



Morphodynamique des avant-dunes à moyen terme : Exemple de l'Ouest Cotentin.

Patrice BRETEL

Ingénieur
D.G.O. UMR 5805
Avenue des Facultés – 33405 TALENCE cedex
p.bretel@epoc.u-bordeaux1.fr

Résumé:

Un modèle conceptuel d'évolution des avant-dunes sur la côte ouest du Cotentin (Normandie France) est proposé à partir d'un suivi topographique réalisé au droit de 25 profils entre avril 1995 et juin 2000. A cette échelle de temps, la précision des estimations des volumes potentiels de transport éolien vers la dune est insuffisante et une approche semi empirique est préférée. La recherche d'une relation entre les évolutions volumétriques de la dune et la position du trait de côte montre qu'une accrétion dunaire peut être observée dès que la vitesse de recul du trait de côte est inférieure à - 1 m/an. Cependant, la morphologie de la base de la dune au contact avec la plage influence fortement les dépôts éoliens sur la dune. Ainsi, le modèle conceptuel proposé se base sur une typologie de la répartition des évolutions morphologiques de l'avant-dune mesurées au cours du suivi.

Abstract:

A morphodynamic model for the evolution of the foredunes on the western coast of Cotentin (Normandy-France) is proposed. It is based on topographical surveys between avril 1995 and june 2000. At this time-scale, prediction of eolian input to the dune is approximative. A semi empirical relation between foredune and coastline evolution shows that an accretion can be observed as soon as the coastline retreat is less than - 1 m/year. However, the morphology at the foredune foot connected to the upper beach strongly influences the amount of eolian deposits. Then, the proposed model is based on a typology of the morphological evolution of the foredunes during the survey.

Mots-clés: avant-dunes – morphodynamique – transport éolien – modèle conceptuel.

Keywords : foredunes – morphodynamic – eolian transport – conceptual model.

1.Introduction

Les études morphologiques de l'évolution des avant-dunes se basent généralement sur le potentiel d'apport éolien en provenance de la plage ¹. Les simulations de transport éolien réalisées sur la côte ouest du Cotentin (Figure 1) pour des cas favorables (proximité d'un sémaphore fournissant des données météorologiques représentatives à moyen terme, granulométrie de la plage homogène, station météorologique sur site) montrent que le volume d'apport éolien potentiel calculé peut être 3,5 fois supérieur au volume de croissance de l'avant-dune en absence d'érosion sur une période de 39 mois ².

L'évaluation des transports éoliens par l'utilisation de formules de transport n'offre que des ordres de grandeurs incompatibles avec les évolutions volumétriques de la dune mesurées simultanément. La proposition du modèle conceptuel d'évolution des avant-dunes s'est basée

sur une démarche semi-empirique mettant en relation les évolutions de la dune avec des critères généraux caractérisant la dynamique du système plage-dune telle la mobilité du trait de côte^{3,4}. Une analyse détaillée prenant en compte la morphologie initiale de l'avant-dune et la répartition des dépôts éoliens résiduels au cours du suivi a permis de dégager une typologie à la base de l'élaboration d'un modèle conceptuel morphodynamique.

2.Suivi morphologique à moyen terme

Vingt-cinq profils de suivi topographique ont été positionnés entre le Cap de Carteret et le Bec d'Andaine sur la Côte Ouest du Cotentin (Figure 1).

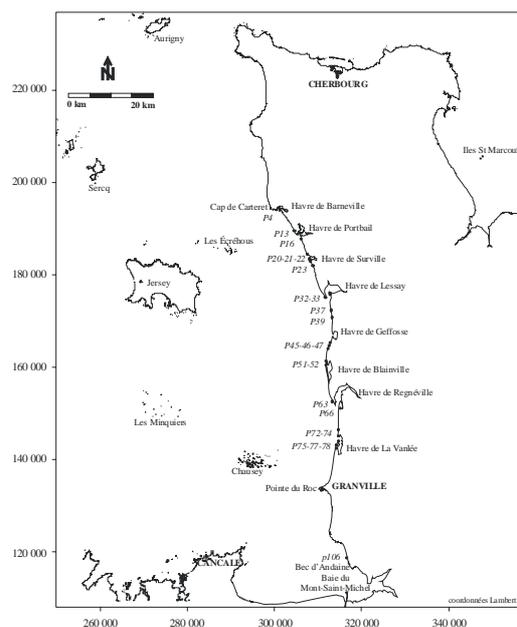


Figure 1: Localisation des profils de suivi topographique réalisé au tachéomètre électro-optique. Une attention particulière a été portée sur la précision des suivis et la répétabilité de la mesure. Il s'appuie sur le réseau de suivi de l'Etude Globale de Défense contre la Mer⁵.

Ils sont préférentiellement situés au droit de secteurs de stabilité ou d'avancée du trait de côte constatées à moyen terme⁶, entre 1991 et 1994. Au cours des mesures, des reculs significatifs seront observés. Le choix des profils s'est aussi appuyé sur une recherche de morphologies initiales variées. Par ailleurs, la zone d'étude est caractérisée par une forte variabilité spatio-temporelle de la taille des sédiments qui confère à chaque site des potentiels de transport éolien contrastés.

3.Evolutions mesurées

Les évolutions mesurées sur l'ensemble des profils dunaires entre avril 1995 et juin 2000 montrent une érosion maximale de $-13.4 \text{ m}^3/\text{ml.an}$ (profil 106 en Baie du Mont Saint Michel) et une accrétion maximale de $11,5 \text{ m}^3/\text{ml.an}$ (profil 63, Pointe d'Agon)⁷. Cependant, ces valeurs traduisent une forte disparité d'évolution.

Un bilan sédimentaire de la dune négatif peut masquer une part positive constituée par des dépôts éoliens en arrière de la crête dunaire. Inversement, un bilan positif n'est pas systématiquement révélateur d'une accrétion stricte, mais signifie seulement que le volume d'accrétion est supérieur au volume d'érosion sur la période considérée (figure 2).

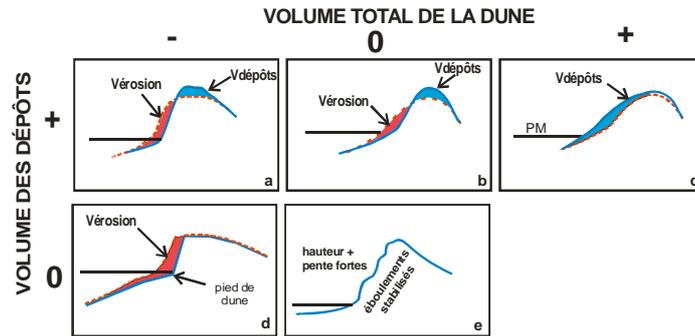


Figure 2: Le bilan sédimentaire de la dune résulte d'une différence entre les volumes d'accrétion et d'érosion et de multiples combinaisons sont possibles.

La mise en relation entre le budget sédimentaire de la dune et la mobilité du trait de côte sur la période de suivi a montré une diminution systématique du volume total de la dune lorsque la vitesse de recul du trait de côte est supérieure à 1.0 m/an et une accrétion est observée pour une vitesse de progression du trait de côte vers la mer de plus de 0.5 m/an⁴.

Entre ces deux valeurs, des bilans sédimentaires positifs ou négatifs peuvent être observés (Figure 2a, 2b). Les travaux se sont alors focalisés sur les critères favorisant les transferts des apports éoliens en provenance de la plage permettant de compenser l'érosion marine et donc d'aboutir à un bilan sédimentaire de l'avant-dune positif.

4. Facteurs influençant la croissance dunaire: Rôle de la pente et de la hauteur initiales en pied de dune

Pour chaque profil, les différences de conditions de transport éolien, décrits essentiellement par la granulométrie et la taille de la surface de déflation, située entre le pied de dune et le niveau d'affleurement de la nappe à marée basse, ne permettent pas à elles seules d'expliquer la variabilité des dépôts éoliens. Par contre, une forte influence sur la croissance dunaire de la pente et de la hauteur en base de versant marin de la dune, au contact avec la haute plage, est mise en évidence (Figure 3).

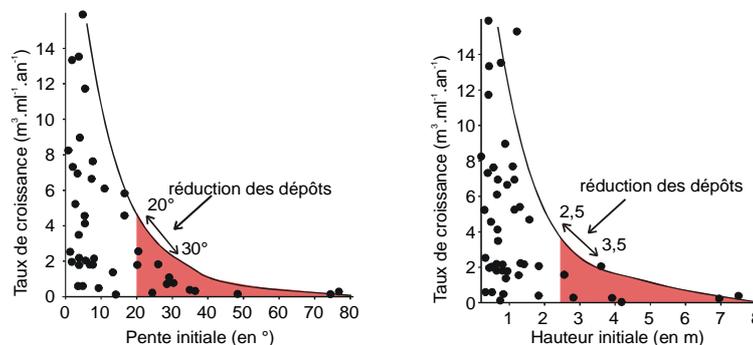


Figure 3: Effets de la pente et de la hauteur initiales en pied de dune sur la réduction de la croissance dunaire (le taux de croissance dunaire est défini comme la part positive du bilan sédimentaire rapporté à une année).

Les pentes et les hauteurs en base de versant marin sont essentiellement reliées à la dynamique de la plage soumise à un forçage à dominante hydrodynamique^{8, 9, 10, 11}. Cette rétroaction entre la morphologie, forcée par l'action marine, et la dynamique éolienne est une caractéristique essentielle du fonctionnement de l'avant-dune.

5. Classification à partir de l'analyse de la répartition des dépôts

L'approche tout d'abord volumétrique de la croissance dunaire est ensuite approfondie par une étude de la répartition des érosions/accrétions le long du profil afin de proposer une typologie des évolutions mises en évidence au cours du suivi. L'évolution altimétrique résiduelle de chaque profil (différence entre le premier et le dernier levé) est calculée par pas de 0.5 m. Considérant une largeur de 1 m, le volume d'accrétion ou d'érosion, tous les 0.5 m, est rapporté en pourcentage du volume total d'évolution du profil.

Ainsi, une classification peut être réalisée pour des profils aux évolutions volumétriques différentes mais présentant des répartitions identiques de celles-ci.

Pour chaque type, le pourcentage d'évolution positif (accrétion) et négatif (érosion) est représenté en partant du pied de dune vers l'arrière dune. Deux morphologies moyennes, dune basse et dune haute, sont prises en compte pour illustrer les évolutions dans chacun des types (Tableau 1 - Figure 4) :

Tableau 1 : description de chaque type d'évolution morphologique établi à partir des évolutions mesurées entre avril 1995 et juin 2000.

TYPES	DESCRIPTIONS
I	<i>Phase d'accrétion stricte</i> La croissance dunaire est essentiellement horizontale et la croissance verticale réduite. Une amorce de banquette se crée en base de versant marin de la dune haute.
II	<i>Phase de stabilisation</i> La croissance horizontale est réduite et un bourrelet dunaire devient nettement identifiable. En avant d'une dune haute, la morphologie caractéristique est constituée par un profil convexo-concave avec à sa base le développement d'une banquette d'accrétion.
III	<i>Phase de stabilité par compensations</i> La stabilité du trait de côte résulte généralement d'alternances d'avancées réduites et d'attaques marines en pied de dune sans recul significatif. Les dépôts éoliens sont localisés directement en arrière de la crête dunaire en base de versant marin. Progressivement, les transferts plage-dune se réduisent pour aboutir à un blocage des apports éoliens en pied de bourrelet dunaire au contact avec la haute plage.
IV	<i>Phase de recul</i> Le recul du trait de côte entraîne une réduction du volume de la dune mais provoque aussi un blocage des apports éoliens. En fonction de la morphologie moyenne de la dune, les conditions de blocage des transferts peuvent être rapidement atteintes (pente de plus de 30° et hauteur supérieure à 3 m). Cette situation est rapidement observée pour une dune haute, lorsque la totalité de la banquette d'accrétion récente est érodée.
V	<i>Phase de recul compensé : « Roll Over »</i> Le recul du trait de côte est régulier mais la morphologie du versant marin reste favorable aux transferts plage-dune. Dans le cas d'une dune haute, les apports éoliens sur la partie supérieure du versant marin participent à une rétroaction négative de blocage des transferts.
VI	<i>Phase de stabilité sans échange</i> Ce type peut à la fois intervenir à l'issue d'une phase d'avancée du trait de côte ou de recul, mais implique une stabilité prolongée de la position du trait de côte. Dans les deux cas, un blocage des échanges plage-dune est observé du fait de la hauteur et de la pente importantes de la dune.

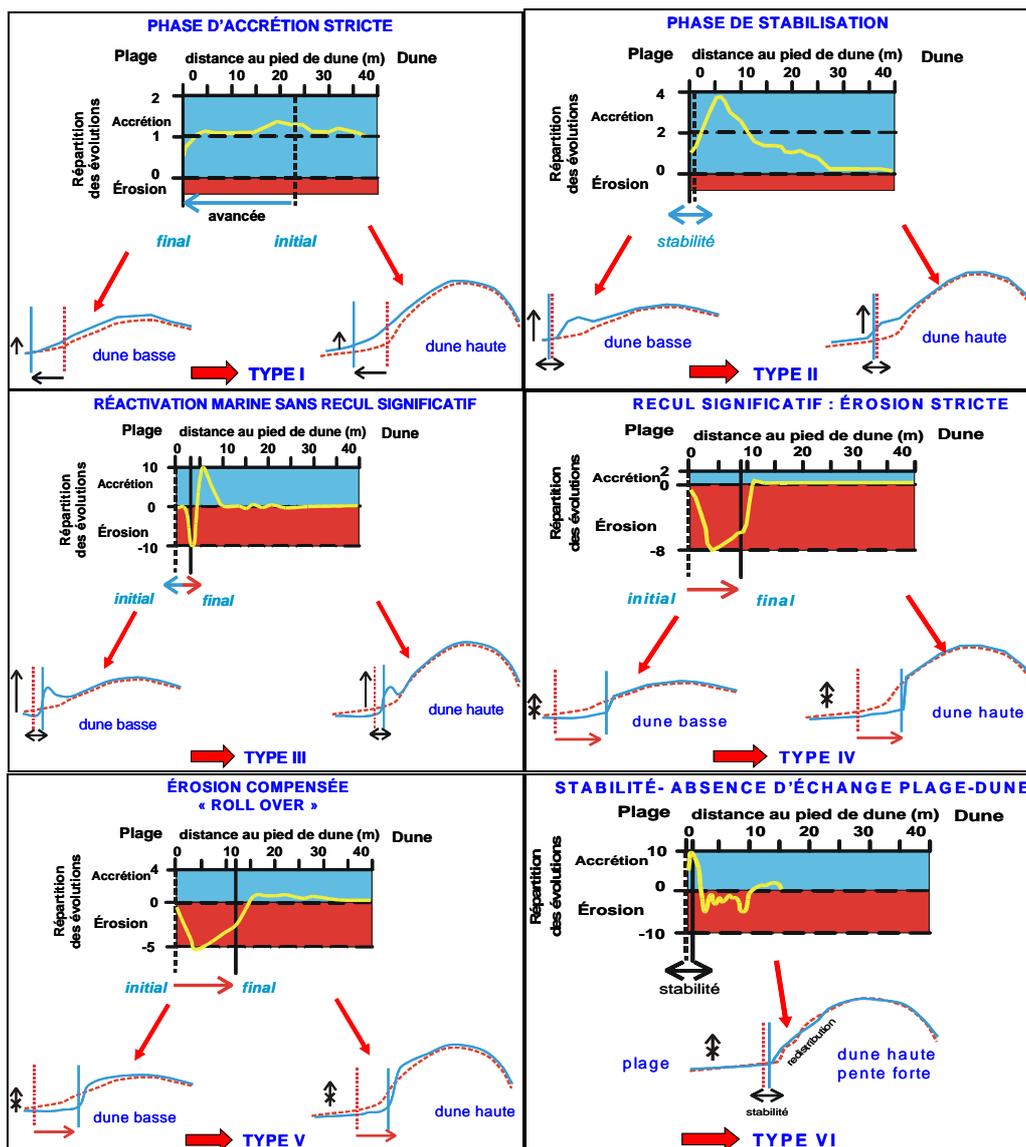


Figure 4: Typologie de l'évolution morphologique des avant-dunes.

7. Application du modèle pour caractériser la dynamique éolienne d'un crochon dunaire

Considérant le sens inverse au transit littoral, les différents types caractéristiques d'évolution de l'avant-dune peuvent être superposés sur le linéaire d'un crochon dunaire (Figure 5). L'extrémité du crochon est caractérisée par une avancée rapide de la position du trait de côte vers la mer, associée à des pentes et des hauteurs faibles au contact plage-dune. Les conditions de transferts éoliens vers la dune sont optimales.

En amont dérive, la stabilisation progressive de la position du trait de côte et parallèlement la construction d'un bourrelet dunaire au contact plage dune limite progressivement le transfert de sables éoliens sur la dune.

Les pentes et les hauteurs sont plus fortes, le couvert végétal plus dense. En prolongeant cette progression vers l'enracinement du crochon, cette modélisation conceptuelle de la construction du crochon dunaire aboutit à la superposition des différents types établis. Par exemple, des crochons caractéristiques de cette succession peuvent être observés en Baie du

Mont-Saint-Michel, où l'action du transit littoral y est modifiée par les mouvements des chenaux. Cependant, des tempêtes peuvent fortement perturber cette succession idéale.

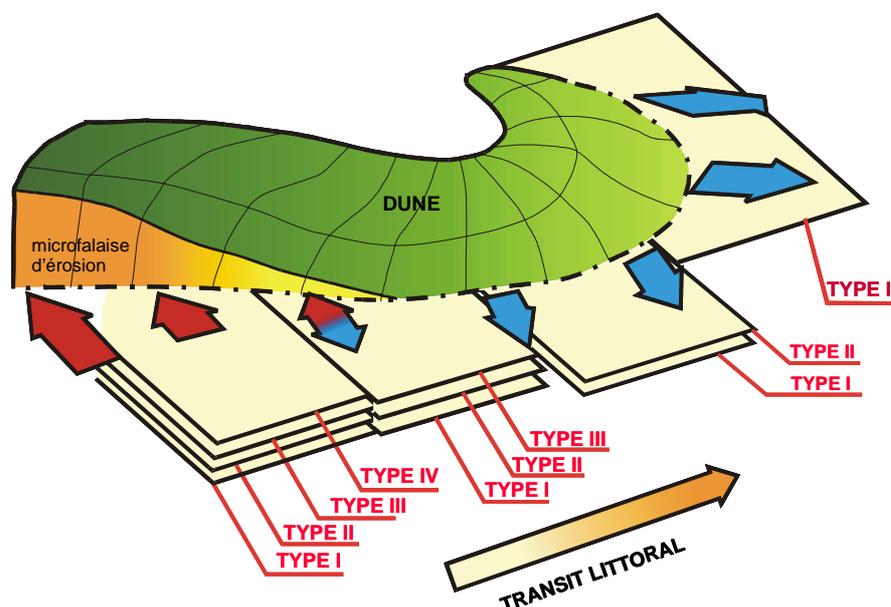


Figure 5: Modèle conceptuel de fonctionnement éolien d'un crochon dunaire

8. Conclusion

Le volume de croissance de l'avant-dune dépend évidemment du volume de transport éolien en provenance de la plage, mais la totalité de ce volume d'apport n'est pas nécessairement retrouvé sur la dune. En effet, la pente et la hauteur à la base du versant marin de l'avant-dune au contact avec la haute plage influencent fortement les transferts des sables éoliens qui participent à la croissance de la dune. Le suivi réalisé montre une forte réduction de la croissance dunaire pour des pentes supérieures à 30° et des hauteurs dépassant 3 m. La morphologie du contact plage-dune est un indicateur de l'évolution de la position du trait de côte, ainsi pour un recul moyen annuel supérieur à -1 m/an, les conditions de pente et de hauteur limitent fortement la croissance dunaire.

Ainsi, la particularité essentielle de la construction de l'avant-dune est sa dépendance vis à vis de la dynamique marine. Cette dernière intervient non seulement sur les caractéristiques des stocks de sable soumis à l'action du vent, mais surtout influence directement la morphologie du contact plage-dune. Ces éléments de conclusion doivent être pris en compte dans les diagnostics d'aménagement et dans le dimensionnement d'éventuels reprofilages de l'avant-dune.

9. Remerciements:

Cet article est extrait d'une thèse ⁴ réalisée sous la direction du Pr Claude Larssonneur et Franck Levoy (Dr-HDR) à l'Université de Caen, cofinancée par la Région Basse Normandie et le Conservatoire du Littoral Basse-Normandie - Fondation d'Entreprise Procter&Gamble. Je remercie chaleureusement mes nombreux compagnons de terrain pour leur aide indispensable.

10. Bibliographie:

1 ARENS, S., M., (1996). Patterns of sand transport on vegetated foredunes. *Geomorphology*, 17 (4) : 339-350.

2 BRETEL, P., LEVOY, F., ROUSSET, H. et LARSONNEUR, C., (1999). Critical approach of dune aeolian deposits quantification. *Proceedings of Coastal Sediments'99*, ASCE, New York, 1207-1219.

3 WRIGHT, L.D., et THOM, B.G., (1977). Coastal depositional landforms: a morphodynamic approach. *Progress in Physical Geography*, 1(3), 412-459.

4 BRETEL, P., (2003). Processus éoliens et morphodynamique dunaire sur les côtes bas-normandes, thèse de doctorat de l'Université de Caen, 312 p.

5 LEVOY, F. et LARSONNEUR, C., (1995). Etude Globale de défense contre la Mer, Université de Caen, Conseil Général de la Manche, Rapport de suivis.

6 LEVOY, F., (1994). Évolution et fonctionnement hydrosédimentaire des plages macrotidales: l'exemple de la côte ouest du Cotentin. Thèse de Doctorat, Univ. Caen, 423 p.

7 BRETEL, P., LEVOY, F. et LARSONNEUR, C., (2000). Etude de la relation dune-plage: application à la dynamique éolienne de l'avant-dune sur la côte ouest du Cotentin, Actes du Colloque Génie Civil - Génie Côtier, Caen, 647-654.

8 BRISTOW, C. S., CHROSTON, P.N. et BAILEY, S.D., (2000). The structure and development of foredunes on a locally prograding coast: insights from ground-penetrating radar surveys, Norfolk, UK. *Sedimentology*, 47, vol.5, 923-944.

9 CARTER, R.W.G., (1986). The morphodynamics of beach-ridge formation, Magilligan, Northern Ireland. *Marine Geology*, 73, 191-214.

10 HESP, P.A., (1999). The beach backshore and beyond. In : A.D. Short (Ed.), *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Chichester, Wiley, 145-175.

11 SHERMAN, D.J., et BAUER, B.O., (1993). Dynamics of beach dune systems. *Progress in Physical Geography*, 17(4), 413-447.