



**EUCC** - France

**Atelier des 6 et 7 septembre 2006  
Wissant et Neufchâtel-Hardelot  
(Pas-de-Calais)**



Organisé par **Yvonne Battiau-Queney**



Conservatoire  
du littoral



## Introduction

Pour cet atelier, l'EUCC – France a choisi deux sites littoraux du Pas-de-Calais, l'un en Manche orientale (Neufchâtel-Hardelot), l'autre en mer du Nord (Wissant). Ils ont en commun de présenter une plage sableuse en pente douce à très fort marnage : par marée de vive-eau, la différence de niveau marin entre basse et pleine mer dépasse 8 m. L'espace balayé par la marée est de 700 à 800 m à Hardelot et de plus d'1 km à Wissant. Ces plages sont modelées en bâches et barres (« ridge and runnel » des anglophones). Autre point commun : ces deux sites correspondent à des stations balnéaires soucieuses d'offrir aux touristes une plage « accueillante ». Or elles sont toutes deux, mais avec une ampleur très différente, confrontées à des phénomènes d'érosion.

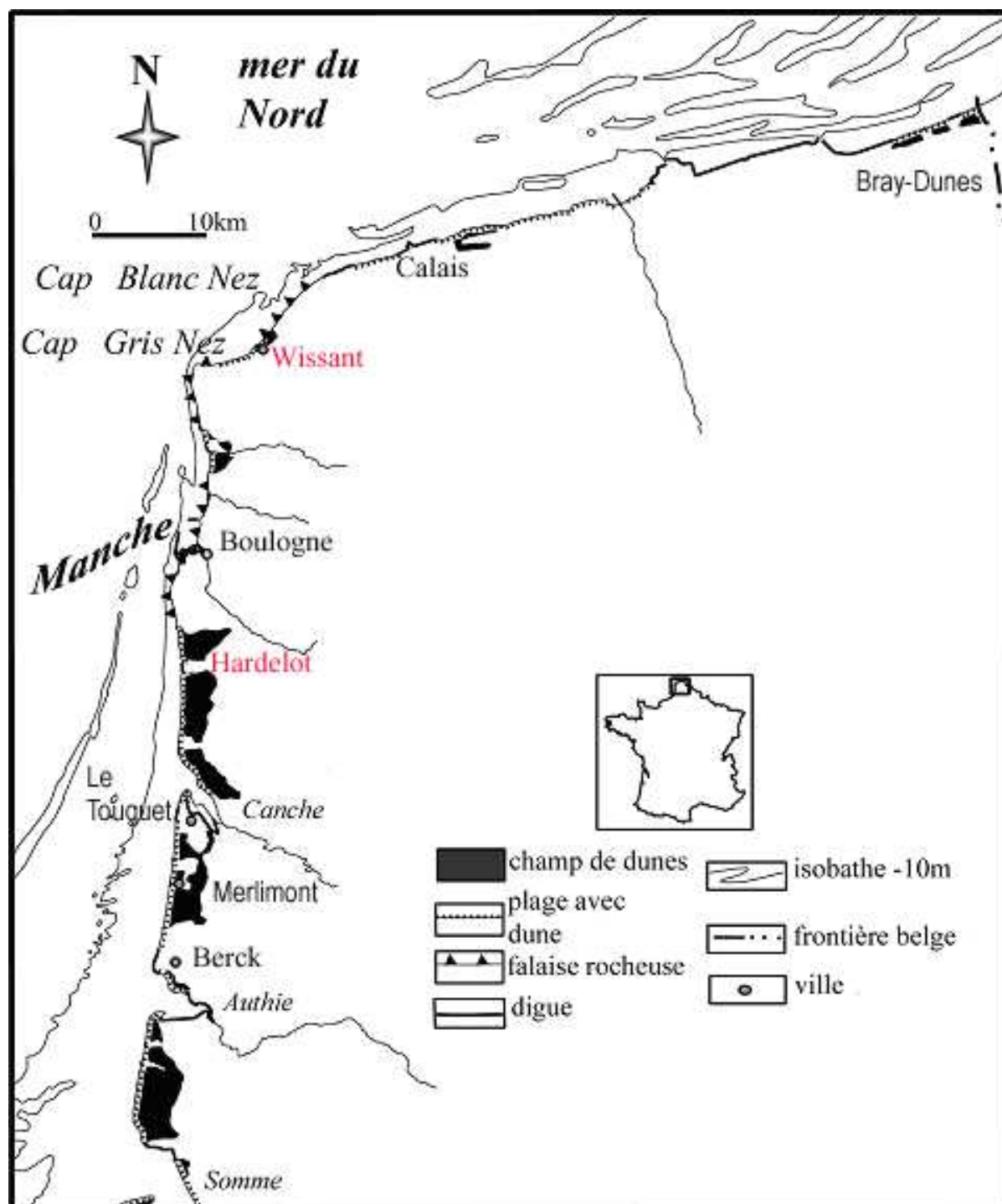
Au cours de cet atelier, on verra dans quelle mesure cette érosion génère des risques, comment on peut expliquer ces phénomènes et quelles sont les solutions envisageables.

Le site de Wissant a fait l'objet de très nombreuses études récentes dont les principaux résultats nous seront exposés par leurs auteurs eux-mêmes. M. Admont, président de l'Association des Amis de Wissant, a réuni des documents d'archive (photographies) sur l'histoire de la station et l'évolution de la plage et du front de mer depuis 1880. M. le Professeur Héquette, exposera les recherches menées au laboratoire GEODAL de l'Université du Littoral Côte d'Opale, sur la baie de Wissant, dans le cadre de la thèse de doctorat de David Aernouts. Cet exposé sera complété par l'étude du CETMEF, dirigée en 2004 par Luce Goudedranche avec Marianne Piqueret. M. Etienne Dubaille, nous expliquera la politique suivie par le Conservatoire du Littoral et Eden 62 pour la gestion de la « dune d'Aval ». Les positions de la mairie et de la communauté de communes de la Terre des deux Caps seront également présentées sur le terrain.

Le site d'Hardelot-Plage a été relativement moins étudié. L'ampleur des phénomènes d'érosion est sans doute moindre qu'à Wissant ; néanmoins, la mairie est soucieuse de prévenir une évolution qui menacerait la solidité de la digue et la qualité de la plage. M. Delecour, 1<sup>er</sup> adjoint, présentera la position de la mairie. Le professeur Battiau-Queney exposera les résultats de l'étude géomorphologique menée en 2004-2006, à l'Université des Sciences et Technologies de Lille, par Antoine Tresca et Guillaume Malaterre dans le cadre du Master Recherche Environnement. Mme Barbara Louche, Maître de Conférences à l'Université d'Artois, montrera l'intérêt de l'étude hydrogéologique réalisée en 2006 sous sa direction. L'étude réalisée par ANTEA sur la fragilisation éventuelle de la digue et du perré sera présentée. Les participants pourront ainsi se faire une opinion sur les risques et les solutions de remédiation envisageables.

La préparation de cet atelier a impliqué un grand nombre de personnes, dont celles citées ci-dessus. Nous tenons à les remercier. Au plan matériel, la mairie de Neufchâtel-Hardelot a joué un rôle clef, en mettant à notre disposition un car et une salle de réunion pour la table-ronde du 7 septembre. Nos remerciements vont aussi à la mairie de Wissant, au Conservatoire du Littoral, à Eden 62, à l'Association des Amis de Wissant, à la communauté de communes de la Terre des 2 caps, ainsi qu'à tous ceux qui ont participé à la préparation de cet atelier.

Yvonne Battiau-Queney



Carte de localisation de Wissant et d'Hardelot

## WISSANT : Historique de la Plage et de la digue-promenade

Jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle la « Plage » de Wissant se limitait à l'embouchure du ruisseau d'*Herlen*, qui était en même temps le port de pêche. Elle était assez fréquentée, notamment par les Anglais, d'où l'existence de plusieurs hôtels dans le village comme *l'Hôtel de la Plage* construit en 1880, qui existe encore de nos jours.



En 1903, achat des 20 hectares de dunes situées entre le village et la mer, par une Société Immobilière qui fait construire, l'année suivante, un *Grand Hôtel* 3 \*\*\*, en bordure de dune et à proximité de la Plage et du Ruisseau d'*Herlen*.





En 1906-1908, construction d'une première partie de la digue à partir de l'Hôtel et de quelques villas de haut standing comme au Touquet.



De 1910 à 1920, prolongement de la digue et construction de nouvelles Villas en front de mer.



On constate que la mer arrive jusqu'au pied de la digue comme c'est le cas aujourd'hui.

Au cours des années suivantes (1930-1935), le niveau du sable remonte, surtout vers le Gris-Nez. La plage n'est plus complètement recouverte à marée haute.



Pendant la seconde guerre mondiale, l'hôtel et toutes les villas de front de mer sont rasés par les Allemands pour construire le *Mur de l'Atlantique*, en bordure de la digue. Le niveau du sable continue à monter. En 1948, il commence à recouvrir la digue.



Progressivement, il se forme un rideau de dunes devant la digue.



A marée haute, la mer reste à plus de 100 mètres de la digue, ce qui permet de laisser les bateaux sur la plage et de monter des aires de jeux. La photo prise en 1975 montre que l'on avait même installé un parc à bateau avec un club-house dans la dune !



Dès lors, on constate une inversion de l'action de la mer, qui se rapproche progressivement de la digue en faisant disparaître les dunes. 1986 sera la dernière année où il faudra encore désensabler la digue au printemps.



Au cours des années suivantes, le niveau de sable continue à baisser en découvrant la digue.



En 1999, la mer arrive au pied de la digue, découvrant le haut des palplanches qui étaient en bois : cela provoque les premiers éboulements.





En 2000 et 2001, c'est par pans entiers que la digue va s'écrouler ; on colmate les brèches par des enrochements pour protéger les villas.

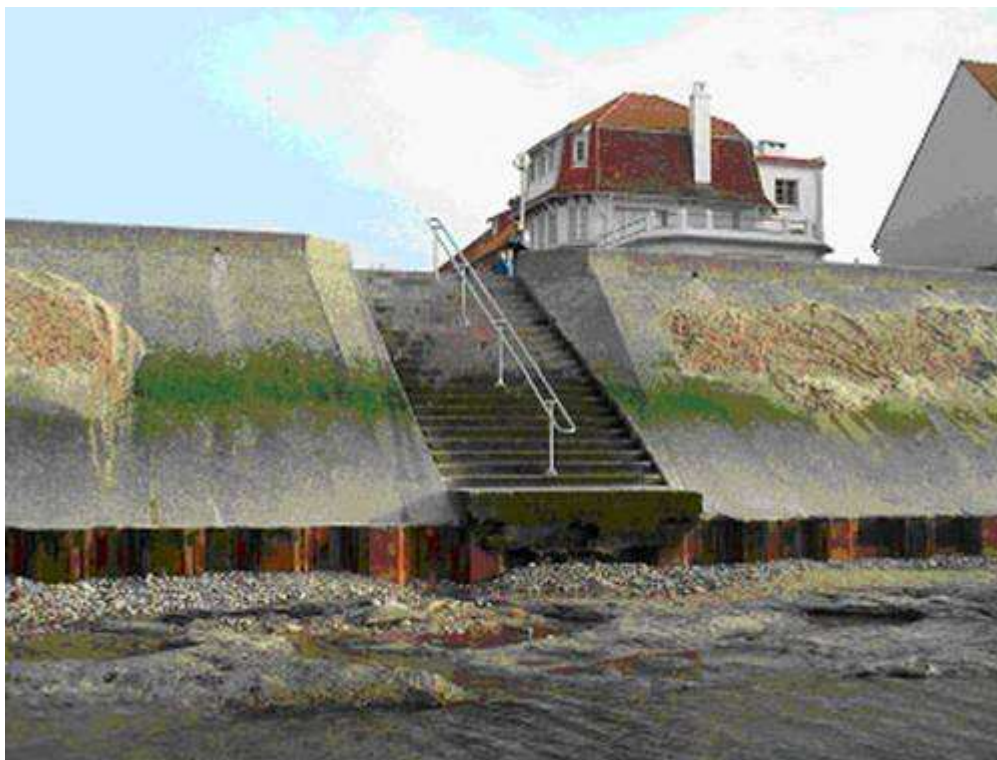


Au printemps 2002, la digue est complètement reconstruite et nous retrouvons notre plage avec le sable revenu au bas des escaliers.



Malheureusement, la mer va continuer à attaquer le pied de la digue et aujourd'hui, le niveau de l'estran descend par endroits de plus d'un mètre, avec des variations liées au sens des vents :

- vent de Nord-Est : rechargement en sable
- vent de Sud-Ouest : disparition du sable le long de la digue



*Historique réalisé par :*

*Association des Amis de Wissant  
pour la protection de notre site*



E-mail : [amisdewissant@wissant.com](mailto:amisdewissant@wissant.com)

## Baie de Wissant : l'action du Conservatoire du Littoral pour la protection des lieux habités

### **- Août 1980**

Venue de Michel d'Ornano ministre de l'Environnement sur le site des 2 Caps. Il annonce la création du premier grand site national, celui des 2 Caps.

Il vise ainsi à faire reconnaître toute l'importance que l'Etat français donnait à ce lieu dont le paysage monumental attirait depuis bien longtemps des milliers voire des millions de touristes. Cette fréquentation fortement anarchique conduisait à une dégradation forte et parfois irrémédiable de ces milieux.

Lors de cette visite, le maire de Wissant interpellait les autorités quant aux risques encourus par le secteur de Wissant suite aux déplacements des dunes par le vent. Il précisait : *« Cette dune est donc entraîné de disparaître et n'existera plus d'ici quelques années si aucune intervention importante n'est réalisée. Or cette dune se trouve dans un secteur non promis à la construction et on comprend aisément dans ces conditions que le propriétaire ne puisse s'engager dans des travaux de préservation ».*

Tout est dit :

Fragilité du littoral et du cordon dunaire

Mouvance de l'interface terre-mer

L'impossibilité de préserver un terrain par un privé si celui-ci n'en tire pas une valorisation économique (constructibilité)

Nécessité que les acteurs publics puissent trouver une solution à une responsabilité non assumée par des propriétaires privés.

### **- Septembre 1980.**

M. le Maire de Wissant sollicite le Conservatoire du Littoral afin de trouver une solution pour sauver la dune d'Aval dénommée le Sahara ! Parallèlement confrontés aux problèmes érosifs déjà bien présents sur la baie de Wissant, interpellés directement par la venue du ministre, les services de l'Etat (Préfecture, DDAF, DDE), animent un groupe de travail afin de pouvoir déclencher au mieux l'action des pouvoirs publics :

Annonce d'une mobilisation possible de crédits pour la fixation des dunes au titre du FIQV (Fonds Interministériel pour la Qualité de la Vie)

Proposition (à présenter au Conseil Général) de création d'une zone de préemption dans le cadre de la législation des périmètres sensibles et recherche d'une action foncière prioritaire sur les zones dunaires causant de lourds problèmes d'invasion par le sable : Wissant pourrait-il revivre les années 1600 où le village fut enseveli par le sable ?

Proposition de suspendre la constructibilité de la zone directement soumise à l'invasion par le sable.

### **- Août 1981**

Mission est donnée par le Préfet du Pas de Calais au Conservatoire du Littoral d'agir :

Première phase : évaluation des coûts

Les acquisitions



Les coûts de restauration du massif dunaire sur 40 ha estimés à plus de 3,5 MF (600 K€). Soit un coût moyen de 1,5 €/m<sup>2</sup>

Coût de l'entretien et de la gestion suite à la restauration du site.

Deuxième phase : mobilisation partenariale

Création d'une zone de préemption

Montage financier pour les coûts de restauration, le Conservatoire assurant le financement des acquisitions

### **- 1982-1983**

Les contacts sont pris pour l'acquisition. Malheureusement, l'indivision propriétaire, incapable de mener la fixation des dunes, n'envisage nullement de se séparer de sa propriété qu'elle espère pouvoir lotir. Les prétentions des propriétaires sont de 15f / m<sup>2</sup> (valeur 1981 !), soit le prix du terrain à lotir.

Espace Naturel Régional (ENR), nouvellement créé, appuie la démarche du Conservatoire sur les aspect travaux et organisation de la gestion.

La négociation s'enlisant, le préfet, à la demande du président de l'ENR, met en demeure le propriétaire de fixer sa dune en application des articles L431 et L541 du code forestier, procédure contraignante, exorbitante de droit public que l'Etat semblait jusqu'alors ignorer.

Pendant ce temps, la dune continue toujours de reculer sous l'effet de l'érosion marine (environ 6m / an) et la langue de sable, immense pourrière, recouvre la route, les lampadaires du lotissement et menace des maisons. Le mur de sable atteint le pignon de certaines maisons. Des milliers de m<sup>3</sup> de sable sont évacués pour préserver le lotissement sur lequel de nouvelles maisons voient le jour !

### **- 1984-1985**

Après de très fortes pressions locales, l'indivision propriétaire accepte de vendre sa propriété de 35ha. Dernière concession à l'indivision, le maire de Wissant rachète la partie de dunes mouvantes et la revend au franc symbolique au Conservatoire du Littoral.

Dès le lendemain de l'acquisition, en février 1985, militants d'association de défense de l'environnement, garde du site nouvellement embauché, TUC (les ancêtres des CES) et élus plantent les premiers oyats et installent les premières clôtures. Des millions de pieds d'oyats et des centaines de mètres de clôtures et filets brise-vent sont installés.

En quelques années la dune blanche est fixée et le « Sahara » reverdit. La dune complètement stabilisée se verra progressivement envahie par les argousiers assurant ainsi le meilleur rempart face à l'assaut du vent et des promeneurs.

Patiemment géré, le site de la dune d'Aval alliant dunes, marais et falaises fossiles a été aménagé pour l'ouverture au public. Situé aux portes de Wissant, station balnéaire dont la renommée dépasse les frontières, ce site devient un ancrage important de mise en valeur du site des 2 Caps. Plus de 300 000 personnes visitent et admirent le site toujours aussi fragilisé par les assauts de la mer.

### **- Années 1990 et 2000**

Si l'action du Conservatoire a permis de protéger Wissant des méfaits d'Eole, l'assaut des vagues a persisté, accentuant le phénomène érosif, faisant réapparaître des blockhaus achevant leur destin, disloqués sur la plage.

Malheureusement, ce recul et le démaigrissement du haut de plage touchent non seulement la dune d'Aval mais fragilisent aussi la digue de Wissant, au point que celle-ci s'effondre en 2000. Au cours même de sa restauration, la digue est de nouveau emportée par la mer, témoignant de l'extrême gravité des problèmes érosifs sur la baie.

**- 2000-2005**

Le Conservatoire est partenaire associé, depuis maintenant 5 ans, à la réflexion engagée pour freiner l'érosion se situant sur l'ouest de Wissant. Mobilisé activement, comme EDEN 62 actuel gestionnaire délégué de la dune D'Aval, il propose en 2004, au vu du recul actif de la dune au niveau de sa propriété, de tester en haut de plage des systèmes de casiers alliant pieux de chêne et ganivelles, afin de rehausser le haut de plage, rendre la dune moins sensible aux assauts de la mer en affaiblissant la force des vagues atteignant le haut de plage et freiner les phénomènes d'affouillement.

Ce choix financé avec l'aide de l'Etat et du CG62 de la Communauté de Communes doit permettre de freiner l'érosion dunaire et d'attendre la programmation des lourds travaux de réensablement des lieux.

**- 2006**

Les travaux sont mis en œuvre et le profil de la plage, au droit des aménagements expérimentaux, remonte limitant ainsi les affouillements de la dune protégeant le lotissement. L'étude technique et financière du rechargement du haut de plage au droit de la digue de Wissant et de l'ancien « Sahara » est en cours de finalisation dans le cadre d'une approche intégrée de la gestion de la zone côtière et dans une perspective de remise en valeur touristique du site dans le cadre de l'opération en cours du Grand site National des 2 Caps.

Etienne Dubaille  
Conservatoire du Littoral  
Délégation Manche – mer du Nord

## Protection de la Baie de Wissant

### Synthèse des études réalisées par le CETMEF en 2004

Dans le cadre d'une démarche partenariale lancée en 2002 et associant :

- les services de l'Etat (Service Maritime de Boulogne et Calais, DIREN) ;
- les collectivités locales (Commune de Wissant ; Communauté de communes de la Terre des 2 Caps, Syndicat Mixte de la Côte d'Opale, Région Nord-Pas de Calais ;
- l'Université (Laboratoire GEODAL de l'ULCO) ;
- les habitants (association des amis de Wissant),

le CETMEF a contribué :

- à développer les connaissances des phénomènes hydrodynamiques ;
- à qualifier le fonctionnement sédimentaire de la Baie.

Ce travail a permis dans une seconde phase de proposer un panel de solutions adaptées aux différents enjeux et objectifs.

Suite à cette analyse partagée, les acteurs locaux se sont engagés dans un programme de rechargement massif du centre de la Baie

### L'étude de la houle en baie de Wissant

Les données utilisées pour cette étude proviennent du houlographe de Dunkerque station 05901.

L'exploitation et l'interprétation de ces données ont été effectuées par le CETMEF.

Les hauteurs suivantes pour la houle au large ont été retenues:

**Hs annuelle : 4,10 m**  
**Hs décennale : 4,50 m**

Ces données de houle ont ensuite été propagées par modèle numérique, afin d'estimer la hauteur et la direction des houles à la côte.

3 bathymétries différentes traitées par l'ULCO (1911-1977-2002) ont été utilisées, permettant en particulier d'estimer l'impact de l'évolution du banc à la ligne.



### Choix des critères de modélisation

Il a été nécessaire, avant de lancer la modélisation, de retenir un certain nombre de critères en fonction des interrogations posées, soit ici plus particulièrement, l'impact du banc à la ligne sur l'évolution de la morphologie de la baie.

Couramment dans un tel contexte, on choisit des **conditions « moyennes »** afin de mieux appréhender l'impact des modifications bathymétriques (test de sensibilité). Cependant afin de mieux prendre en compte le marnage important du secteur et dans le cadre de l'aide à l'orientation des solutions, une **propagation avec une hauteur plus élevée** a également été testée.

#### Premier cas : propagation d'une houle décennale – coefficient de marée 50

Les critères retenus ont été les suivants :

- ✓ **périodes de 6 et 8 secondes** soit une houle courte (secteur caractérisé principalement par un climat type « mer de vent ») ;
- ✓ **dispersion faible** (l'étalement directionnel est fixé à **9**) ;
- ✓ **Orientation des houles Nord à Ouest** ;
- ✓ **3 profondeurs** testées : 2m50 ; 4m50 et 6m50 soit les profondeurs correspondant à un coefficient de marée de 50 respectivement à marée-basse, mi-marée et pleine-mer.

L'exercice a été effectué sur les 3 années dont on disposait de la bathymétrie soit 72 cas.

#### Second cas: propagation d'une houle annuelle - coefficient de marée 95.

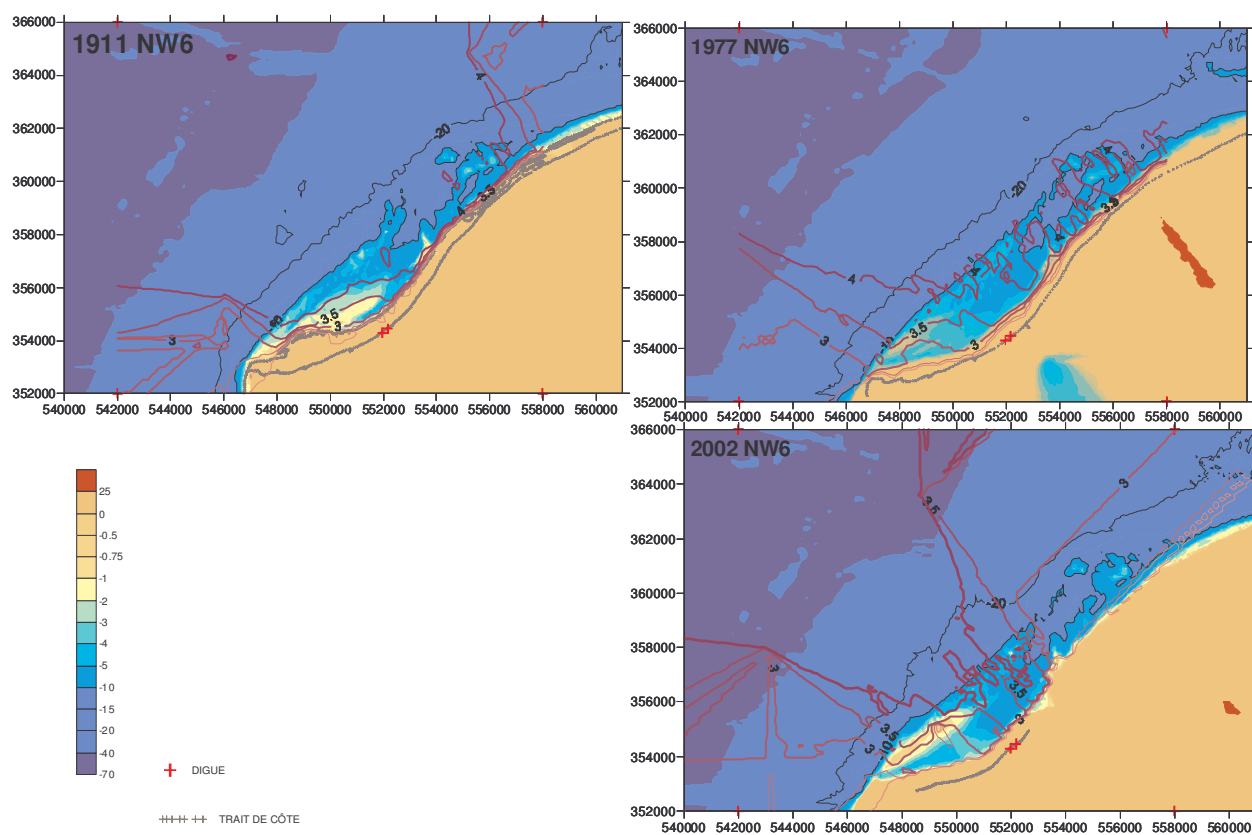
Afin de conserver une probabilité moyenne, il est préférable dans ce cas, de propager une houle annuelle plutôt que décennale.

Les autres critères :

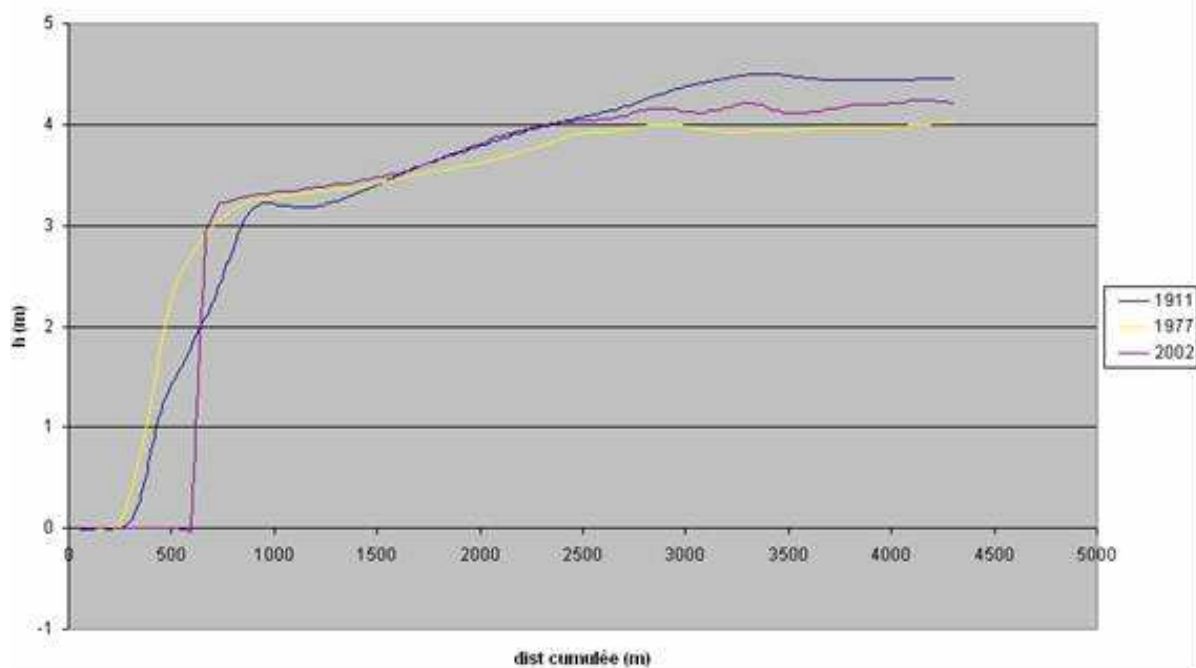
- ✓ **période de 8 secondes** ;
- ✓ **dispersion faible** ;
- ✓ **directions Nord à Ouest** ;
- ✓ **1 profondeur** testée : 8m00 soit la profondeur correspondant à la pleine-mer pour un coefficient de marée de 95.

L'exercice est effectué sur l'année 2002.

### Exemple : Intensité des houles de Nord-Ouest



houle décennale nord-ouest (h=4m50 ; prof=6m50)



## Synthèse

### Direction de la houle à la côte,

Le banc à la ligne influe peu sur la direction à la côte des houles, cependant il entraîne un léger pivotement des houles les plus obliques.

La résultante en est à chaque fois une houle orientée plus ou moins sur l'axe Nord-Ouest.

Quelles que soient les configurations, le centre de la baie est attaqué majoritairement par des houles frontales.

### Hauteur de la houle à la côte,

	Nord	Nord-Ouest	Ouest	Nord-Est
1911	* Le banc à la ligne bloque la houle > 3m devant la digue * Le déferlement se fait avant la digue (au banc)	* La digue et son amont immédiat sont agressés par la houle >3m50 * Déferlement sous l'effet du banc	* Le banc protège la digue et son aval immédiat	Les champs de houle sont diffus et / ou n'atteignent pas la zone étudiée
1977	* Le secteur aval (SO) est protégé des houles >3m50 par le banc * Les houles 3m et 3m50 atteignent le secteur de la digue * La houle 1977 de Nord déferle le plus près de la digue	* Le banc ne bloque la houle que sur la partie très aval (SO) * La houle 3m50 touche la digue et le secteur amont (NE) * Le déferlement est tardif et la hauteur importante près de la digue	* La houle 3m50 est maintenue au-delà du banc La houle 3m atteint la digue et son aval immédiat * Le déferlement s'opère sur la digue même	
2002	* Houles 3m et 3m50 atteignent la digue et l'aval immédiat * L'ouest de la baie est mieux protégé qu'en 77 * La houle 3m se resserre sur la dune d'amont	* Houles 3m et 4m se rapprochent de la digue * Concentration au NE des champs de houle * L'aval (SO) est épargné par les houles > 2m le déferlement est net et plus loin de la côte (effet du banc au NO)	* La houle d'ouest > 3m50 est bloquée par le banc * Par contre : concentration des champs de houle sur la digue et de part et d'autre * Le déferlement s'effectue plus tôt donc plus loin de la digue qu'en 1977	



## **Approche qualitative du fonctionnement hydrosédimentaire de la Baie**

Les connaissances acquises ou développées au cours de cette étude, ont permis de structurer cette approche qualitative autour de 3 éléments qui ont orienté plus particulièrement le programme de protection :

- la Baie est un système ouvert et déficitaire ;
- le transit littoral s'est restreint ;
- l'estran bas intensifie les mouvements de transit.

### **1. La Baie un système ouvert et déficitaire**

Les études ont confirmé que la Baie ne fonctionnait pas en circuit fermé. En effet s'il n'y a pas d'entrée de sédiments marins transitant au large de la Baie, celle-ci a en revanche perdu plus de 10 millions de m<sup>3</sup> en près d'un siècle. De ce fait, les stocks disponibles et mobilisables sont aujourd'hui très réduits.

Les dernières études confirment que le banc à la ligne modifie sa physionomie mais ne s'engraisse pas. Elles semblent également déceler un transit littoral sur le flanc interne du banc, orienté de l'est vers l'ouest. Elles confirmeraient ainsi des hypothèses déjà précédemment émises.

Les sables érodés de la baie sortent donc définitivement par l'extrémité ouest du banc à la ligne pour être repris par le système général de circulation sud-ouest/nord-est et vont se déposer plus au nord de la Baie.

Dans le contexte technique actuel, il n'est pas envisageable de modifier les conditions hydrodynamiques du détroit du Pas-de-Calais pour permettre la captation au profit de la Baie des sédiments transitant dans ce secteur. Par conséquent, toute évolution de la morphologie de la baie devra se faire avec le stock sableux existant. De plus le banc ne s'étant pas développé au détriment du centre de la baie comme nous avons pu l'envisager dans un premier temps, il ne constitue pas un stock potentiellement utilisable.

### **2. Un transit littoral vers le nord/est affaibli**

Les houles dominantes ouest—nord/ouest atteignent la partie ouest de la Baie avec un angle d'incidence qui génère un transit littoral résultant vers le nord-est.

Ce mécanisme a contribué à l'érosion de la partie ouest de la Baie au profit en particulier de la dune d'Amont.

Cependant les modélisations permettent de nuancer la prédominance de ce fonctionnement moyen. En effet, à travers ces études nous pouvons constater :

- les houles les plus pénalisantes sont les houles de nord, ces houles arrivent frontalement par rapport au trait de côte
- la bathymétrie actuelle avec un banc à la ligne plus affleurant, tend à faire pivoter les houles de nord-ouest contribuant à attaquer le centre de la Baie par des houles frontales
- par ailleurs l'ouest de la Baie est aujourd'hui mieux protégé des houles les plus fortes.

Les mesures courantologiques et de transfert de sédiment dans l'étude « Evolution des fonds et des transports potentiels sur l'estran » (étude ULCO) indique la prédominance, dans de nombreux cas, des mouvements dans le profil sur les mouvements longitudinaux.

Enfin, l'érosion intensive de ces dernières années a réduit le stock de sables potentiellement mobilisables par le transit littoral.

Aussi nous pouvons retenir l'hypothèse de mouvements de sables conséquents au niveau de l'estran mais se traduisant par un transit littoral moins actif que dans les années précédentes (stock limité de sables et bathymétrie défavorable).

### **3. Un estran bas responsable d'une intensification des mouvements sédimentaires**

L'altimétrie basse de l'estran, régulièrement soulignée au cours de cette approche, contribue également à alimenter l'évacuation vers le large des sédiments.

En effet, cette situation a pour conséquence: une profondeur d'eau élevée sur la plage à marée haute. Les houles sont alors moins atténuées et attaquent plus violemment le haut de plage.

La mer peut atteindre régulièrement le pied des dunes qui dans ces conditions sont fortement et continuellement fragilisées ; ainsi les accumulations estivales sont rapidement attaquées et remises en mouvement vers le bas de plage, celles-ci étant de plus limitées par un estran trop humide et une érosion éolienne limitée. Les échanges plages/dunes garants du bon équilibre d'une plage et de sa pérennité sont fortement compromis.

## Solutions proposées

solutions	coût en Euros	objectifs	impact	remarques
Laisser-faire	entretien + dégâts	ne pas investir de suite	poursuite de l'érosion – inquiétude -nécessité d'évaluer et de chiffrer les risques	
enrochements en pied perré	225 000 €	protection de la digue	visuel – incompatibilité site classé ?	pas de remontée de l'estran ouvrage fortement sollicité
enrochements dune d'aval	340 000 €	stabilisation de la dune d'aval	visuel + report de l'érosion vers la dune d'aval basse	idem précédent
épi expérimental	30 000 €	protection de la digue ou de la dune d'aval	peu d'impact	Maintien des mouvements dans le profil -pas de garantie de fonctionnalité
batterie d'épi 5-6	150 000 €	Protection de la digue et de la dune d'aval	impact visuel - utilisation de la plage limitée	idem précédent
perré bas réensablé	300 000 €	stabilisation dune d'aval	peu d'impacts visuels - pas de report d'érosion	
réensablement - pied d'ouvrage (50 000)	500 000 €	protection naturelle de la digue par le sable + réhabilitation du site		risque de disparition rapide du réensablement
réensablement massif - berme moyenne - 2km	3 000 000 €	protection naturelle par le sable + réhabilitation du site y compris dune du Châtelet (= dune d'aval et digue)		risque de perte importante si l'altimétrie de la berme n'est pas assez élevée
réensablement massif - berme haute 1 km	3 000 000 €	protection naturelle de la digue et de la dune d'aval par le sable + réhabilitation du site		stabilité plus grande du rechargement - pas de protection des zones plus occidentales
réensablement massif berme moyenne + dispositif de stabilisation	3 000 000 € soit 2 000 000 € réensablement + 1 000 000 € protections complémentaires	protection naturelle de la digue et de la dune d'aval par le sable + réhabilitation du site	peu ou pas d'impacts visuels	améliorer la stabilité du rechargement avec un volume moindre - expérimental - moins coûteux si prix au m3 de sable rechargé élevé



## Evolution du rivage et des petits-fonds en Baie de Wissant pendant le XX<sup>ème</sup> siècle

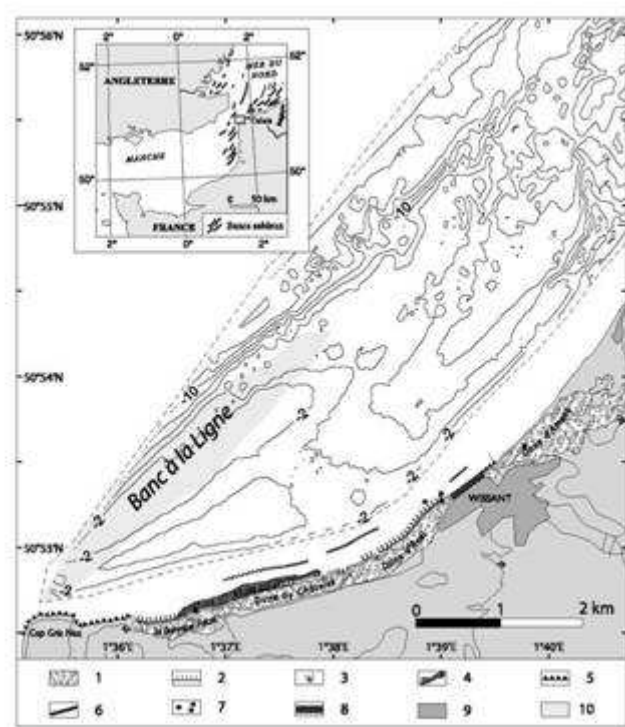
Arnaud Héquette et David Aernouts

Laboratoire de Géomorphologie Dynamique et Aménagement des Littoraux  
(GEODAL) - EA 3599

Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque

### Introduction

Encadrée par le Cap Gris Nez à l'ouest et le Cap Blanc Nez à l'est, la Baie de Wissant s'étend sur environ 10 km de longueur (fig. 1). Outre la digue promenade du village de Wissant, la Baie de Wissant est bordée par un étroit cordon dunaire (250-300 m de large) découpé en plusieurs massifs. D'ouest en est, les dunes de la Baraque Fricot, du Châtelet et d'Aval (fig. 1) présentent des signes évidents d'érosion. La présence commune sur le front dunaire de végétation d'arrière dune comme l'argousier témoigne de l'érosion qui affecte ces formes d'accumulation. On observe également de profondes brèches qui entaillent les dunes littorales et des falaises dunaires dépassant souvent 2 m de hauteur. En outre, plusieurs blockhaus datant de la Seconde Guerre Mondiale, autrefois cachés dans les dunes, se retrouvent aujourd'hui sur la plage. Devant le village de Wissant, l'abaissement de la plage a favorisé des affouillements à la base de la digue, ce qui a entraîné sa destruction partielle en 1999 avant sa reconstruction dans l'urgence. Dans le secteur de la Dune d'Amont à l'est de Wissant (fig. 1), la morphologie dunaire est différente de celle qui prévaut dans la partie ouest de la baie. La morphologie des dunes littorales dans ce secteur révèle en effet une plus grande stabilité du trait de côte, comme l'atteste la présence de dunes embryonnaires et d'une dune bordière qui n'est pas touchée par l'érosion marine.



*Fig. 1 - Localisation du site d'étude (les isobathes correspondent à la bathymétrie de 2002).  
1 : Dunes littorales;  
2 : Falaises dunaires;  
3 : Brèche ou siffle-vent;  
4 : Cordon de galets;  
5 : Falaises rocheuses;  
6 : Affleurement de tourbe;  
7 : Blockhaus;  
8 : Digue;  
9 : Zone urbanisée;  
10 : Localisation approximative du Banc à la Ligne.  
(Tiré de Aernouts et Héquette, 2006)*

Une analyse diachronique des photographies aériennes verticales de 1949 à 2000, ainsi qu'une étude de l'évolution morphologique des petits-fonds à l'aide de données bathymétriques couvrant la période 1911 à 2002 (Aernouts et Héquette, 2006), ont permis de préciser les rythmes d'évolution du rivage en Baie de Wissant et d'apprécier les changements morphologiques qui ont affecté l'ensemble du profil côtier incluant la zone pré-littorale.

### Présentation du site

L'estran, large d'environ 800 m à marée basse de vive-eau, est soumis à un régime de type macrotidal, le marnage moyen à Wissant étant de 5,84 m en morte-eau et de 8,15 m en vive-eau (SHOM, 2004). Face aux dunes érodées, des bancs de tourbes holocènes (Mortier et Boels, 1982), sous-jacents au sable, affleurent sur de larges surfaces, ce qui témoigne à la fois du recul du rivage et d'un abaissement de l'estran. Ce constat est identique face à la digue de Wissant, régulièrement submergée par les vagues lors des marées hautes de vive-eau. L'estran se prolonge en mer par une avant-plage en pente douce, également sableuse, qui forme une petite cuvette n'excédant pas 10 m de profondeur (par rapport au zéro hydrographique) entre la côte et le Banc à la Ligne (fig. 1). Partiellement ancré au Cap Gris Nez, le Banc à la Ligne, long de 3,5 km et large de 500 m, s'étend vers le nord-est en s'éloignant du rivage jusqu'à une distance d'environ 2 km au large de Wissant. La morphologie de ce banc et sa position par rapport au rivage l'apparentent à une accumulation sous marine de type *banner bank* (Dyer et Huntley, 1999).

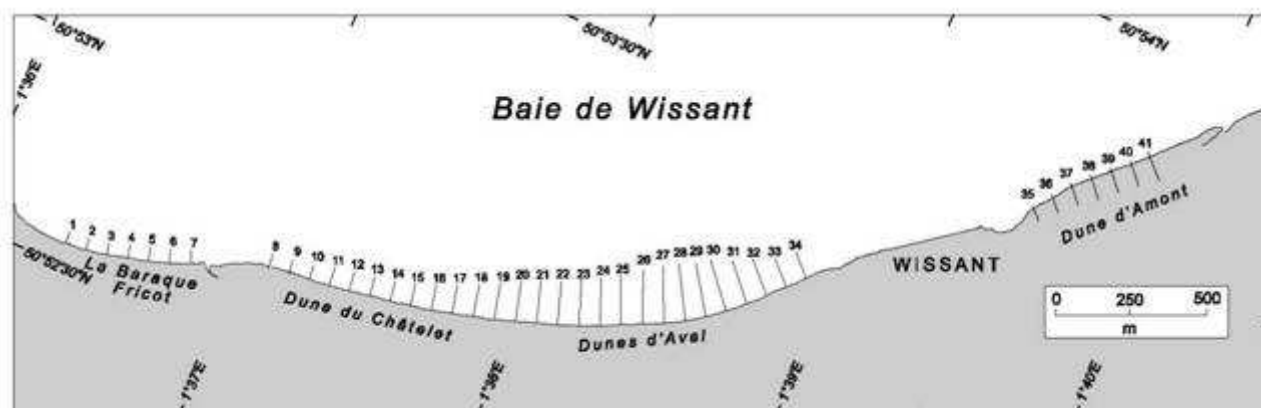


Fig. 2 - Localisation des mesures de position du trait de côte.

### L'évolution de la ligne du rivage de 1949 à 2000

L'évolution du trait de côte se caractérise par un recul quasi-général dans la partie centrale de la Baie de Wissant (figs. 2 et 3), particulièrement au niveau de la Dune d'Aval où le recul du pied de dune a été supérieur à 200 m entre 1949 et 2000, atteignant même plus de 250 m par endroit. De telles valeurs se traduisent par des vitesses de recul d'environ 4 à 5 m/an. Plus à l'ouest, les valeurs de recul sont moins élevées, mais restent néanmoins très significatives (généralement >1 m/an). Le secteur de la Dune d'Amont, dans la partie est de la baie, a connu au contraire une avancée de la ligne de rivage comprise entre 1,3 et 1,8 m/an (fig. 3), correspondant à des apports sableux responsables du développement d'accumulations éoliennes sur le haut de plage et de la progression vers le large du massif dunaire. Il est

vraisemblable que ces apports sédimentaires proviennent, au moins en partie, des produits de l'érosion littorale dans le reste de la baie. Il semble cependant exister une forte disproportion entre les quantités de sédiments érodés dans la partie centrale de la baie et les quantités qui ont pu s'accumuler dans la partie est. Globalement, nos mesures montrent que l'érosion littorale a eu tendance à se déplacer vers l'ouest, touchant de plus en plus de secteurs auparavant stables. Par ailleurs, il existe une forte opposition entre les parties centrale et ouest de la baie, marquées par un important recul, et le secteur à l'est du village de Wissant où le rivage connaît, au contraire, une progression vers le large depuis au moins le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle.

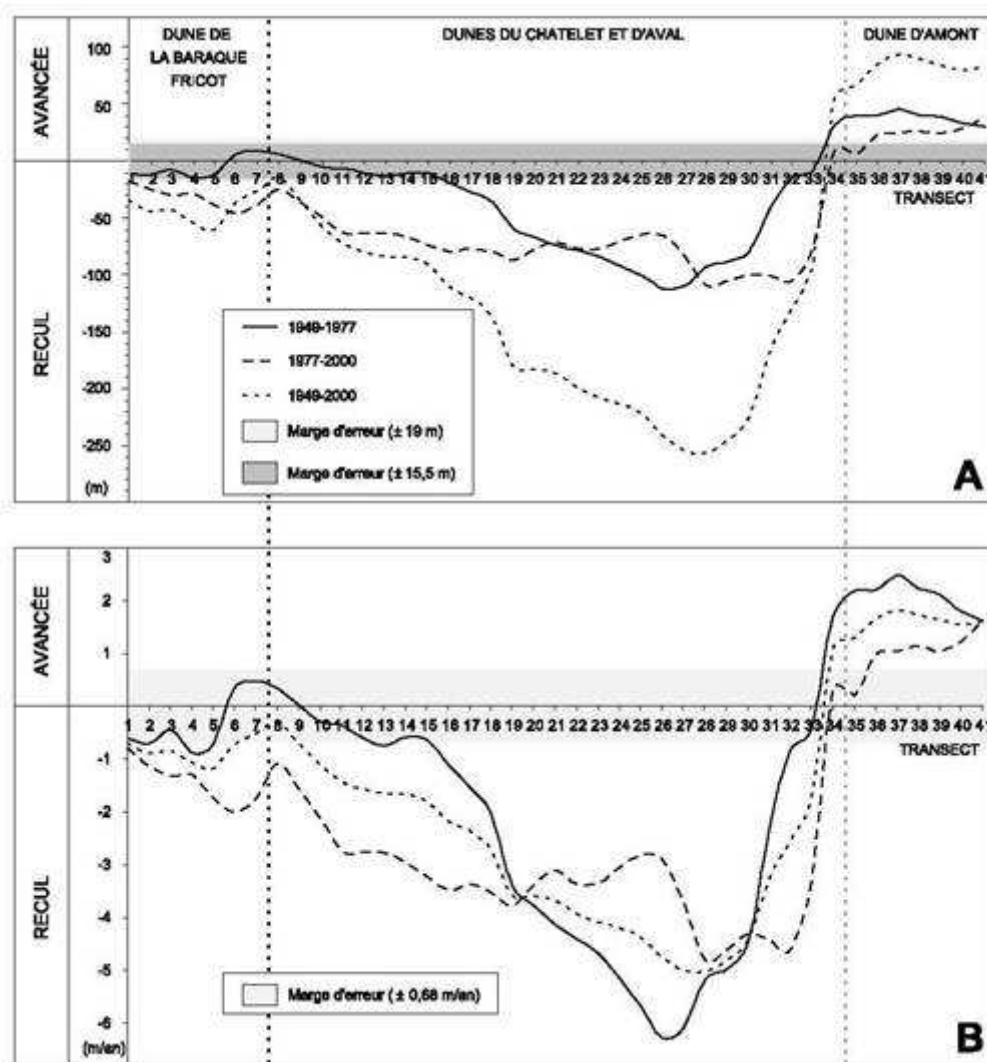


Fig. 3 - (A) Evolution de la position du trait de côte en Baie de Wissant entre 1949 et 2000; (B) Rythmes annuels d'évolution du trait de côte pour les périodes 1949-1977, 1977-2000, et 1949-2000. (Tiré de Aernouts et Héquette, 2006)

## L'évolution de la morphologie des petits fonds entre 1911 et 2002

Les changements bathymétriques en Baie de Wissant ont été de très grande ampleur pendant le XX<sup>ème</sup> siècle et témoignent de mouvements sédimentaires extrêmement importants (fig. 4). Le déplacement vers le nord-est de la zone d'accumulation de sédiments au sommet du Banc à la Ligne semble indiquer que la crête du banc s'est développée dans la même direction pendant le XX<sup>ème</sup> siècle. Malgré cette aggradation verticale bien visible sur la carte différentielle 1911-2002, le volume du Banc à la Ligne a diminué, les pertes de sédiments s'étant produites tant sur la face interne que sur la face externe du banc. Cette érosion du banc est encore plus facilement perceptible sur les profils bathymétriques (fig. 6) que sur la carte d'évolution du fond. Les autres variations significatives de la bathymétrie concernent les petits fonds entre le Banc à la Ligne et le rivage où l'érosion est extrêmement forte. Face à la dune du Châtelet et d'Aval, l'érosion est généralement comprise entre 4 et 6 m, et parfois supérieure à 6 m à proximité du rivage (fig. 4C). Le bilan global montre une perte nette de sédiments d'environ  $10,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  en l'espace de 91 ans, soit un déficit sédimentaire de l'ordre de  $116\,000 \text{ m}^3/\text{an}$  pour l'ensemble de la baie.

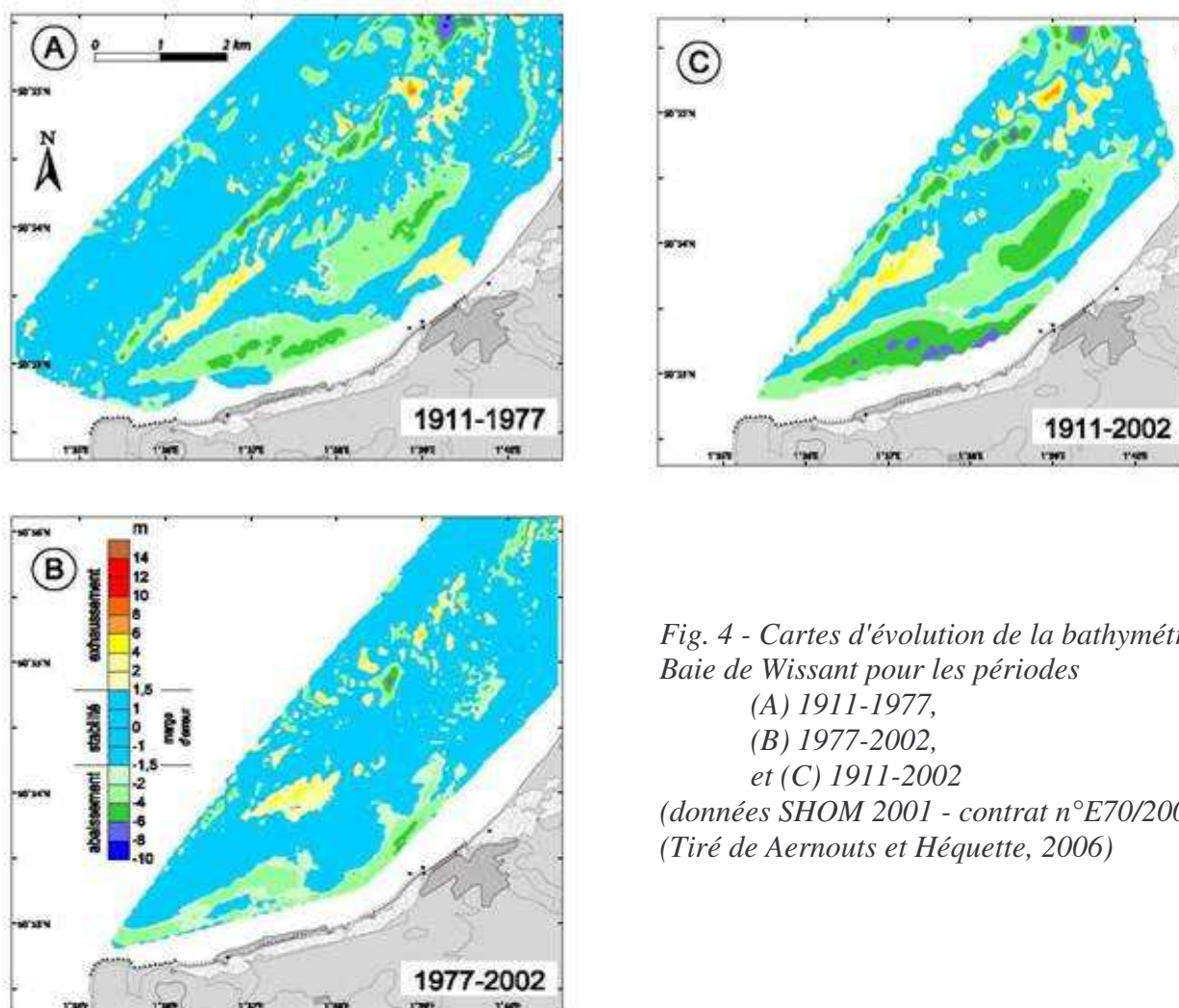


Fig. 4 - Cartes d'évolution de la bathymétrie en Baie de Wissant pour les périodes (A) 1911-1977, (B) 1977-2002, et (C) 1911-2002 (données SHOM 2001 - contrat n°E70/2001). (Tiré de Aernouts et Héquette, 2006)



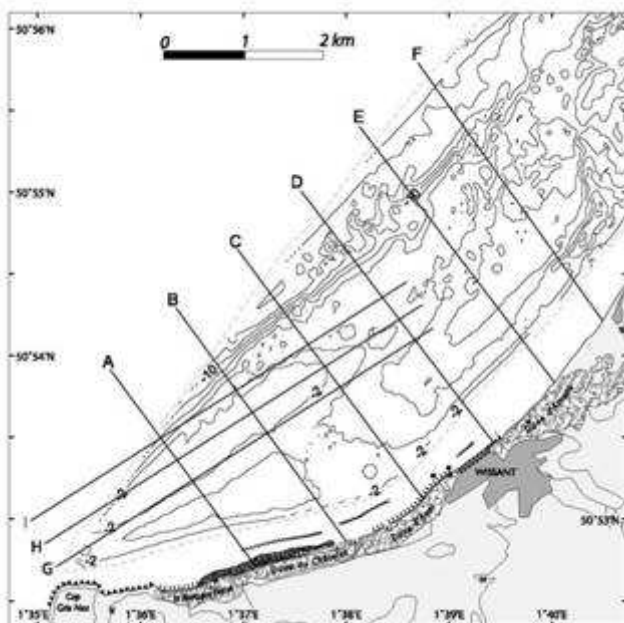


Fig. 5 - Localisation des profils bathymétriques (pour la légende, voir la Fig. 1).

(Tiré de Aernouts et Héquette, 2006)

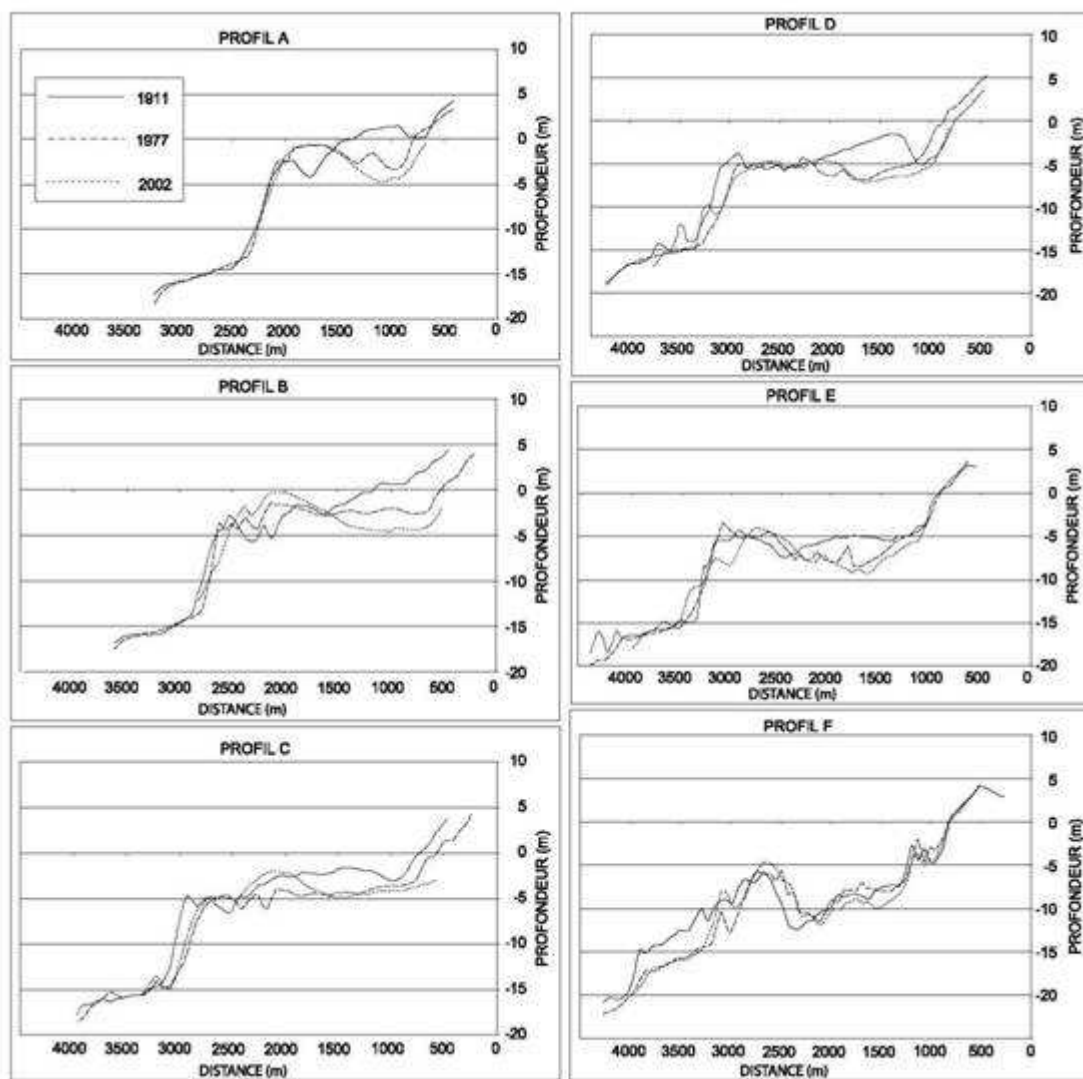


Fig. 6 - Evolution des profils bathymétriques transversaux de 1911 à 2002.

Voir la figure 5 pour la localisation des profils. (Tiré de Aernouts et Héquette, 2006)

## Conclusion

L'évolution de la bathymétrie dans la Baie de Wissant suggère que l'évolution du trait de côte ne dépend pas uniquement des processus hydro-sédimentaires agissant dans la zone intertidale, mais qu'elle est également fortement liée à la dynamique morpho-sédimentaire de l'avant-côte. Depuis 1911, le bilan sédimentaire de la Baie de Wissant est fortement négatif, et les pertes de sédiments dans la zone pré-littorale ont fortement affecté le bilan sédimentaire de la zone intertidale et la dynamique du trait de côte. Il existe effectivement une nette correspondance entre les zones de forte érosion dans la zone pré-littorale proche et celles d'important recul du trait de côte, comme la dune du Châtelet et la dune d'Aval. Le long du village de Wissant, si le trait de côte est stabilisé artificiellement par une digue, le niveau de l'estran n'a fait que s'abaisser depuis plusieurs années (Messence et Cohen, 2002). Désormais, la plage est entièrement submergée à marée haute et les vagues peuvent déferler directement sur cet ouvrage, menaçant sa stabilité. Là encore, les fonds un peu plus au large ont subi une nette érosion pendant les dernières décennies (fig. 4). Un abaissement des fonds marins à proximité de la côte aura tendance à provoquer un abaissement du niveau de l'estran, ce qui s'est effectivement produit dans la partie centrale et ouest de la baie (fig. 6, profils A, B, C). Une telle diminution de hauteur de l'estran n'a pu que favoriser l'érosion du haut de plage et des dunes littorales en induisant une augmentation de la fréquence des niveaux d'eau sur le haut de plage (Ruz et Meur-Férec, 2004).

Les résultats concernant l'évolution du trait de côte montrent que l'érosion littorale s'est généralisée à l'ensemble des massifs dunaires de la partie centrale et occidentale de la Baie de Wissant pendant la période 1977-2000. L'analyse des variations bathymétriques suggère également que l'érosion des fonds marins proches de la côte semble s'être accélérée entre 1977 et 2002. Plusieurs hypothèses peuvent être invoquées pour tenter d'expliquer l'aggravation de l'érosion du rivage et des petits fonds pendant le dernier quart du XX<sup>ème</sup> siècle. Il est vraisemblable qu'en raison de la diminution de la taille du Banc à la Ligne, sa capacité à dissiper l'énergie des vagues et à protéger la côte de leur attaque se soit réduite au cours du XX<sup>ème</sup> siècle. Les résultats d'études de modélisation de la propagation de la houle sur les fonds de 1911, 1977 et 2002 de la Baie de Wissant (CETMEF, 2004 ; Aernouts, 2005) vont effectivement dans ce sens. En outre, le démaigrissement du banc qui, à l'instar d'autres bancs pré-littoraux de la région, a pu représenter une source sédimentaire pour la plage et les dunes a pu contribuer à la diminution du stock sédimentaire intertidal et supratidal. Des extractions de sables qui eurent lieu sur et aux abords du Banc à la Ligne pendant les années 1960 et 1970 (Ferrière *et al.*, 1993) n'ont pu qu'accentuer ce phénomène. Enfin, l'extension de la jetée du port de Boulogne-sur-Mer au début des années 70 a peut-être aussi joué un rôle dans l'accélération de l'érosion à Wissant (Clabaut, 1988), car cet ouvrage situé en amont du transit sédimentaire régional provoque le dépôt d'une partie des sédiments transitant vers le nord, au détriment de la Baie de Wissant.

## Références

- Aernouts, D., 2005. *Le rôle des changements bathymétriques à l'avant côte sur l'évolution des littoraux meubles du Cap Gris-Nez à Dunkerque, Côte d'Opale, Nord de la France*. Thèse de doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque, 195 p. + annexes.
- Aernouts, D. et Héquette, A., 2006. L'évolution du rivage et des petits-fonds en baie de Wissant pendant le XX<sup>ème</sup> siècle (Pas-de-Calais, France). *Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement*, 1, 49-64.
- CETMEF, 2004. *Etude de propagation de la houle – Impact de l'évolution du Banc à la Ligne*. Rapport technique du Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales, Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer, 35 p + annexes.
- Clabaut, P., 1988. *Dynamique sédimentaire dans le détroit du Pas de Calais*. Thèse de doctorat, université des Sciences et Technologies de Lille, 251 p.
- Dyer, K.R. et Huntley, D.A., 1999. The origin, classification and modelling of sand banks and ridges. *Continental Shelf Research* 19, 1285-1330.
- Ferrière, J., Trentesaux, A. et Chamley, H., 1993. Le domaine marin du Nord-Pas-de-Calais: nature des fonds et dynamique sédimentaire. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 2, 23-30.
- Messence, S. et Cohen, O. 2002. La gestion de l'érosion côtière en Baie de Wissant : de la négligence à l'urgence. *Actes du colloque "Espaces littoraux en mutation"*, Commission de Géographie de la Mer et des Littoraux, Dunkerque, 1<sup>er</sup> juin 2000, 73-80.
- Mortier, R. et Boels, M., 1982. Histoire de la plaine maritime de Wissant (Pas-de-Calais) depuis le début de l'Holocène. *Annales de la Société Géologique du Nord*, 101, 17-22.
- Ruz, M.H. et Meur-Férec, C., 2004. Influence of high water levels on aeolian sand transport: upper-beach/dune evolution on a macrotidal coast, Wissant Bay, Northern France. *Geomorphology*, 60, 73-87.
- SHOM, 2004. *Annuaire des marées, tome 1 - Ports de France*. Imprimerie de l'Établissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Brest.



## Présentation de la plage d'Hardelot

La plage de Neufchâtel-Hardelot se situe sur le littoral du Pas-de-Calais, au sud de Boulogne-sur-Mer, bordée par la Manche sur une longueur d'environ 4 000 m orientée Nord-Sud, dont la partie nord présente un front de mer bâti de 1 600 m.

La plage, formée de sable fin propice à la baignade et aux activités de sport nautique et de sport de glisse connaît depuis quelques années un déficit en sable qui nuit de plus en plus à sa vocation touristique.

De façon plus préoccupante, cet abaissement de l'estran joint à une élévation du niveau de la mer entraîne des détériorations sur la digue mettant à mal la pérennité des ouvrages.

C'est en 1910 que fut construite la première digue « Le Promenoir », non pas comme un ouvrage de défense contre la mer mais plutôt comme l'équipement d'une station balnéaire naissante. Le perré, lui, a été reconstruit en plusieurs phases correspondant à l'urbanisation du front de mer après sa destruction pendant la guerre 39-45 :

- En 1947, construction du perré maçonné de 663 m de long, véritable ouvrage de protection de la digue et des immeubles adjacents.
- En 1976, perré en enrochements, au nord, de 375 m de long.
- En 1980, un deuxième perré en enrochements de 982 m de long, au sud de la station.

Cet ouvrage est encadré de chaque côté par un cordon dunaire : au nord, les Dunes d'Ecault, sur la commune de Saint-Etienne-au-Mont, séparée d'Hardelot par le ruisseau de la Becque ; au sud, les dunes du Chevalier Sansot, sur 1 600 m jusqu'au ruisseau de la Bronne qui marque la limite avec Dannes, commune voisine. Ces dernières constituent la partie septentrionale des dunes picardes orientées Nord-Sud, donc perpendiculairement à la direction des vents dominants recevant de plein fouet les houles puissantes.

Depuis plusieurs années à Hardelot, un déficit sédimentaire se produit entraînant le démaigrissement de l'estran, se traduisant par plusieurs faits :

- Le recul du cordon dunaire côtier au sud, qui prend l'aspect de falaise et le déterrement progressif des blockhaus en est le témoin.
- La mise à nu du haut du rideau de palplanches au pied du perré.
- La ville a dû prolonger de quelques marches le bas des escaliers menant de la digue à la plage.
- La présence de plaques de tourbe au niveau de l'estran apparaissant et disparaissant au gré des marées et des tempêtes.
- L'affleurement de la nappe phréatique avec un suintement continu de l'eau en surface rendant le haut de plage humide en permanence.



C'est en 1995 que ce démaigrissement de la plage d'Hardelot fut le plus aigu et que la municipalité le prit en compte pour envisager les remèdes à y apporter. Une intervention au Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais déclencha cette prise de conscience de l'érosion côtière sur l'ensemble du Littoral de la Côte d'Opale. Une série de tables rondes a eu lieu avec les partenaires concernés et des études techniques et scientifiques ont été effectuées :

- Etude par l'Observatoire de l'Environnement Littoral et Marin de Wimereux ;
- Suivi du profil de plage par le S.M.B.C ;
- Etude par le S.M.E.C.O. sur l'ensemble du littoral de la Côte d'Opale avec préconisations concernant la plage d'Hardelot ;
- Rencontre avec Eco-Plage qui réalise un complément d'étude de sol ;
- Expertise de la digue et de son perré par la société ANTEA dont le rendu vient de nous parvenir ;
- Etude de la plage en cours par des chercheurs : expertise géomorphologique de l'Université des Sciences et Technologies de Lille sous la direction de Madame Battiau-Queney et expertise hydrogéologique par le laboratoire de l'Université d'Artois, sous la direction de Madame Barbara Louche.

Aujourd'hui, la nature étant souveraine, le sable est un peu revenu en haut de plage, particulièrement au nord. Est-il urgent de ne rien faire ? Il est de la responsabilité d'un élu d'anticiper une possible catastrophe.

Bernard DELECOUR  
1<sup>er</sup> adjoint  
Mairie de Neufchâtel-Hardelot

## Etude géomorphologique de la plage de Neufchâtel-Hardelot (2005-2006)

Réalisée par Guillaume Malaterre et Antoine Tresca  
(Master Recherche Environnement)  
sous la direction d'Yvonne Battiau-Queney  
(Université des Sciences et Technologies de Lille)

### Hardelot dans son contexte régional

La plage d'Hardelot se situe au nord de la plaine maritime « picarde » (au sens de Briquet). Le dispositif topographique et morphologique est ici très différent de celui que l'on trouve au sud de la Canche, de Berck au Touquet (fig.1). Au nord de la Canche, le plateau crayeux se rapproche beaucoup de la côte, si bien que la zone de marais maritime (sous le niveau des plus hautes mers) disparaît et le système dunaire se réduit à un seul complexe. Des dunes « *plaquées* » atteignent plus de 100 m d'altitude sur le flanc sud et ouest du Mont Saint Frieux et plus de 60 m d'altitude au nord d'Hardelot, dans les dunes d'Ecault. Les dunes littorales sont plus hautes (souvent plus de 20 m IGN 69) et plus mobiles au nord d'Hardelot (dunes d'Ecault) qu'au sud : les dunes du Chevalier Sansot dépassent rarement 10 m d'altitude IGN et portent une végétation souvent arbustive jusqu'en bordure de la plage.



Fig. 1. Coupes topographiques au nord et au sud d'Hardelot (Fauchois, 1998)  
A droite, vue générale des dunes du Chevalier Sansot presque totalement végétalisées ; au fond  
Hardelot-Plage.

***Ce dispositif topographique a une influence déterminante sur la morphologie de la plage*** qui, de même que le système dunaire, diffère au nord et au sud :

- Au nord du ruisseau de la Becque, limite entre les communes de Neufchâtel-Hardelot et de Saint Etienne au Mont, le sable de la plage s'assèche très vite à marée basse et la mer atteint rarement le pied de la dune, en dehors des très grandes marées de vive-eau. La plage est adossée à une *avant-dune* colonisée par l'oyat et souvent précédée de dunes embryonnaires à végétation pionnière. Le contact plage-dune est contrôlé par une dynamique éolienne active.

- Au sud de la station d'Hardelot, il n'y a pas d'avant-dune mais une *falaise sableuse* exposant plusieurs niveaux de paléosols de type podzolique. La végétation arbustive se développe jusqu'en bordure de la falaise où elle est souvent déchaussée par l'érosion. La dynamique éolienne paraît inactive ou très faible. Les dunes embryonnaires sont rares et très éphémères. Par contre, immédiatement au sud de l'enrochement, on observe depuis peu, au pied de la falaise, une banquette basse toujours humide qui porte une végétation de type

« schorre » plutôt que dunaire. Le haut de plage reste humide à marée basse, parcourue par des ruissellements plus ou moins riches en oxydes de fer.

→ *La station d'Hardelot se situe à la charnière entre deux configurations de plage et de dunes.*

Au droit de la station, la digue et les enrochements (cf. historique) ont pour effet de dissocier plage et dunes, avec des conséquences décisives pour le fonctionnement du système côtier. Les problèmes les plus ardues s'observent au centre de la station, où les palplanches de la digue apparaissent régulièrement, sur une hauteur variable selon l'état de la mer et la marée. La disparition totale de la plage à marée haute au pied de la digue, observée certaines années, est un handicap pour la station. Enfin, l'absence de sable sec à marée basse, le long des enrochements méridionaux et au sud de ceux-ci, est considérée comme une gêne pour les usagers de la plage, sans parler des affleurements de tourbe.

L'étude géomorphologique et hydrogéologique menée en 2006 respectivement par l'Université des Sciences et Technologies de Lille (G. Malaterre et A. Tresca, sous la direction d'Y. Battiau-Queney) et par l'Université d'Artois (B. Louche) a été commanditée par la mairie de Neufchâtel-Hardelot. Elle s'est fixée comme objectif **de comprendre le fonctionnement du système côtier et l'évolution morphologique de la plage, d'établir un diagnostic et d'émettre un avis sur les solutions envisageables.**

### Méthodologie adoptée

Pour apprécier la situation actuelle, il faut considérer l'évolution passée, évaluer *l'ampleur et préciser le rythme de la mobilité du trait de côte* à partir des données disponibles, c'est à dire avant tout les photographies aériennes verticales de l'IGN. La plus ancienne remonte ici à 1929, mais elle ne couvre que le nord de la station et le sud des dunes d'Ecault. La mission aérienne de 1945 ne couvre pas les dunes d'Ecault. L'analyse diachronique des photographies aériennes a donc permis de quantifier l'évolution du *trait de côte* sur une période de 70 à 55 ans selon les secteurs. Au départ, il fallait définir au préalable cette ligne de référence (voir encadré). La marge d'erreur des résultats obtenus cumule celle du repérage du trait de côte sur les photos (plus précis quand on dispose de la stéréoscopie) et celle du traitement des photos avec des logiciels appropriés. Pour cette étude, elle est estimée à  $\pm 9$  mètres, soit 18 mètres.

*Comment définir le trait de côte, cette ligne de référence qui va servir à mesurer le recul ou l'avancée d'une côte ? En régime macrotidal, il est exclu de choisir l'isohypse 0 (IGN 69), puisqu'elle se situe au milieu de l'estran. On pourrait retenir la limite du DPM, soit la ligne atteinte par le plus grand flot de l'année, par grande marée de vive eau, mais cette laisse de mer varie avec l'état de la mer ; de plus elle n'est pas repérable sur une photographie aérienne. Or, il faut pouvoir identifier ce repère sur ce type de document. Sur une côte sableuse basse, le pied de l'avant-dune est sans doute le meilleur repère. Il correspond dans le meilleur des cas à une rupture de pente identifiable par stéréoscopie et à une limite de végétation. Néanmoins, dans la pratique, il s'avère que l'identification du « pied » de dune comporte une marge d'erreur de un à quelques mètres : en l'absence de falaise dunaire, le profil basal est concave. De plus, le pied de dune peut être recouvert par un bourrelet de sable éolien. Ce problème est trop souvent escamoté dans les travaux publiés, alors qu'il introduit une marge d'erreur non négligeable, parfois supérieure aux valeurs de recul proposées.*

La mobilité du trait de côte, tel que repéré sur une photo aérienne, ne renseigne que sur le déplacement horizontal de celui-ci et non sur les changements volumétriques du haut de plage et de l'avant-dune (« démaigrissement » ou « engraissement »). Sur ce point, le littoral de la côte d'Opale offre, avec les restes du Mur de l'Atlantique, quelques repères souvent très intéressants, comme l'a montré Philippe Lanoy-Ratel, spécialiste de « *bunker archéologie* » (1998, 2004). Connaissant l'architecture et l'objectif militaire des ouvrages allemands de première ligne, on peut dans certaines conditions reconstituer la morphologie des lieux en 1942-44 et, de là, évaluer les changements depuis 60 ans, tant pour la hauteur de l'avant-dune que pour le recul de son pied et l'abaissement éventuel du haut de plage. Dans le secteur d'Hardelot, on dispose de deux complexes de bunkers allemands, l'un au nord, au pied des dunes d'Ecault, l'autre près de la limite sud du territoire communal.

Enfin, sur un pas de temps plus court, de quelques mois à 10 ans, nous avons eu recours à des *profils topographiques transversaux répétés au même endroit*, permettant de suivre l'évolution morphologique de la plage. Des profils de précision centimétrique (compte tenu de la marge d'erreur) sont réalisés depuis deux ans (Malaterre et Tresca, 2005). Ils ont été comparés à ceux levés par le SMBC depuis 1996.

## Résultats de l'étude de 2006

### A. Le contraste morphologique entre le nord (« dunes d'Ecault ») et le sud (« dunes du Chevalier Sansot ») du secteur d'Hardelot est un trait permanent lié à la géologie et à topographie de ce littoral

L'humidité de la plage méridionale, telle qu'on l'observe aujourd'hui, apparaissait déjà sur celle de 1929, au droit de l'encochement actuel. Elle est clairement visible sur la photographie aérienne de 1946. Tout le haut de plage est humide. On distingue nettement les émergences de l'aquifère « continental » au contact de la dune et de l'estran. En 1946, comme aujourd'hui, la plage était fragmentée en secteurs secs et humides.



*Fig. 2 : Situation actuelle : affleurement de la nappe en haut de plage*  
*On remarque une brutale transition entre un sable sec et mouillé. Ce type de contact est également visible sur la photo aérienne de 1946. Il pourrait avoir un lien avec le dispositif géologique de la craie sous-jacente*

(Photo G.Malaterre, 17 mars 2006, vue vers le sud)



Le contact entre la digue et l'enrochement sud coïncide à peu près avec la limite nord de ces dunes humides. Au départ, la station d'Hardelot avait dû s'installer judicieusement dans une zone sèche de « dune blanche ».

## **B. La mobilité du trait de côte depuis 1946 (ou 1929 au nord) est complexe, avec des rythmes différents au nord et au sud d'Hardelot**

### ***1. Les enseignements tirés de l'analyse stéréoscopique des photographies aériennes anciennes***

#### ***- Le long des dunes d'Ecault,***

Le complexe de bunkers ne commence à être visible qu'à partir de 1977 : on repère alors les deux tobrouks, en avant du pied de dune mais pas encore les 2 casemates principales, camouflées dans la dune. De 1977 à 1983, les couloirs de déflation sont plus marqués, un nouveau recul du trait de côte est avéré par la position des 2 tobrouks. En 1989, le front de l'avant-dune est plus abrupt et une véritable falaise dunaire apparaît en 1995,. Le dessin rectiligne du front dunaire est probablement dû aux interventions humaines (pose de fascines, de filets et de ganivelles, plantations d'oyats), plus précoces au nord (sur les propriétés du Conservatoire du littoral gérées par EDEN 62) qu'au sud (Domaine privé d'Hardelot). Aujourd'hui, ce profil de falaise a fait place à un versant beaucoup plus doux, se raccordant à l'estran par une large concavité. La formation de dunes embryonnaires (fig. 3) est favorisée par le nettoyage manuel de la plage, laissant sur place les déchets biodégradables



*Fig. 3 : Dunes d'Ecault (au nord de la Becque) le 17 mars 2006 (coefficient 88). Profil d'avant-dune progradante avec petites dunes embryonnaires à Elymus farctus.*

- ***Le long des « dunes au Chevalier Sansot »***, en 1963 (comme en 1946) on note des écoulements d'eau vers le large en plus de l'humidité du haut de plage. Les bunkers sont invisibles. En 1977, le profil de la dune est plus raide et les bunkers commencent à apparaître. On note aussi des affleurements de tourbe sur l'estran. En 1983, de nouveaux enrochements sont construits, en arrière d'un estran humide. Les bunkers sont bien visibles. La présence d'une falaise dunaire se confirme en 1989. L'alternance sable humide / sable sec est toujours là. La tourbe apparaît en de nombreux endroits, dont un banc à mi-estran. En 1995, la falaise dunaire est très marquée, tout comme l'alternance sable sec/sable humide sur l'estran. Aujourd'hui, cette falaise est toujours visible sur le terrain, mais elle n'est plus attaquée par les vagues, même lors des très grandes marées de vive eau, comme par exemple le 30 mars 2006 (coefficient 115) (fig. 4).



*Fig. 4 : Falaise en bordure des dunes du Chevalier Sansot entaillant des paléosols. La végétation arbustive en haut de falaise, témoigne de son recul, mais la falaise n'a pas été atteinte par la mer dans les semaines ayant précédé la photographie (photo Y. B-Q., 29 juin 2004).*

## **2. Les résultats de l'analyse diachronique des photographies aériennes**

Sept missions de l'IGN ont été retenues : 1929, 1946, 1963, 1977, 1989, 1995, 2000. Toutes les photographies ont été redressées à partir de la BD Ortho (photographies IGN orthorectifiées et géoréférencées) de 2000. Les traits de côte de chaque mission sélectionnée ont été reportés sur la photographie aérienne ortho-rectifiée de 2000 (fig. 5). Les chiffres d'évolution ont été calculés un par un le long de transects perpendiculaires à la côte et les résultats représentés sous forme de graphiques (fig. 6)

### Le long des dunes d'Ecault

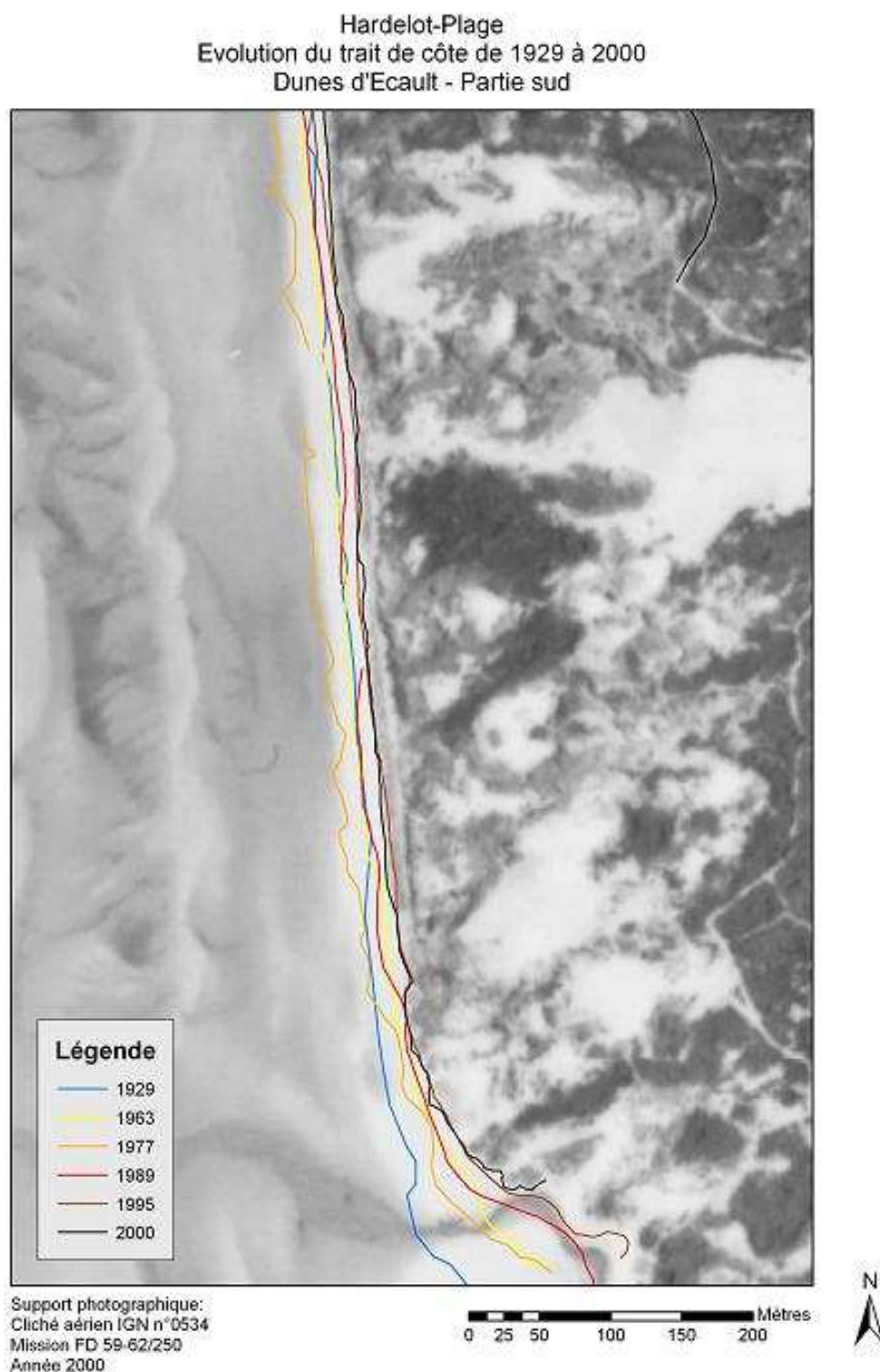
Le trait de côte s'est avancé de 1929 à 1977. L'évolution s'est renversée à partir de 1977. La partie la plus mobile est celle proche des bunkers, avec une forte progradation avant 1977, suivie d'un recul de 60 m entre 1977 et 2000 (2,5 m / an), mais au total un recul cumulé d'une vingtaine de mètres seulement depuis la construction des bunkers par les Allemands, soit **0,3 m / an**. 1977 est une année charnière pour l'ensemble des dunes d'Ecault (fig. 16). Au final, sur l'ensemble de la période 1929-2000, l'évolution cumulée est proche de la stabilité au nord, mais marqué vers le sud par un recul qui s'accroît aux approches de la Becque. Le petit estuaire de la Becque a évolué selon le schéma classique décrit par Briquet (1930) : avancée de la rive sud (poulier) et recul de la rive nord (musoir).

Il ressort de cette étude que *l'évolution n'est uniforme ni dans le temps ni dans l'espace. Un chiffre moyen de recul en mètres par an n'a donc pas ici de réelle signification.* Cette côte a connu des phases d'avancée rapide, de 1 à 2 m / an entre 1963 et 1977 et des phases de recul rapide, de 0 à > 2 m / an entre 1977 et 1989 et localement entre 1995 et 2000.

### Le long des dunes du chevalier Sansot

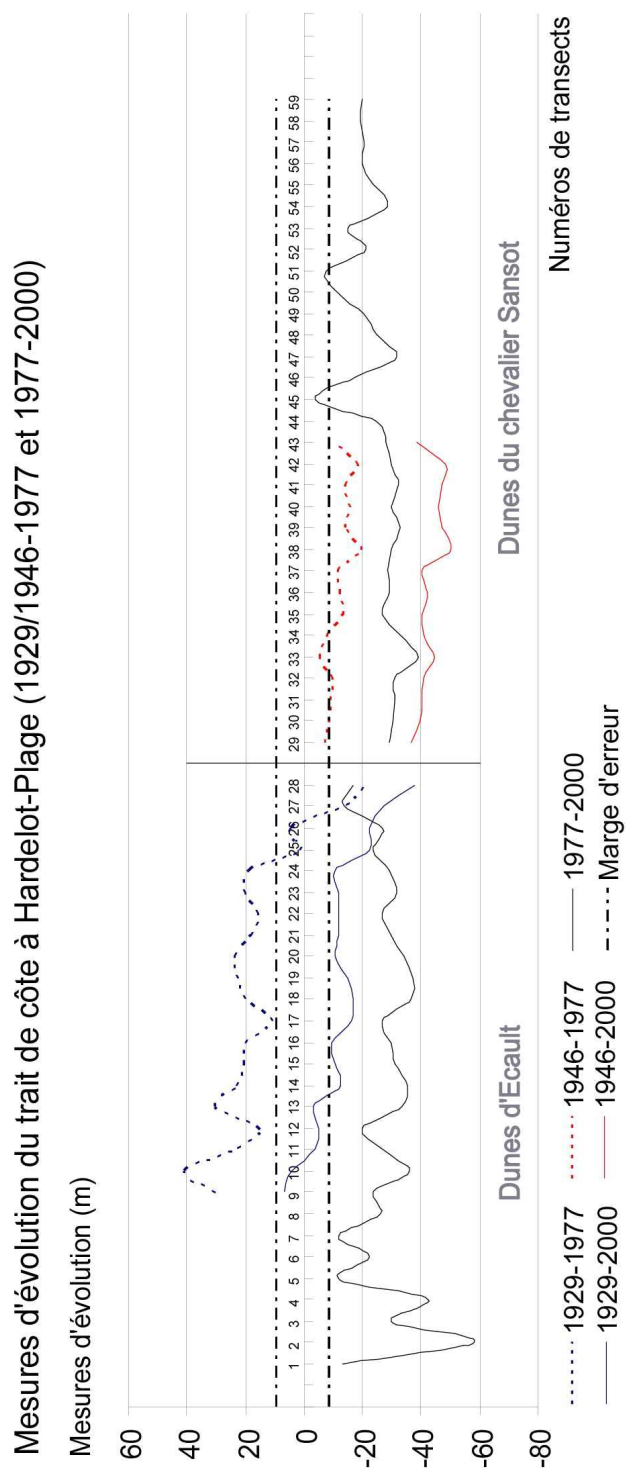
L'évolution du trait de côte est moins hésitante. A l'exception d'une légère progradation entre 1946 et 1963 entre les transects 29 et 37, le recul est général et assez régulier. Globalement, de 1946 à 2000, le recul se situe dans une fourchette de 40 à 50 mètres (**0,7 à 0,9 m / an**). Cette différence de rythme par rapport aux dunes d'Ecault est bien visible sur les graphiques d'évolution. Le recul entre 1989 et 1995 a pu dépasser localement 3 m / an.

Fig. 5 - Exemple de représentation de la mobilité du trait de côte (source : Tresca, 2006)



La progradation du trait de côte est nette entre 1963 et 1977, sauf le long de la rive nord de l'estuaire de la Becque (au sud du document), qui a évolué en « musoir » depuis 1929.

Fig. 6- Exemple de graphique indiquant les valeurs de recul du trait de côte  
(source : Tresca, 2006)





### C. L'évolution récente de la plage enregistrée par les profils transversaux levés au tachéomètre :

Les cinq profils levés en 2006 (fig. 7) correspondent à deux types de configuration : les profils « dune nord » et « dune sud » concernent une plage adossée directement aux dunes littorales, tandis que les profils « poste de secours », « digue » et « enrochements » concernent une plage dissociée artificiellement des dunes. Plusieurs enseignements peuvent être tirés de ce travail :

- Le niveau de sable en haut de plage a tendance à remonter depuis 2000 sur l'ensemble des profils. La plage d'Hardelot n'est pas en état de démaigrissement *généralisé*.

- Le niveau de sable est nettement plus bas au droit de la digue, surtout au centre de la station. La différence peut atteindre 1,5 m (par exemple le 27 février 2006 et à nouveau en avril-mai 2006). La hauteur des palplanches dénudées a varié de 0,60 à 1,5 m entre septembre 2005 et mai 2006. Ces variations sont très rapides. Elles ne s'observent qu'au pied de la digue et pas du tout là où la plage est adossée directement à la dune. *L'effet néfaste de la digue est donc confirmé.*

- Nous n'avons pas constaté de variations saisonnières régulières du profil de l'estran, mais un déplacement des bâches et barres provoquant l'apparition ou la disparition d'affleurements de tourbe.

- L'importance des transferts sédimentaires *transversaux* par les courants côtiers induits par la houle est suggérée par le démaigrissement du haut de plage au pied de la digue. L'abaissement relatif du niveau de sable le long de la côte est toujours observé dans la partie centrale de la station, là où digue et enrochement sud se relaient. On peut l'expliquer par l'existence de courants de retour engendrés par la réflexion des vagues contre la digue. La *relative inefficacité de la dérive littorale*, en tant qu'agent de transfert sédimentaire *sur le haut de plage* est confirmée par l'absence d'accumulation sableuse en amont-dérive des obstacles tels que les marches d'escalier ou l'enrochement formant épi à l'extrémité sud de la station.

- La dynamique éolienne et les déplacements de sable qu'elle engendre ont un rôle majeur au nord de la station. Toute la partie nord de la plage d'Hardelot bénéficie de ces apports. Au contraire, au sud de la station, ces apports sont réduits par l'humidité persistante de l'estran.

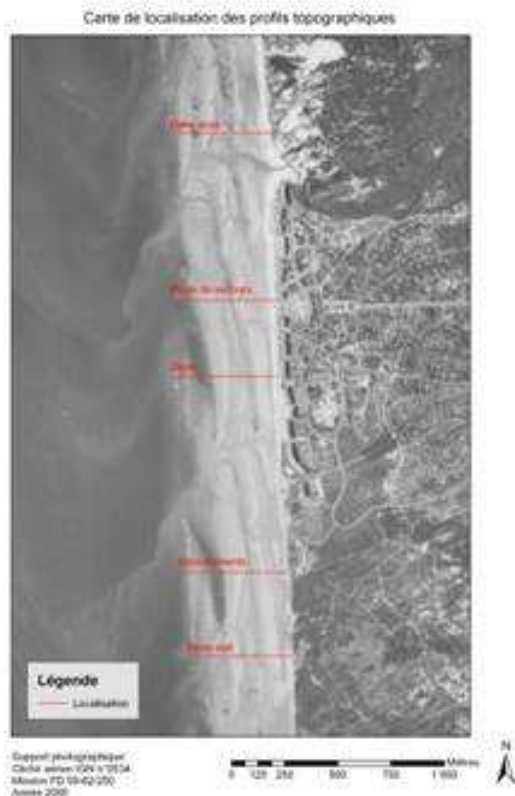


Fig.7 : localisation des profils topographiques levés au tachéomètre

## Interprétation

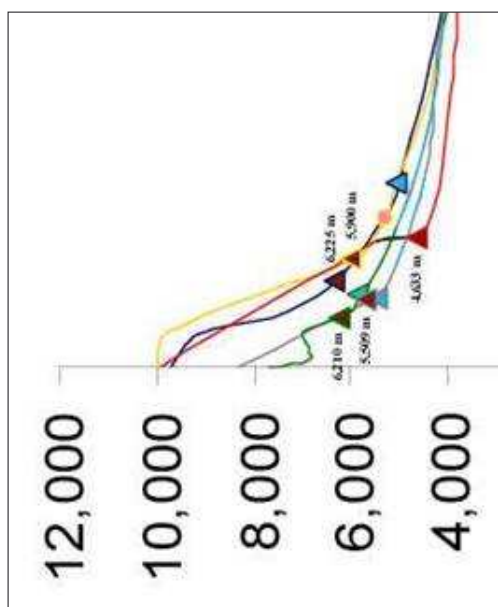
Il faut distinguer deux configurations de plage:

### A. Là où la plage est adossée directement aux dunes, au nord et au sud d'Hardelot.

L'évolution de ces deux secteurs diffère par l'importance respective de la dynamique éolienne dans le système côtier :

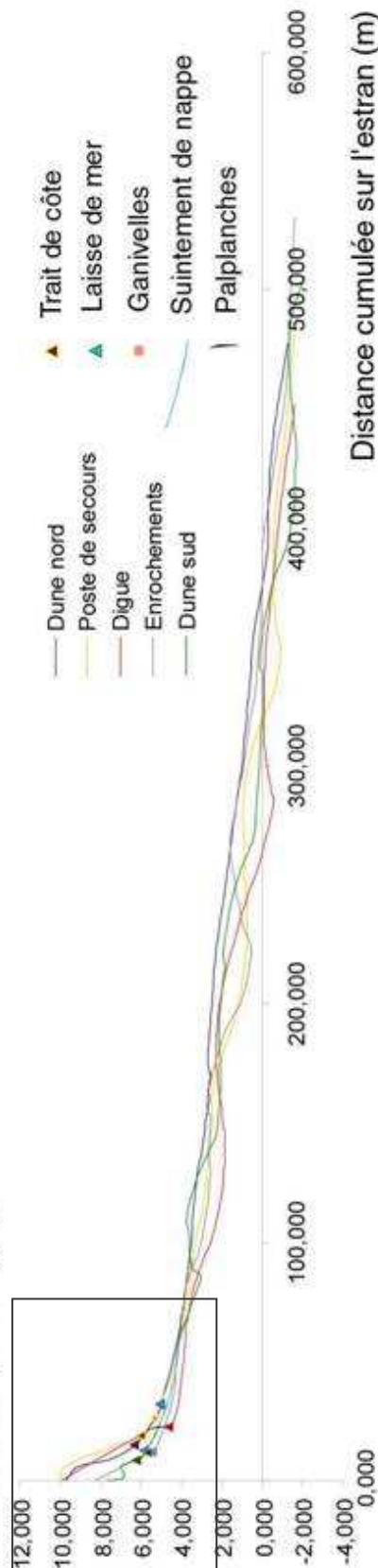
1. au nord, il y a une forte capacité de *résilience* car de grandes quantités de sable sont mobilisées par le vent. L'avant-dune joue à plein son rôle de stockage de sable : c'est un réservoir qui se remplit puis se vide, selon l'état de la mer et l'efficacité des vents, assurant ainsi l'équilibre dynamique du système plage-dune. Les phases d'accumulation (progradation de l'avant-dune et engraissement du haut de plage) alternent avec les phases d'érosion (recul du trait de côte et démaigrissement du haut de plage). *Le système s'autorégule lui-même.*
2. au sud, la capacité de résilience du système est fortement réduite car le vent ne peut mobiliser le sable humide de la plage sur l'estran pour nourrir la dune. Lors d'une tempête à fort coefficient de marée, la mer attaque en falaise les dunes anciennes. Néanmoins, il ressort des profils levés depuis 2 ans et des observations de terrain qu'il n'y pas actuellement de démaigrissement de ce secteur. Dans ce système côtier, le vent ne joue qu'un rôle mineur, la dynamique marine commande toute l'évolution. La vitesse de recul du trait de côte et le profil du haut de plage dépendent du volume de sable apporté par la mer, comparé à celui qui est exporté par la mer. Depuis deux ans, apports et exportations paraissent équilibrés et le pied de la falaise n'a plus été atteint par la mer, même lors des très grandes marées.

Exemple de profils topographiques correspondant à différentes configurations de plage (source : Tresca, 2006)  
 En cartouche, détail des profils de haut de plage, avec altitude IGN 69 du « trait de côte » (pied de dune ou pied d'ouvrage en dur)



### Comparaison des formes de profils, du nord au sud d'Hardelot-Plage

Altitude NGF (IGN 69) (m)



Note: les 5 profils ont été levés entre le 28 avril et le 5 mai 2006

### ***B. Là où la plage est dissociée de la dune bordière par la présence d'une digue ou d'un enrochement***

Il n'existe plus de réserve de sable utilisable en cas de tempête : *l'érosion marine se traduit inéluctablement par un abaissement de la plage*. Celui-ci ne peut être compensé que par des apports extérieurs, marins ou éoliens. Les apports marins peuvent venir latéralement, par la dérive littorale, ou transversalement depuis le large. Les deuxièmes semblent plus importants ici que les premiers, mais ils ne sont pas toujours suffisants pour réalimenter naturellement le haut de plage. Les apports éoliens sont importants au nord, faibles ou très faibles au sud. Il existe donc un *déficit chronique de sable* qui atteint son maximum dans la partie sud de la digue en maçonnerie et la partie nord de l'enrochement méridional.

### **Le contexte hydrogéologique (d'après l'étude de B. Louche et A. Pasbrich)**

La particularité de la plage longeant les enrochements et les dunes du Chevalier Sansot réside notamment dans l'humidité constante du haut de plage. C'est une exception pour la côte d'Opale. La largeur de la surface mouillée varie au cours de l'année. Les écoulements débutent à proximité du pied de dune ou des enrochements. On retrouve généralement du sable sec à une distance qui varie entre 60 mètres et 150 mètres environ, sauf le 2 février 2006 où l'estran était détrempé sur plus de 200 m de large au sud de l'enrochement. Longitudinalement, cette surface mouillée s'interrompt parfois brutalement le long de limites abruptes.

Cette humidité persistante du haut de plage est déterminante sur l'efficacité du vent : elle réduit d'autant les transferts éoliens de l'estran vers la dune. Il est donc primordial d'en connaître la cause. C'est l'objectif de l'étude hydrogéologique menée parallèlement à l'étude géomorphologique et à laquelle on se référera. Seules les principales conclusions de cette étude sont indiquées ci-dessous.

Les douze sondages géophysiques réalisés ont montré :

- des intercalations de tourbe (épaisseur de 1,5 à 35 m) dans les sables de 4 sondages.
- le calcaire jurassique n'est présent que dans la partie nord, où les sables reposent directement sur lui.
- la craie se retrouve dans toute la partie sud à des profondeurs très variables, par suite de failles. Dans la partie sud, les sables dunaires reposent directement sur la craie. L'aquifère dunaire et l'aquifère de la craie sont en continuité hydraulique. On a donc une seule nappe libre. Le toit de la nappe est très proche de la surface, voire à l'affleurement dans la partie sud.
- l'interface eau douce/eau salée a une géométrie complexe du type « doigt de gant ».

Une modélisation à l'aide du logiciel *Modflow* a montré que pour obtenir un rabattement de 0,50 m de la nappe, permettant l'assèchement des sables superficiels, il faudrait implanter 3 puits avec des débits de pompage égaux à  $75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Un tel débit est excessivement élevé et l'eau pompée devrait être rejeté, ce qui est irréalisable. Par ailleurs, un rabattement de 0.50 m, provoquerait une remontée du biseau salé de 20 m. Or, à l'endroit où les puits sont implantés, le biseau se trouve à l'état naturel à une altitude de -12 à 0,4m (NGF). L'eau pompée serait donc de l'eau salée.

A ce stade de l'étude, il semble donc, d'après les données disponibles, que le pompage permettant un rabattement de nappe, n'est pas une solution à envisager dans ce secteur.



## Réflexions sur les risques d'érosion, de submersion, de dégradation de la digue et de la plage et les solutions à envisager pour y remédier

Cette étude montre que, globalement et en tout secteur, la situation du littoral d'Hardelot- Plage est meilleure en 2006 qu'en 1995, année où l'on envisageait le pire pour la digue en maçonnerie et pour l'avenir de la plage. Il faut néanmoins réfléchir à la durabilité de l'amélioration actuelle et aux solutions qui pourraient la conforter.

***- 1<sup>er</sup> point : il n'y a aucun risque de submersion marine le long des dunes du Chevalier Sansot, même à long terme.***

Le long du profil passant au sud de l'extrémité des enrochements, le pied de la dune du Chevalier Sansot se trouve à 6,2 m IGN 69, soit 10,59 m en cote marine. Or à Boulogne-sur-mer (station la plus proche où le SHOM dispose de données précises), le niveau d'eau le plus élevé qui ait été observé est de 9,8 m en cote marine, le 27 février 1990, et le niveau d'eau calculé pour la plus haute marée astronomique est de 9,45 m (Chaverot, 2006). Il faudrait donc une surcote de plus d'un mètre coïncidant avec une marée exceptionnelle pour que le niveau d'eau dépasse l'altitude du pied de dune. Dans ce cas, il y a recul momentanée de la falaise dunaire, haute ici d'au moins 4 m. L'érosion marine de la falaise s'est effectivement produite dans les années 80 et 90, entraînant, comme on l'a vu un recul du trait de côte. Nous avons estimé celui-ci en moyenne à 0,7 à 0,9 m par an depuis 1946, selon les secteurs.

***- 2<sup>ème</sup> point : l'humidité persistante de la plage dans la partie méridionale de la station trouve ses origines dans la structure géologique et la géométrie de l'aquifère de la craie et des dunes.***

C'est un trait permanent du système côtier d'Hardelot sud et il n'existe pas de solution simple pour pallier ses inconvénients. Le procédé ECOPLAGE ne paraît pas approprié ici, en raison du débit des pompages nécessaires pour rabattre suffisamment la nappe et en raison de la présence de niveaux de tourbe parfois très épais.

***- 3<sup>ème</sup> point : la fragilisation de la digue en maçonnerie dans la partie centrale de la station résulte d'un mécanisme de rétroaction positive classique.***

L'existence même de la digue isole la plage des réserves naturelles de sable que constituait la dune bordière. Le fonctionnement du système côtier est déséquilibré, entraînant inéluctablement l'abaissement du niveau de sable au pied de la digue. Le niveau de sable au pied de la digue est toujours inférieur à celui relevé en avant des dunes et il varie dans une fourchette de plus d'1,5 m d'un mois à l'autre, selon l'énergie des vagues déferlantes. Au total, l'équilibre n'est pas assuré et dans l'hypothèse de tempêtes répétées, l'affouillement de l'ouvrage est un risque réel.

La construction d'épis (en dur ou en pieux de bois), procédé classique destiné à piéger du sable transitant le long d'une côte sous l'effet de la dérive littorale, ne paraît pas appropriée ici, car *les transferts sédimentaires longitudinaux opérés par la mer en haut de plage sont minimes sur ce site*. Ce type d'ouvrage serait aussi inefficace qu'inesthétique.

*La recharge de sable paraît la seule solution vraiment adaptée.* Elle ne devrait concerner qu'un secteur bien circonscrit (sud de la digue et nord de l'enrochement méridional) où le niveau de sable de la plage a tendance à s'abaisser.

## Documents et travaux utilisés dans cette étude

- BATTIAU-QUENEY, Y., FAUCHOIS, J., LANOY-RATEL, P., SEGUIN, A., 1995. Un patrimoine paysager à protéger : les dunes littorales de Merlimont et de Berck (Pas de Calais). *Hommes et Terres du Nord*, 1-2, p. 21-30.
- BATTIAU-QUENEY Y., BILLET J-F., CHAVEROT S., LANOY-RATEL P., 2003. Recent shoreline mobility and geomorphologic evolution of macrotidal sandy beaches in the north of France. *Marine Geology*, 194, p. 31-45.
- BATTIAU-QUENEY Y., 2004. Haut de plage et front dunaire : enregistrement morphologique de la dynamique éolienne et marines dans un système macrotidal. *Bulletin de l'Association de Géographes Français- Géographies*, 3, p. 393-404.
- BRIQUET, A., 1930. *Le littoral du Nord de la France et son évolution morphologique*. Colin, 442 p.
- CHAVEROT S., 2006. *Impact des variations récentes des conditions météo-marines sur les littoraux meubles du Nord-Pas-de-Calais*. Thèse de doctorat, Université du Littoral-Côte d'Opale, Dunkerque, 277 p. + annexes.
- CLIQUE P.M., LEPETIT J.P., 1986. *Catalogue sédimentologique des côtes de France. Côtes de la Manche et de la mer du Nord*. Coll. Direction des Etudes et Recherches, EDF, Eyrolles, 406 p.
- FAUCHOIS J., 1998. *L'intérêt de la cartographie à grande échelle dans l'étude géomorphologique des littoraux dunaires du Nord-Pas-de-Calais*. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, 266 p.
- LANOY-RATEL P., 1998. *Bunkerarchéologie, photo-interprétation et photo-comparaison appliquées à l'étude du littoral de la Région Nord-Pas de Calais*. Espace Naturel Régional et Univ. de Lille 1-USTL, 113 p.
- LANOY-RATEL P., 2004. La bunker archéologie : principes et études de cas sur le littoral du Nord-Pas-de-Calais. *Bulletin de l'Association de Géographes Français- Géographies*, 3, p. 405-417.
- MALATERRE G., 2006. *Evolution morphologique d'une côte sableuse anthropisée : l'exemple d'Hardelot-Plage*. Mémoire de Master Environnement, M2, Université de Lille 1-USTL, 120 p. + 1 vol. d'annexes.
- MALATERRE G., TRESKA A., 2005. *Comment pallier la tendance au démaigrissement de la plage d'Hardelot ?* Mémoire de Master Environnement, M1, Université de Lille 1-USTL, 55 p.
- PASBRICH A., 2006. Etude hydrogéologique d'Hardelot-Plage. Mémoire de Master d'Ingénierie HYDROSOL sous la direction de B. LOUCHE, Université d'Artois (Sciences et Technologies, Béthune), 35 p. + vol. d'annexes.
- PASKOFF R., 2005. Caractérisation et gestion d'un type de dune littorale : les avant-dunes. *Sécheresse*, 16 (4), p. 247-253.
- TRESKA A., 2006. *Evolution géomorphologique d'une côte sableuse anthropisée : l'exemple de la plage d'Hardelot*. Mémoire de Master Environnement, M2, Université de Lille 1-USTL, 149 p.