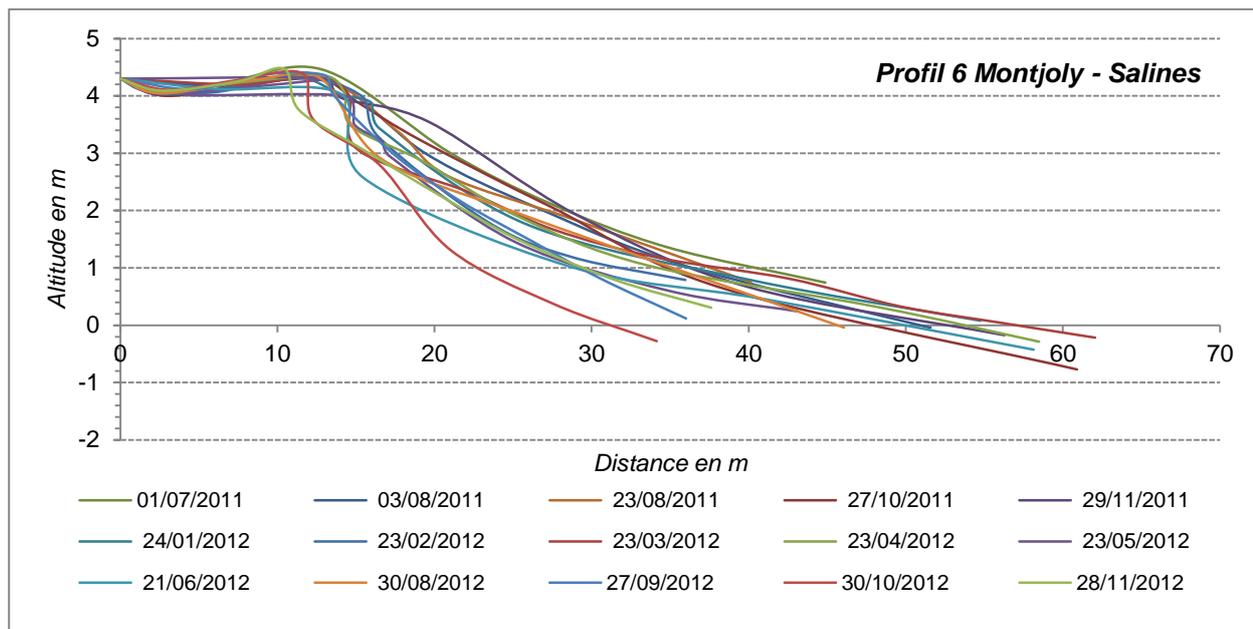
Annexe 1

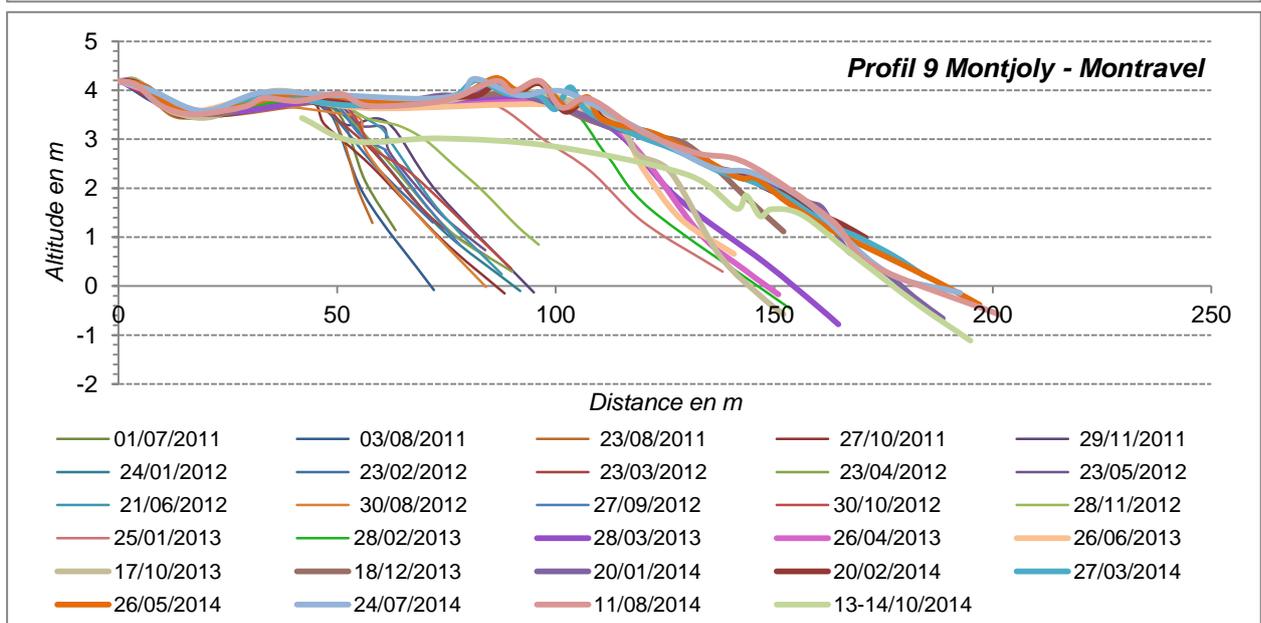
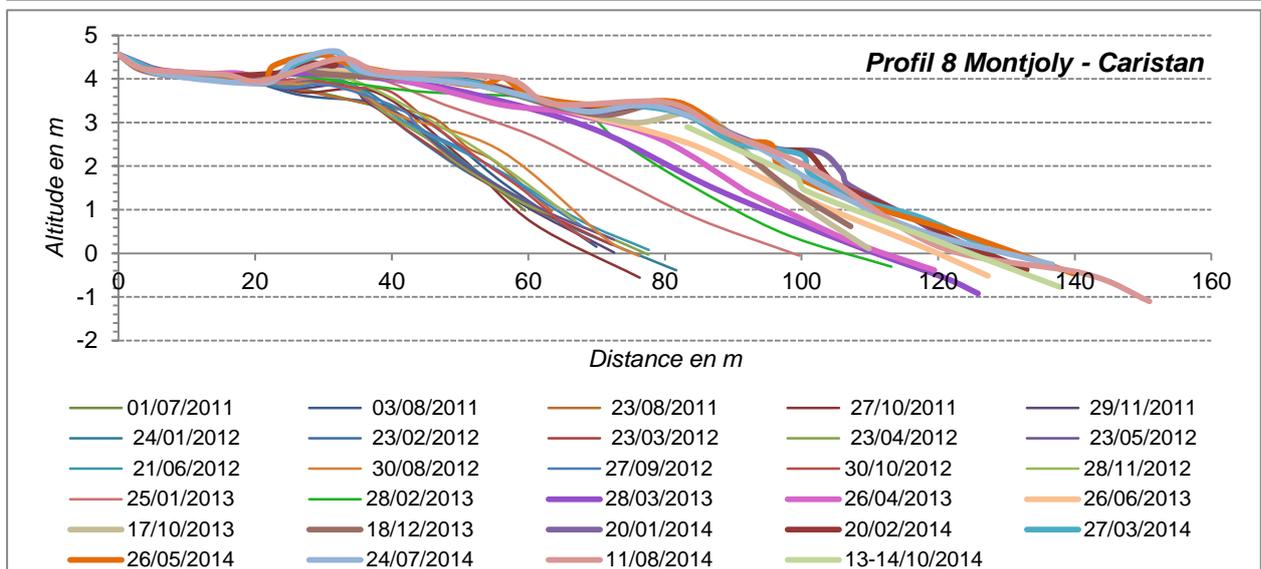
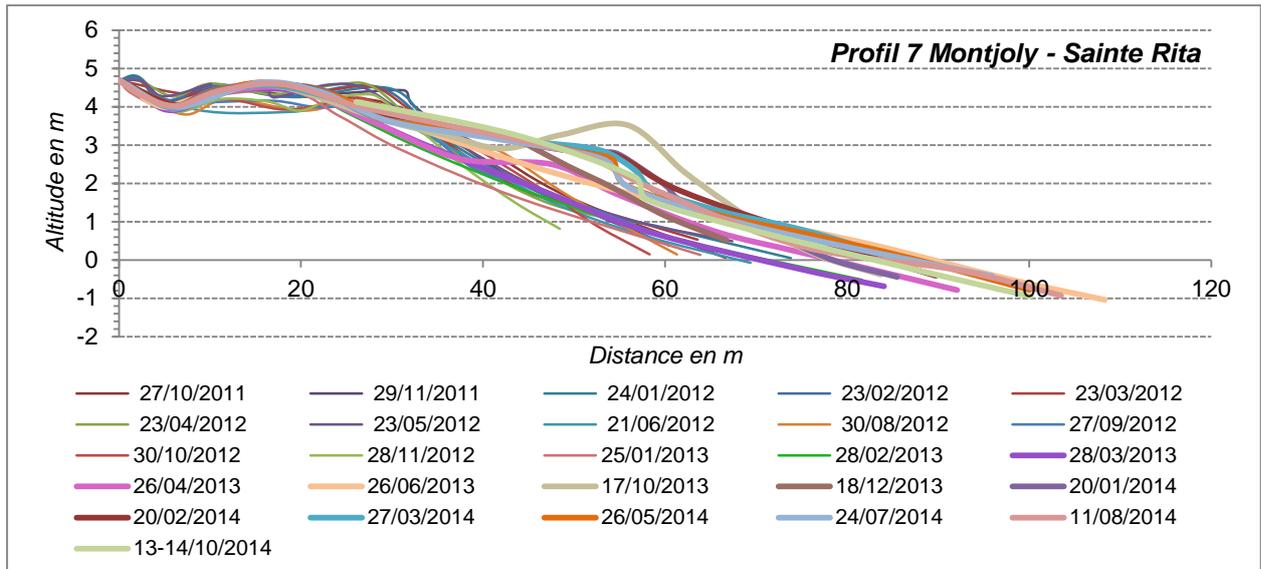
Profils de plage de 2011 à 2014

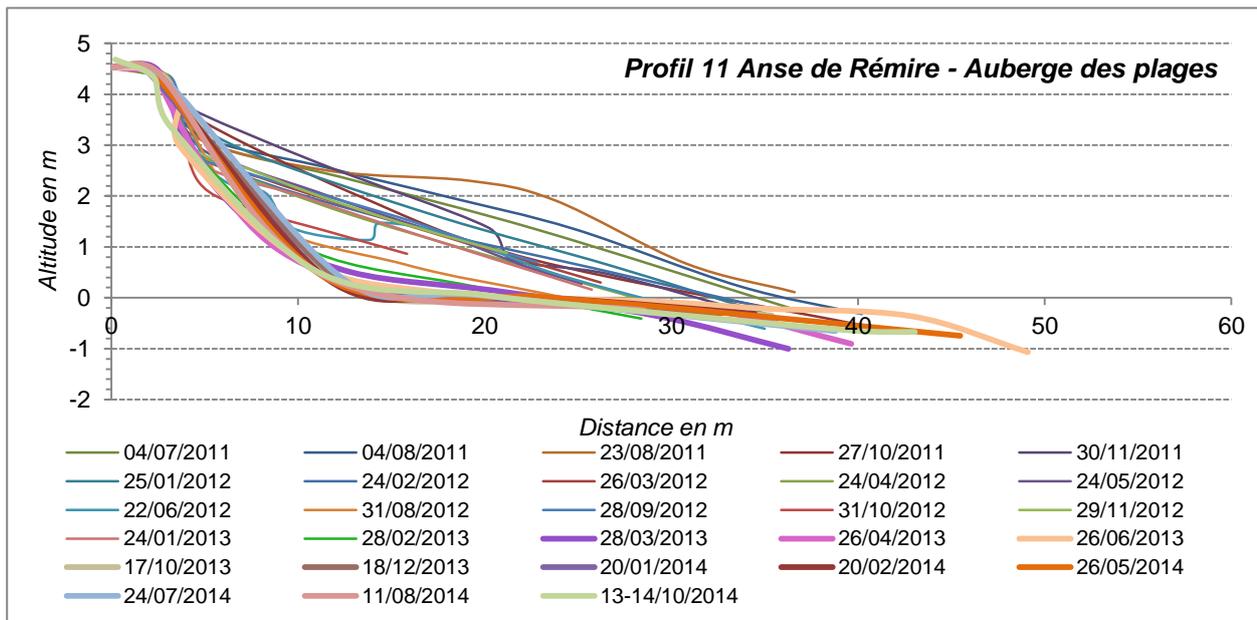
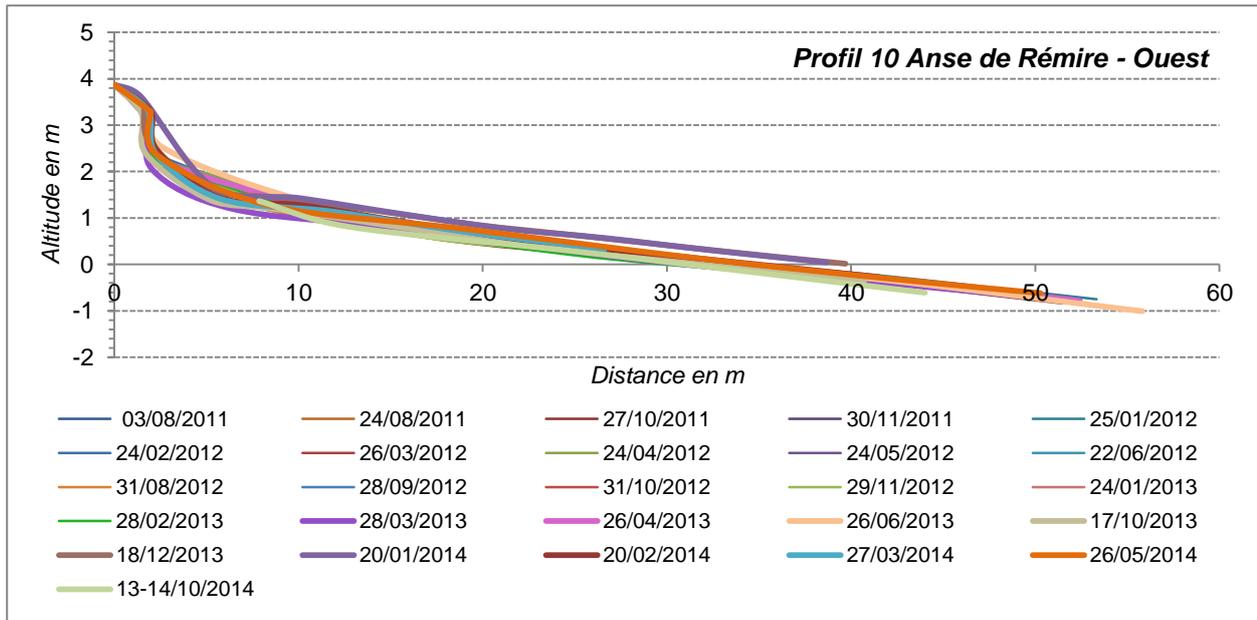


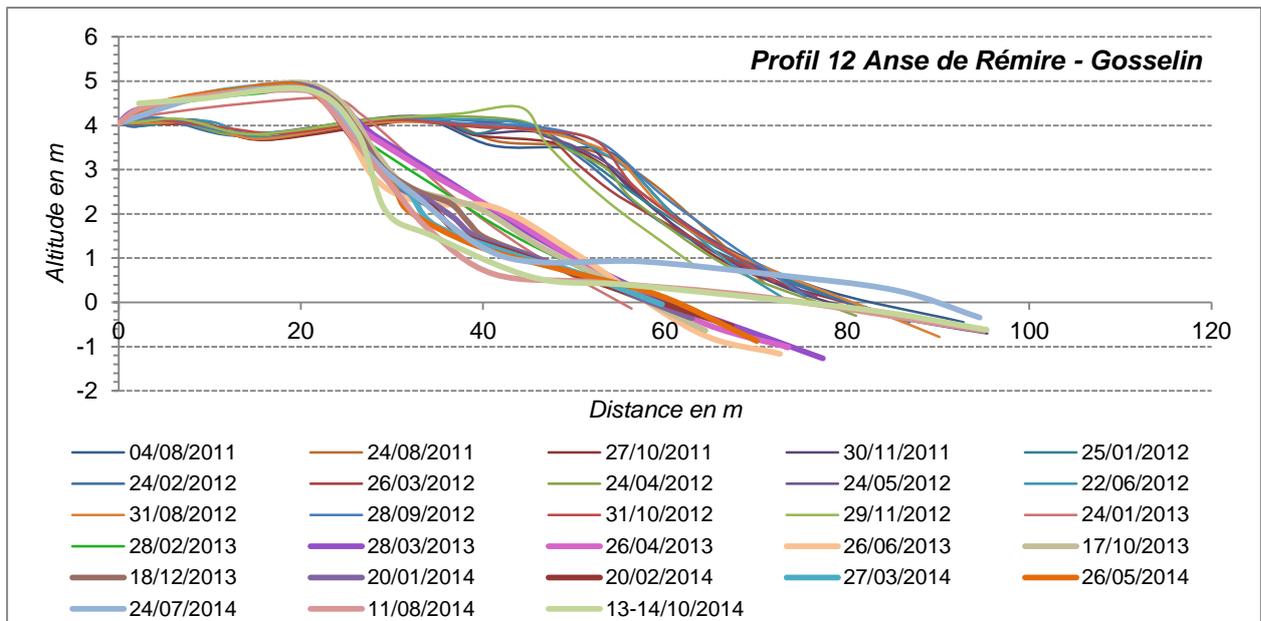
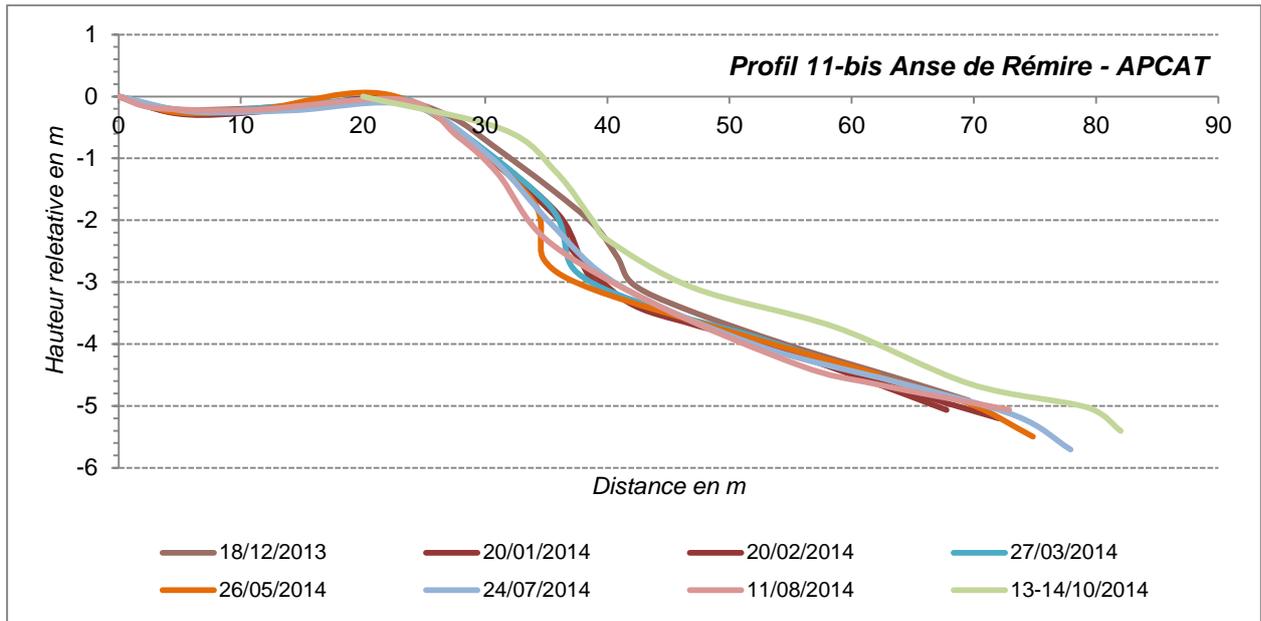








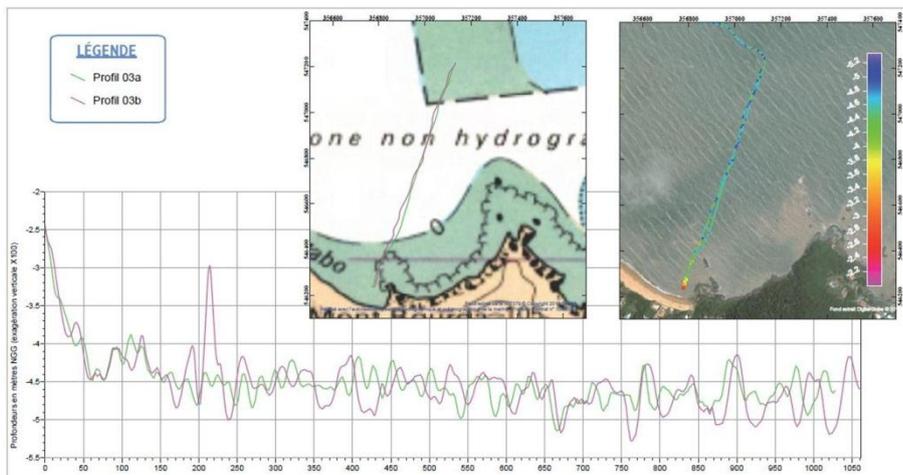
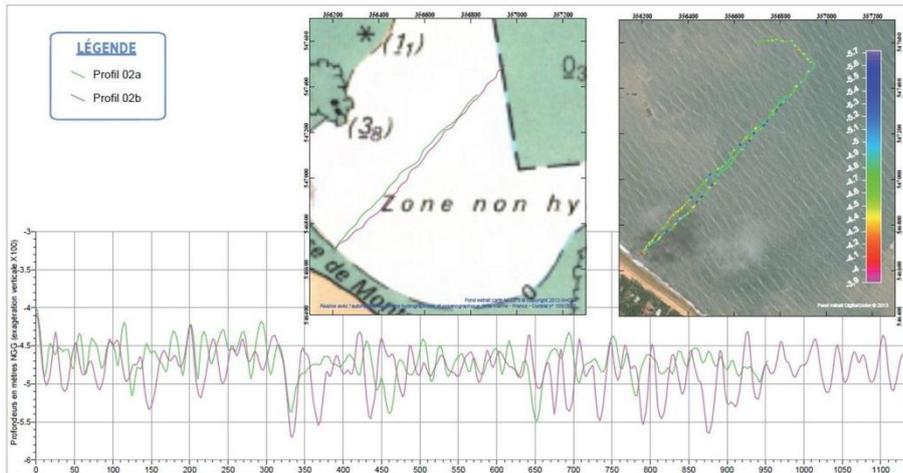
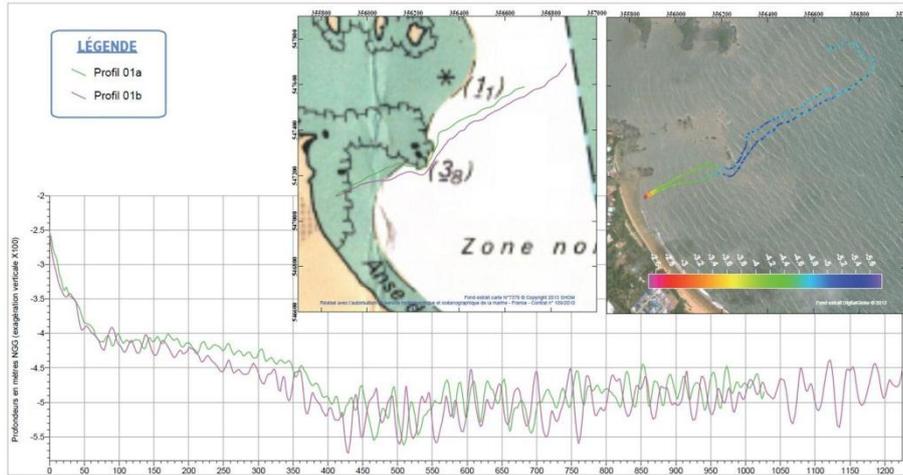




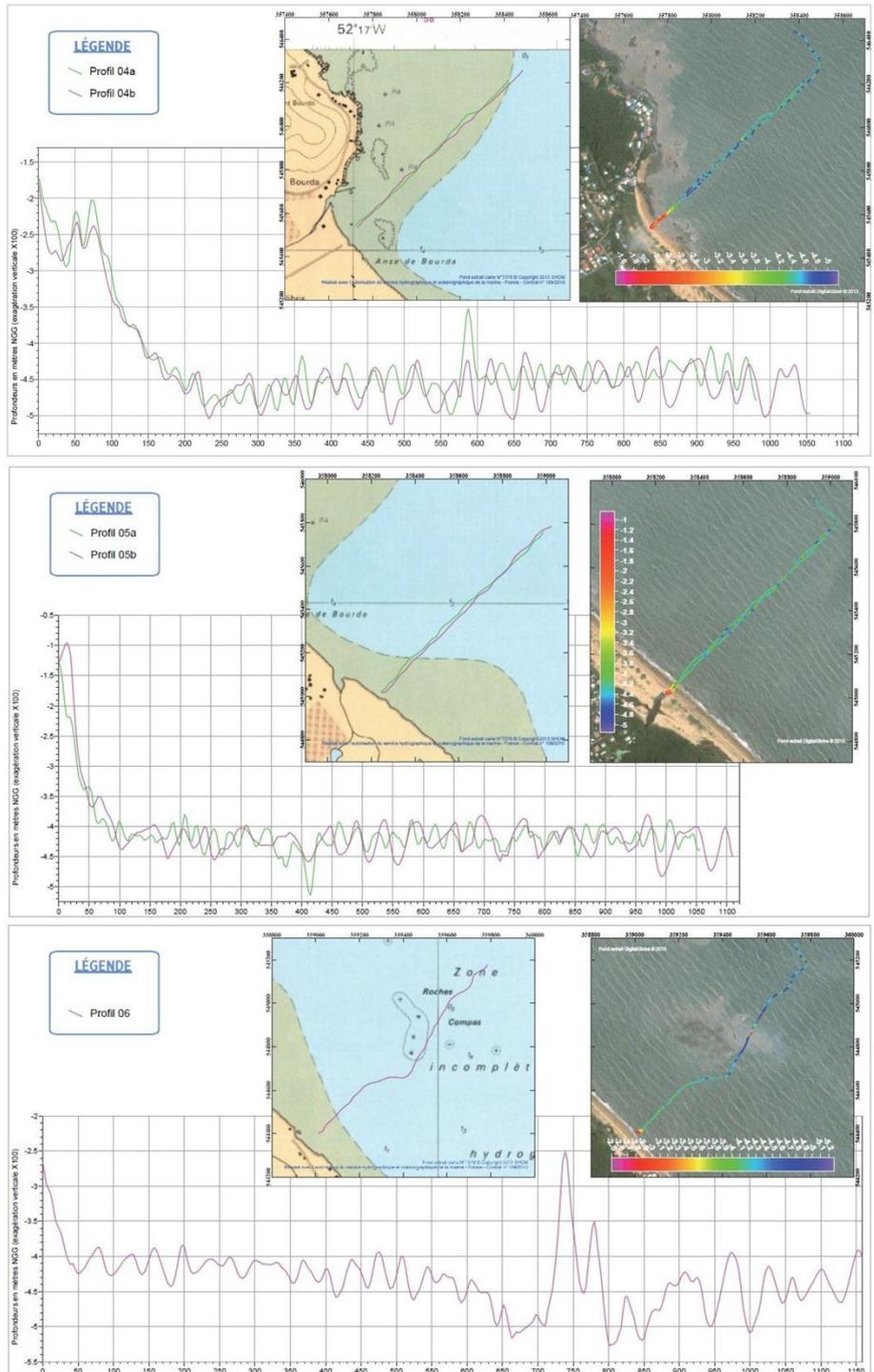
Annexe 2

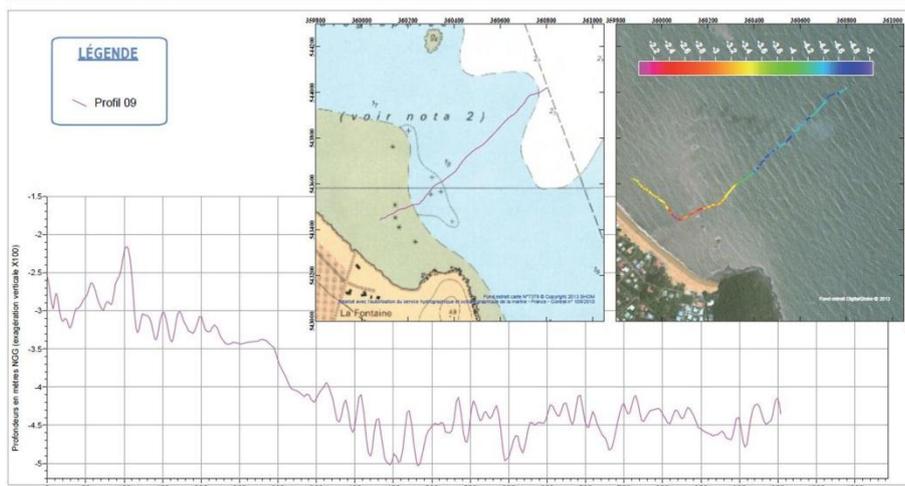
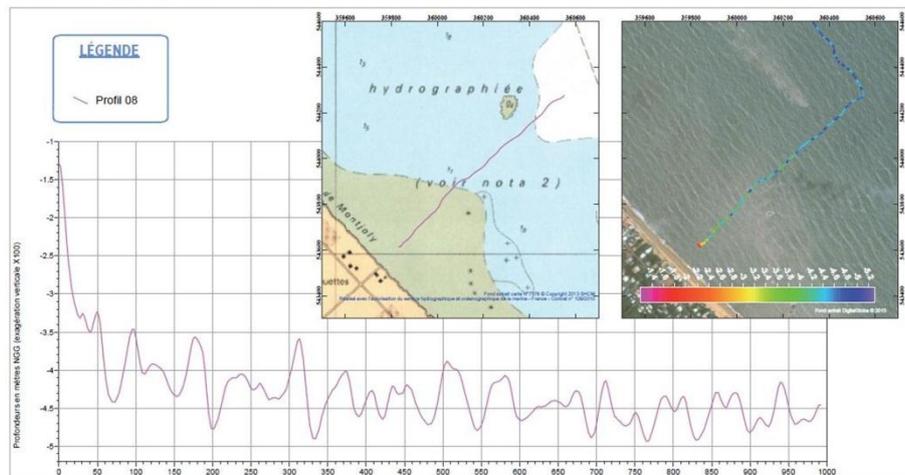
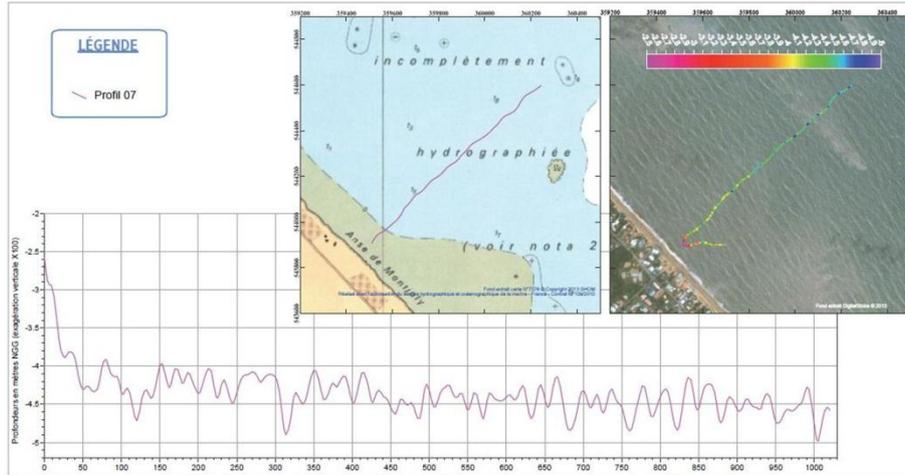
Profils bathymétriques de CREOCEAN 2013 (aller-retour)

Profils bathymétriques de l'anse de Montabo

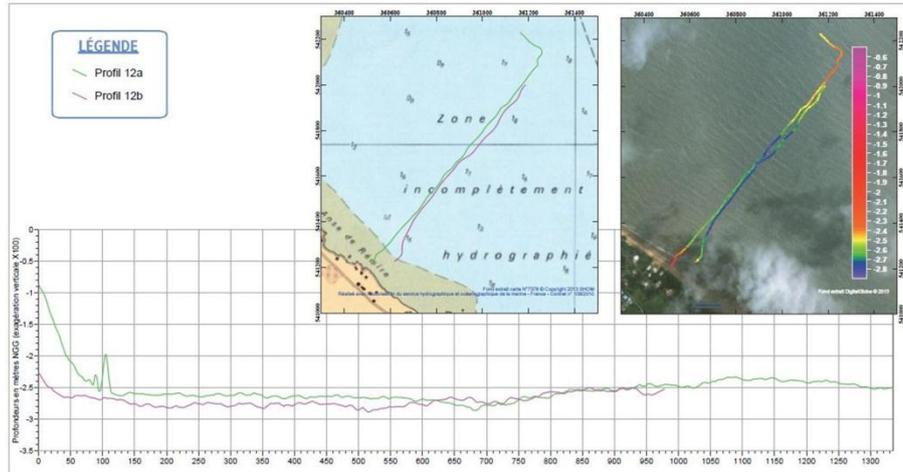
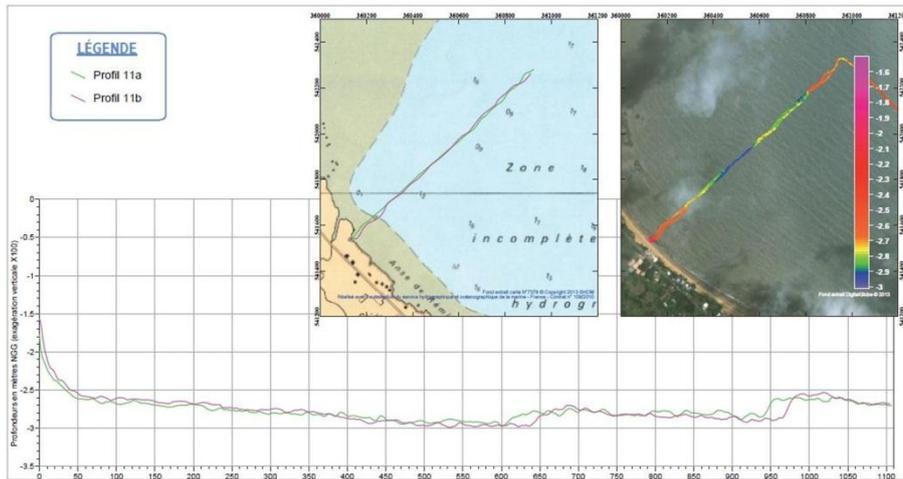
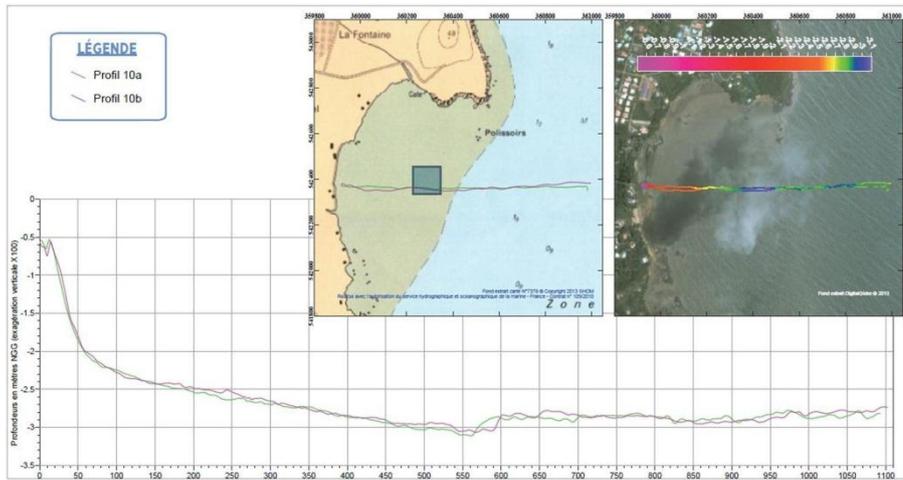


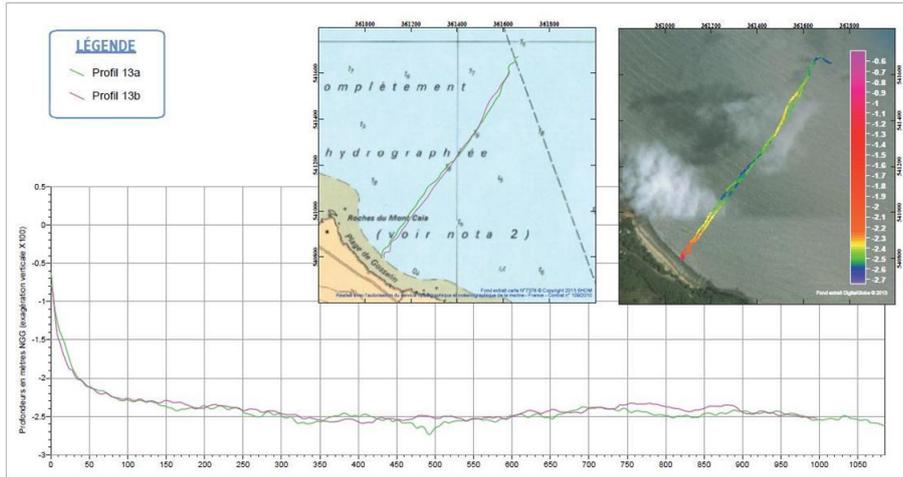
Profils bathymétriques de l'anse de Montjoly





Profils bathymétriques de l'anse de Rémire







Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Guyane

Domaine de Suzini-Route de Monabo
BP 552

97333 – Cayenne – Guyane

Tél. : 05 94 30 06 24