

RAPPORT D'ACTIVITE SUR LE SUIVI MORPHO- SEDIMENTAIRE DE LA PLAGE DE BOUTROUILLES ET SUR L'EFFICACITE DU PROCEDE STABIPLAGE® (COMMUNE DE KERLOUAN) POUR L'ANNEE 2007-2008

**Jean- Marie CARIOLET
Serge SUANEZ**

Laboratoire GEOMER - UMR 6554 LETG CNRS
Institut Universitaire Européen de la Mer, Technopôle Brest Iroise
Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané

Novembre 2008

**RAPPORT D'ACTIVITE SUR LE SUIVI MORPHO-SEDIMENTAIRE DE
LA PLAGE DE BOUTROUILLES ET SUR L'EFFICACITE DU
PROCEDE STABIPLAGE® (COMMUNE DE KERLOUAN) POUR
L'ANNEE 2007-2008**

Maître d'oeuvre

GEOMER - UMR 6554 LETG CNRS - Institut Universitaire
Européen de la Mer - Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané
Direction scientifique : Serge SUANEZ
serge.suanez@univ-brest.fr



Novembre 2008

Pour tous renseignements, s'adresser à :

Serge SUANEZ, enseignant chercheur à l'UBO,
GEOMER - UMR 6554 CNRS - Institut Universitaire Européen de la Mer
Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané
Tel : 02 98 49 86 10, Fax : 02 98 49 87 03
e-mail : serge.suanez@univ-brest.fr

Contexte de l'étude

Il convient dans un premier temps de rappeler dans quel cadre a été effectuée cette étude. Entre les mois d'octobre et de novembre 2006, un ouvrage longitudinal de type STABIPLAGE® a été mis en place au pied du cordon dunaire de la plage de Boutrouilles (commune de Kerlouan), sur une longueur de 270 mètres linéaires (figure 1 et photo 1). Cette opération fut décidée d'un commun accord entre les responsables locaux et la société Espace Pur afin de stopper le recul de la dune qui sévit depuis plusieurs années dans ce secteur (cf. La lettre du STABIPLAGE®, n°4, Janvier 2007¹). Dans la perspective d'évaluer l'efficacité de l'ouvrage de défense mis en place en pied de dune, un suivi topomorphologique du système plage/dune fut entrepris entre les mois de novembre 2006 et d'avril 2007 afin (i) d'observer les interactions entre la dune et la plage, (ii) et de mieux cerner l'impact des événements tempétueux sur l'ouvrage et sur le cordon dunaire. Ce travail d'observation fut réalisé dans le cadre d'un mémoire Master recherche effectué à l'Institut Universitaire Européen de la Mer de l'Université de Bretagne Occidentale (Cariolet, 2007).

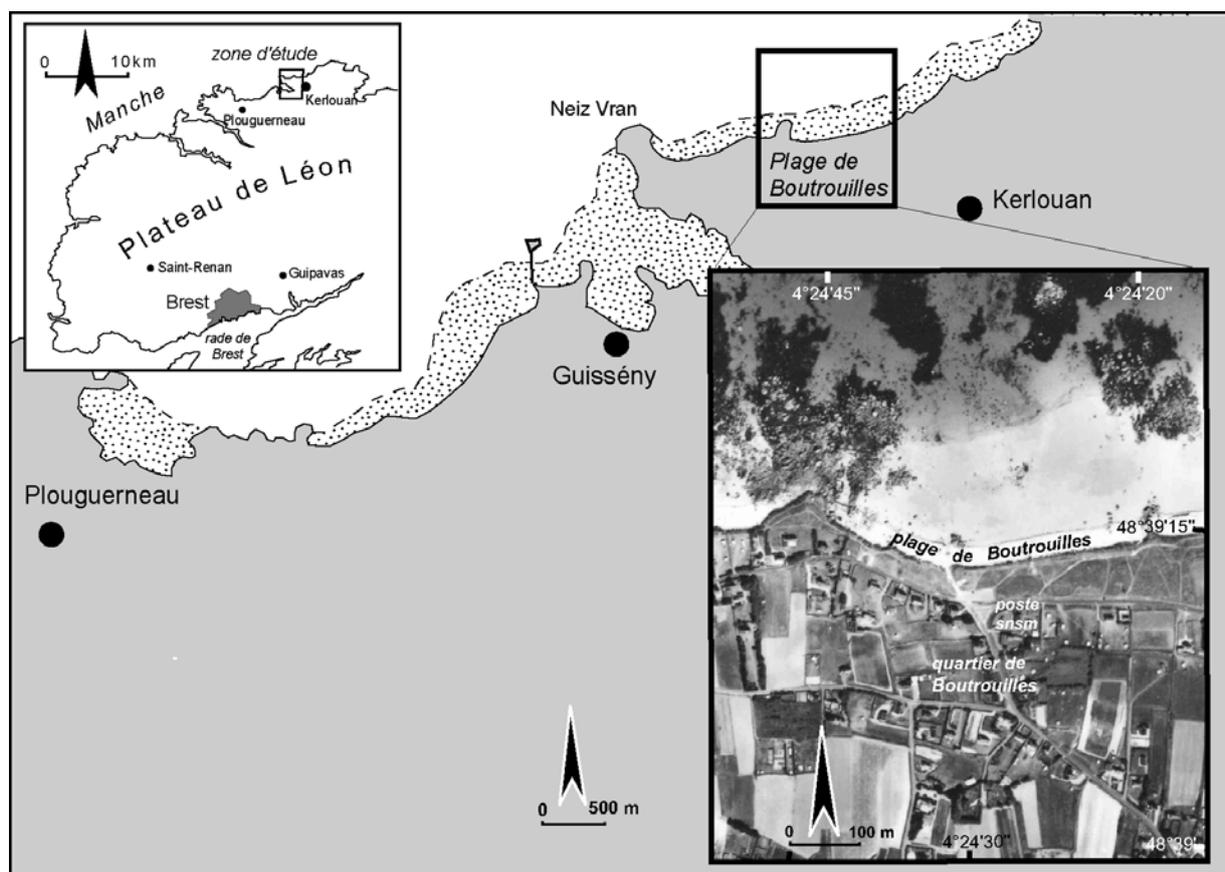


Figure 1 - Carte de localisation

¹ www.stabiilage.com/vars/fichiers/pub_defaut/La%20lettre%20du%20STABIPLAGE%204.pdf



Photo 1 - Photographie oblique du cordon dunaire de la plage de Boutrouilles protégé par le Stabiplage® (source : Espace Pur – juin 2007)

Les résultats obtenus dans le cadre de ce premier suivi topo-morphologique permirent de montrer dans un premier temps que l'ouvrage jouait pleinement son rôle d'effet tampon face à l'assaut des vagues. Durant toute la période le Stabiplage® avait bien résisté aux effets des tempêtes et de toute évidence, il fixait le trait de côte et protégeait d'une certaine manière la dune (Cariolet, 2007 ; Suanez et Cariolet, 2007). Toutefois, les relevés de terrain montrèrent que l'ouvrage générait des effets secondaires illustrés par des processus morfo-sédimentaires affectant le haut de plage. Ces derniers prenaient place principalement en période de tempête survenant lors d'une marée de vive-eau. Ces effets correspondaient à des phénomènes réfléchissants qui favorisaient le départ de sable en haut de plage comme l'attestèrent les levés du 8 décembre 2006 et du 23 mars 2007 (figures 2a et 2f). Pour autant, il est vraisemblable que de tels processus auraient pu se produire en l'absence de Stabiplage® car les effets réfléchissants apparaissent également lorsque la houle vient frapper un versant dunaire « naturel » sub-vertical. De même, les levés montrèrent qu'après chaque épisode marqué par un démaigrissement du haut de plage, suivait une période plus ou moins longue durant laquelle le matériel sédimentaire était remonté du bas d'estran par les petites houles de beau temps, permettant ainsi de cicatriser les effets des tempêtes en haut de plage (figure 2).

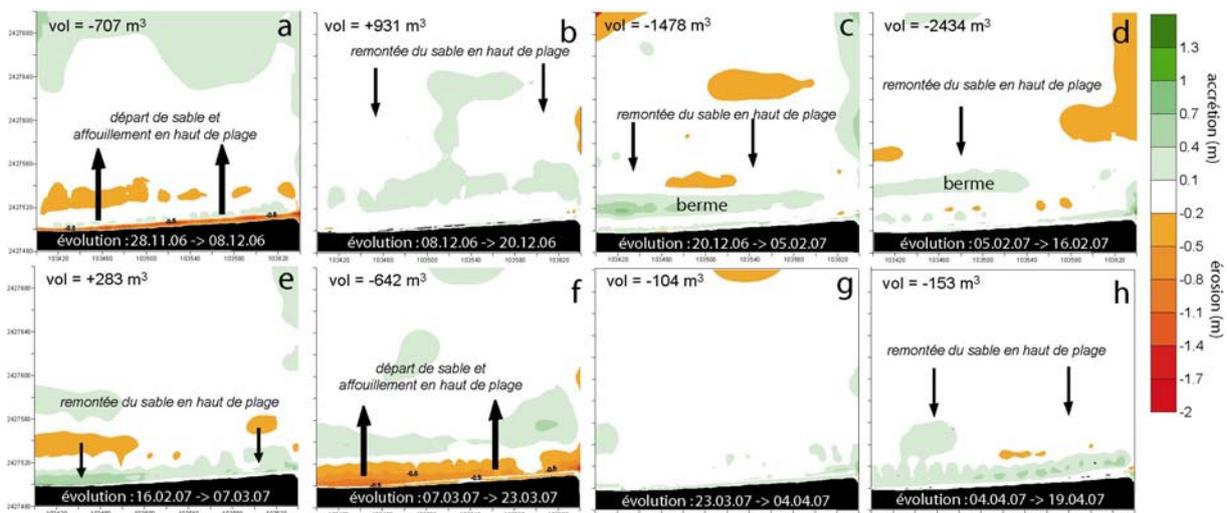


Figure 2. Déplacements sédimentaires entre le haut de plage et le bas d'estran enregistrés entre les mois de novembre 2006 et avril 2007 (Cariolet, 2007)

Dans un second temps, l'évolution du bilan sédimentaire de l'ensemble de la cellule de Boutrouilles (système plage intertidale et cordon dunaire), entre les mois de novembre 2006 et avril 2007, montra une perte de plus de 4300 m³ de sable (figure 3). Cette évolution fut caractérisée de préoccupante car à terme, elle pouvait avoir des conséquences sur la stabilité même de l'ouvrage si des phénomènes d'affouillement et de déchaussement intervenaient suite à un abaissement trop important de la plage.

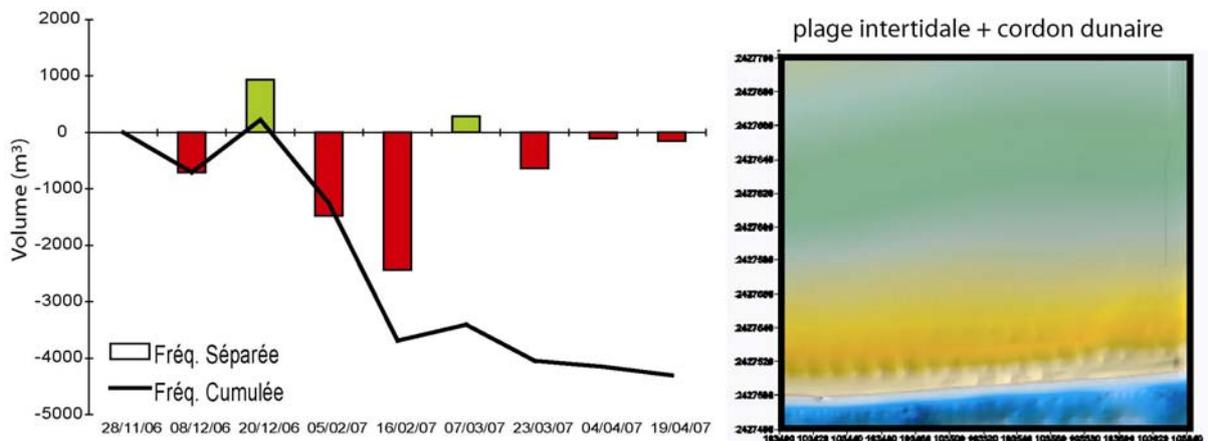


Figure 3. Evolution du bilan sédimentaire sur l'ensemble de la cellule de Boutrouilles (plage intertidale + cordon dunaire) entre les mois de novembre 2006 et avril 2007

L'évolution du bilan sédimentaire calculé uniquement sur le cordon dunaire fut quant à elle marquée par deux épisodes de déperdition conséquente de sédiment, ceux du 8 décembre 2006 et du 23 mars 2007 (figure 4). Ces deux phases érosives, atteignant respectivement -2300 et -1800 m³, furent générées par deux tempêtes survenues en période

de marée de vive-eau (coefficient de 91 et 116). Pour autant, comme nous l'avons rappelé précédemment, le Stabiplage® joua son rôle de protection du trait de côte, seule la partie basale de la dune fut érodée (photos 2a et 2b), obligeant ainsi les services techniques à re-profiler le versant dunaire.

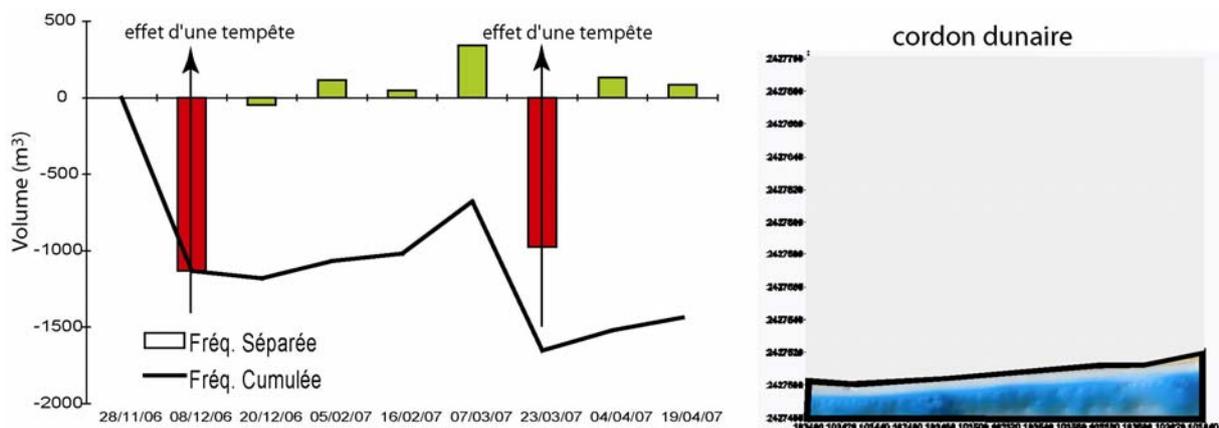


Figure 4. Evolution du bilan sédimentaire du cordon dunaire de la plage de Boutrouilles entre les mois de novembre 2006 et avril 2007



a. Front de dune reprofilé (nov. 2006, A. Démon)



b. Stabiplage® à découvert (20.12.06)

Photos 2. Front de dune de Boutrouilles avant et après le passage de l'évènement tempétueux survenu entre le 3 et le 8 décembre 2006.

Fort de ces premiers enseignements, il fut décidé de poursuivre le suivi topomorphologique sur l'année 2007-2008. Une convention de recherche fut établie entre le laboratoire Géomer – UMR 6554 LETG CNRS et la société Espace Pur, l'objectif étant de voir si la « tendance » et les processus observés durant les 6 premiers mois de l'année 2006-2007 se confirmaient.

Méthodologie mise en œuvre pour le suivi

Comme pour les mesures effectuées durant l'année 2006-2007, les levés topomorphologiques ont été réalisés au DGPS. Ils ont été raccordés au système géodésique français (coordonnées métriques en Lambert 2 étendu, et altitudes NGF - IGN69) à partir d'une borne IGN localisée sur la pointe de Neiz Vran à deux kilomètres environ à l'ouest du site d'étude (figures 5 et 6).

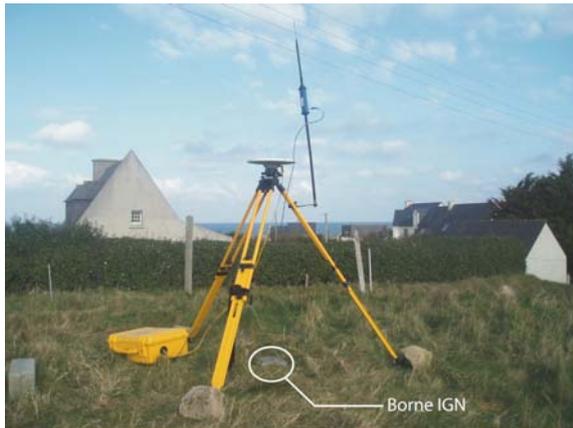


Figure 5. Base du DGPS installée sur la borne IGN servant de point de mise en station

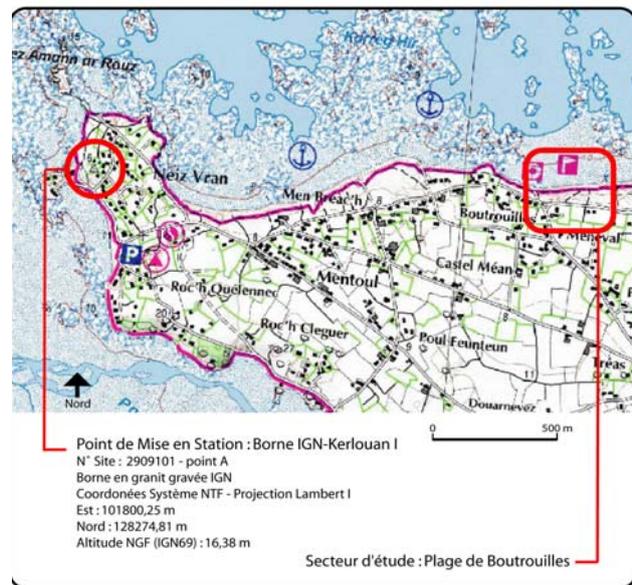


Figure 6. Localisation de la borne IGN par rapport à la plage de Boutrouilles

Des points de calage matérialisés par des clous topographiques en laiton, ont été installés sur le site afin de contrôler la justesse de la mesure (figure 7). D'un point de vue méthodologique, ces repères invariants sont mesurés à chaque campagne de levés, et permettent d'évaluer les marges d'erreurs intrinsèques à la mesure entre chaque levé. Ces marges d'erreurs sont ici proches de 1 cm en altitude, et de moins de 4 cm en X et Y.

A l'inverse des levés surfaciques réalisés lors de la première campagne de suivi (2006-2007), des mesures de profils de plage (intégrant la plage intertidale et le cordon dunaire) ont été retenues pour l'année 2007-2008. Ce choix a été motivé par le fait que les changements morpho-sédimentaires étaient très homogènes sur l'ensemble de la plage (ceci étant lié au fait que les transferts sédimentaires au sein de la cellule sont uniquement transversaux). A partir de ce constat, la mesure le long de radiales perpendiculaires au trait de côte est apparue suffisamment pertinente pour enregistrer l'ensemble des modifications observées. Ainsi, le suivi a été réalisé le long de deux profils de plage (figure 7) matérialisés par des repères fixes (piquets en acier galvanisé), à partir desquels l'alignement d'un levé sur l'autre s'est fait par l'utilisation de jalons colorés (figure 8). Le piquet situé en haut de

dune a aussi servi de tête de profil « invariable », à partir duquel le bon calage altitudinal d'un levé sur l'autre a pu être contrôlé.

Toutefois, afin de pouvoir comparer ces données à celles obtenues durant la première campagne de levés (2006-2007), la morphologie de la plage le long des deux profils en question a été « extraite » des modèles numériques de terrain réalisés durant cette période.

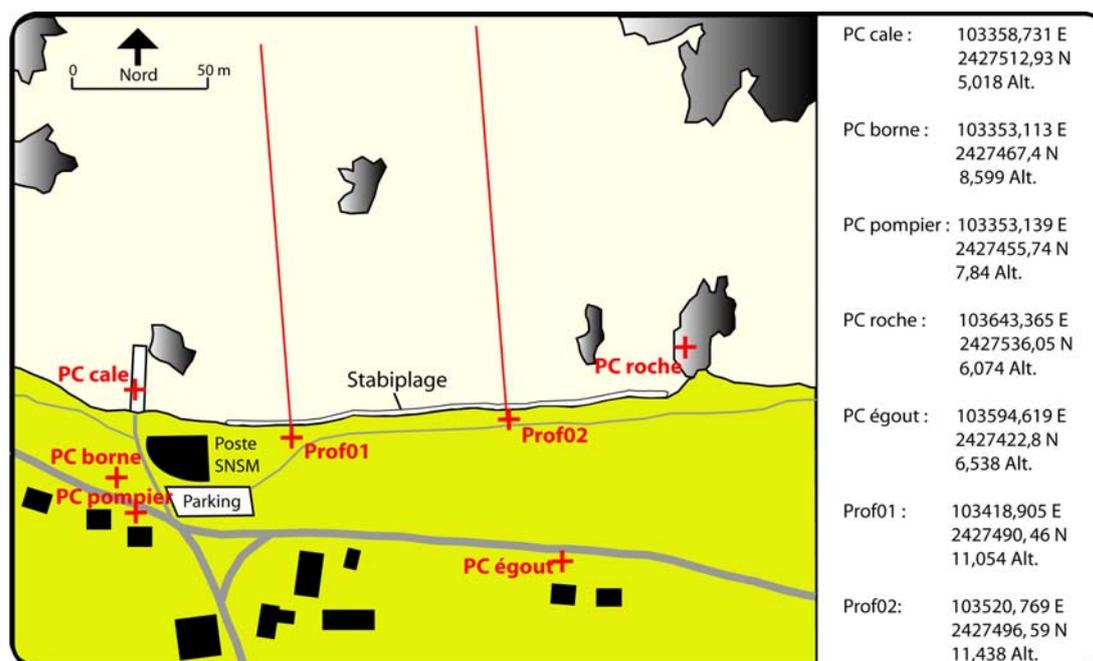


Figure 6. Localisation des points de calage (PC) et des profils de plage mis en place pour le suivi topo-morphologique de l'année 2007-2008



Figure 8. L'alignement de chaque profil est matérialisé par des jalons plantés au niveau des piquets repères en acier galvanisé

Les relevés de terrain ont été effectués à une fréquence mensuelle ; ainsi 13 levés ont été réalisés entre les mois de septembre 2007 et 2008, de préférence en période de vive-eau de manière à ce que la plage intertidale soit la plus découverte possible (tableau 1).

dates	coefficient de marée
10/09/2007	84
08/10/2007	73
12/11/2007	75
13/12/2007	70
22/01/2008	90
21/02/2008	96
12/03/2008	89
08/04/2008	108
19/05/2008	74
19/06/2008	70
23/07/2008	78
29/08/2008	85
29/09/2008	97

Tableau 1. Inventaire des relevés effectués durant l'année 2007-2008

La compilation de ces données se présente sous la forme d'enveloppes de profils à partir desquelles le calcul des volumes sédimentaires est réalisé en utilisant la méthode des « surfaces verticales ». Deux types de résultats sont présentés pour les 2 radiales : (i) l'évolution du profil de l'ensemble du système plage intertidale / cordon dunaire ; (ii) l'évolution du profil correspondant au haut de plage / cordon dunaire ; (iii) enfin, l'évolution du cordon dunaire *stricto sensu*.

Résultats

Evolution de la plage intertidale / cordon dunaire

Le premier constat porte sur la similarité des changements morphosédimentaires enregistrés par les deux profils (figure 9) ; cet élément confirme bien le fait que l'ensemble de la plage réagit de façon homogène à l'action des agents morphogènes. De manière générale, les modifications sont peu marquées en milieu et bas d'estran (± 20 cm), les variations de profil de plage les plus importantes (± 50 cm) concernent le haut de plage / cordon dunaire, entre 0 et 40 m par rapport à la tête de profil (figure 9C). Toutefois, les changements compris entre ± 15 cm que l'on observe à 200 m de distance en bas d'estran de montrent qu'il existe toujours des échanges sédimentaires entre la zone intertidale et la zone infralittorale.

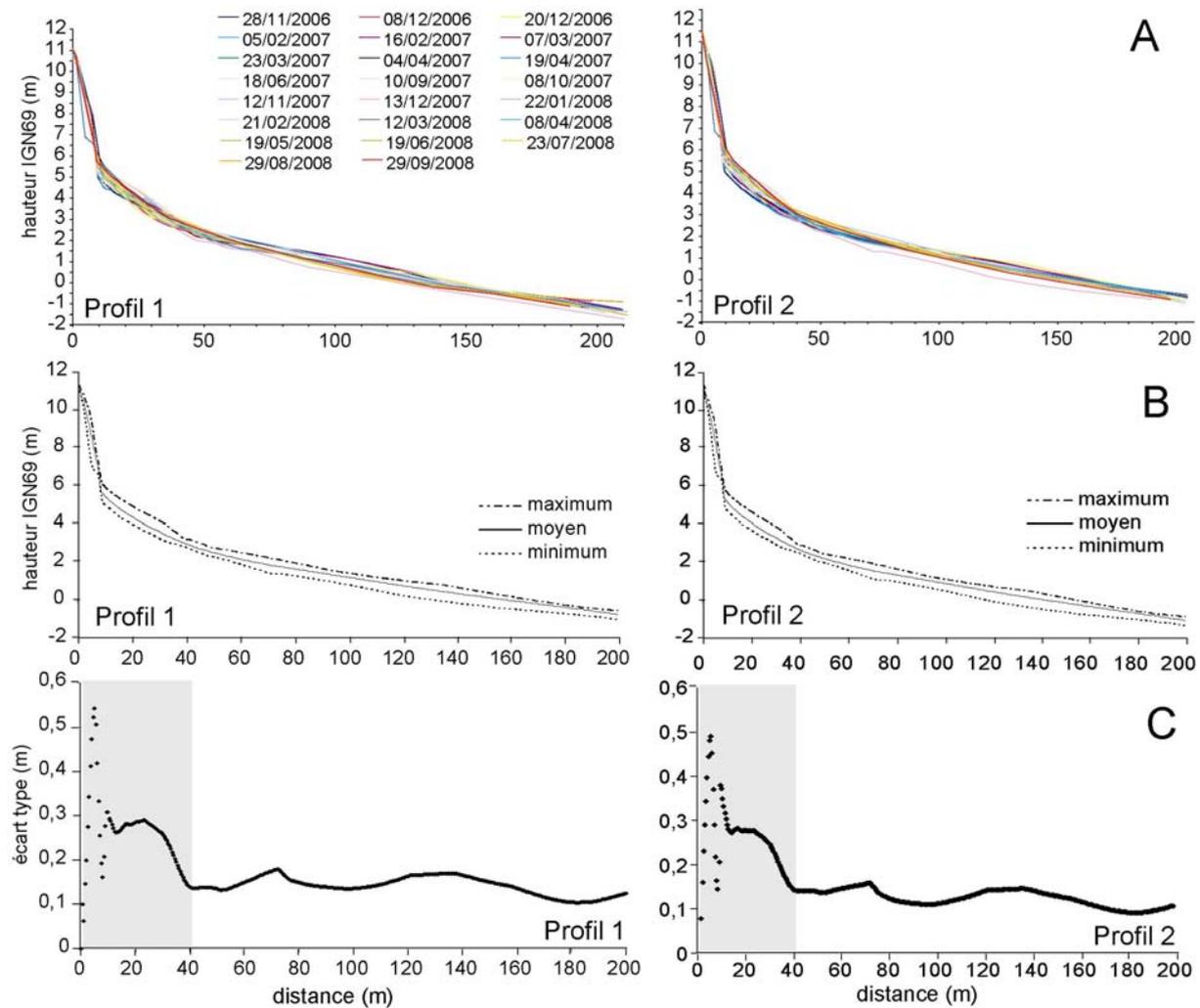


Figure 9. Enveloppe des profils de plage intertidale / cordon dunaire mesurés sur l'ensemble de la période (A) ; profils minimum, maximum et moyen (B) ; variations de hauteur de plage le long du profil exprimée en écart type par rapport au profil moyen (C).

L'évolution du bilan sédimentaire calculée sur les deux profils entre les mois de novembre 2006 et de septembre 2008, montre quant à lui que l'ensemble de la cellule de Boutrouilles est déficitaire ; la plage intertidale / cordon dunaire perd respectivement 34 et 22 $\text{m}^3/\text{m.l}$ au niveau des profils 1 et 2, soit environ 30 $\text{m}^3/\text{m.l}$ (figure 10). Si l'on rapporte cette valeur à l'ensemble du linéaire côtier concerné (soit environ 270 m), cela représente une perte d'environ 8000 m^3 depuis la mise en place du Stabiilage®.

On peut également noter que la perte la plus importante (environ 80 m^3/ml) a été enregistrée le 13 décembre 2007. Elle s'explique par l'action érosive générée par les fortes houles qui ont accompagné le passage d'une tempête quatre jours plus tôt (9 décembre 2007). Comme nous l'avons souligné plus haut, il est à noter néanmoins que cet épisode a

été suivi d'une phase de ré-engraissement rapide, sans pour autant compenser la totalité du volume sédimentaire perdu durant cette tempête.

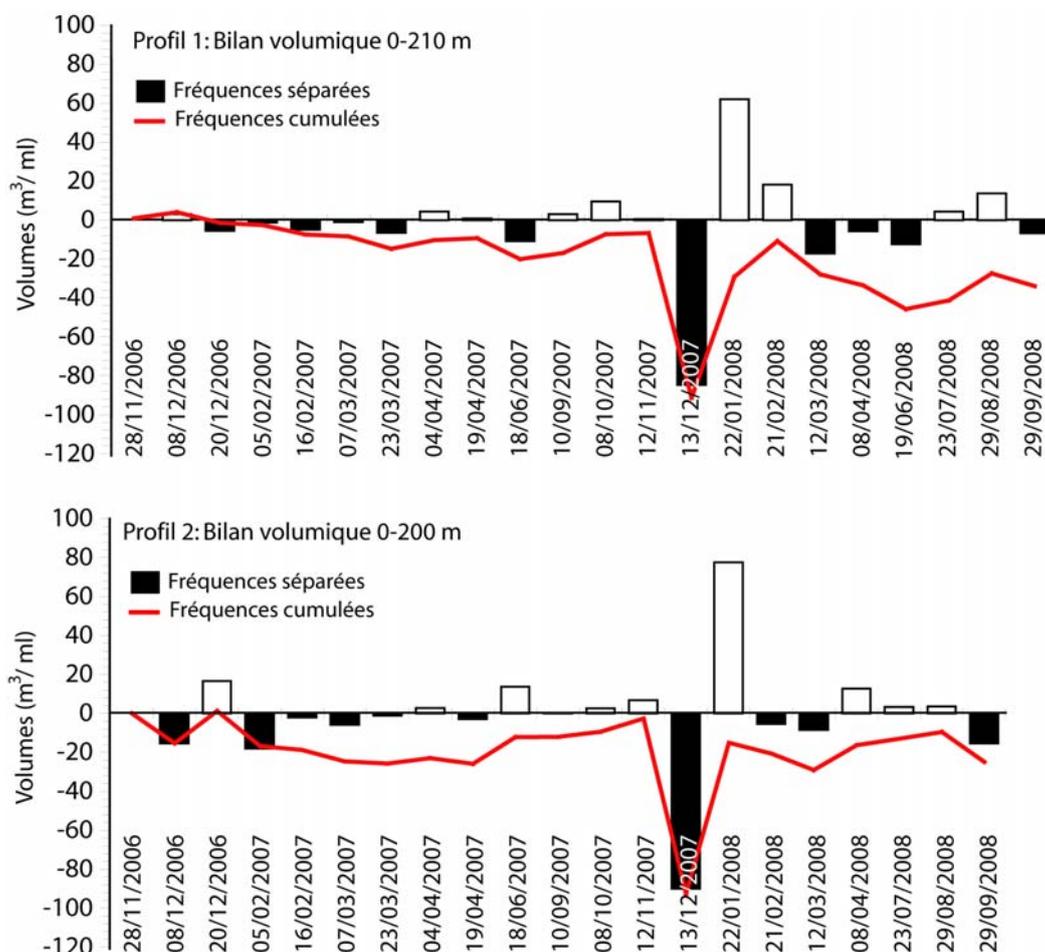


Figure 10. Evolution du bilan sédimentaire du système plage intertidale / cordon dunaire au niveau des deux profils entre les mois de novembre 2006 et de septembre 2008

Evolution du haut de plage / cordon dunaire

Comme nous l'avons souligné précédemment, le haut de plage / cordon dunaire correspond à la partie la plus mobile de la plage. Les changements enregistrés à ce niveau sont compris entre ± 50 cm (figure 9C). L'évolution du bilan sédimentaire calculée sur cette zone (entre 0 et 40 m par rapport à la tête de profil) montre un solde positif compris entre $+2,5$ et $+8$ m³/m.l au niveau des profils 1 et 2 sur l'ensemble de la période (figure 11).

Dans le détail, on remarque 4 épisodes marqués par une déperdition importante de sédiments : le 8 décembre 2006 ($-7,5$ m³/m.l), le 23 mars 2007 (-14 m³/m.l), le 13 décembre 2007 ($-9,4$ m³/m.l) et le 12 mars 2008 (-12 m³/m.l). Comme nous le verrons ultérieurement, ces phases érosives coïncident avec le passage de tempêtes survenant en période de marée de vive-eau.

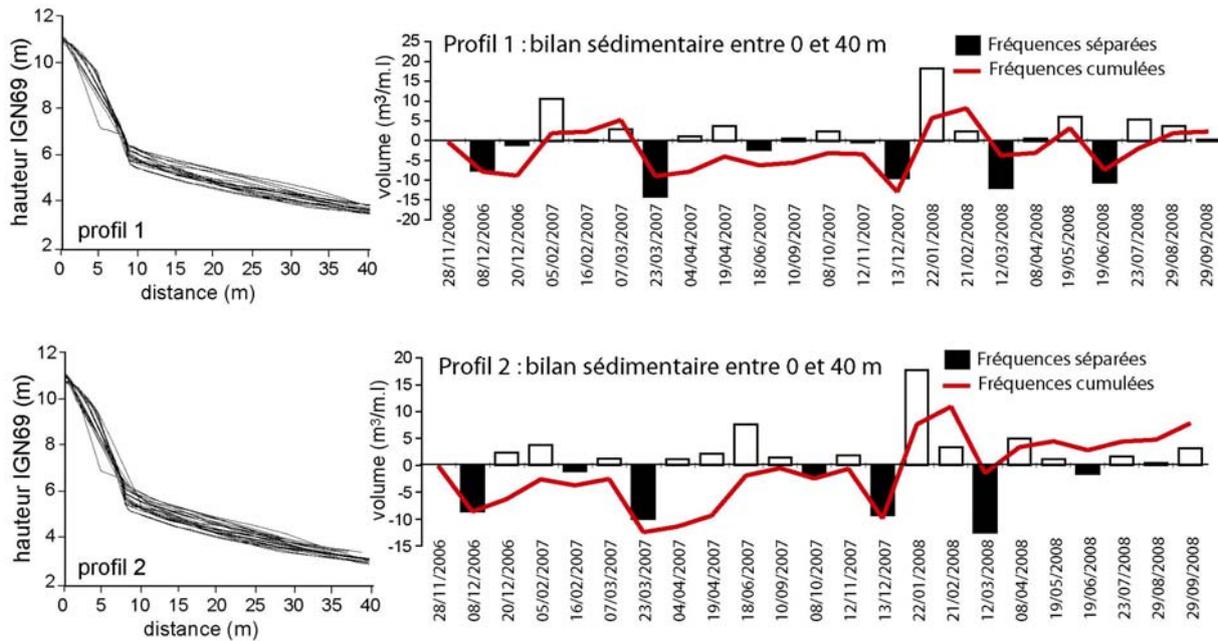


Figure 11. Evolution du bilan sédimentaire du haut de plage / cordon dunaire au niveau des deux profils entre les mois de novembre 2006 et de septembre 2008

Evolution du cordon dunaire

Si l'on considère enfin l'évolution du cordon dunaire *stricto sensu*, les changements observés ont pu être importants suivant les périodes (figure 12). Comme le montre l'évolution du bilan sédimentaire, les épisodes tempétueux hivernaux et printaniers ont à plusieurs reprises entraîné une déperdition de matériel. Comme nous l'avons rappelé en introduction, ces phénomènes avaient été particulièrement bien observés et décrits lors de la première campagne de levé, ils se sont répétés durant l'année 2007-2008. À ce titre, la tempête du 10 mars 2008 a été particulièrement dommageable car le Stabiplage® a été totalement submergé par les vagues qui ont entraîné un recul important du pied de dune (photo 3).



Photo 3A. Submersion du Stabiplage® durant la tempête du 10 mars 2008 au matin



Photo 3B. Recul du pied de dune d'environ 3 m après la tempête du 10 mars 2008 (12/03/08)

Le bilan sédimentaire global du cordon dunaire est quant à lui déficitaire sur l'ensemble de la période (environ $-5 \text{ m}^3/\text{m.l.}$), et ce, malgré les nombreuses opérations de rechargement et de reprofilage de la dune effectuées par les services techniques de la mairie après les tempêtes. À ce titre, il est important de souligner que ces actions anthropiques rendent particulièrement difficile l'analyse d'une part, des processus naturels qui commandent les phases de régénération de la plage, d'autre part, de l'efficacité réel du Stabiplage® dans l'évolution morphosédimentaire de la dune.

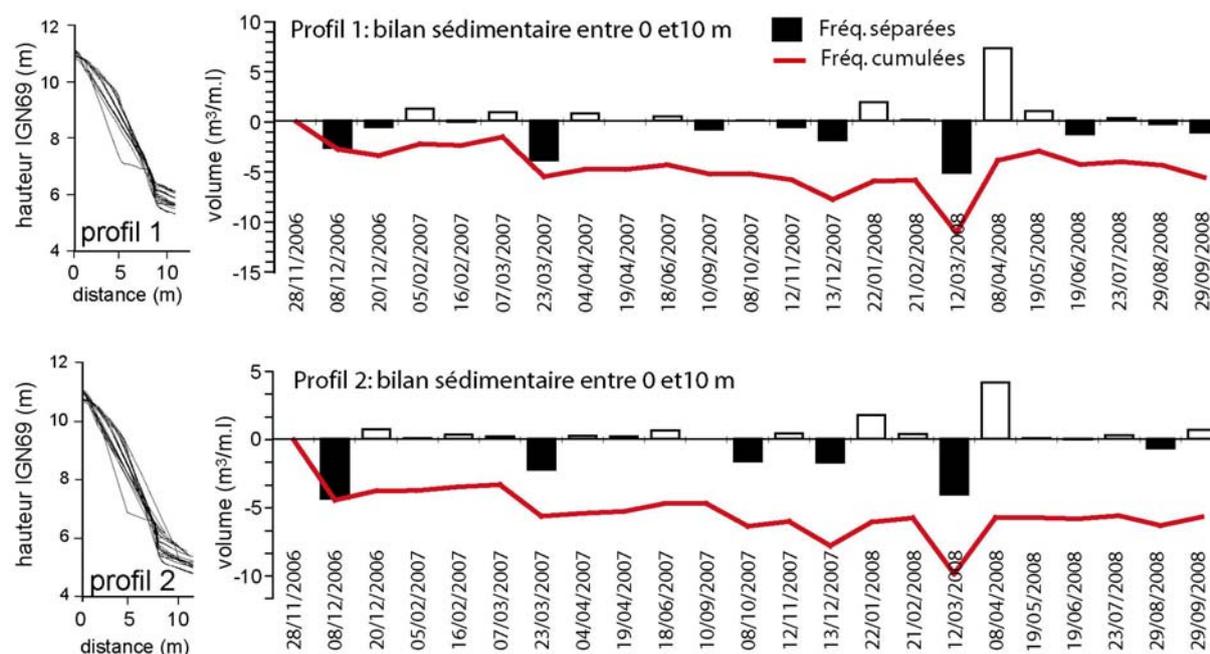


Figure 12. Evolution du bilan sédimentaire du cordon dunaire au niveau des deux profils entre les mois de novembre 2006 et de septembre 2008

Efficacité du Stabiplage® et comportement de la plage face aux tempêtes

Le dernier aspect de ce travail a consisté à analyser l'action des tempêtes dans les changements morphosédimentaires observés dans le cadre de ce suivi, et de voir si le Stabiplage® avait joué son rôle de protection du littoral. Pour ce faire, l'analyse a porté sur l'estimation des niveaux d'eau extrêmes à la côte en cumulant deux paramètres : la marée observée et la hauteur maximum atteinte par le jet de rive lors du déferlement des vagues (*wave runup*). Dans un second temps, ces niveaux d'eau ont été croisés à la topographie de la plage en prenant pour référence altitudinale la hauteur du pied de dune (environ 5,5 m IGN69), l'idée étant de voir si les phases de démaigrissement de la plage étaient associées ou pas à des hauts niveaux d'eau (figure 13), et dans cas, si le Stabiplage® avait ou non joué son rôle.

Si l'on considère uniquement le niveau marin atteint par la marée observée, celui-ci ne dépasse jamais la côte 5,5 m sur toute la période ; le pied de dune, et par là même, le Stabiplage® n'est jamais soumis à l'action des tempêtes. En revanche, en intégrant la déformation du plan générée par les vagues (*wave run-up*), on observe quatre épisodes majeurs de démaigrissement qui correspondent à des processus d'érosion générés par des niveaux d'eau à la côte supérieurs à l'altitude du pied de dune (figure 13). Dans ce contexte, le déferlement des vagues atteint la base de l'ouvrage et/ou le submerge comme ce fut le cas le 10 mars 2008. Durant cet épisode, la hauteur du jet de rive a atteint plus de 7 m NGF, soit environ 1,5 à 2 m plus haut que la base du Stabiplage®, entraînant un recul du cordon dunaire de plus de 3 m en arrière de l'ouvrage (photo 3). On observe toutefois des phases de réengraissement non négligeable du haut de plage / cordon dunaire après chacun de ces épisodes. Mais là encore, si ces phases de régénération du haut de plage peuvent s'expliquer comme on l'a vu précédemment par l'action des processus naturels (l'action des petites houles de beau temps et du vent dans la remontée du sable vers le haut de plage), elles sont aussi liées à des actions de rechargement d'origine anthropique, surtout pour le cordon dunaire. Ainsi, après la tempête du 10 mars 2008, les services techniques de la marine ont reprofilé le cordon dunaire en prélevant à la pelle mécanique du sable en haut de plage. Les levés du mois d'avril, et ceux qui ont suivi, montrant une régénération du système haut de plage / cordon dunaire, ne sont en rien l'expression des processus naturels ; de même, il est impossible de dire si le Stabiplage® a eu une réelle efficacité dans ces phénomènes de réengraissement.

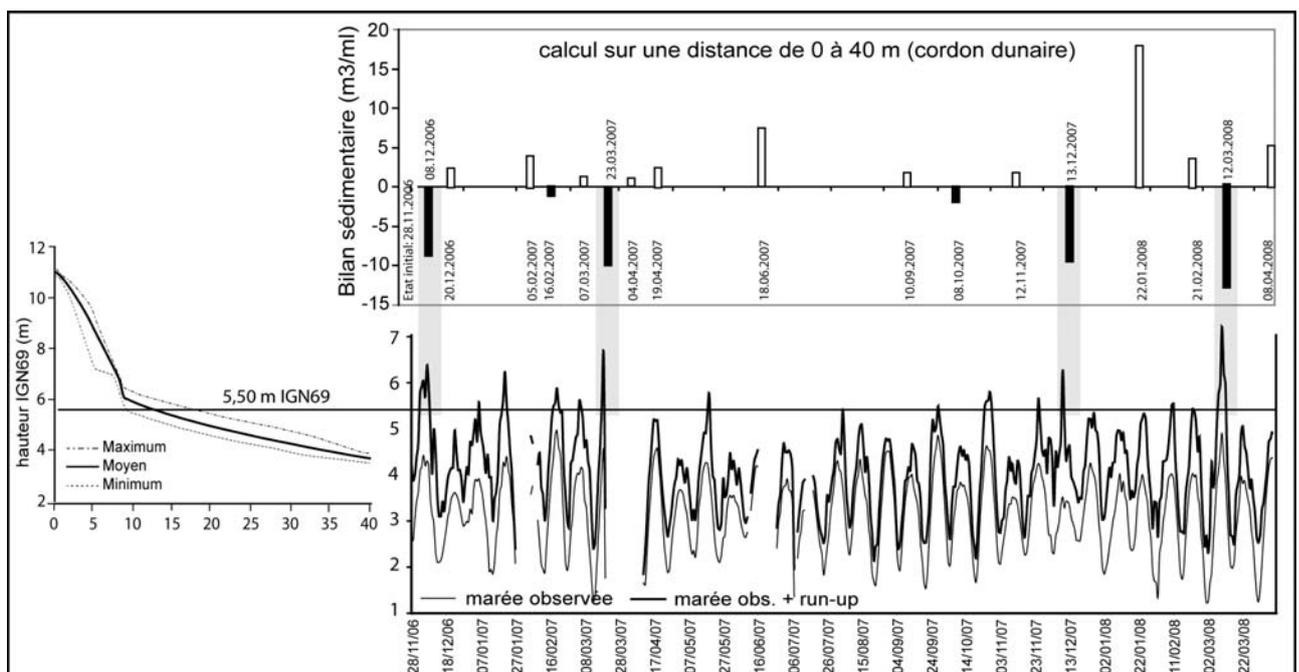


Figure 13. Evolution du bilan sédimentaire du haut de plage / cordon dunaire en relation avec les hauts niveaux d'eau à la côte enregistrés entre les mois de novembre 2006 et d'avril 2008

Conclusion et perspectives

Les enseignements que l'on peut tirer au terme de ce second suivi ne font que renforcer les observations faites durant l'année 2006-2007. La structure Stabiplate® longitudinale joue pleinement son rôle de fixation du trait de côte ; toutefois, lors des plus fortes tempêtes, des processus d'érosion liés à la réflexion des houles sur l'ouvrage affectent le haut de plage. Plus encore, la tempête du 10 mars 2008 a montré que les phénomènes de submersion « exceptionnelle » pouvaient franchir le Stabiplate® et générer un recul de la dune en arrière de l'ouvrage (notons toutefois que cet épisode revêt un caractère particulièrement exceptionnel et n'est donc pas représentatif de la tendance générale). Pour autant, il convient de signaler que durant cet épisode l'ouvrage n'a subi aucune détérioration et s'est bien comporté face à l'assaut des vagues.

Cette seconde campagne de suivi confirme également que le bilan sédimentaire global de la cellule est déficitaire, entre -34 et -22 m³/m.l au niveau des profils 1 et 2, soit environ 30 m³/m.l. Si l'on rapporte cette valeur à l'ensemble du linéaire côtier concerné (soit environ 270 m), cela représente une perte d'environ 8000 m³ depuis la mise en place du Stabiplate®. Cette évolution apparaît comme la plus préoccupante car elle montre que la cause de l'érosion de la plage de Boutrouilles n'est pas réglée ; le déficit sédimentaire de la plage s'aggrave entraînant un abaissement continu de son profil. Comme nous l'avions souligné au terme du premier suivi, cette évolution pourrait à terme entraîner une submersion plus fréquente de l'ouvrage et de la dune lors des tempêtes et pourrait aussi déstabiliser et/ou détériorer le Stabiplate®. Pour autant, sur l'ensemble de la période 2006-2008, l'évolution du bilan sédimentaire de la zone correspondant au haut de plage / cordon dunaire est excédentaire. Il montre un solde positif compris entre +2,5 et +8 m³/m.l respectivement au niveau des profils 1 et 2. Cette observation indique que malgré le déficit sédimentaire de l'ensemble de la cellule littorale, des transferts épisodiques de sable existent entre le bas et le haut d'estran jusqu'en pied de dune. Comme le montrent les résultats du suivi, ces apports entraînent un exhaussement du profil du haut de plage et protège la structure avec une certaine cyclicité, commandée en partie par la variation saisonnière des agents morphogènes (houles, vents, marée). Toutefois, il convient de rappeler que cette cyclicité est également liée à l'intervention humaine dont les opérations de rechargement et de reprofilage du haut de plage et de la dune participent à l'engraissement temporaire de cette zone (l'exemple du rechargement post-tempête du 10 mars 2008 illustre parfaitement cet élément).

Au terme de ces deux années d'observation qui ont permis d'analyser le fonctionnement morphosédimentaire de la plage de Boutrouilles et de mesurer l'efficacité du Stabiplate®, il n'apparaît pas nécessaire de poursuivre le travail de suivi topo-

morphologique. La vigilance exercée par les services techniques de la mairie, débouchant le plus souvent comme l'a dit sur des interventions de rechargement et de reprofilage de la dune après les phases d'érosion, suffisent à maintenir le système haut de plage / cordon dunaire en bon état.