

un apport de la photogrammétrie

suivi de l'évolution morphologique des dunes littorales flamandes

Philippe Clabaud
Consultant en géologie
littorale et marine

Hervé Marteel
Ing. ESGT - I²G

Contexte

Le littoral Dunkerquois, façade maritime du Département du Nord, rectiligne et orienté OSO-ENE sur une trentaine de kilomètres, est, comme l'ensemble des côtes du Sud de la mer du Nord, constitué de larges plages sableuses.

Bordé par le complexe industriel et portuaire de Dunkerque dans sa partie Ouest, et urbanisé sur 50 % de sa longueur à l'Est, ce littoral présente depuis plusieurs décennies des signes d'instabilité sédimentaire dans sa partie orientale, auxquels on a tenté de remédier par l'implantation de trois brise-lames visant à stabiliser la plage devant le secteur urbain.

Plus à l'Est encore se trouvent trois massifs dunaires, les seuls du Département du Nord à l'état naturel, qui sont importants sur le plan d'une part des activités touristiques, d'autre part de la défense côtière. Ces massifs, appelés d'Ouest en Est dunes Dewulf à LEFFRINCKOUCKE et à ZUYDCOOTE, dune Marchand et dune du Perroquet à BRAY-DUNES, sont attaqués lors des tempêtes.

Des incursions marines se produisent même dans deux secteurs localisés de la dune du Perroquet.

Depuis 1991 les collectivités locales concernées, regroupées au sein du Syndicat Intercommunal du Littoral Est (SILE), et le Ministère de la Région Flamande, se sont associés pour étudier la dynamique et l'évolution de la partie du littoral Franco-Belge comprise entre Dunkerque et Coxyde, de 20 km de longueur. Cette étude, qui s'inscrit dans le cadre du programme INTERREG de la Communauté Européenne, vise à caractériser la dynamique marine et éolienne et les échanges sédimentaires dans la frange côtière comprenant le talus littoral, la plage et les dunes bordières, à connaître son évolution récente, et à prévoir son évolution future en vue de proposer des solutions d'aménagement économiquement acceptables et respectant au mieux le caractère naturel du site.

L'étude du comportement dunaire du site, menée pour le compte du SILE par Philippe CLABAUT, a pour but de quantifier l'évolution de la dune, d'en dresser le bilan sédimentaire, et de mettre en évidence l'influence relative des facteurs naturels, marins ou éoliens, ainsi que des facteurs anthropiques sur l'évolution à long terme du littoral sableux est-dunkerquois.

Méthodologie

L'analyse de l'évolution du domaine dunaire est-dunkerquois a été réalisée à trois échelles de temps :

- L'évolution à court terme est étudiée par des observations de terrain saisonnières, réalisées à plus de 10 reprises de 1991 à aujourd'hui, afin de comprendre les mécanismes sédimentaires à l'œuvre actuellement. Ces observations ont été com-

plétées par des mesures ponctuelles de recul du front de dune, ainsi que par des mesures du transport éolien, réalisées à l'aide de pièges à sédiment de type « tirelire ». Le bilan de transport éolien annuel a été calculé à l'aide de ces mesures et des fichiers de répartition annuelle des vitesses et directions des vents mesurées par Météo France.

- L'évolution à moyen terme a été étudiée par la comparaison de plans établis par restitution photogramétrique des clichés de l'Institut Géographique National (IGN) de 1971

et 1994, afin d'établir le bilan sédimentaire des différents massifs dunaires à moyen terme. Parallèlement, l'évolution du couvert végétal est tirée des photographies aériennes. Une étude statistique des tempêtes entre 1961 et 1995, réalisée en complément, vise à expliquer les variations de la vitesse d'évolution de la dune.

- Les tendances évolutives à long terme (1894-1994) ont été dégagées de la comparaison de plans à petite échelle de la dune (1/50 000), sur les plus anciens desquels ne figure que le trait de côte.

Les apports de la technique photogrammétrique

- **Objectifs** : une des difficultés principales rencontrées lors d'études sur des milieux morphologiquement instables tels que les dunes, est de ne pouvoir valider rétrospectivement certaines hypothèses portant sur les influences de tel ou tel phénomène naturel sur l'évolution du site. Il en va de même pour l'évaluation de l'efficacité d'un aménagement. La photogrammétrie, à la condition de disposer d'archives photographiques appropriées, permet de voyager dans le temps et l'espace et d'établir un état des lieux topographique objectif à différentes époques.

- **Mise en œuvre** : afin de pouvoir établir une comparaison sur une période suffisamment significative, 2 restitutions photogrammétriques ont été établies à partir de couvertures photographiques disponibles à l'IGN, réalisées en 1971 et 1994 en période estivale à l'échelle du 1/20 000. Le calage des couples stéréoscopiques a été assuré par le relevé GPS de points d'appui stables et pérennes (bâtis, blockhaus, vestiges militaires,...). La précision du canevas photogrammétrique, l'échelle des clichés, la hauteur de vol a permis d'assurer une précision d'ordre métrique en X, Y et Z dans le milieu naturel.

- **Observations réalisées** : le relevé topographique de massifs dunaires a été réalisé sous forme d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) mixte, constitué des lignes de cassure du paysage, complétées par un semis de points cotés d'équidistance 50 mètres environ. Ce levé d'ensemble a été complété pour les dunes bordières (en limite d'estran) par la saisie des courbes de niveau + 5 m et + 10 m, par filage direct en restitution.

- **Exploitation** : la saisie photogrammétrique a été exploitée par la Société I²G, en vue de la production de 2 types de documents cartographiques :

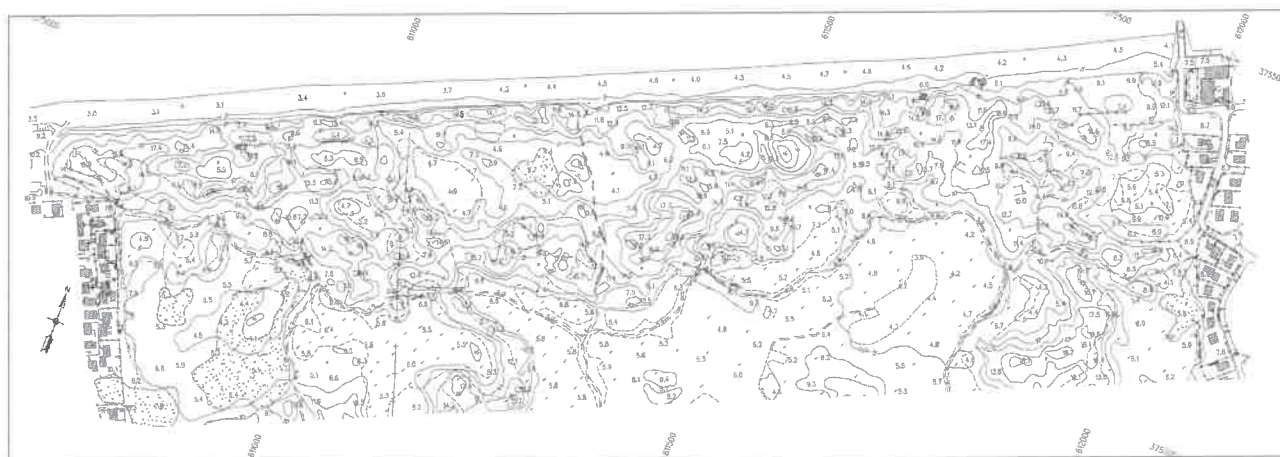
- plans topographiques classiques, présentant les sites dunaires dans leur état en 1971 et en 1994, sous forme de représentations cartographiques conventionnelles.
- cartes d'évolution de la morphologie, établie par comparaison des MNT 1971 et 1994. La représentation cartographique de cette comparaison se présente sous la forme d'une palette chromatique, de plages égales à 2 mètres, mettant en évidence les phénomènes d'érosion et d'engraissement.
- calcul d'un bilan sédimentaire global permettant de mesurer les déplacements de sable.
- mesure du recul de la dune bordière par comparaison des courbes de niveau + 5 m (pied de dune) et + 10 m (haut de dune).

La restitution photogrammétrique a été réalisée sur des machines de restitution analytique LEICA alors que le traitement numérique des données (infographie) a été réalisé sur PC avec les logiciels MICROSTATION, MAPINFO et VERITICAL MAPPER.

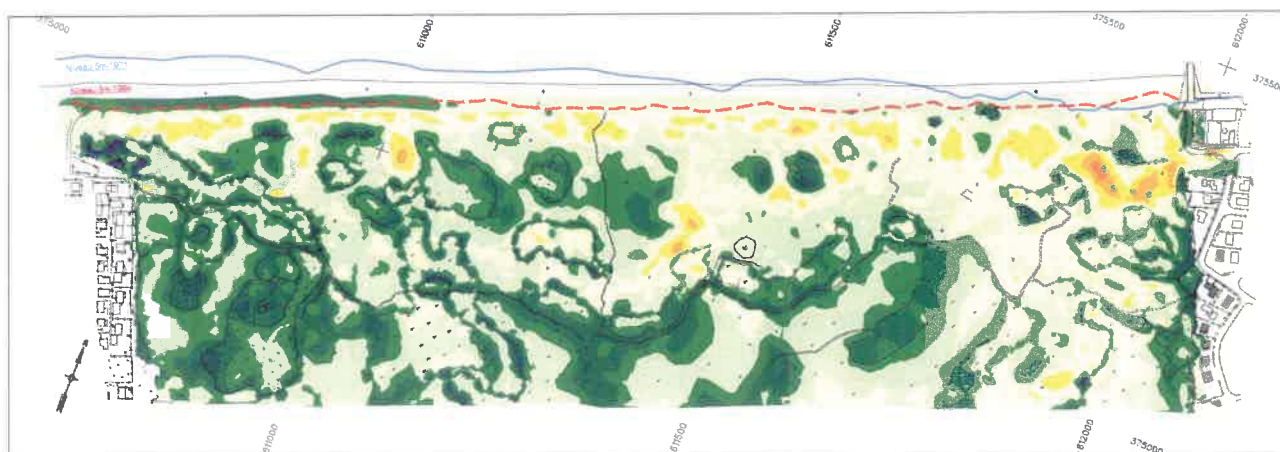




Occupation du sol : pseudo-ortho numérique



État des lieux topographique : restitution photogrammétrique



Évolution morphologique : comparaison des MNT 1971 et 1994

• **Résultats des observations** : le recours à la technique photogrammétrique a permis d'établir un certain nombre de faits objectifs, qui seraient autrement restés du domaine de l'hypothèse ou de la théorie :

- Depuis 1971, le recul de côte a provoqué la perte de 10 ha de bordière. Les zones les plus touchées par l'érosion marine sont la partie Ouest de la dune Marchand où le recul mesuré au niveau de la courbe 5 m NGF est compris entre 1,7 à 2,9 m/an, ainsi que la dune de l'Hôpital Maritime qui recule de 1,7 à 2,2 m/an, et dans une moindre mesure la partie Est du massif des dunes de Leffrinckoucke et Ghyvelde où le recul est compris entre 0,5 et 1,5 m/an. Par contre, la partie Ouest de la dune de Leffrinckoucke subit un recul modéré, toujours inférieur à 1 m/an et la dune du Perroquet est pratiquement stable (recul ou avancée de 0,3 m/an). Dans cette dernière, la brèche marine a eu tendance à se réduire par comblement partiel à l'aide de dépôts marins, alors que la zone dunaire basse voisine s'est élargie. Le recul de côte n'est pas homogène à l'échelle de chaque massif dunaire. La comparaison du recul de la base et du sommet du front de dune met en évidence des différences importantes, voire même des tendances opposées. Le recul annuel moyen de la courbe des 10 m NGF atteint localement 1,5 m par an.
- En ce qui concerne le bilan sédimentaire, le volume global de la dune bordière du littoral Est de Dunkerque, mesuré au-dessus de la courbe 5 m NGF, est stable depuis 1971, légèrement inférieur à 9 000 000 m³, mais variable d'Ouest en Est :
 - à l'Ouest, le bilan sédimentaire des dunes de Leffrinckoucke et de Ghyvelde est excédentaire de plus de 250 000 m³, mais nettement moins que de 1949 à 1980 où un excédent de 600 000 m³ avait été calculé pour la seule dune de Leffrinckoucke,
 - dans la partie centrale, la dune de l'Hôpital Maritime et la dune Marchand présentent un bilan sédimentaire négatif, déficitaire de près de 500 000 m³. La partie Ouest de la dune Marchand est notamment affectée, alors que sa partie Est s'engraisse,
 - à l'Est, le bilan sédimentaire de la dune du Perroquet est excédentaire de près de 250 000 m³, soit deux fois

plus que les dunes de Leffrinckoucke et Ghyvelde si on le rapporte à la longueur de chaque massif.

- La comparaison croisée de l'occupation du sol en 1971 et en 1994 (permise par les clichés aériens) avec les cartes d'évolution de la morphologie permet d'apprécier le rôle fixateur de la végétation : à l'échelle pluri-décennale (1971-1994), on constate que lorsque le couvert végétal est assez dense et continu, les apports éoliens sont captés en somme de dune; la dune s'élève et son flanc arrière s'engraisse. Les élévations constatées depuis 1971 dans les trois massifs étudiés vont de pair avec la densification d'ensemble du couvert végétal. Par contre, lorsque le couvert végétal est insuffisant, l'érosion de la dune est accentuée. Le sable libéré par l'érosion de l'avant de la dune migre sur de plus grandes distances, et reporte parfois la zone d'engraissement de 100 m à 200 m vers l'intérieur de la dune. L'attaque marine, conjuguée à l'engraissement éolien plus éloigné de la côte conduit alors à une migration accélérée de la dune. Ce phénomène se caractérise sur les cartes d'évolution par des formes d'érosion marquées dans le sens transverse à la dune.

Conclusion

L'étude de l'évolution des dunes du littoral Est-Dunkerquois, à différentes échelles de temps depuis un siècle, apporte des informations quantitatives sur la migration, les modalités d'érosion et de reconstitution de ces appareils éoliens, ainsi que sur les différents facteurs (marins et éoliens) et anthropiques (fréquentation). Les résultats les plus originaux concernant l'évolution à moyen terme de la dune.

L'utilisation de la technique photogrammétrique a rendu possible un certain nombre d'observations, qu'il serait aujourd'hui intéressant voire indispensable de réitérer à intervalles réguliers. La prise en compte des réalités géographiques (topographiques en particulier), leur croisement ou comparaison avec d'autres sources de données (météo, enquêtes, aménagements,...) dans le cadre d'un SIG permettraient sans aucun doute de créer un outil particulièrement performant d'aide à la gestion du territoire.



PixEdit est un éditeur de fichiers raster pour le scannage de grands plans, cartes, cadastre, A0 et plus : dessin modifications impression archivage.

Version téléchargeable, tarifs et descriptif sur :

<http://www.pixedit.net>

Contact : MERCI PixEdit Distribution 03 85 37 58 78