



REQUALIFICATION DU SITE DE LA BAIE DE WISSANT REENSABLEMENT DE LA PARTIE CENTRALE

RAPPORT FINAL

PHASE 1

**JUILLET 2006
N°1711505**



PREFECTURE DE LA REGION
NORD - PAS-DE-CALAIS



SOMMAIRE

OBJET DE L'ETUDE.....	I
SYNTHESE ET CONCLUSIONS.....	II
1. LE SITE.....	8
1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE	8
1.1.1. LA BAIE (CF. FIGURES 1.1 A 1.3).....	8
1.1.2. L'ESTRAN ET LES PETITS FONDS (CF. FIGURES 1.4 - 1.5).....	8
1.1.3. LE CORDON DUNAIRE.....	9
1.1.4. LE FRONT DE MER (CF. FIGURES 1.6 A 1.8).....	10
1.2. HISTORIQUE DE L'EVOLUTION DE LA PLAGE (D'APRES ULCO).....	10
2. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE	12
2.1. CONDITIONS METEOROLOGIQUES	12
2.1.1. LE REGIME DES VENTS.....	12
2.2. FACTEURS HYDRODYNAMIQUES.....	12
2.2.1. FLUCTUATIONS DU NIVEAU MARIN	12
2.2.2. COURANTS	15
2.3. CONDITIONS DE HOULE	17
2.3.1. INTRODUCTION	17
2.3.2. HOULES DU LARGE SUR LA ZONE DU PAS DE CALAIS (SOURCE : LNHE)....	18
3. EVOLUTION ET REGIME HYDROSEDIMENTAIRE	21
3.1. DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES.....	21
3.1.1. ANALYSES BIBLIOGRAPHIQUES.....	21
3.1.2. SEDIMENTS SUPERFICIELS DANS LES PETITS FONDS	21
3.1.3. GRANULOMETRIE DES SABLES CONSTITUANT LA PLAGE.....	23
3.2. MOUVEMENTS SEDIMENTAIRES	25
3.2.1. DANS LA BAIE	25
3.2.2. SUR LA PLAGE	26
3.2.3. INFLUENCE DES OUVRAGES	29
3.3. EVOLUTION PASSEE DES FONDS DE LA BAIE ET DE L'ESTRAN.....	31
3.3.1. EVOLUTION DES FONDS DE LA BAIE DE 1911 A 2002 (SOURCE : ULCO).....	31
3.3.2. EVOLUTION DE L'ESTRAN (> 0 CM).....	32
3.3.3. EVOLUTION DU TRAIT DE COTE (SOURCE : ULCO - CETMEF).....	42
3.4. SYNTHESE SUR LE FONCTIONNEMENT HYDROSEDIMENTAIRE GENERAL DE LA BAIE DE WISSANT	44
REFERENCES	46

ANNEXE A : RAPPORT DE MISSION IN VIVO

LISTE DES FIGURES

- FIGURE 1.1 : LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE
FIGURE 1.2 : PHOTOGRAPHIE AERIENNE OBLIQUE DU SITE
FIGURE 1.3 : PRESENTATION DU SITE
FIGURE 1.4 : BATHYMETRIE DE LA BAIE
FIGURE 1.5 : TOPOGRAPHIE DE L'ESTRAN
FIGURE 1.6 : PHOTOGRAPHIES DU SITE 18/07/05 – COEFFICIENT 51
FIGURE 1.7 : PHOTOGRAPHIES DU SITE 20/07/05 – COEFFICIENT 112
FIGURE 1.8 : PHOTOGRAPHIES DU SITE 21/07/05 – COEFFICIENT 107
FIGURE 1.9 : HISTORIQUE DE LA PLAGE – PHOTOS AMIS DE WISSANT (1)
FIGURE 1.10 : HISTORIQUE DE LA PLAGE – PHOTOS AMIS DE WISSANT (2)
FIGURE 1.11 : HISTORIQUE DE LA PLAGE – PHOTOS AMIS DE WISSANT (3)
FIGURE 1.12 : HISTORIQUE DE LA PLAGE – PHOTOS AMIS DE WISSANT (4)
FIGURE 1.13 : HISTORIQUE DE LA PLAGE – PHOTOS AMIS DE WISSANT (5)
- FIGURE 2.1 : ROSE DES VENTS A BOULOGNE – CALAIS - DUNKERQUE
FIGURE 2.2 : COURANTS DE MAREE DANS LA BAIE DE WISSANT(ULCO)
FIGURE 2.3 : VAGUES ET HOULES – ZONES PAS DE CALAIS
FIGURE 2.4 : HOULE DECENNALE – HAUTEUR D'EAU 6,5 M
FIGURE 2.5 : HOULE ANNUELLE – HAUTEUR D'EAU 8 M
FIGURE 2.6 : HAUTEURS DES HOULES A LA COTE
- FIGURE 3.1 : DONNEES GRANULOMETRIQUES DANS LA BAIE
FIGURE 3.2 : DONNEES GRANULOMETRIQUES SUR L'ESTRAN – ULCO - 2003
FIGURE 3.3 : POSITION DES PRELEVEMENTS 2005
FIGURE 3.4 : ANALYSES GRANULOMETRIQUES SEPTEMBRE 2005
FIGURE 3.5 : GRANULOMETRIE DES SEDIMENTS – CAMPAGNE 2005
FIGURE 3.6 : ANALYSE DE L'EVOLUTION DES FONDS
FIGURE 3.7 : BANC A LA LIGNE – ETAT DES FONDS EN 1911 (CETMEF)
FIGURE 3.8 : BANC A LA LIGNE – ETAT DES FONDS EN 1977 (CETMEF)
FIGURE 3.9 : BANC A LA LIGNE – ETAT DES FONDS EN 2002 (CETMEF)
FIGURE 3.10 : EVOLUTION DES FONDS DE LA BAIE – CARTES DIFFERENTIELLES (1)
FIGURE 3.11 : EVOLUTION DES FONDS DE LA BAIE – CARTES DIFFERENTIELLES (2)
FIGURE 3.12 : ACTUALISATION DES DONNEES - CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE SEPT 2005
FIGURE 3.13 : TOPOGRAPHIE DE L'ESTRAN
FIGURE 3.14 : POSITION DES PROFILS ANALYSES
FIGURE 3.15 : SUIVI DU PROFIL 460
FIGURE 3.16 : SUIVI DU PROFIL 470
FIGURE 3.17 : SUIVI DU PROFIL 480
FIGURE 3.18 : SUIVI DU PROFIL 490
FIGURE 3.19 : SUIVI DU PROFIL 500
FIGURE 3.20 : SUIVI DU PROFIL 510
FIGURE 3.21 : SUIVI DU PROFIL 520
FIGURE 3.22 : SUIVI DU PROFIL 530
FIGURE 3.23 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPT 1996 – SEPT 2005
FIGURE 3.24 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPT 1996 – SEPT 2004
FIGURE 3.25 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPT 1996 – SEPT 2000
FIGURE 3.26 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPT 2000 – SEPT 2005

- FIGURE 3.27 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPT 1999 – PRINTEMPS 2000
- FIGURE 3.28 : EVOLUTION DE L'ESTRAN MARS 2003 – SEPTEMBRE 2003
- FIGURE 3.29 : EVOLUTION DE L'ESTRAN MARS 2004 – SEPTEMBRE 2004
- FIGURE 3.30 : EVOLUTION DE L'ESTRAN MARS 2005 – SEPTEMBRE 2005
- FIGURE 3.31 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPTEMBRE 1996 – SEPTEMBRE 1997
- FIGURE 3.32 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPTEMBRE 1997 – SEPTEMBRE 1998
- FIGURE 3.33 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPTEMBRE 1998 – SEPTEMBRE 1999
- FIGURE 3.34 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPTEMBRE 1999 – SEPTEMBRE 2000
- FIGURE 3.35 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPTEMBRE 2000 – SEPTEMBRE 2001
- FIGURE 3.36 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPTEMBRE 2001 – SEPTEMBRE 2003
- FIGURE 3.37 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPTEMBRE 2003 – SEPTEMBRE 2004
- FIGURE 3.38 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SEPTEMBRE 2004 – SEPTEMBRE 2005
- FIGURE 3.39 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SUR LA ZONE SOP470 (SECTEUR PERRE) COMPARAISON AVEC L'ETAT DE REFERENCE SEPTEMBRE 1996
- FIGURE 3.40 : EVOLUTION EVOLUTION DE L'ESTRAN SUR LA ZONE NEP470 (DUNE D'AMONT) COMPARAISON AVEC ETAT DE REFERENCE SEPTEMBRE 1996
- FIGURE 3.41 : ESTIMATION DES VOLUMES DE SABLES AU DESSUS DU NIVEAU MOYEN (+4,45 M CM) SUR LE SECTEUR DU PERRE)
- FIGURE 3.42 : PROFILS ULCO – P100 - DUNE D'AMONT
- FIGURE 3.43 : PROFILS ULCO – P200 - SECTEUR PERRE
- FIGURE 3.44 : PROFILS ULCO – P300 - SECTEUR PERRE
- FIGURE 3.45 : PROFILS ULCO – P400 – DUNE D'AVANT
- FIGURE 3.46 : TAUX ANNUELS D'EVOLUTION DU RIVAGE EN BAIE DE WISSANT (MARQUET 2000)
- FIGURE 3.47 : TAUX ANNUELS D'EVOLUTION DU RIVAGE EN BAIE DE WISSANT (AERNOUTS 2004)
- FIGURE 3.48 : SYNTHESE SUR LE FONCTIONNEMENT HYDROSEDIMENTAIRE DE LA BAIE DE WISSANT

OBJET DE L'ETUDE

Le centre de la Baie de Wissant connaît depuis les années 1990 une érosion intense. L'estran au pied du perré protégeant la zone urbanisée a fortement baissé, le perré a dû être reconstruit et la dune située à son extrémité a rapidement reculé.

Face à cette situation, les acteurs locaux ont initié en 2002 une étude pour la protection de la Baie de Wissant contre l'érosion, portées par la Communauté de communes des Deux Caps et réalisées par le CETMEF et l'ULCO

- Synthèse bibliographique – CETMEF –2004
- Etude de faisabilité pour la protection de la Baie de Wissant contre l'érosion marine : Approche qualitative du fonctionnement hydrosédimentaire de la Baie et son application pour la définition de solutions – CETMEF –2004,
- Etude de faisabilité pour la protection de la Baie de Wissant contre l'érosion marine – Evolution des fonds et transports sédimentaires potentiels en Baie de Wissant – ULCO – GEODAL – 2004,
- Organisation de la fréquentation des dunes et plages de la Baie de Wissant – EDEN 62 – 2004,

Ces études ont permis d'affiner la connaissance des processus hydrodynamiques et hydrosédimentaires de la Baie. L'étude de faisabilité pour la protection de la Baie de Wissant contre l'érosion marine réalisée par le CETMEF (2004) fournit les conclusions suivantes :

- Laisser faire conduirait à une poursuite des processus actuels d'érosion et à une mise en péril des ouvrages de front de mer,
- La mise en place de protections longitudinales en enrochements au pied du perré conduirait certes à limiter les processus d'affouillement mais ne supprimera pas l'érosion et pourra générer des phénomènes d'affouillement dans les zones non protégées. En outre, ce type d'ouvrage, d'un coût important, aurait un impact paysager important,
- La mise en place d'épis permettrait de réduire les transferts de matériaux liés au transit littoral sans agir sur les problèmes de pertes de sable dans le profil et pose un certain nombre de problèmes du point de vue de l'utilisation de la plage (sécurité, pratique du char à voile ...),
- L'apport massif de matériaux sableux visant à redonner à la plage un niveau haut permettrait de réduire les phénomènes érosifs et améliorerait la qualité balnéaire du site sans affecter le paysage.

Cette étude dont les conclusions ont été rendues en avril 2004, préconise afin de protéger les zones urbanisées et de requalifier globalement ce site à haute valeur touristique et paysagère, de recourir à un ré-ensablement massif du centre de la Baie

Cependant, cette solution de rechargement, pour se réaliser être pérenne, nécessitait d'être approfondie et complétée tant du point de vue technique, qu'administratif et financier.

Ainsi, à l'issue d'une procédure de consultation de bureaux d'études spécialisés, le Syndicat Mixte de la Cote d'Opale a confié cette étude au groupement SOGREAH-IN VIVO.

L'objectif de la présente étude est d'analyser de manière plus fine la faisabilité d'un rechargement de plage de Wissant.

Elle comprend trois phases successives :

Phase 1 : Conception du rechargement

- Recueil des données existantes
- Acquisition de nouvelles données,
- Rappel et actualisation de l'évolution de la plage, sur la base des levés 2005,
- Conception du rechargement.

Phase 2 : Recensement des analyses des stocks disponibles

- Recherche et analyse des gisements potentiels pour l'apport de sable,
- Analyse de la compatibilité quantitative et qualitative pour le rechargement,
- Contraintes environnementales et juridiques,
- Examen de rechargement et des coûts.

Phase 3 : Elaboration de 3 scénarii

- Rechargement initial,
- Comparaison des 3 scénarii sur les différents aspects (techniques, environnementaux).

Ce rapport présente les résultats de phase 1 de l'étude : Actualisation de la dynamique hydrosédimentaire du site.

SYNTHESE ET CONCLUSIONS

La Baie de Wissant est délimitée par 2 caps rocheux : le Cap Gris-Nez et le Cap Blanc-Nez, distants d'environ 7 Km.

Le fond de la baie est bordé par une vaste plage et un cordon dunaire simple orienté sud-ouest/nord-est. Ce cordon est constitué de plusieurs massifs dunaires d'épaisseur et de hauteur variables.

Au centre de la Baie se trouve le front de mer de la commune de Wissant. Ce secteur connaît depuis les années 1990 une érosion intense. L'estran au pied du perré protégeant la zone urbanisée a fortement baissé, le perré a dû être reconstruit et la dune située à son extrémité a rapidement reculé.

Face à cette situation, les acteurs locaux ont initié en 2002 une étude pour la protection de la Baie de Wissant contre l'érosion, portées par la Communauté de communes des Deux Caps et réalisées par le CETMEF et l'ULCO.

Cette étude dont les conclusions ont été rendues en avril 2004, préconise afin de protéger les zones urbanisées et de requalifier globalement ce site à haute valeur touristique et paysagère, de recourir à un ré-ensablement massif du centre de la Baie.

Les différentes études menées ces dernières années sur la Baie de Wissant ont permis de mettre en évidence les fortes interactions entre les différents compartiments de la Baie et une tendance générale à l'érosion sur la zone d'étude :

Le Banc à Ligne, marqué par une érosion continue, agit directement sur les conditions de propagation des houles à la côte. Son amaigrissement et les modifications bathymétriques qui en résulte contribue à une augmentation de l'exposition de l'estran aux houles les plus fortes.

La dépression pré-littorale, en forte érosion également, contribue également à l'augmentation des hauteurs de houle à la côte (réduction des effets de réfraction (atténuation) sur les fonds.

Ces processus d'érosion des fonds de la Baie ont favorisé une augmentation des effets des houles sur l'estran, provoquant ainsi une accélération des processus d'érosion.

Sous l'effet de ces conditions hydrodynamiques fortement changeantes (épisodes tempétueux de fréquence et d'intensité variable), on observe sur la plage de fortes variations du niveau de la plage

- Mouvements dans le profil importants sous l'action des houles frontales,
- Transport des matériaux vers le Nord-Est sous l'effet combiné des houles légèrement obliques, des courants de marée (importants sur la zone) et du vent,

Cela s'est accompagné par un déplacement et un élargissement des zones soumises à l'érosion.

On observe en effet sur le secteur urbanisé et sur le secteur de la Dune d'Aval une tendance générale à l'érosion.

Les pertes mesurées sur la période 1996-2005 devant le perré sont de l'ordre de 80-85 000 m³, soit 10 à 15 000 m³/an en moyenne. On observe également de très fortes variabilités dans les évolutions saisonnières et interannuelles.

Le secteur de la Dune d'Amont est encore aujourd'hui en accrétion, alimenté en partie par des matériaux provenant de la partie centrale de la Baie (zone d'érosion) et par les matériaux dunaires. Les volumes d'apport sur la période 1996- 2005 ont été de l'ordre de 196 000 m³ soit environ 20 000 m³/an en moyenne.

L'analyse de l'évolution passée du trait de côte a pu mettre en évidence la présence d'alternances (« cycles ») avec des niveaux hauts ou bas de sable sur la plage devant le perré ; dont les variations pouvaient être liés aux variations bathymétriques du Banc à la Ligne.

Actuellement, dans le contexte déficitaire général de la Baie, il est peu probable que la plage retrouve naturellement une situation d'antan avec un niveau haut de la plage. La tendance actuelle à l'érosion semble assez durable, le niveau bas de l'estran favorisant également l'accélération des processus érosifs (accentuation de l'effet des houles).

1. LE SITE

Ce premier chapitre présente l'ensemble des conditions naturelles de la Baie de Wissant et s'appuie sur plusieurs études antérieures ayant concerné le site d'étude :

- Etude de faisabilité pour la protection de la Baie de Wissant contre l'érosion marine : Approche qualitative du fonctionnement hydrosédimentaire de la Baie et son application pour la définition de solutions – CETMEF – 2004,
- Etude de faisabilité pour la protection de la Baie de Wissant contre l'érosion marine – Evolution des fonds et transports sédimentaires potentiels en Baie de Wissant – ULCO – GEODAL – 2004,
- Organisation de la fréquentation des dunes et plages de la Baie de Wissant – EDEN 62 – 2004,

Il convient de rappeler que dans le cadre des études sur la Baie de Wissant, le CETMEF a réalisé en 2004 une synthèse des données naturelles. La présentation du site reprend donc de nombreux éléments de cette synthèse, actualisée par les dernières données disponibles.

Celle-ci s'est appuyée sur un ensemble de documents transmis tant par le Syndicat Mixte de la Côte d'Opale (SMCO) que par l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO).

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

1.1.1. LA BAIE (CF. FIGURES 1.1 A 1.3)

La Baie de Wissant est délimitée par 2 caps rocheux : le Cap Gris-Nez et le Cap Blanc-Nez, distants d'environ 7 Km. Au centre de la Baie se trouve le front de mer de la commune de Wissant.

Le fond de la baie est bordé par une vaste plage et un cordon dunaire simple orienté sud-ouest/nord-est. Ce cordon est constitué de plusieurs massifs dunaires d'épaisseur et de hauteur variables.

La Baie de Wissant, dans sa physionomie actuelle, est de composition récente. Elle est ainsi limitée au sud et à l'est par une falaise, ancienne ligne de rivage. Au pied de cette falaise, s'étendait une petite plaine côtière (aujourd'hui le marais de Tardinghen), colmatée il y a 10 000 à 7 000 ans, par des dépôts marins et continentaux successifs. La baie n'était pas alors protégée par un cordon dunaire ; celui-ci se serait formé à partir de -7 000 à -5 000 ans.

1.1.2. L'ESTRAN ET LES PETITS FONDS (CF. FIGURES 1.4 - 1.5)

L'estran est large de 600 à 700 mètres environ, caractérisé par une succession de barres et de bâches.

Les plages correspondant à ce type morphologique de profil répondent à des conditions environnementales très spécifiques : forts marnages, houles courtes, à fetch limité ponctués par des épisodes de tempêtes, morphologie variée du profil de plage.

Cette complexité apparaît notamment dans le détail morphologique de ces plages dont les barres et les bâches sont souvent empreintes d'une multitude de microformes (chenaux de drainage, mares, deltas ...) in COHEN, DOLIQUE, SIPKA, ANTHONY, 1998.

La pente de l'estran est faible, inférieure à 1%. Il se prolonge, en pente douce vers les petits fonds.

A 1 km de la côte, le Banc à la ligne isole la baie du détroit du Pas de Calais. Il est séparé du littoral de Wissant par une dépression morphologique orientée NE.

Le Banc à la ligne mesure 3,5 km de long. Il est soudé au Cap Gris-Nez selon un axe sud-ouest/nord-est. Il est présent devant toute la partie ouest de la baie, y compris devant une partie de la digue. Il se prolonge ensuite par une accumulation sableuse appelée la barrière ; celle-ci s'étend jusqu'à 2km environ après le village de Wissant.

En 1988 (in Ph.Clabaut), le sommet du banc était proche de l'isobathe 0, à proximité du Cap Gris-Nez et se situait à -5m devant Wissant. Aujourd'hui la situation est différente et le banc affleure régulièrement face à Wissant (in C. Béhague 2001, D.Aernouts, 2005).

Le banc se caractérise par une pente plus forte vers le large. Le flanc externe est également plus abrupt à proximité du Cap Gris-Nez qu'aux abords de Wissant.

1.1.3. LE CORDON DUNAIRE

Le cordon dunaire est divisé en 5 massifs qui présentent des physionomies et des évolutions différentes :

Les dunes de la baraque Fricot : elles sont situées les plus à l'ouest, entre la pointe de Courte-dune et le débouché du ruisseau des anguilles. On y distingue 3 zones (in Bonnet-Langagne - 1997) :

- Une dune perchée, vestige d'une dune plaquée sur les contreforts de Courte-dune. Cette dune en position de dune bordière, est attaquée par la mer. On y observe une végétation arbustive, dominée par l'argousier, sujette à de nombreux déchaussements et glissements,
- Une dune bordière en démantèlement au profit d'une dune vive basse et étalée,
- Un couloir de déflation avec des formes de remaniement très actives. Devant ce couloir, on note la présence d'un banc de galet.
- Les dunes du Châtelet : elles abritent le marais de Tardinghen et constituent un ensemble très morcelé et très fragile. On observe une alternance de zones basses et de zones hautes. Dans les zones basses la dune bordière a le plus souvent disparu et lorsqu'elle subsiste, elle ne dépasse pas 1 mètre. Ces zones basses sont facilement envahies par la mer. La dune bordière, là où elle existe encore, est attaquée par l'érosion marine. La végétation présente est arbustive, caractéristique normalement des dunes de seconde ligne. A l'avant d'une partie de ce massif, on trouve une accumulation de galets, constituant une berme d'une cinquantaine de centimètres. De même, des bancs de tourbe apparaissent sur l'estran.

La dune d'aval : Elle comporte 2 secteurs dunaires.

- La dune basse à l'ouest, dont les limites avec les dunes du châtelet sont assez floues. Elle s'apparente davantage à une falaise meuble qu'à une dune bordière. Le versant dunaire est abrupt, dépourvu de végétation. Le sommet est fixée par des oyats et des argousiers.
- Les hautes dunes à l'est constituées d'une falaise dunaire qui se prolonge jusqu'à Wissant. Ce secteur a connu de fortes modifications. Il a été longtemps, suite à la destruction de la végétation pendant la seconde guerre mondiale, une dune blanche mobile. Très sensible à l'érosion éolienne, cette dune menaçait d'envahissement le lotissement situé à l'arrière. En 1986 des travaux importants ont été engagés (re-profilage, plantation ...). La dune a été totalement revégétalisée et présente aujourd'hui l'image d'une dune grise stabilisée. Elle continue cependant à subir une forte érosion marine et est en net recul.

La dune d'amont : elle est le seul massif dunaire situé à l'est de Wissant. C'est une dune récente accolée à une dune de recouvrement plus ancienne. Une petite dépression sépare ces deux ensembles. De Wissant au ruisseau des Nains, le cordon dunaire est constitué de différents bourrelets parallèles entre eux, correspondant à une succession de petites dunes bordières végétalisées. Cette partie de la baie est le seul secteur connaissant ces dernières années une dynamique d'engraissement. Ensuite progressivement vers le Blanc-Nez nous passons à des dunes plaquées avant que celles-ci ne disparaissent. Dans ce secteur, les dunes sont plus érodées.

1.1.4. LE FRONT DE MER (CF. FIGURES 1.6 A 1.8)

Au centre de la Baie, le front de mer de la commune de Wissant s'étend sur un linéaire d'environ 1000 mètres protégés sur 500 mètres environ par un perré en maçonnerie surmonté d'une promenade. Dans la partie sud-ouest du front de mer, cette protection est constituée par des blocs en enrochements (longueur d'environ 500 m).

L'ensemble de cette zone est fortement érodé, et le très bas niveau de l'estran devant le perré constitue une menace pour la pérennité de l'ouvrage.

1.2. HISTORIQUE DE L'EVOLUTION DE LA PLAGE (D'APRES ULCO)

L'évolution ancienne du rivage est très peu connue. Une analyse historique a été réalisée par Paxion et Cohen (2002) à l'aide de cartes postales pour retracer l'évolution de la plage entre 1902 et 2000.

Ces données ont pu être complétées à partir d'une série de photographies et cartes postales fournies par Mr ADMONT (Président de l'Association des Amis de Wissant). Un certain nombre de ces photographies sont présentées sur les figures 1.9 à 1.13.

La dune d'Aval a ainsi connu jusqu'aux années 80 une phase de forte accrétion pendant laquelle certaines villas du lotissement furent en partie ensevelies par le sable. A cette période d'accrétion a succédé depuis 1980 une phase d'érosion et de recul, les fortifications de la seconde guerre mondiale en témoignent.

Le trait de côte au niveau du village est fixé par la digue promenade construite en 1906-1907, restaurée à plusieurs reprises. L'analyse historique a permis d'identifier des phases d'accrétion/érosion de l'estran devant le village :

- 1910 : Haut niveau de sable,
- 1920 : Bas niveau,
- 1930 : le sable est à mi-hauteur du perré,
- 1948 : le sable est au même niveau que la digue,
- 1950 : Haut niveau, des dunes se forment devant et sur la digue avec apparition d'oyats,
- 1975 : le niveau de sable est haut,
- 1986 : le niveau est stable,
- 1996 : la hauteur de l'estran s'abaisse pour revenir à peu près au même niveau que constaté en 1920,
- 2001 : l'estran est au plus bas, les dunes forment des falaises et sont fortement érodées.
- 2005 : le niveau de l'estran est très bas devant le perré, la Dune d'Aval est fortement érodée. La dune d'Amont est en accrétion.

Le niveau de l'estran au droit du front de mer est aujourd'hui très bas, mettant en péril l'ouvrage de défense déjà dégradé à plusieurs reprises, comme en atteste la figure 1.13.

La dune d'Amont, à l'est du village a connu une phase d'érosion avant la seconde guerre mondiale. Les cartes postales des années 50- 60 montraient la formation de dunes embryonnaires devenant progressivement coalescentes jusqu'à former une nouvelle dune bordière. Actuellement, ce massif est stable, voire en accrétion.

Une analyse précise de l'évolution du trait de côte (Marquet, 2000 ; Aernouts, 2005) est présentée au § 3.2.5.

2. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

2.1. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

2.1.1. LE REGIME DES VENTS

Le rôle des vents est double ; ils engendrent d'une part l'agitation et dans une moindre mesure les courants, et peuvent d'autre part, être à l'origine de transports éoliens.

Les différentes données de vent disponibles sur la zone d'étude sont fournies sur la figure 2.1.

Une analyse statistique des vents à Dunkerque (1988-1997) permet de préciser la répartition des vents par vitesses sur ce secteur côtier (source : ENR). Il apparaît que :

- Les vents dominants et les plus forts proviennent du secteur sud/sud-ouest à sud-ouest.
- Les vents de secteur nord et nord-est sont potentiellement forts de novembre à mai,
- Les vents du secteur nord-ouest sont peu fréquents mais peuvent souffler en tempête.

Concernant les tempêtes, plusieurs études dans le monde ont montré que la remontée du niveau marin tend à s'accompagner d'une augmentation des phénomènes climatiques extrêmes et notamment d'une augmentation de l'intensité et de la fréquence des tempêtes dans les latitudes moyennes (IPCC, 2001). Concernant le secteur d'étude, les études récentes ne démontrent pas clairement une augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes, mais elles mettent plutôt en évidence des périodes plus tempétueuses, particulièrement pendant les années 70 ainsi que pendant les années 80 (Clabaut et al., 2000 ; Vasseur et Héquette, 2000 ; Chaverot, 2005). (in Aernouts, 2005).

2.2. FACTEURS HYDRODYNAMIQUES

2.2.1. FLUCTUATIONS DU NIVEAU MARIN

En fonction du niveau de la mer, l'action des vagues sur les fonds marins et les littoraux est plus ou moins importante. Les fluctuations du niveau marin peuvent avoir des incidences du point de vue sédimentologique sur :

- les possibilités d'action des houles sur les fonds marins,
- les courants de marée, agents de transport de sédiments,
- la dynamique sédimentaire qui en résulte.

Ainsi, une tempête durant une marée de morte-eau peut entraîner peu de dégâts alors que la même tempête en vive-eau peut conduire à d'importantes érosions sur une plage ou toute autre installation soumise à l'action de la mer.

Les fluctuations du niveau de la mer sont essentiellement liées à la marée astronomique, mais il convient de prendre en compte également :

- les surcotes ou décotes liées aux variations de pression atmosphérique et aux vents,
- les surélévations dues à la houle.

2.2.1.1. MAREE ASTRONOMIQUE

Dans le détroit du Pas de Calais, la marée est de type semi-diurne. Elle est engendrée par une combinaison d'ondes progressives et stationnaires : interférence d'une même onde de marée provenant de l'Atlantique et qui se divise au niveau des Iles Britanniques.

L'onde qui arrive directement par la Manche est plus rapide et plus forte, elle domine en Baie de Wissant.

L'onde de marée est décalée le long du littoral, on note une variation d'environ 30 minutes entre Boulogne-sur-mer et Calais.

Les valeurs caractéristiques de la marée à Wissant sont les suivantes :

TABLEAU 2.1. : NIVEAUX CARACTERISTIQUES DE LA MAREE (RAPPORTES AU ZERO CM) – (SOURCE : SHOM)

Cote (m CM)	
Coefficient de marée	
PHM – 120	8,55 m
PM – 95	8 m
PM – 45	6,55 m
BM – 45	2,35 m
BM – 95	1 m
PBM – 120	0,4 m
Zéro hydro	3,88 mIGN69
Niveau moyen	4,44 m

2.2.1.2. SURCOTES ET DECOTES

A ces niveaux d'eau dus aux marées se superposent les décotes et surcotes qui peuvent être dues à différents phénomènes :

2.2.1.2.1. SURCOTES LIEES AUX VARIATIONS DE PRESSION ATMOSPHERIQUE ET DE VENT

Les hautes pressions provoquent un abaissement du niveau moyen de la mer alors que les basses pressions engendrent au contraire une surélévation du niveau. Après de longues périodes de vents forts provenant du même secteur, le niveau moyen de la mer peut monter.

- Les décotes liées aux hautes pressions peuvent atteindre 0.25 m, et les surcotes dues aux dépressions sont usuellement de l'ordre de 0.2 à 0.3 m mais peuvent dépasser 0.5 m.

- Les surcotes dues au vent peuvent quant à elles atteindre 0.5 m, voire exceptionnellement 1 m.

2.2.1.2.2. **SURCOTES DUES A LA HOULE**

A ces phénomènes météorologiques se superpose l'effet de la houle qui, dans la zone comprise entre le déferlement et la cote, engendre une surélévation dynamique du niveau de la mer (phénomène de set-up).

On considère généralement que les surélévations sont alors de l'ordre de 1/10 à 1/20 de la hauteur des vagues au large du déferlement.

2.2.1.2.3. **BILAN**

Dans le cadre de l'étude PLAGE, les surcotes suivantes ont été estimées à Wissant :

TABEAU 2.2. : VALEURS DES SURCOTES CALCULES SUR LE LITTORAL DE LA COTE D'OPALE

	11-91	02-93	10-87	01-90
Dunkerque		1.59	0.72	0.74
Calais	0.00	1.26	0.43	0.84
Wissant	0,40	1.09	0.55	0.95
Boulogne		0.78	0.85	0.91

2.2.1.3. **NIVEAUX EXTREMES**

Une analyse des niveaux extrêmes de la mer a été réalisée par le SHOM et reprise par le CETMEF dans le document suivant : Actions quasi-statiques des niveaux d'eau – Annexe 1 : Niveau extrême de la mer – Extrait ROSA 2000.

Les niveaux extrêmes de pleine mer à Boulogne et Calais sont les suivants.

TABEAU 2.3 : NIVEAUX EXTREMES DE PLEINE-MER A BOULOGNE ET CALAIS

Période de retour (années)	1	5	10	20	50	100	1000
Boulogne	5,27	5,45	5,53	5,61	5,71	5,79	6,04
Calais	4,36	4,55	4,62	4,7	4,8	4,88	5,15

(cotes exprimées en m IGN69)

Il n'existe pas de valeurs spécifiées dans ce guide sur le site de Wissant. L'analyse des graphiques de ce document permet de fournir les estimations suivantes.

TABEAU 2.4 : NIVEAUX EXTREMES DE PLEINE-MER A WISSANT

Période de retour (années)	1	5	10	20	50	100
Wissant	N D	N D	5,2	5,3	5,4	5,5

(cotes exprimées en m IGN69)

2.2.1.4. REMONTEE DU NIVEAU MARIN

Le niveau moyen de la mer est affecté par une remontée lente (à l'échelle de la décennie ou du siècle) due au réchauffement général de la planète.

Selon les auteurs récents (étude de l'IPCC, 1990 - IN OE -C3E, 1991 -WARRICK, 1988 - JAEGER), il est raisonnable d'admettre une surélévation de 20 à 40 cm à l'horizon 2050 (certains auteurs avancent 1 à 1,2 m, d'autres 0,5 à 0,2 m). La valeur officielle actuellement retenue par le gouvernement français est aujourd'hui de 47,5 cm d'ici à 100 ans.

Cette valeur de remontée du niveau marin n'a pas été prise en compte dans le cadre du dimensionnement du rechargement (niveau de précision non adapté à une opération de réensablement).

2.2.2. COURANTS

On peut distinguer deux types de courants : les courants de marées et ceux liés à l'agitation.

2.2.2.1. COURANTS DE MAREES

2.2.2.1.1. AU LARGE

Dans le secteur du détroit du Pas de Calais, les courants de marée sont importants. On relève au Cap Gris-Nez, des vitesses de flot atteignant 1,70m/s en marée de vive-eau et 1m/s en morte-eau. Le courant de flot orienté nord-est, est plus puissant que le courant de jusant diamétralement opposé. La puissance des courants de marées, ainsi que la dissymétrie entre le flot et le jusant, provoque un transport des sédiments vers le nord-est.

Ainsi ce courant de marée a une influence directe sur la création et la morphologie des bancs

2.2.2.1.2. DANS LA BAIE DE WISSANT

En revanche à la côte, au-delà des bancs, comme c'est le cas à Wissant, ce courant est fortement atténué et il n'atteint des vitesses de déplacement des sédiments que sur de courtes périodes (in Cohen-Dolique-Spika-2000) » - source *CETMEF d'après ULCO*.

Des mesures réalisées par l'ULCO (2002) pendant 12 jours (23 cycles de marées) sur le bas estran en face de Wissant ont permis de caractériser de manière plus fine les courants de marée sur la zone d'estran. Les principaux résultats (extraits de Sedrati, 2002) sont présentés ci-après et sur la figure 2.2.

Il apparaît que les courants de marées sur le bas estran sont alternatifs, de direction générale NE-SW c'est-à-dire parallèles au littoral.

Le courant de flot qui porte au N045°- 048° est plus rapide et légèrement plus long que le jusant qui porte au 310°. La durée du flot est comprise entre 3h30 et 4 heures, celle du jusant varie de 4 à 5heures. Elles se rapprochent légèrement en fonction de l'augmentation du coefficient de marée, et présentent des durées presque identiques pour des coefficients de marées supérieurs à 87.

La vitesse du flot est nettement supérieure à celle du jusant dont la vitesse maximale est de 0,24 m/s pour un coefficient de 90. Celle du flot atteint au maximum 0,50 m/s pour le même coefficient de marée et 0,35 m/s en marée de morte eau moyenne (coefficient 45).

A noter que lors de la montée de la marée, la vitesse du courant de flot augmente pour atteindre un maximum, à peu près une heure avant la pleine mer.

Composantes transversale (Vt) et longitudinale (Vl) (cf. figure 2.2)

Les composantes longitudinales (parallèle au littoral) et transversales (perpendiculaire au littoral) présentent de fortes inégalités entre le flot et le jusant

Au flot, la composante longitudinale présente la même allure que celle des vitesses. En effet, le maximum de la composante longitudinale est enregistré une heure avant la pleine mer ; il coïncide parfaitement avec le maximum de la vitesse du flot.

Quant à la composante transversale, elle évolue positivement sans dépasser au maximum les 20 % des valeurs maximales de la composante longitudinale.

2.2.2.2. COURANTS LIES AUX VENTS

Sur le site d'étude, les vents dominants proviennent du secteur sud/sud-ouest à sud-ouest (cf. 2.1.1).

Compte tenu de leurs directions dominantes, ces vents peuvent avoir pour effet d'accentuer les effets du flot et de réduire les effets du jusant, ce qui a été évoqué par l'ULCO au regard de certaines de leurs mesures.

On considère généralement pour des vents établis, que les vitesses de courants en surface sont généralement de 2 à 3% de la vitesse du vent exprimé à 10m, si le vent est relativement fort (au moins 6-8m/s).

Des mesures effectuées par l'ULCO sur des estrans de la Région Nord-Pas-de-Calais ont montré que le vent pouvait accentuer les courants de l'ordre de 4 à 5 % de sa vitesse à 10 m.

De ce fait, sur Wissant, pour des vents établis de l'ordre de 8 à 12 m/s, représentant plus de 30% des observations, les augmentations de vitesses peuvent être de l'ordre de 0,15 à 0,25 m/s, voire 0,4 à 0,5 m/s d'après les mesures ULCO.

Cela peut modifier ponctuellement les conditions de transport des matériaux par les courants.

A noter également que cette vitesse décroît rapidement avec la profondeur et se réduit à 1% à 1 à 2m sous la surface.

Cette accentuation des courants par les vents concerne donc essentiellement les petits fonds et la zone d'estran (faibles tranches d'eau).

2.2.2.3. COURANTS DE HOULE

Les conditions de houle sur la zone sont présentées au § 2.3.

Les courants de houle peuvent être de différents types :

- ceux engendrés par l'incidence des vagues avec le rivage : lorsque les vagues arrivent obliquement à la côte, elles engendrent un courant parallèle la côte dit « courant littoral ».

- ceux engendrés par le gradient de hauteurs des houles encore appelé « courant d'expansion latérale », qui est orienté de la zone fortement agitée vers la zone plus faiblement agitée.
- ceux d'évacuation vers le large des volumes d'eau accumulés à la côte par les vagues.

L'étude PLAGE a modélisé à l'échelle régionale, la propagation de houles de tempête à la côte et l'intensité potentielle des courants de houle.

TABEAU 2.5 : ORDRE DE GRANDEUR DES COURANTS DE HOULES MAXIMAUX (M/S)

	Février 93	Novembre 91	Janvier 90	Octobre 87	Temp.sch.1	Temp.sch.2
Wissant ouest	0.5	1.2	0.9	1.0	0.9	0.3
Wissant est	2.3	2.0	0.6	1.6	0.5	1.9

Les vitesses évaluées sont relativement élevées et permettent la mise en mouvement des sédiments. A noter cependant, que cette modélisation prend en considération une houle régulière, ce qui est rarement le cas dans la réalité. Les vitesses des courants de houle peuvent être jusqu'à 2 fois supérieures dans le cas d'une houle régulière.

Par ailleurs, différentes études de l'ULCO et en particulier Marquet en 2000, analysent les zones de concentration et de dissipation d'énergie de la houle à l'échelle de la Baie de Wissant. Elles concluent au déplacement de ces zones au cours du dernier siècle et à l'influence importante de la morphologie du Banc à la ligne sur ces évolutions.

L'ULCO a également procédé à plusieurs mesures de courant au niveau de la plage de Wissant, prenant en compte tant les courants de marée que les courants de houle. Des vitesses supérieures à 1m/s ont pu être mesurées lors de la tempête de janvier 2005. Ces mesures mettent également en évidence une dominance du courant longitudinal en bas de plage et transversal à mi-plage.

Enfin, les différents documents signalent l'hypothèse formulée par Ph. Clabault dans sa thèse en 1988, de l'existence d'un contre courant dirigé vers le sud-ouest, situé dans la partie ouest de la Baie entre le Banc à la ligne et Wissant. Ce courant contribuerait à soustraire les sédiments à la dynamique interne à la baie.

2.3. CONDITIONS DE HOULE

2.3.1. INTRODUCTION

Les agitations peuvent être de trois natures :

- les houles océaniques engendrées sur des fetchs de plusieurs milliers de km avec des périodes supérieures à 12s.
- les mers de vent levées par des vents côtiers sur des fetchs de plusieurs centaines de km avec des périodes de 5 à 12s.
- les clapots, levés par des vents locaux sur des fetchs de quelques dizaines de km avec des périodes inférieures à 5s. Les vents du SW peuvent lever des clapots de l'ordre de 1m de hauteur.

Lorsque ces agitations approchent de la côte, elles subissent des réfractions sur les fonds marins qui peuvent entraîner des concentrations en certaines zones ou au contraire des atténuations dans d'autres.

2.3.2. HOULES DU LARGE SUR LA ZONE DU PAS DE CALAIS (SOURCE : LNHE)

Les données du houlographe de Dunkerque station 05901 ne donnent pas d'indication sur les directions dominantes des houles.

Ainsi, la houle au large sur l'ensemble de la zone Pas de Calais peut donc être caractérisée à partir d'observations de navires membres du réseau de l'Organisation Météorologique Mondiale, effectuées durant la période 1960-1980.

La zone Pas de Calais est d'emprise 50,8° N à 51,3° N en latitude et 1,2° E à 3° E en longitude.

La figure 2.3 donne le graphe des fréquences annuelles d'apparition par direction, pour chaque classe de hauteur de houle, construite à partir d'observations des couples (hauteur, direction).

Toutes classes de hauteur de houle confondues, les directions de provenance nettement dominantes sont OSO – SSO (houles venant de l'Océan Atlantique) et NNE (houles venant de la Mer du Nord).

La variabilité saisonnière de la houle est mise en évidence sur la figure 2.3, qui représente le graphe des fréquences d'apparition mensuelles de chaque classe de hauteur de houle, construit à partir d'observations de l'état de mer par les navires (in *Augros E., Canet I., Kerleau C., David P., 1991. Données et statistiques n°11 « Zone inter-service mer » - Tome I : Manche et Atlantique. Rapport technique Météo France*).

Les hauteurs de houle les plus fréquemment observées sont comprises entre 1,25 m et 2,5 m en hiver (novembre à mars) et 0 m à 0,5 m le reste de l'année. Les houles dépassant 2,5 m s'observent essentiellement en hiver (novembre à mars), mais représentent au maximum 13 % des observations. Les houles inférieures à 1,25 m représentent 40 à 75 % des événements observés (en moyenne sur l'année, 60 %).

2.3.2.1. HOULES A LA COTE – SYNTHÈSE DES RESULTATS DE LA MODELISATION DU CETMEF

Les conditions d'agitation dans la Baie ont été affinées et actualisées par la mise en œuvre d'un modèle de propagation de la houle par le CETMEF.

L'étude de propagation a été organisée selon la méthodologie suivante :

- Détermination des statistiques au large,
- Détermination de climats de houle représentatifs,
- Réalisation d'épures de réfraction à partir du logiciel HISWA.

Les directions des houles de OSO-SSO subissent des modifications importantes de leurs directions au passage du Cap Gris Nez (réfraction sur les fonds et diffraction autour du Cap).

Il n'existe pas de données de mesures directionnelles sur le secteur côtier de Wissant. Il est donc assez délicat de connaître précisément le régime des houles sur la zone de Wissant, du moins en ce qui concerne les directions.

Dans le cadre de la modélisation CETMEF, les données du houlographe de Dunkerque ont été utilisées (station 05901 du réseau CANDHIS) pour la définition des houles annuelles et

décennales. Ces données collectées ne donnent pas d'indication sur les directions dominantes (celles-ci découlent de l'analyse bibliographique).

Les résultats sont détaillés dans le cadre de l'étude CETMEF (2004). Nous n'avons repris ici que la synthèse de cette étude.

Les épures de réfraction sont présentées uniquement sur une emprise dont les limites sont recentrées autour de la Baie Wissant.

2.3.2.1.1. DIRECTIONS A LA COTE

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.

Les résultats pour 2002, qui nous intéressent plus directement pour l'étude en cours sont repris dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU 2.6 : SYNTHESE DES RESULTATS DU MODELE DE PROPAGATION DES HOULES A LA COTE - DIRECTIONS

Nord	Nord-Ouest	Ouest	Nord-Est
La houle attaque la côte et la digue frontalement ou de $\frac{3}{4}$ Nord-Ouest, après léger pivotement au passage du banc à la ligne.	La direction Nord-ouest d'origine est conservée et la houle prend la digue de face.	Houle la plus oblique Le banc à la ligne fait pivoter la houle d'Ouest qui atteint la digue Nord/Nord-Ouest.	La direction à la côte est la direction d'origine. Soit peu d'information à retirer de ce cas de propagation.

2.3.2.1.2. HAUTEURS (CF. FIGURES 2.4, 2.5, 2.6).

L'effet du banc sur la hauteur de houle à la côte est indéniable :

En 1911, le banc proche de la côte protège le rivage des houles les plus agressives. Les houles de nord-ouest sont les plus pénalisantes. L'Est de la baie est la zone la plus exposée.

En 1977, les évolutions morphologiques connues par le banc à ligne entraînent une situation bien plus critique pour la conservation du trait de côte. Le banc qui s'est décalé vers le large protège mal le centre de la Baie), les hauteurs de houle y sont élevées à proximité de la côte (plus forte exposition, déferlement tardif).

En 2002 , l'altimétrie plus élevée du banc atténue de nouveau l'attaque des houles, plus particulièrement pour l'ouest de la baie, la situation semble également plus favorable pour le centre de la baie, en revanche la zone de la dune d'amont semble plus exposée qu'auparavant.

On peut donc logiquement penser, que les modifications morphologiques du banc à la ligne ont contribué aux évolutions de l'érosion en Baie de Wissant.

Les résultats pour 2002, qui nous intéressent plus directement pour l'étude en cours sont repris dans le tableau ci-dessous :

TABEAU 2.7 : SYNTHÈSE DES RESULTATS DU MODELE DE PROPAGATION DES HOULES A LA COTE - HAUTEURS

Nord	Nord-Ouest	Ouest	Nord-Est
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 resserrent 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	Les champs de houle sont diffus et / ou n'atteignent pas la zone étudiée

2.3.2.1.3. CONCLUSIONS

La modélisation de la propagation de la houle entre le large et la côte et son analyse confirme en grande partie l'hypothèse que l'évolution morphologique du Banc à la Ligne est une des raisons de l'évolution du rythme de l'érosion (déplacement et intensification) en Baie de Wissant, en effet :

- Au début du siècle, le banc à la ligne était proche de la côte et s'engraissant protégeait la Baie des fortes houles,
- Le démaigrissement du banc entre 1911 et 1977 a réduit cette protection, permettant aux houles agressives d'attaquer le centre de la baie,
- L'exhaussement du banc ces dernières années tend à protéger de nouveau la partie ouest de la Baie

Dans l'état actuel, la situation est la suivante :

- La partie centrale de la baie est devenu le secteur le plus exposé aux houles agressives : forte hauteur de houle, déferlement tardif, relative concentration des champs de houle. Ce secteur subit essentiellement des houles frontales privilégiant donc le départ du sable vers le large (mouvement dans le profil).
- Le secteur de la Dune d'Amont apparaît comme plus exposé que par le passé (déplacement progressif du front d'érosion vers l'Est).

Ces résultats sont confirmés par les travaux de D.Aernouts (2005).

Les différentes études menées sur la propagation de la houle dans la Baie de Wissant (CETMEF, 2004 ; Aernouts, 2005) permettent donc de disposer d'une connaissance assez précise du comportement des houles dans la Baie et à la côte. Elles ont permis également de bien montrer la forte interaction entre ces conditions de houles et les variations bathymétriques du Banc à la Ligne, la dépression pré littorale et l'estran.

Il conviendrait également d'affiner la connaissance de la répartition des houles (directions) au large (mesures directionnelles ; atlas numérique des houles LNHE), l'objectif étant de préciser le régime annuel de l'agitation à la côte. La thèse de D.Aernouts ne fournit pas d'indications complémentaires sur ce point.

3. EVOLUTION ET REGIME HYDROSEDIMENTAIRE

L'analyse du régime hydrosédimentaire de la zone d'étude a reposé sur l'examen des conditions hydrodynamiques définies précédemment, sur une analyse bibliographique (travaux ULCO, CETMEF ...) et sur la réalisation de mesures *in-situ* complémentaires permettant d'actualiser la connaissance topographique de l'estran et de caractériser la nature des sédiments en présence.

3.1. DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES

3.1.1. ANALYSES BIBLIOGRAPHIQUES

La description des données sédimentologiques a été réalisée dans un premier temps par une analyse bibliographique détaillée :

- Des travaux de l'ULCO,
- Des travaux de CLABAUT,
- Des études diverses réalisées sur le site pour le compte du SMBC et du SMCO.
 - Synthèse bibliographique – CETMEF – janvier 2004-
 - Evolution des fonds et des transports potentiels – ULCO – Mars 2004-

3.1.2. SEDIMENTS SUPERFICIELS DANS LES PETITS FONDS

Nous disposons d'une description détaillée des différents types de sédiments présents dans la Baie de Wissant jusqu'à l'isobathe -20 m (in Clabaut 88). Deux grandes catégories de sédiments sont présentes :

- des sables fins à moyens,
- des sédiments grossiers.

Les sables sont divisés en 4 types principaux, en fonction de leur couleur et de leur diamètre. Ces sables sont généralement homogènes et bien classés.

- Type 1 : les sables fins de couleur grisée constitués par plus de 50% de particules de taille inférieure à 200 µm,
- Type 2 : les sables moyens de couleur beige constitués par plus de 50% de particules dont le diamètre est compris entre 200 µm et 315 µm,
- Type 3 : les sables moyens constitués par plus de 50% de particules dont le diamètre est compris entre 315 µm et 500 µm,

- Type 4 : sables grossiers constitués par plus de 50% de particules dont le diamètre est compris entre 500 µm et 2 mm.

Les analyses sédimentologiques montrent une nette prédominance, à l'intérieur de la baie, des sables moyens : types 2 et 3. Ils constituent, outre le cordon dunaire littoral et l'estran de Wissant, l'essentiel du banc à la ligne et de la barrière.

Seules font exception la dépression entre le banc et Wissant, ainsi que la partie abrupte du flanc externe du banc à la ligne qui sont respectivement constituées de sables fins de type 1 et de sables grossiers de type 4.

En période estivale, la distribution des sédiments est simple et forme des bandes de direction S-SW/N-NE. Au-delà du banc, on trouve des sédiments plus grossier (type 4).

3.1.3. GRANULOMETRIE DES SABLES CONSTITUANT LA PLAGE

3.1.3.1. DEFINITIONS

Les notions qui seront utilisées par la suite dans le cadre de cette note sont explicitées ci-après :

TABLEAU 3.1 : DEFINITION DES NOTIONS UTILISEES POUR L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES SABLES

Deux types d'unités seront utilisées pour qualifier les tailles des sédiments de la plage de Wissant : les millimètres et les unités phi. L'échelle des unités phi est basée sur la relation suivante : $\varphi = -\log_2(D) \text{ où } D \text{ est le diamètre du grain en millimètres}$ Pour convertir des unités phi aux millimètres, il faut utiliser la relation suivante : $D = 2^{-\varphi}$
D_n : diamètre pour lequel n % du sédiment, en poids, a un diamètre plus petit. D_{50} est le diamètre médian.
M_φ : taille moyenne des grains du sédiment et définie comme suit (Dean): $M_\varphi = \frac{(\varphi_{16} + \varphi_{84})}{2}$ La taille moyenne des grains est généralement, pour les plages de sables, similaire au diamètre médian (en unités phi).
σ_κ : écart-type qui est une mesure du degré de répartition de l'échantillon autour de la moyenne et définie comme suit (Dean) : $\sigma_\varphi = \frac{(\varphi_{16} - \varphi_{84})}{2}$ Un écart-type faible qualifie des échantillons dont les tailles des grains sont proches de la taille moyenne (sédiments bien triés).

3.1.3.2. DONNEES ULCO

En 2004, L'ULCO a réalisé une campagne de prélèvements de 110 échantillons sur l'estran sur une zone s'étendant de la Dune d'Aval à la Dune d'Amont, sur une surface de 316 800 m². L'échantillonnage a été réalisé sur une matrice de 22 transects sur 5 lignes selon un maillage carré de 60x60 m. 88 échantillons ont fait l'objet d'une analyse granulométrique.

Il ressort des travaux de l'ULCO que la couverture sédimentaire superficielle dans cette partie de la Baie était assez homogène ; le diamètre médian (D50) des matériaux est compris pour les 88 échantillons entre 0,27 et 0,35 mm.

Une carte de localisation des prélèvements est fournie sur la figure 3.2.

3.1.3.3. DONNEES SOGREAH – IN VIVO

Une campagne de mesures complémentaires a été réalisée du 19 au 21 septembre 2005, par le cabinet IN VIVO dans le cadre de cette étude.

51 échantillons ont été prélevés sur la zone d'étude sur 17 profils à raison de 3 prélèvements par profil, en haut de plage, mi-plage et bas de plage et ont fait l'objet d'analyses granulométriques dans le but :

- D'actualiser la couverture sédimentaire de la plage,
- Et permettre la comparaison avec les gisements potentiels et leur compatibilité pour l'opération de rechargement.

Les résultats des analyses sont présentés sur la figure 3.4 et 3.5. Les courbes granulométriques sont jointes en annexe dans le rapport de mission IN VIVO.

D'une manière générale, les matériaux sont assez homogènes sur les différentes portions de la plage (haut, milieu et bas de plage) et le long de la plage.

- Sur le bas de plage, les matériaux sont caractérisés par un diamètre moyen (D50) de l'ordre de 0,3 mm (sables moyens). Le minimum observé correspond à un D50 de 0,28 mm (4B) ; le maximum observé à un D50 de 0,38 mm (11B).
- Sur le milieu de plage, les matériaux sont également caractérisés par un D50 de l'ordre de 0,3mm.
- Enfin, sur le haut de plage, secteur qui ferait l'objet du réensablement, les matériaux sont caractérisés par un D50 moyen de 0,28 mm ; le minimum observé étant de 0,26 mm (14H) ; le maximum de 0,31 mm (5H).

3.2. MOUVEMENTS SEDIMENTAIRES

Une analyse détaillée du fonctionnement hydrosédimentaire de la Baie de Wissant et de l'estran sont décrits ci-après. Une synthèse générale sur le fonctionnement global du site d'étude est fournie également en fin de chapitre.

3.2.1. DANS LA BAIE

3.2.1.1. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

La baie appartient à une grande cellule sédimentaire, délimitée dans le cadre de l'étude PLAGE, qui s'étend de Boulogne nord à Dunkerque-Ouest ; Cette même cellule est par ailleurs sous-divisée au niveau de Calais. Le Cap Gris-Nez ne constitue donc pas une limite d'unité majeure, malgré le changement brutal d'orientation de la côte à son niveau. Cette absence de limite d'unité au niveau du cap se justifie principalement par l'évolution ancienne de la Baie de Wissant et en particulier du Banc à la ligne. Le banc, soudé au cap, s'engraissait au début du siècle, en raison d'un apport massif de sédiments transitant depuis le sud, le long de la côte du Boulonnais.

En effet les puissants courants de marée font transiter des quantités importantes de sédiments de Boulogne à Dunkerque. Mais en raison des vitesses élevées de ces courants au large du Cap Gris-Nez, les sédiments issus de la zone de Boulogne ne peuvent se déposer durablement que dans les zones abritées du courant de flot dominant ; c'est à dire principalement au-delà de la Baie de Wissant.

Les formes sédimentaires observées au pied du Banc à la Ligne (-15/20m) confirment cette situation car elles sont typiques des zones à faible stock sédimentaire (in Clabaut 88)

Aussi en raison de la vitesse du courant et de la présence du Banc à la ligne, la partie interne de la baie de Wissant reste isolée de cette dynamique du large. De ce fait, plusieurs études récentes de l'ULCO envisagent la Baie de Wissant comme une cellule sédimentaire spécifique. A noter que dans cette approche, nous avons alors une cellule en déséquilibre car les différents auteurs s'accordent sur un bilan sédimentaire déficitaire à l'échelle de la baie. Nous disposons de peu données quantitatives sur ce déficit, le chiffre de 100 000 à 200 000 m³ par an étant parfois cité (in Clabaut-88) soit 13 millions de m³ en 64 ans.

Les travaux de Aernouts (2005) mettent en évidence une perte nette de 10 millions de m³ en l'espace de 91 ans (1911 – 2002) soit un déficit sédimentaire de l'ordre de 116 000 m³/an pour l'ensemble de la Baie.

L'étude saisonnière de la granulométrie, menée par Ph.Clabaut en 88, sur l'estran et le Banc à la ligne, permet, par les différences qu'elle révèle, de mettre en évidence divers mouvements sédimentaires :

- L'apport de sable de l'ouest vers l'est confirme l'action érosive des houles de tempête et l'existence d'une dérive littorale vers l'est.
- La présence en hiver de sable de type « estran » plus grossier sur le sommet du banc suggère, même si elle reste mineure, une composante de transit sédimentaire orientée perpendiculairement à l'estran (mouvement dans le profil) indiquant des échanges entre l'estran et les petits fonds.

- La forte proportion de sables fins rencontrée à l'aplomb de l'extrémité du Banc à la ligne suggèrent un apport direct venant du flan interne du banc. Ce sable transiterait donc d'est en ouest sur ce flan interne. Il existerait, du moins au niveau du Banc à la ligne, une inversion saisonnière de la dérive littorale.

Ces échanges sédimentaires entre : estran/petits fonds/banc que plusieurs études mettent en évidence, semblent particulièrement importants dans l'évolution de la Baie. Malheureusement leur direction et leurs volumes n'ont pas fait à ce jour l'objet d'estimations précises.

3.2.1.2. ANALYSE DU TRANSPORT SEDIMENTAIRE POTENTIEL DANS LES PETITS FONDS

Une analyse des directions de transports sédimentaires potentiels a été réalisée par l'ULCO en appliquant la méthode de GAO et COLLINS (1992,1994) qui est une méthode statistique basée sur les variations spatiales de paramètres granulométriques des sédiments superficiels.

En effet, sous l'action des processus hydrodynamiques, les sédiments qui subissent un transport vont connaître un classement sélectif plus ou moins important, ce qui aura un effet sur leur distribution granulométrique.

Les résultats sont présentés ci-dessous.

Les tendances granulométriques qui existent entre les échantillons prélevés dans le secteur du Banc à la Ligne et dans la zone située entre le banc et la plage suggèrent un transport sédimentaire vers le sud-est dans la partie centrale du banc, soit un transport vers la côte, et un transport vers le sud-ouest aux extrémités sud-ouest et nord-est de la zone de prélèvement.

L'orientation sud-ouest des vecteurs de transport dans la partie nord-est du banc pourrait être due à un contre-courant qui affecterait l'extrémité orientale du banc et la dépression située entre le banc et la côte, comme le signalait déjà CLABAUD. Des mesures réalisées par SEDRATI (2002) ont démontré l'existence de ce contre-courant.

Une telle orientation des transports peut suggérer l'existence d'une circulation sédimentaire globale dans laquelle les sédiments transitant dans la dépression entre le banc et la côte sont évacués de la Baie à proximité du Cap Gris Nez sous l'action de ce contre-courant, comme l'avait déjà suggéré CLABAUD (1988).

3.2.2. SUR LA PLAGE

Les mouvements sédimentaires subis par la plage (érosion, sédimentation) sont la résultante de divers transports de matériaux. Les mouvements sédimentaires sont essentiellement engendrés par la houle et les courants associés. On distingue :

- les mouvements perpendiculaires au littoral appelés mouvements dans le profil,
- les mouvements parallèles au littoral qui sont générés entre la côte et la zone de déferlement des vagues quand celles-ci attaquent la côte avec une certaine incidence, la houle remet les sédiments en suspension et le courant littoral les entraîne, c'est le transit littoral.

3.2.2.1. MOUVEMENTS DANS LE PROFIL

Les mouvements dans le profil se traduisent schématiquement par des modifications du profil de la plage selon l'importance des vagues : On observe généralement un profil présentant une pente relativement douce en période de tempête, et un profil plus raide par beau temps.

- En effet, en période de beau temps, la partie supérieure de l'estran s'engraisse aux dépends de la partie basse ; le profil est concave.
- En période de mauvais temps, les processus sont inverses et il y a un profil convexe.

Du fait de la présence d'un système de barres et bâches, le fonctionnement de la plage de Wissant est beaucoup plus complexe.

Les évolutions atteignent couramment des valeurs de 0,5 à 1 m, voire jusqu'à 2m sur certaines zones devant la digue. Elles décroissent en allant vers le large jusqu'à la limite d'action des houles.

3.2.2.1.1. **PROFONDEUR LIMITE D'ACTIONS DES HOULES**

Cette notion permet de déterminer la profondeur jusqu'à laquelle il peut y avoir des mouvements sédimentaires significatifs.

En appelant :

- d_l : profondeur limite d'action de la houle,
- H_s annuel : hauteur significative dépassée 12 heures par an,
- T_s : la période significative associée.

A partir de mesures et d'observations sur différents sites HALLERMEIR a proposé :

$$d_l = 1,75 H_{s(12h)}.$$

La profondeur est comptée sous le niveau moyen de la mer (4,44 CM).

Sur le site de Wissant, la profondeur d'action des houles se situe autour de – 3 m CM, la houle annuelle étant de 4,10 m.

3.2.2.1.2. **MOUVEMENTS DANS LE PROFIL ET TRIAGE GRANULOMETRIQUE**

Aux mouvements dans le profil sont liés des triages granulométriques conduisant globalement à une décroissance de la granulométrie de la côte vers le large. Cela correspond schématiquement à une adaptation du profil de plage et de la granulométrie des matériaux au niveau d'énergie des vagues.

Du point de vue des rechargements de plage, cela signifie que pour des conditions océanographiques données, en un point donné du profil, correspond un diamètre de grain en équilibre D_e ; si en ce même point, on recharge avec un diamètre $D_r < D_e$, le matériau de rechargement D_r sera entraîné plus au large jusqu'à ce qu'il trouve un niveau d'énergie lui correspondant.

3.2.2.1.3. **MOUVEMENTS DANS LE PROFIL SUR LE SITE DE WISSANT**

L'analyse des profils de plage sur la période 1996-2005 (SMBC ; ULCO) permet de mettre en évidence l'importance des mouvements dans le profil sur le haut-estran et des variations saisonnières qui en découlent. Ce point est développé ultérieurement.

Ces variations peuvent être sur certaines zones (devant la digue notamment) de l'ordre de 1 à 2 mètres. Ce point est développé au § 3.3.2.2.

3.2.2.2. TRANSIT LITTORAL

D'après les études récentes (ULCO, CETMEF), le transit littoral (essentiellement de résultante nord-est) semble être affaibli du fait d'une exposition du site à des houles essentiellement frontales.

Il conviendrait cependant d'affiner la connaissance des hauteurs et incidences des houles à la côte pour préciser les valeurs théoriques du transit littoral.

3.2.2.3. EVALUTION DES PROCESSUS DE TRANSPORTS SUR L'ESTRAN AU DROIT DE LA DIGUE (SOURCE ULCO)

L'analyse des vecteurs de transport sédimentaire potentiel issus du modèle GAO-COLLINS montre ici la dominance de deux composantes de transport.

- La première composante révèle un transport dominant vers le haut de plage : il est principalement dirigé vers le sud-est dans la partie est de la digue ;
- une deuxième composante de transport potentiel le long de la plage, vers le nord-est est moins perceptible.

L'interprétation de ces potentiels de transport sédimentaire ne peut être faite sans un bref rappel des conditions hydrodynamiques ayant régné avant la date de prélèvement. Un léger vent du SSO a dominé lors de la marée avant échantillonnage, il n'a, très vraisemblablement, pas influencé les courants de marée, ainsi le site a évolué dans des conditions de beau temps caractérisées par un courant de flot dominant orienté vers le NE et un courant de jusant faible portant vers le SO (SEDRATI, 2002).

Ces conditions hydrodynamiques modales ne semblent pas pouvoir expliquer ces vecteurs de transport potentiel surtout dans la partie ouest de la digue (la faible énergie du courant de jusant ne pourrait les expliquer à elle seule). Elles traduisent une situation ponctuelle.

3.2.2.4. TRANSPORT EOLIEN

Sous l'action du vent des masses importantes de sable sec peuvent être déplacées, contribuant ainsi à la formation de dunes littorales, à l'ensablement de certains secteurs ou, à l'inverse, concourant à des phénomènes d'érosion non négligeables (création d'encoches éoliennes, caoudeyres).

Comme pour les courants, ce transport peut se faire par charriage ou par suspension. Les volumes transportés dans le cadre de ces transports, en plus des caractéristiques du sédiment et de la vitesse, dépendent de la surface des zones exposées, de leur morphologie et de la couverture végétale. Le déplacement de sables qu'il s'agisse des sables secs de haut de plage ou des sables dunaires, exige des vents forts : pour une granulométrie moyenne comprise entre 0.25 et 0.3 mm qui caractérise les matériaux de haut de plage à Wissant, la vitesse du vent doit dépasser 7m/s à 8 m/s (soit environ 30% des vents sur l'année).

En effet, l'orientation de la côte par rapport aux vents dominants est très favorable à une dérive rapide des sables secs du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

Ces mouvements affectent principalement le haut de plage, en raison des périodes d'émersion et du degré d'humidité moins important de cette portion des estrans.

Ces remaniements sont donc particulièrement importants en période estivale, par temps sec et en période de morte-eau.

Pour l'évaluation de ces mouvements, plusieurs paramètres sont à prendre en considération :

- La vitesse du vent (les vents supérieurs à 7 - 8m/s sont à prendre en considération pour l'évaluation de ces transports éoliens),
- La largeur des zones sableuses,
- L'altitude, qui détermine la durée d'immersion.
- La teneur en eau de la plage.

Quelques formules théoriques permettent le calcul du transit éolien. Elles montrent toutes que le flux transporté croît très rapidement avec la vitesse (plus précisément avec la vitesse élevée à la puissance 3) mais elles sont peu cohérentes entre elles et il faut se souvenir qu'elles concernent des sables secs et qu'elles ignorent le rôle de la topographie et de la végétation.

Des études et mesures ont été réalisées par l'ULCO sur cette problématique particulière.

Jusqu'au début des années 80, avant sa fixation par la végétation, la dune d'aval, dune blanche mobile, était particulièrement sensible à ce phénomène. Elle menaçait régulièrement d'envahissement les lotissements voisins. Aujourd'hui, ces mouvements de grandes ampleurs semblent maîtrisés, les dunes étant bien végétalisées. Cependant il est important de noter que là où la végétation vient à disparaître, on observe immédiatement une reprise de la mobilité.

Le transport éolien contribue à l'accrétion des dunes d'Amont. En effet devant la dune d'Amont s'édifie un prisme sableux de haut de plage, le plus souvent hors d'eau, servant de zone de déflation éolienne et de zone source pour l'accrétion de la dune adjacente (in Cohen, Dolique, Sipka 97).

Plusieurs expériences in situ, ont été réalisées. Les quantités de sable piégées ont été très variables et inférieures, parfois de façon très importante, aux quantités évaluées par modèles mathématiques.

Cette étude ne nous permet pas d'évaluer les quantités de sédiments transportées par le vent en Baie de Wissant ni précisément les mécanismes mis en jeu. Elle souligne cependant des points importants pour la dynamique globale du site :

- Le niveau d'humidité des sédiments joue un rôle important dans la mise en mouvement des sables par le vent. Ainsi malgré des vitesses importantes, une granulométrie appropriée, des zones de déflation conséquentes, le transport éolien est aujourd'hui limité dans la baie en raison de la présence de bâches sur la plage, et d'une altitude particulièrement basse de l'estran qui ne permet son assèchement que sur des courtes distances et des courtes durées.
- Lorsque la dune présente une falaise vive (dune d'aval) il y a absence totale de transport éolien au sommet de la dune, la falaise faisant obstacle. Dans ce cas il n'y a aucune alimentation possible en sable au niveau de la dune à partir du haut de plage.
- En dune d'aval, les accumulations sableuses en pied de dune, conséquence du transport éolien, sont systématiquement attaquées par les houles de tempête.

3.2.3. INFLUENCE DES OUVRAGES

Il convient de souligner dans la description du fonctionnement hydrosédimentaire de la plage le rôle des ouvrages mis en place dans la dynamique d'évolution du secteur.

3.2.3.1. PERRE, MUR DE DEFENSE

Ces ouvrages, qui présentent l'intérêt de préserver les zones situées en arrière présentent plusieurs inconvénients, que l'on peut observer sur Wissant :

- La rupture de la liaison dunes – plages a pour effet de faire disparaître les fonctions régulatrices du régime de la plage,
- Ces ouvrages sont également le siège de fortes agitation (ressac) en cas d'atteinte par les vagues qui ont pour effet d'accentuer les processus d'érosion au pied de l'ouvrage et généralement génératrices d'affouillement en périodes de tempête.

3.2.3.2. BLOCKHAUS, FORTIFICATIONS DE LA SECONDE GUERRE MONDIALE

Une étude spécifique sur l'impact des fortifications de la Seconde Guerre Mondiale a été menée par le Laboratoire Régional de l'Equipement de Lille sur le secteur de la Dune d'Aval.

Cette étude reposait essentiellement sur un suivi photographique des fortifications et blockhaus.

Plusieurs conclusions ressortent de cette étude (source CETE) :

- « Les blockhaus situés dans le cordon dunaire ont ou ont eu un effet fixateur de sable dans la dune d'Aval. Ceux qui sont ensablés ne semblent plus avoir d'impact »,
- « Les blockhaus isolés sur l'estran entraînent tous la formation d'un affouillement sur toutes leurs faces dû aux variations de sens et direction de déplacement de l'eau dans la zone de l'estran. Il semble qu'autour de cet affouillement se situe une zone de sédimentation. Il faut noter que les volumes de sable concernés ici sont négligeables à l'échelle de la baie de Wissant, d'autant plus que ces blockhaus sont relativement éloignés de la dune et n'ont donc pas d'impact sur son érosion »,
- « Les blockhaus en contact avec la dune sont au nombre de deux et ne présentent pas d'affouillement car ils sont peu soumis aux marées et relativement à l'abri du vent ; ils sont en effet protégés par la dune, l'enrochement et le mur antichar. Ils ont pour effet de préserver un petit stock de sable dans une zone qu'ils protègent entre eux et la dune »,
- Les ouvrages sans contact avec la dune :
 - Lorsqu'ils sont en partie ou entièrement immergés, les ouvrages de guerre modifient le déferlement des vagues en provoquant une convergence de celles-ci et donc une zone de plus faible énergie où la sédimentation est favorisée. Ils provoquent également comme les blockhaus isolés des affouillements plus ou moins importants suivant la marée.
 - A marée basse, ils permettent la sédimentation de sable transporté par le vent.

Le CETE conclut à l'absence d'effets négatifs des blockhaus.

D'après les observations réalisées par SOGREAH et IN VIVO en septembre 2005, il ressort que les blockhaus situés devant la dune ont pour effet de modifier les conditions de déferlement et favorisent la concentration des houles sur des points localisés de la dune. En outre, la présence de ces ouvrages génère des turbulences importantes en arrière (ressac...) ; cela pouvant favoriser sous certaines conditions de marée les phénomènes d'érosion de la zone située en arrière.

3.3. EVOLUTION PASSEE DES FONDS DE LA BAIE ET DE L'ESTRAN

Les évolutions des fonds et de la plage traduisent la résultante des différents mouvements sédimentaires en jeu auxquels il faut ajouter l'influence des actions humaines.

3.3.1. EVOLUTION DES FONDS DE LA BAIE DE 1911 A 2002 (SOURCE : ULCO)

3.3.1.1. METHODOLOGIE – DONNEES DISPONIBLES

L'analyse de l'évolution de la morphologie des fonds en Baie de Wissant a été réalisée par l'ULCO en utilisant les données bathymétriques de 1911, 1977 et 2002, seules années pour lesquelles une couverture suffisamment étendue de la zone d'étude était disponible.

La cartographie des fonds marins a été réalisée (AERNOUTS et HEQUETTE, 2004) à l'aide des minutes de bathymétrie du SHOM.

La marge d'erreur d'un levé hydrographique est de l'ordre de 0,1 m, l'ULCO a défini une marge d'erreur horizontale à 1,55 m. De ce fait, les variations des fonds de 0 m à +/- 1,5 m ont été considérées comme stables, les valeurs supérieures traduisant un exhaussement ou en abaissement des fonds.

3.3.1.2. EVOLUTION DES FONDS ENTRE 1911 ET 2002

Dans l'ensemble, sur la période qui couvre presque la totalité du XX^{ème} siècle, les changements bathymétriques en Baie de Wissant sont de très grande ampleur et témoignent de mouvements sédimentaires importants (cf. figures 3.7 à 3.10).

- en 1911 la baie présente dans sa partie ouest des fonds peu profonds, le banc à la ligne étant en quasi continuité avec l'estran,
- en 1977 la dépression entre le banc et la plage s'est fortement approfondie. La zone haute du banc est nettement séparée de la côte,
- en 2002, le banc à la ligne apparaît très nettement, son altimétrie est plus élevée. En revanche la zone le séparant de l'estran a continué à se creuser.

L'évolution montre une perte nette de sédiments d'un peu de plus de 10 millions de m³ en l'espace de 91 ans, soit un déficit de l'ordre de 116 000 m³/an pour l'ensemble de la Baie (Aernouts, 2005) (cf. cartes différentielles sur la figure 3.10), les pertes étant surtout localisés dans une dépression longitudinale entre le Banc à la Ligne et le rivage, ce qui confirme les résultats des travaux antérieurs (Clabaut, 1988 ; Augris et al, 1990).

Cette perte de sédiment dans la zone pré-littorale ne peut manquer d'influencer le bilan sédimentaire de l'estran. On observe en effet une nette correspondance entre les zones de fortes érosions dans la zone pré-littorale proche et les secteurs d'important recul du trait de côte, mettant en évidence une nouvelle fois les très fortes interactions entre les différents compartiments de la Baie (Banc/dépression pré-littorale/estran).

3.3.1.2.1. LE BANC A LA LIGNE

Plusieurs auteurs constatent une évolution et un déplacement du Banc à la ligne. En 1911 son sommet affleurerait, puis jusqu'en 1975 il semble avoir progressé en direction de la côte, sa partie

sommitale s'être abaissé et la largeur de l'estran s'être réduite. Ces tendances aboutiraient à l'isolement du sommet actuel du Banc à la ligne et l'accentuation de la dépression qui le sépare du littoral.

Le déplacement vers le Nord-Est de la zone d'accumulation de sédiments au sommet du Banc semble indiquer que la crête du banc s'est développée dans la même direction pendant le XX^{ème} siècle. Le Banc a subi sur la période un démaigrissement important, les pertes de sédiments s'étant produites tant sur la face interne que sur la face externe du banc.

Les extractions de graviers réalisées dans les années 70 et jusqu'en 1981 (1 200 000 m³ entre 1973 et 1975) ont certainement contribué au démaigrissement du banc et à la modification de son volume et de sa morphologie.

3.3.1.2.2. LES PETITS FONDS – DEPRESSION PRE-LITTORALE

Les petits fonds entre le banc à la Ligne et l'estran ont subi un démaigrissement important. Face à la Dune du Châtelet et à la Dune d'Aval, l'érosion est généralement comprise entre 4 et 6 m, certains secteurs ayant pu connaître un abaissement de plus de 6 m du fond marin à proximité du rivage.

Une large zone d'érosion est également perceptible au large de la commune de Wissant et de la Dune d'Amont, mais elle se situe plus au large que dans la partie centrale. Dans ce secteur, l'estran et les petits fonds proches semblent plus stables.

3.3.2. EVOLUTION DE L'ESTRAN (> 0 CM)

3.3.2.1. ACTUALISATION DES DONNEES TOPOGRAPHIQUES SUR LA ZONE D'ETUDE

Afin d'actualiser les données topographiques de la zone d'étude, un levé a été réalisé dans le cadre de cette étude. L'emprise et la densité des points de levés sont fournies sur la figure 3.11.

Les résultats de ce levé sont présentés sur la figure 3.12 et 3.13.

3.3.2.2. EVOLUTION DES PROFILS DE PLAGE

3.3.2.2.1. PROFILS SMBC – 1996 - 2005

Le SMBC effectue annuellement ou bi-annuellement depuis 1996 des levés de plage que nous avons étudiés afin d'analyser plus précisément l'évolution de la plage.

Ces levés sont effectués sur la partie supérieure de l'estran (largeur de plage d'environ 250 mètres), allant du perré à la cote +2/+3CM, la position des profils est fournie sur la figure 3.14.

Les cotes sont exprimés en niveau Cote Marine.

Nous avons repris ces différents profils pour l'analyse :

- Profil 460 : pied de dune Amont,
- Profil 470 : pied du perré devant poste de secours,
- Profil 480 : pied du perré devant front de mer,
- Profil 490 : pied du perré devant front de mer,

- Profil 500 : pied de la protection enrochement,
- Profil 510 : secteur du mur anti-char,
- Profil 520 : pied de dune aval,
- Profil 530 : pied de dune aval,

A. Profil 460

Ce profil est réalisé en face de la dune d'Amont, à 200 mètres au nord-est de la terminaison du perré.

On a une tendance évolutive à l'érosion sur ce profil : -3 mètres en 8 années de suivi. Entre prin96 et prin00 on était dans une période d'accrétion avec un maximum de +24 mètres. On note cependant une période de forte érosion entre aut97 et prin98 avec quasiment - 22 mètres. Depuis aut00 on est en érosion avec un maximum de -8.1 mètres.

On peut noter les fortes variabilités saisonnières sur ce profil.

Ces résultats sont assez atypiques du reste du secteur de la Dune d'Amont dont la tendance générale est à l'accrétion. On peut supposer que ces résultats sont à rattacher à la position de ce profil, assez peu éloigné de la terminaison du perré (effet de bord).

B. Profil 470

Ce profil, qui marque le début du perré est caractérisé par une tendance forte à l'érosion depuis 1996. En 8-9 ans, le niveau de l'estran au pied de l'ouvrage s'est abaissé de 1,80 à 2 m.

On observe une dépression juste devant le pied de l'ouvrage.

Cette zone est également caractérisée par de très fortes variations saisonnières au niveau de l'estran et des modifications importantes de la morphologie de l'estran. Ces variations sont de l'ordre de 1 à 2 mètres suivants les saisons, traduisant ainsi une forte instabilité du secteur.

C. Profil 480

Ce profil est également caractérisé par une tendance forte à l'érosion depuis 1996. En 8-9 ans, le niveau de l'estran au pied de l'ouvrage s'est abaissé de 1,30 à 1,5 m.

Cette zone est, comme le profil précédent, également caractérisée par de très fortes variations saisonnières au niveau de l'estran et des modifications importantes de la morphologie de l'estran. Ces variations sont de l'ordre de 1 à 2 mètres suivants les saisons, traduisant ainsi une forte instabilité du secteur.

D. Profil 490

Ce profil est situé également face au perré. Là encore, on observe de très fortes oscillations de 1 à 2 mètres entre les différentes périodes de l'année.

Sur le plus long terme, on note une tendance générale à l'érosion, avec un abaissement de l'estran d'environ 1,5 m en 8 ans.

E. Profil 500

Ce profil est réalisé au niveau du mur antichar. On constate là encore de fortes oscillations du niveau de l'estran (1 à 2 mètres). Le niveau de septembre 2005 s'est encore abaissé depuis le printemps 2004. Entre 1996 et 2005, le niveau de l'estran s'est abaissé d'environ 2 mètres.

F. Profil 510

Ce profil, situé en pied de dune, est caractérisé par une meilleure stabilité du niveau de l'estran, et des périodes successives d'accrétion et d'érosion. La tendance générale actuelle est à l'érosion.

G. Profil 520

Ce profil situé en pied de dune est caractérisé par une tendance générale à l'érosion. Les variations saisonnières y sont également importantes.

Ces différents profils sont représentés sur les figures 3.15 à 3.22.

3.3.2.3. CUBATURES – DONNEES SMBC - SOGREAH

3.3.2.3.1. METHODE

Pour réaliser les cubatures d'évolution des plages, les différentes données topographiques issues des profils SMBC et le levé SOGREAH/IN VIVO 2005 ont été traitées dans la chaîne MAPINFO-VERTICAL MAPPER, permettant pour chaque série de profils de créer un modèle numérique de terrain.

Des cubatures ont été réalisées sur différents linéaires :

TABLEAU 3.4 : ZONES DE CUBATURES

	Profils	Linéaire
Zone complète	P530 - 410	4140 mètres
Zone du perré (SO P470)	P530 - 470	1440mètres
Dune Amont (NE P 470)	P470 - 410	2700 mètres

Compte tenu de l'espacement des profils (entre 150 et 300 m), il convient de prendre les résultats de ces cubatures avec prudence compte tenu de la forte interpolation entre les profils.

Cette méthode permet d'analyser de manière précise :

- Les tendances évolutives de la plage (gain ou pertes) au cours du temps,
- Les évolution saisonnières et interannuelles.

3.3.2.3.2. EVOLUTION SUR LA PERIODE 1996 – 2005 – CF. FIGURES 3.23 A 3.26

Sur la période 1996-2004-2005, on observe une forte érosion sur la partie située devant la digue. Sur la zone ayant fait l'objet de la comparaison, ces évaluations mettent en évidence une érosion globale de l'ordre de 85-90 000 m³ en 9 ans.

Les processus d'érosion sont concentrés devant le front de mer de Wissant, entre les profils 530 et 470 où l'on mesure une érosion de 127 000 m³ entre 1996 et 2004, et 86 000 m³ entre 1996 et 2005.

Sur cette même période (1996-2004), on peut observer un dépôt de l'ordre de 196 000 m³ sur le secteur de la Dune d'Amont.

Ces différentes évaluations mettent également en évidence l'importance des mouvements sédimentaires de la zone d'estran et notamment les fortes variations dans le profil (mouvements des barres et des bâches sous l'action des conditions hydrodynamiques).

Les valeurs d'évolution sont reportées sur les figures 3.23 à 3.26 et dans le tableau suivant :

TABEAU 3.4 : EVOLUTION DE L'ESTRAN SUR LA PERIODE 1996-2005 (EN METRE-CUBE)

Comparaison	Zone complète		Zone du perré		Dune Amont	
Sept 96 - Sept 05	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	ND	ND	9 313	-95 371	ND	ND
Bilan	ND		-86000		ND	

Sept 96 – Sept 04	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	96 852	-186 000	+4 978	-132 168	91 764	-54301
Bilan	- 89 892		-127 190		ND	

Sept 96 - Sept 00	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	118 117	162081	24 000	-68 426	94 773	92 806
Bilan	-43 900		-44 356		+2 000	

Sept 00 - Sept 05	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	ND	ND	29700	-73762	ND	ND
Bilan	ND		-43 988		ND	

ND : Emprise des levés différentes n'a pas permis de comparer les deux périodes.

3.3.2.3.3. EVOLUTIONS SAISONNIERES

L'analyse des évolutions saisonnières permet de mettre en évidence une très forte variabilité des évolutions saisonnières de l'estran (cf. tableau ci-dessous).

Les comparaisons n'ont pu être faites sur toutes les années fautes de données disponibles. L'analyse des évolutions entre l'automne et le printemps (septembre -mars) donne des résultats assez similaires.

TABLEAU 3.5 : EVOLUTIONS SAISONNIERES DE L'ESTRAN SUR LA PERIODE 1996-2005 (EN METRE-CUBE)

Mars- Sept 03	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	177 513	-149 000	56 097	-69 000	83 000	-45 000
Bilan	+27 700		-11 709		+38 000	

Mars- Sept 04	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	110 000	-131 000	23 000	-69 000	83 000	-45 000
Bilan	-21 000		-46 000		+38 000	

Mars- Sept 05	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	ND	ND	65000	-16000	ND	ND
Bilan	ND		+49 450		ND	

Les comparaisons entre printemps et hiver mettent en évidence aussi bien des dépôts que des érosions sur l'estran.

On observe cependant une tendance au dépôt sur le secteur de la Dune d'Amont.

Les évolutions sont présentées sur les figures 3.27 à 3.30.

3.3.2.3.4. **EVOLUTIONS INTERANNUELLES**

L'analyse des évolutions interannuelles montre également une très forte variabilité en fonction des années.

Devant la digue, les évolutions sont fortement variables, avec des années où l'on peut observer des dépôts (1998 – 1999) ou bien de fortes pertes (1997-1998).

On peut considérer d'une manière générale que le secteur devant la digue et Dune Aval est pour quasiment toutes les années concernée par des processus d'érosion et le secteur Dune d'Amont par des processus de sédimentation.

SYNDICAT MIXTE DE LA COTE D'OPALE

REQUALIFICATION DU SITE DE LA BAIE DE WISSANT - REENSABLEMENT DE LA PARTIE CENTRALE

RAPPORT PHASE 1

TABLEAU 3.6 : EVOLUTION INTERANNUELLE DE L'ESTRAN SUR LA PERIODE 1996-2005 (EN METRE-CUBE)

Comparaison	Zone complète		Zone du perré		Dune Amont	
Sept 96- Sept 97	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	227 644	-38 385	70 141	-18 470	156 185	-19 548
Bilan	+189 259		+51 671		+136 637	

Sept 97- Sept 98	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	26 455	-299 574	7 550	-107 633	18 896	-190 823
Bilan	-273 119		-100 083		-171 925	

Sept 98- Sept 99	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	210 960	-123 460	58 570	-36 227	143 311	-87144
Bilan	+87 500		+22 343		+56 167	

Sept 99- Sept 00	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	169 728	-169 231	57 029	-74 929	111 540	-91 595
Bilan	+498		-17 899		+19 945	

Sept 00- Sept 01	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	120 451	-122 544	48 676	-37 087	71 775	-85 467
Bilan	- 1593		11 589		- 13 692	

Sept 01- Sept 03	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	198 605	-109162	12 632	-76 683	185 973	-32 979
Bilan	+ 88843		-64 051		+152 994	

* Pas de profils disponibles en 2002

Sept 03- Sept 04	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	138 117	-149 544	34 060	-67 691	95 734	-78 433
Bilan	-11 426		-33 631		+17 301	

Sept 04- Sept 05	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion	Dépôt	Erosion
Dépôt/Erosion	ND	ND	74864	-26239	ND	ND
Bilan	ND		+48 625		ND	

Les évolutions sont présentées sur les figures 3.31 à 3.36.

En résumé, les évolutions interannuelles mettent en évidence des variations pouvant atteindre :

- de 50 000 à 100 000 m³/an sur la zone du perré,
- de 50 000 à 150 000 m³/an sur la zone d'Amont.

De manière à disposer de la tendance générale d'évolution sur la période, il convient de reporter ces différentes variations et de les comparer à la situation de référence qu'était le levé de septembre 1996.

Ces résultats sont reportés dans les tableaux ci-dessous et sur les figures 3.39 à 3.41.

TABLEAU 3.7 : EVOLUTION DE L'ESTRAN – ZONE DU PERRE ENTRE 1996 ET 2005

Année	Evolution par année (milliers de m3)	Etat / situation 1996 (milliers de m3)
1996	0	0
1997	51	51
1998	-100	-49
1999	22	-27
2000	-17	-44
2001	11	-33
2003	-64	-97
2004	-33	-130
2005	48	-82

Sur le secteur du perré, la tendance générale est à l'érosion (80 à 85 000 m³ en 9 ans) avec en moyenne 10 000 m³/an).

Cette tendance est clairement mise en évidence par le graphique figure 3.39.

Sur ce même secteur, une analyse de l'évolution du stock sableux au dessus du niveau moyen (+ 4,44 mCM) a été réalisée. Cela présente l'intérêt non pas de quantifier les stocks mais de bien mettre en évidence l'appauvrissement du stock sur la période.

TABLEAU 3.8 : EVOLUTION DE L'ESTRAN – ZONE DU PERRE ENTRE 1996 ET 2005

Année	Volume de sable au dessus du niveau + 4.45 CM
1996	236 000
1997	257 000
1998	196 600
1999	207 800
2000	208 000
2001	214 476
2002	
2003	158 000
2004	148 000
2005	180 874

Sur le secteur de la Dune d'Amont, en dépit des fortes variations mesurées, on observe sur la période une tendance générale à l'accrétion. (196 000 m³ en 9 ans) soit 20 000 m³/an en moyenne

TABLEAU 3.9 : EVOLUTION DE L'ESTRAN – DUNE D'AMONT ENTRE 1996 ET 2005

Année	Evolution par année (milliers de m3)	Etat /situation 1996 (milliers de m3)
1996		0
1997	136	136
1998	-172	-36
1999	56	20
2000	20	40
2001	-13	27
2003	152	179
2004	17	196

3.3.2.4. SYNTHÈSE - APPROCHE DU BILAN SÉDIMENTAIRE

Pour rappel, un bilan sédimentaire se définit par :

Bilan = Evolution (érosion ou sédimentation) – Apports (positifs ou négatifs)

Il n'y a pas eu d'apports artificiels sur la zone. De ce fait, le bilan sédimentaire résulte de l'évolution naturelle de la zone.

Le bilan sédimentaire sur le secteur du perré période est négatif.

Les cubatures réalisées mettent en évidence une perte de l'ordre de 85-90 000 m³ sur la période.

En effet, l'analyse des variations interannuelles ne permet cependant pas de définir une valeur précise du taux d'érosion annuel, compte tenu des forts écarts observés. Une valeur moyenne de 10-15 000 m³/an peut être retenue.

Au sud-ouest (dune Aval), l'estran est fortement en érosion (recul de 8 à 10 mètres sur la période).

Au nord-est (Dune Amont), d'après les levés du SMBC (410 à 450), l'estran est plutôt en accrétion. Sur la période, les volumes de dépôts sont de l'ordre de 196 000 m³ (la valeur moyenne de 20 000 m³/an peut être retenue).

Devant le perré, le trait de côte étant figé par les ouvrages dans la partie urbanisée de la plage, les pertes se sont traduites par un abaissement progressif et significatif du niveau de l'estran, qui est estimé sur la période à environ 1,5 à 2 mètres sur 8 années, soit environ 15-20 cm par an. Dans ce secteur, l'érosion concerne aussi bien la partie haute que la partie basse de l'estran.

En résumé, l'analyse des évolutions de l'estran traduit permet de mettre en évidence :

- Une tendance forte à l'érosion devant le perré et le secteur de la Dune d'Aval,
- Un abaissement important et progressif du niveau de l'estran,
- Une forte variabilité dans les évolutions annuelles et interannuelles,
- L'importance des mouvements sédimentaires transversaux et longitudinaux sur l'estran.

3.3.2.5. COMPARAISON AVEC PROFILS ULCO (1998-2000)

L'ULCO a également réalisé un certain nombre de relevés de terrain sur la zone d'étude, entre 1998 et 2000.

Les données ULCO diffèrent légèrement des données SMBC dans la mesure où les suivis concernent des échelles temporelles différentes (variations mensuelles de l'estran). Elles sont assez difficilement comparables mais complémentaires, fournissant une analyse plus fine sur le court-terme ?

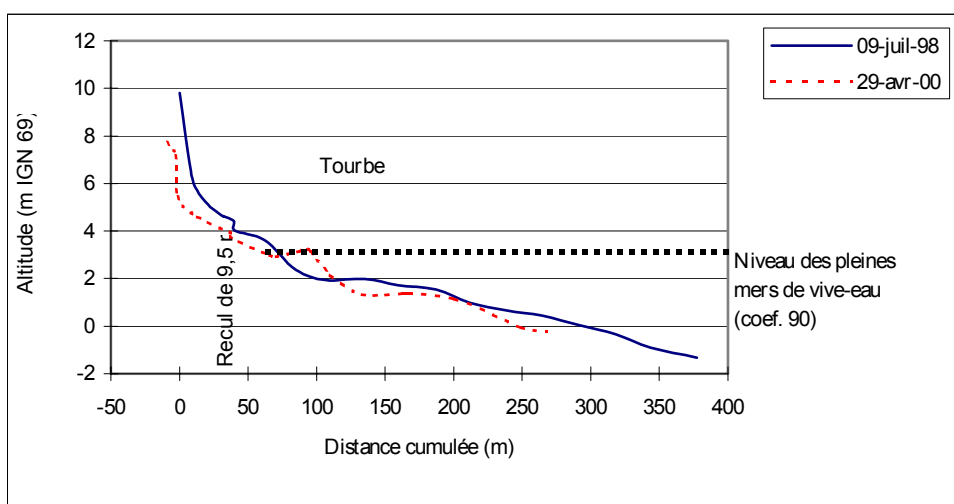
En outre, les profils ULCO couvraient une zone plus large que celle couverte par les profils SMBC :

- 7 profils ont été installés le long de la Baie,
- 4 profils se trouvent dans la zone la plus exposée, dont 1 profil pour la Dune de la Baraque Fricot, 2 pour la Dune du Châtelet, 1 pour la Dune d'Aval,
- 2 profils se trouvent le long de la digue,
- 1 profil sur la dune d'Amont.

Les profils intéressant la zone d'étude sont présentés sur les figures 3.37 à 3.40.

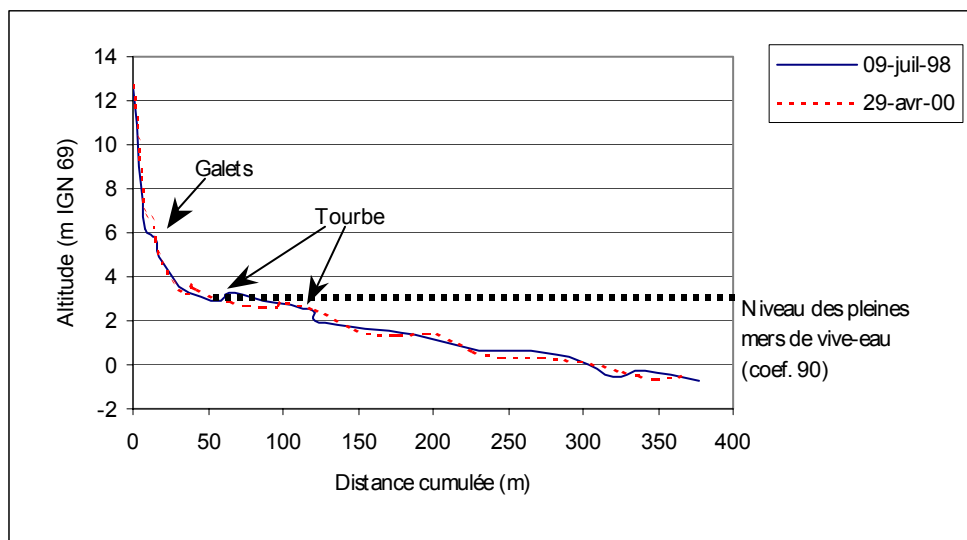
La synthèse de ces analyses est fournie ci-après (source ULCO).

Les profils topographiques réalisés par le laboratoire GéoDAL de l'ULCO (COHEN, DOLIQUE, SIPKA et ANTHONY, 1998) montrent un rapide recul du rivage au centre de la baie dans la dune d'Aval (-9.5 m en deux ans, soit le taux déterminé à plus long terme par Marquet) et un abaissement de l'estran.



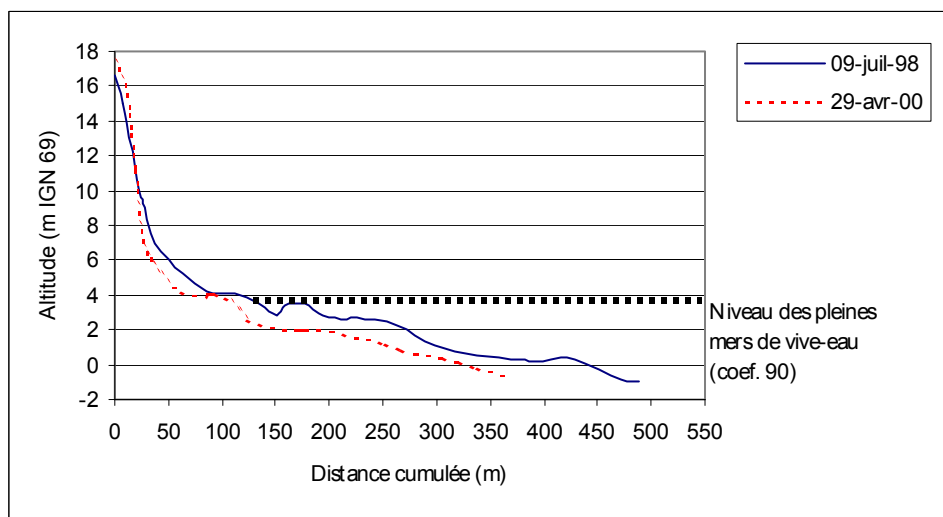
Comparaison de profils topographiques en dune d'Aval

Les profils levés à l'ouest de la dune du Châtelet montrent un recul plus modéré, mais toujours un abaissement de l'estran.



Comparaison de profils topographiques en dune du Châtelet

Enfin, ceux réalisés en dune d'Amont, reflètent une légère érosion à court terme de la dune bordière et des fluctuations classiques des plages à barres et à bâches typiques des littoraux du Nord – Pas de Calais (SIPKA, 1998 ; COHEN, DOLIQUE, SIPKA & ANTHONY, 1998 ; REICHMUTH, 2003). Cela ne reflète cependant pas l'évolution générale du secteur sur la période 1996 – 2005.



Comparaison de profils topographiques en dune d'Amont

L'analyse des résultats de l'ULCO permet de conforter les résultats du suivi SMBC :

- Fortes variations saisonnières (mouvements dans le profil),
- Tendances évolutives à l'érosion sur le secteur Dune Aval et secteur du perré,
- Résultats divergents sur le secteur Dune Amont, à rattacher à des périodes de levés différentes.

3.3.3. EVOLUTION DU TRAIT DE COTE (SOURCE : ULCO - CETMEF)

Les phénomènes d'érosion et de recul de côte en baie de Wissant ne semblent pas propre à la seconde moitié du XXème siècle.

Fin du XIX ème- début du XXème siècle, l'érosion s'exerce alors à l'est de la Baie de Wissant, devant le village et les dunes d'Amont. Le banc à la ligne est au contraire en engraissement d'une manière telle que Briquet le considérait en 1930 comme une extension future du trait de côte.

Le prolongement des jetées portuaires du port de Boulogne dans les années 30 bloquent une partie du transit sédimentaire nord-sud, le Banc à la ligne tend alors à démaigrir et l'équilibre sédimentaire de la baie à basculer.

La seconde guerre mondiale et les travaux qu'elle entraîne sur l'estran : construction du mur de l'atlantique et du fossé antichar, assèchement du cours d'eau du Fart, destruction de la végétation des dunes.... vont contribuer à l'évolution des mouvements sédimentaires dans la baie.

A partir de la fin des années 40 et durant les années 50, l'érosion se déplace et affecte essentiellement une partie des dunes du Châtelet et de la dune d'aval. La partie occidentale de la Baie (dune baraque Fricot et partie ouest de la dune du Châtelet) reste relativement stable voire toujours en légère progradation. Le secteur devant la digue promenade et la partie la plus proche de la dune d'aval sont toujours en fort engraissement, de même sur les photos anciennes on commence à voir apparaître des dunes embryonnaires devant la dune d'amont

A partir de 1957 et jusqu'en 1975, l'érosion s'intensifie et se généralise à un grand secteur ouest de la baie, et particulièrement au niveau de la dune d'aval. En revanche le secteur oriental incluant la zone de la digue promenade continue à stocker des sédiments, la dune d'amont est même en forte accrétion

Durant les années 80 le secteur en érosion s'élargit encore touchant petit à petit l'estran au droit du village de Wissant (phénomènes à rattacher aux modifications des conditions de houle dans la Baie et in extenso aux évolutions bathymétriques du Banc à la Ligne). La croissance de la dune d'Amont tend à ralentir et l'intensité érosive à se concentrer au niveau des dunes du Châtelet.

Le début des années 90 semble marquer une nouvelle évolution de l'érosion dans la baie, le rythme de l'érosion se ralentit voire se stabilise à l'ouest de la baie, le phénomène paraît se décaler vers l'est et devient plus marqué au centre de la baie (dune d'aval). La dune d'Amont engraisse très faiblement, le niveau de l'estran au pied de la digue promenade baisse régulièrement

Jusqu'en 1998, les différentes études évoquées un ralentissement voire une stabilisation de la situation au regard de l'érosion en parallèle au réengraissement apparent du banc à ligne. Les années suivantes ne confirmeront pas cette possible stabilisation du trait de côte avec un recul important de la dune d'Aval, la détérioration du perré, les premiers signes d'érosion sur la dune d'Amont. Cette tendance est confirmée par les évolutions récentes.

Au-delà de ces tendances, plusieurs études ont évalué le rythme d'évolution du trait de côte :

TABLEAU 3.7 : EVOLUTION DU TRAIT DE COTE DANS LA BAIE DE WISSANT

Rythme de recul en m par an	Dune baraque Fricot	Dunes du Châtelet	Dune d'Aval	Dunes D'Amont
De 1949 à 1997 Marquet 2000	De - 0.5 à - 1	De - 0.9 à - 4.29	De - 5.71 à - 4.1	De + 1.8 à + 0.74
De 1963 à 1995 Etude SMO	De - 0.5 à - 1	De - 1.5 à - 1.7	De - 1.7 à - 2.5	De + 1.7 à + 1.2

MARQUET (2000), grâce à l'étude de huit campagnes de photographies aériennes rectifiées de leurs déformations optiques (de 1949 à 1997), a déterminé des rythmes d'évolution du trait de côte (ici le pied de dune) le long de 18 profils.

Le graphique présenté en figure 3.41 montre le résultat du traitement des mesures réalisées sur les photos aériennes par 4 méthodes statistiques : pour tous les secteurs, les résultats sont convergents.

De 1949 à 1997, le secteur de la dune de la Baraque Fricot est ainsi en légère érosion (1 à 1.5 m/an), ceux de la dune du Châtelet et de la dune d'Aval sont plus gravement touchés (5 m/an au centre de la Baie), la dune d'Amont est, elle, en situation de progression.

Cette étude a également démontrée que l'érosion se propageait vers l'est : si elle touchait autrefois principalement les massifs dunaires du centre de la baie, elle atteint aujourd'hui, avec une intensité inquiétante, le secteur de la digue.

Au-delà de ces évaluations de recul moyen annuel, il est essentiel de noter que le trait de côte recule avant tout par à coup, lors de tempêtes violentes associées à des marées de vives eaux. Dans ces situations, l'érosion et les transports sédimentaires sont intenses et peu dépendants des obstacles locaux : fixation dunaire, présence de cordon de galets, banc de tourbe, blockhaus... Aussi le rôle essentiel des conditions météorologiques et océanographiques extrêmes, rend l'estimation des vitesses de recul de côte très difficile à établir.

Les travaux de AERNOUTS (2005), réalisés avec neuf campagnes de photographies (de 1949 à 2000) avec des algorithmes de rectification d'images plus performants et sur 40 transects confirment ceux de MARQUET (2000).

Si l'on examine l'évolution du trait de côte pendant toute la période de mesures, on constate que les parties occidentale et centrale de la Baie de Wissant ont été affectées par une forte érosion, 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 (transects 22 à 30), atteignant même plus de 250 m à l'endroit du transect 28. De telles valeurs se traduisent par des rythmes de recul extrêmement élevés de 4 à 5 m/an. Plus à l'ouest, les rythmes de recul tendent à diminuer assez rapidement, mais restent néanmoins très significatifs puisque à une forte majorité de transects correspondent des valeurs de plus de 1 m/an, les mesures étant dans tous les cas supérieures à la marge d'erreur.

Pour l'ensemble de la période étudiée, les mesures dans le secteur de la dune d'Amont montrent que la partie est de la baie a connu une avancée de la ligne du rivage comprise entre 1,3 et 1,8 m/an ; avancée probablement associée 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 de Wissant, mais même en l'absence d'estimations des volumes impliqués dans ces transferts de sédiments, la représentation graphique des variations spatiales de la position du trait de côte indique

clairement qu'il existe une forte disproportion entre les quantités de sédiments érodés et les quantités qui ont pu s'accumuler dans la partie est (Fig. 3.42).

Sur la période récente (1989 – 2000), on observe une accentuation des rythmes de recul du rivage à l'ouest de Wissant. Ces derniers sont en effet pratiquement tous supérieurs à 2 m/an de recul du transect 5 au transect 34. Les pics d'érosion se situent en dune d'Aval (des transects 21 à 33) avec des reculs quasiment tous supérieurs à 5 m/an.

Les dunes du Châtelet et d'Aval connaissent dans leur intégralité une érosion supérieure à 2 m/an, avec un déplacement latéral du maximum d'érosion vers l'est.

L'espace dunaire situé en arrière du mur antichar a connu des taux de recul intense avec en moyenne 4,6 m/an de recul du pied de dune.

Les chiffres recensés au niveau de la dune d'Amont traduisent toujours une progression vers le large du rivage avec des rythmes variant entre 0,75 et 1,8 m/an entre les transects 36 et 41.

Globalement, pour l'ensemble de la Baie de Wissant, les mesures montrent que l'érosion littorale a eu tendance à se décaler vers l'ouest, touchant de plus en plus des secteurs qui étaient auparavant relativement stables. Un autre fait marquant est qu'il existe une forte opposition entre les parties centrale et occidentale 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^{ème} siècle.

3.4. SYNTHÈSE SUR LE FONCTIONNEMENT HYDROSEDIMENTAIRE GÉNÉRAL DE LA BAIE DE WISSANT

Les différentes études menées ces dernières années sur la Baie de Wissant ont permis de mettre en évidence les fortes interactions entre les différents compartiments de la Baie et une tendance générale à l'érosion sur la zone d'étude :

Le Banc à Ligne, marqué par une érosion continue, agit directement sur les conditions de propagation des houles à la côte. Son amaigrissement et les modifications bathymétriques qui en résulte contribue à une augmentation de l'exposition de l'estran aux houles les plus fortes.

La dépression pré-littorale, en forte érosion également, contribue également à l'augmentation des hauteurs de houle à la côte (réduction des effets de réfraction (atténuation) sur les fonds.

Ces processus d'érosion des fonds de la Baie ont favorisé une augmentation des effets des houles sur l'estran, provoquant ainsi une accélération des processus d'érosion.

Sous l'effet de ces conditions hydrodynamiques fortement changeantes (épisodes tempétueux de fréquence et d'intensité variable), on observe sur la plage de fortes variations du niveau de la plage

- Mouvements dans le profil importants sous l'action des houles frontales,
- Transport des matériaux vers le Nord-Est sous l'effet combiné des houles légèrement obliques, des courants de marée (importants sur la zone) et du vent,

Cela s'est accompagné par un déplacement et un élargissement des zones soumises à l'érosion.

On observe en effet sur le secteur urbanisé et sur le secteur de la Dune d'Aval une tendance générale à l'érosion.

Les pertes mesurées sur la période 1996-2005 devant le perré sont de l'ordre de 80-85 000 m³, soit 10 à 15 000 m³/an en moyenne. On observe également de très fortes variabilités dans les évolutions saisonnières et interannuelles.

Le secteur de la Dune d'Amont est encore aujourd'hui en accrétion, alimenté en partie par des matériaux provenant de la partie centrale de la Baie (zone d'érosion) et par les matériaux dunaires. Les volumes d'apport sur la période 1996- 2005 ont été de l'ordre de 196 000 m³ soit environ 20 000 m³/an en moyenne.

L'analyse de l'évolution passée du trait de côte a pu mettre en évidence la présence d'alternances (« cycles ») avec des niveaux hauts ou bas de sable sur la plage devant le perré ; dont les variations pouvaient être liés aux variations bathymétriques du Banc à la Ligne.

Actuellement, dans le contexte déficitaire général de la Baie, il est peu probable que la plage retrouve naturellement une situation d'antan avec un niveau haut de la plage. La tendance actuelle à l'érosion semble assez durable, le niveau bas de l'estran favorisant également l'accélération des processus érosifs (accentuation de l'effet des houles).

REFERENCES

AERNOUTS, 2005. *Le rôle des changements bathymétriques à l'avant-côte sur l'évolution des littoraux meubles du Cap Griz-Nez à Dunkerque, Cote d'Opale, Nord de la France*. Université du Littoral et de la Côte d'Opale. 194 p.

AUGRIS, C. CLABAUT, P. & VICAIRE, O., 1990. *Le domaine marin du Nord-Pas-de-Calais : Nature, morphologie et mobilité des fonds*. Edition IFREMER et Région Nord-Pas-de-Calais, 95 p.

CETMEF, 2004, Etude de faisabilité pour la protection de la Baie de Wissant contre l'érosion marine : Approche qualitative du fonctionnement hydrosédimentaire de la Baie et son application pour la définition de solutions,

CETMEF, 2004, Etude de propagation de la houle - Impact de l'évolution du banc à la ligne

CLABAUT, P. 1988. *Dynamique sédimentaire dans le détroit du Pas-de-Calais (large des côtes françaises)*. Thèse océanologie, Université des Sciences et Techniques de Flandres-Artois, 241 p.

COHEN, O., DOLIQUE, F., SIPKA, V. & ANTHONY, E.J., 1998. *Suivi topographique du trait de côte et caractérisation sédimentaire des sites de Leffrinckoucke, Calais Hoverport et Wissant : rapport final d'activités*. Rapport d'étude pour l'Espace Naturel Régional/Observatoire de l'Environnement Littoral et Marin,, Wimereux, 68 p. + annexes.

EDEN 62, 2004, Organisation de la fréquentation des dunes et plages de la Baie de Wissant – EDEN 62,

MARQUET, A., 2000. *Étude de la variabilité spatio-temporelle du trait de côte et des conditions météo-marines en Baie de Wissant*. Mémoire de maîtrise de géographie, ULCO, Dunkerque, 138 p.

PAXION, K. & COHEN, O., 2002. La Baie de Wissant : cent ans d'évolution en images. *Mappemonde* 67, 24-27.

SEDRATI, M. (en préparation) *Les estrans macrotidaux du Nord Pas-de-Calais : caractérisation de la morphodynamique et du transport hydrosédimentaire. Implication en Aménagement du Littoral*. Thèse de Doctorat, ULCO.

SEDRATI, M., 2002. *Analyse des courants intertidaux en Baie de Wissant*. DEA de géographie physique, ULCO, Dunkerque, 55 p.

SMCO, 2003. Plan Littoral d'Actions pour le Gestion de l'Erosion sur le littoral de la Côte d'Opale.

ULCO – GEODAL – 2004, Etude de faisabilité pour la protection de la Baie de Wissant contre l'érosion marine – Evolution des fonds et transports sédimentaires potentiels en Baie de Wissant.

FIGURES

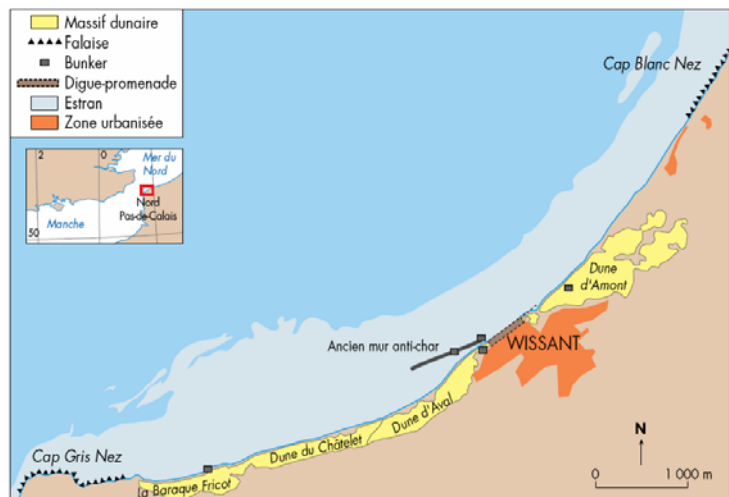
FIGURE CHAPITRE 1

FIGURE CHAPITRE 1

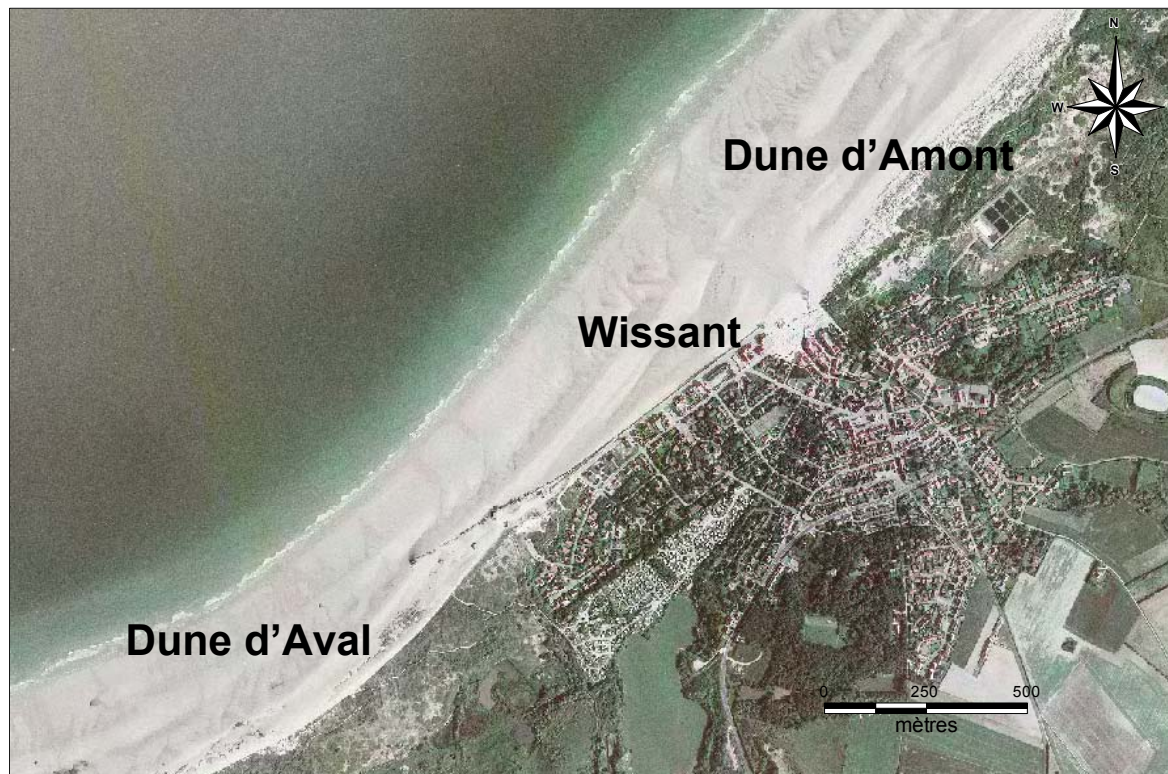
Localisation du site d'étude



Figure 1. 1



Source : Paxion - Cohen



Source : SIG Littoral Orthophoto

Figure 1. 2

Photographie aérienne oblique du site



Source : CETMEF

Figure 1. 3

Présentation du site

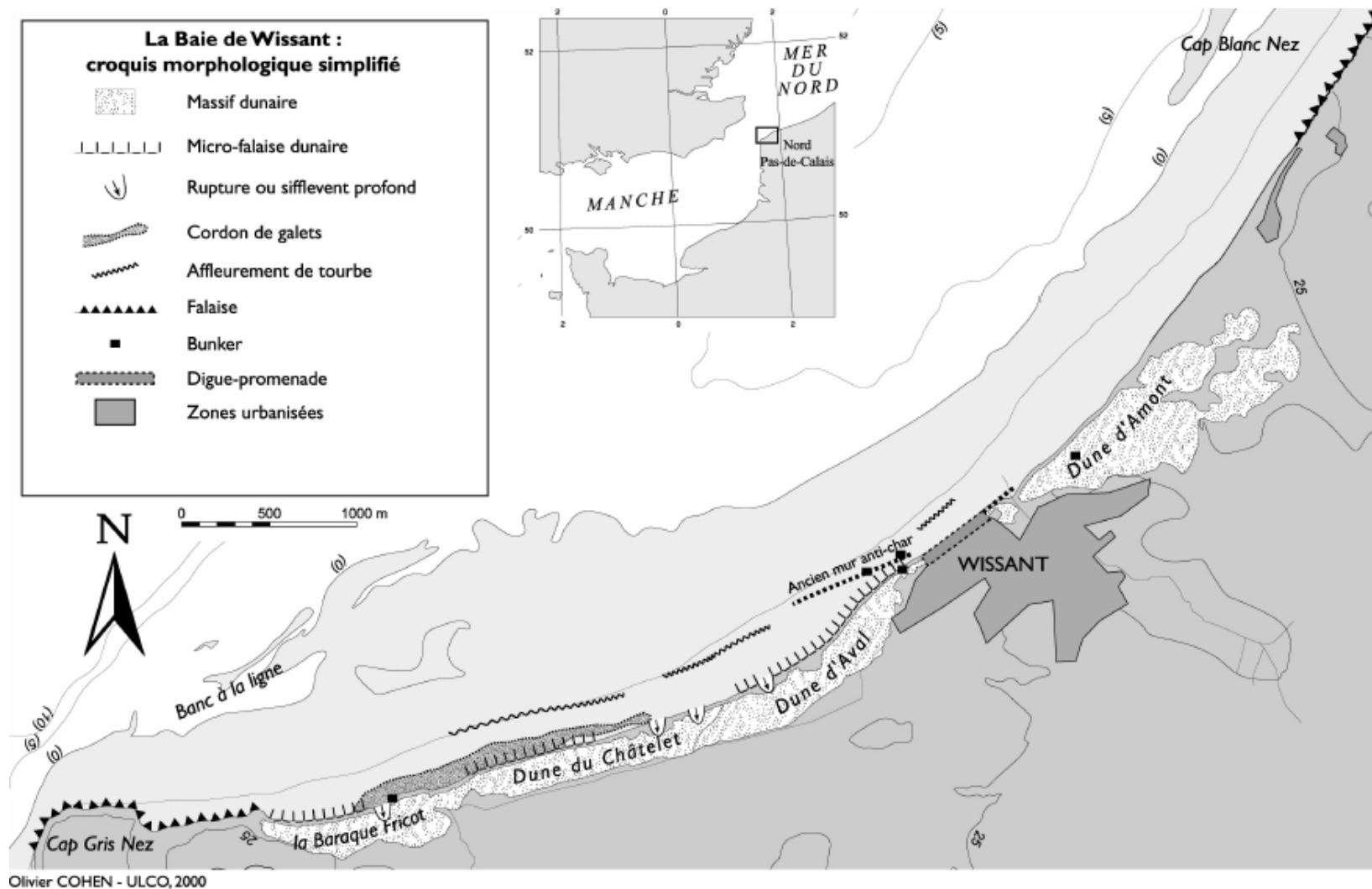


Figure 1. 4

Bathymétrie de la Baie (en mètre CM)

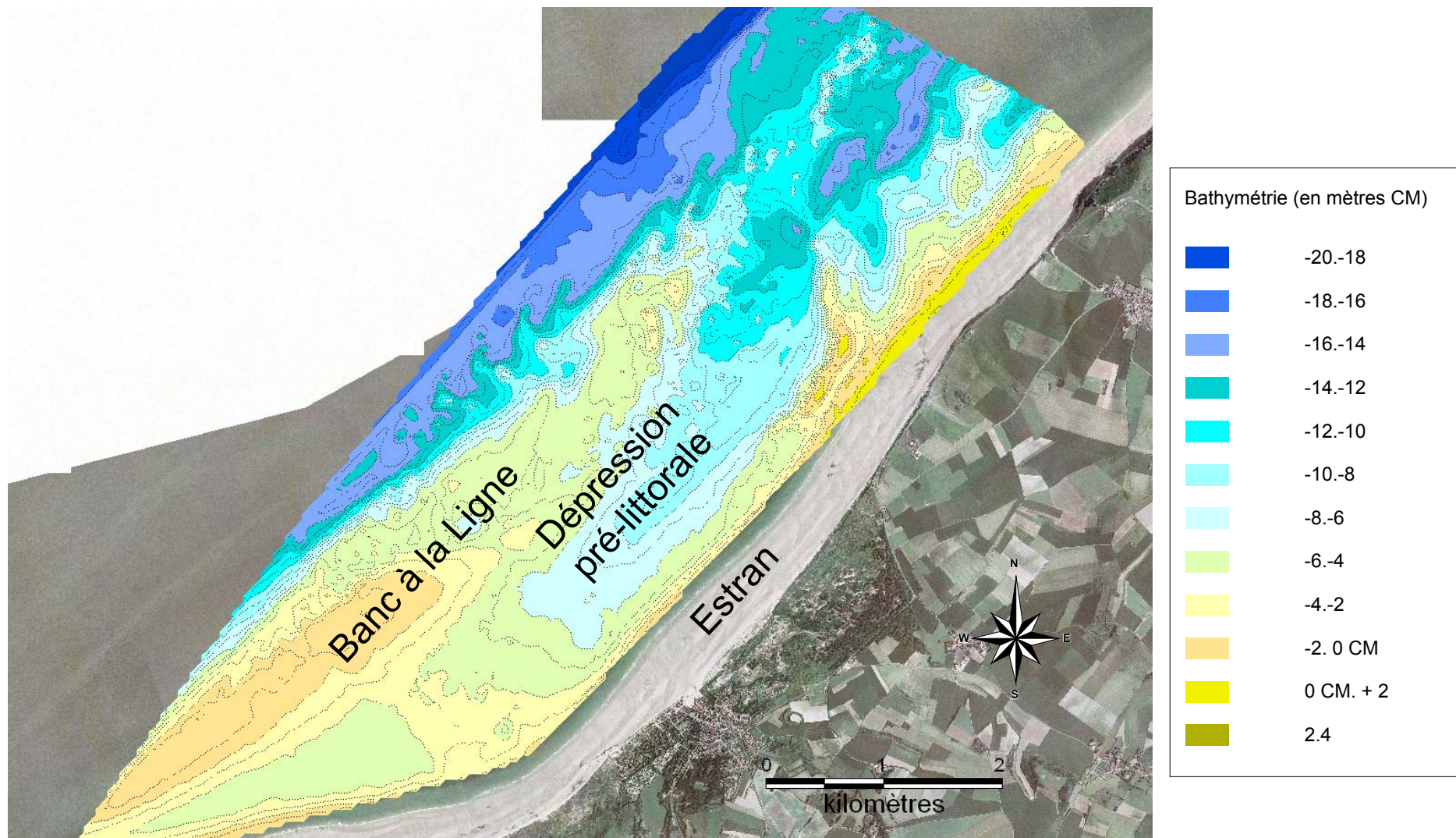
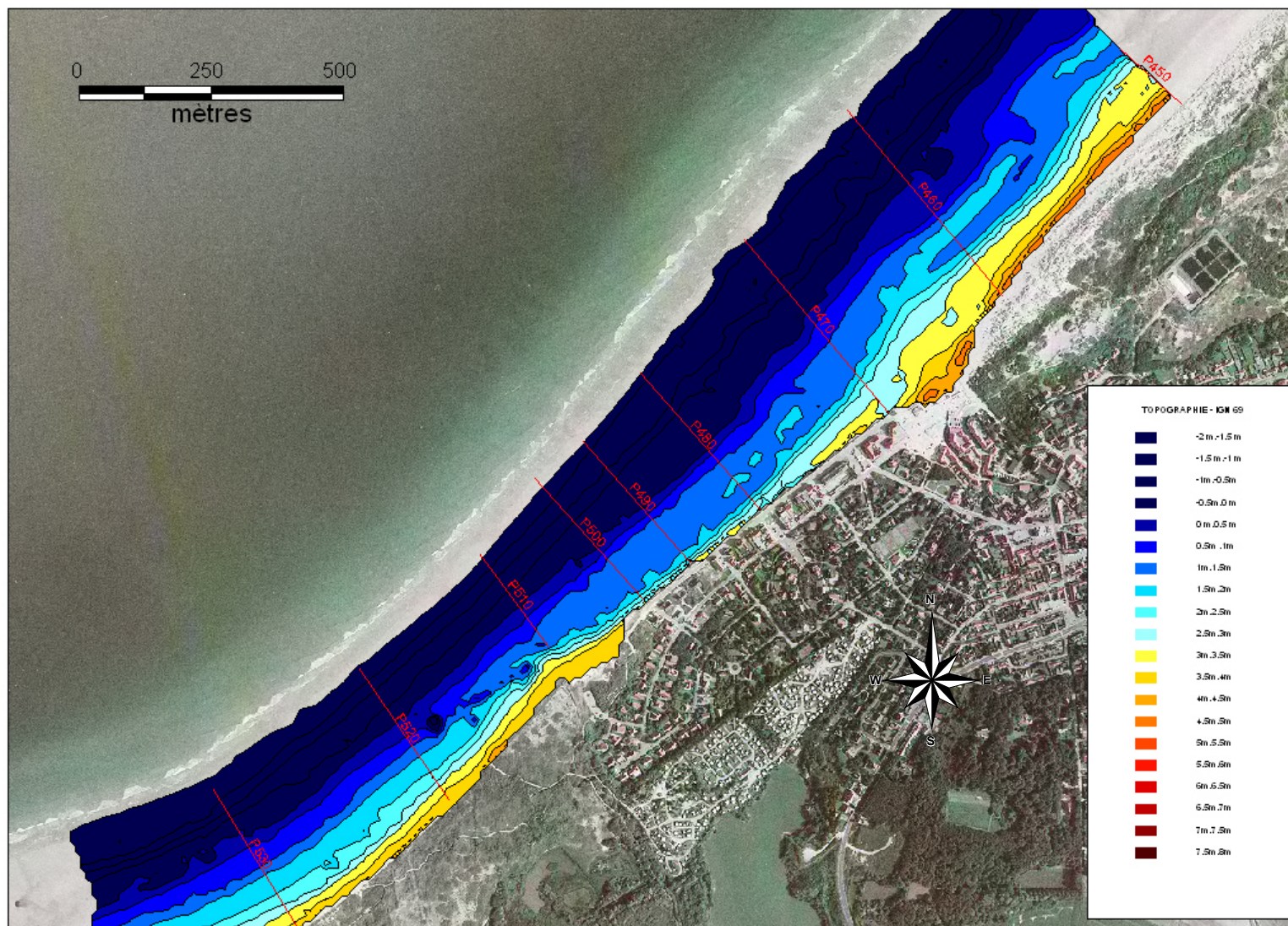


Figure 1. 5

Topographie de l'estran (en mètre IGN69)



Source : Levé IN VIVO 2005 - Fond cartographique : Orthophotoplan 2000

Figure 1. 6

Photographies du site d'étude – 18/07/05 – Coeff. 51



Vue sur Dune Amont



Secteur du Poste de secours



Extrémité perré



Perré (vers le sud-ouest)



Perré (vers le nord-est)



Vestiges seconde guerre mondiale

Figure 1.7 Photographies du site d'étude – 20/09/05 – Coeff. 112



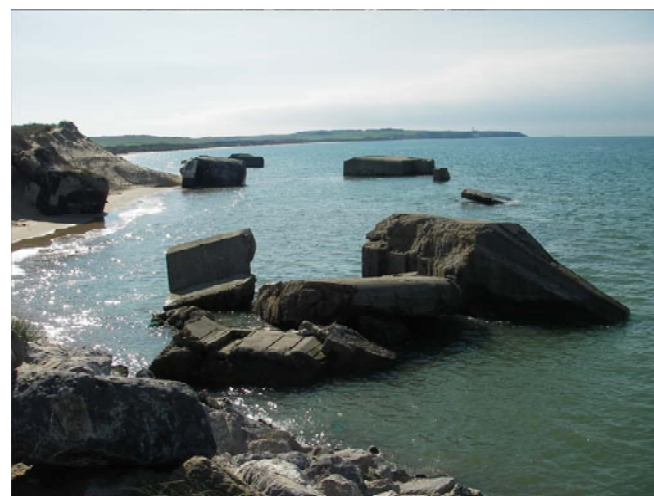
Perré (vers le nord-est)



Perré (vers le sud-ouest)



Extrémité perré



Vestiges seconde guerre mondiale

Figure 1. 8

Photographies du site d'étude – 20/09/05 – Coeff. 107



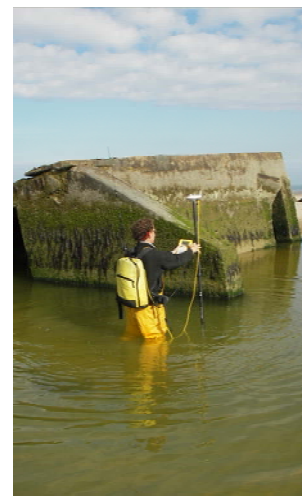
Exutoire proche poste de secours



Affouillement pied de perré



Affouillement pied blockhaus

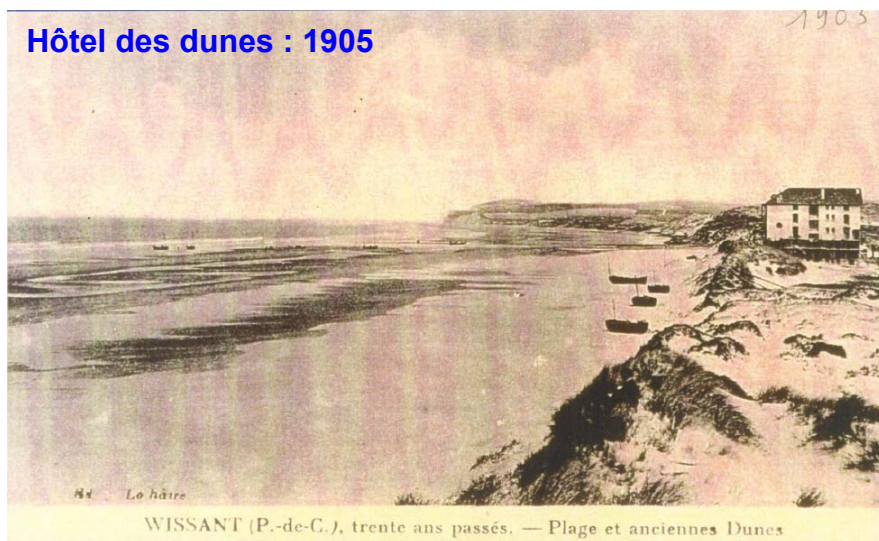


Affouillement pied blockhaus

Figure 1. 9

Historique de la plage - Photos Amis de Wissant (1)

Hôtel des dunes : 1905



Apport de pierres pour le perré : 1906



La mer vient au pied de la digue : 1920'

Figure 1. 10

Historique de la plage - Photos Amis de Wissant (2)



Mur de l'Atlantique pendant la guerre



Source : Amis de Wissant



Figure 1. 11

Historique de la plage - Photos Amis de Wissant (3)



Source : Amis de Wissant

Figure 1. 12

Historique de la plage - Photos Amis de Wissant (4)

1999 : Dégradation de la digue



2001 : Lotissement d'Aval menacé



Décembre 2001 : reconstruction de la digue



2001 : érosion dune d'Aval



Figure 1. 13

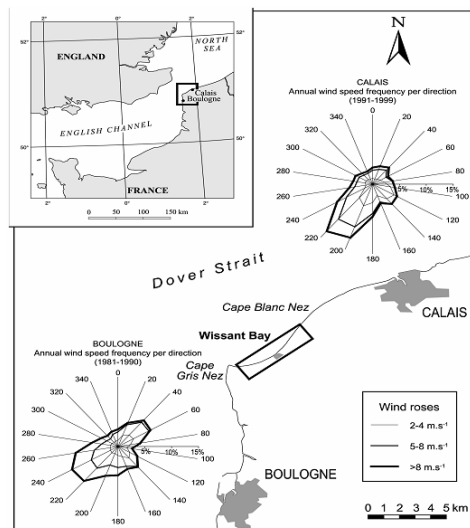
Historique de la plage - Photos SMBC (5)



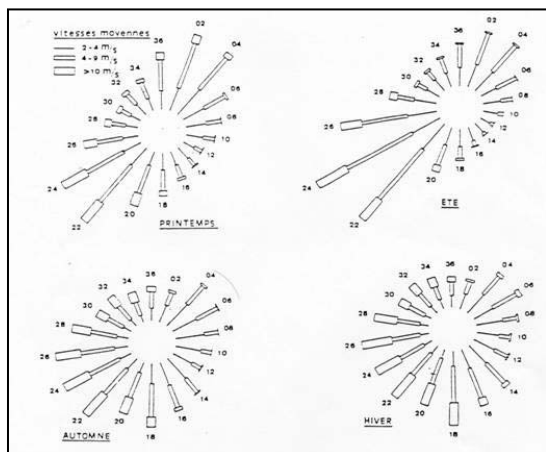
FIGURE CHAPITRE 2

Figure 2. 1

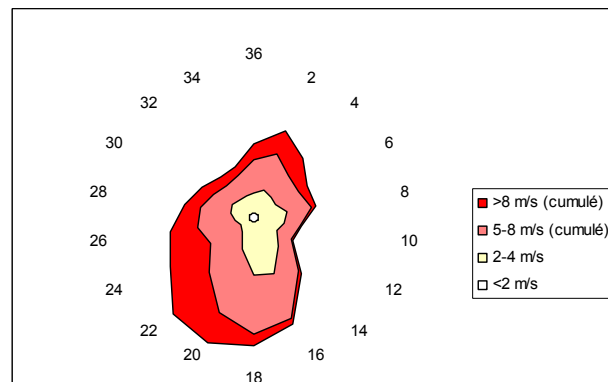
Rose des vents à Boulogne, Calais et Dunkerque



Rose des vents à Boulogne et Calais



Répartition annuelle des vents (Boulogne) in Ruz, Meur-Ferrec, Hequette 1998



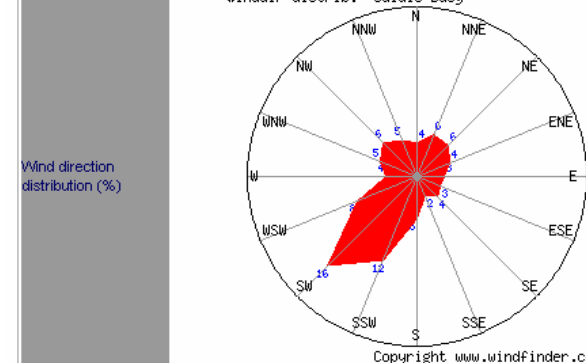
Répartition des vents en vitesse (Dunkerque) (Météo-France Janvier 88 - Décembre 97)

Calais Buoy (CALAIS)

Stats based on observations taken between 10/2001 & 4/2005 daily from 7am to 7pm local time.

Month of year	Jan 01	Feb 02	Mar 03	Apr 04	May 05	Jun 06	Jul 07	Aug 08	Sep 09	Oct 10	Nov 11	Dec 12	SUM 1-12
Dominant Wind Dir.	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖
Wind probability ≥ 4 Beaufort (%)	86	77	71	60	59	60	69	45	55	79	74	79	67
Average Wind Speed (Knots)	20	20	17	16	15	14	16	11	13	18	17	18	16
Average Airtemp. (°C)	8	8	8	9	12	15	16	19	17	14	11	8	12
Select Month (Help)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year

Winddir distrib. Calais Buoy

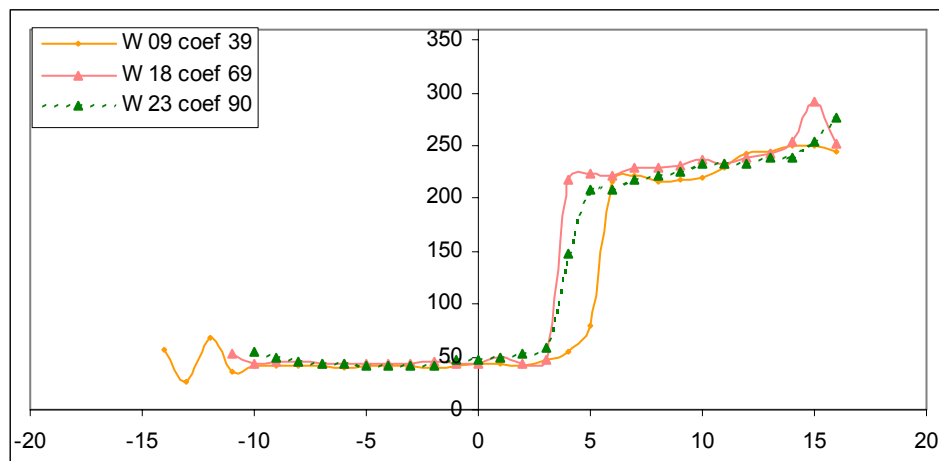


Copyright www.windfinder.com

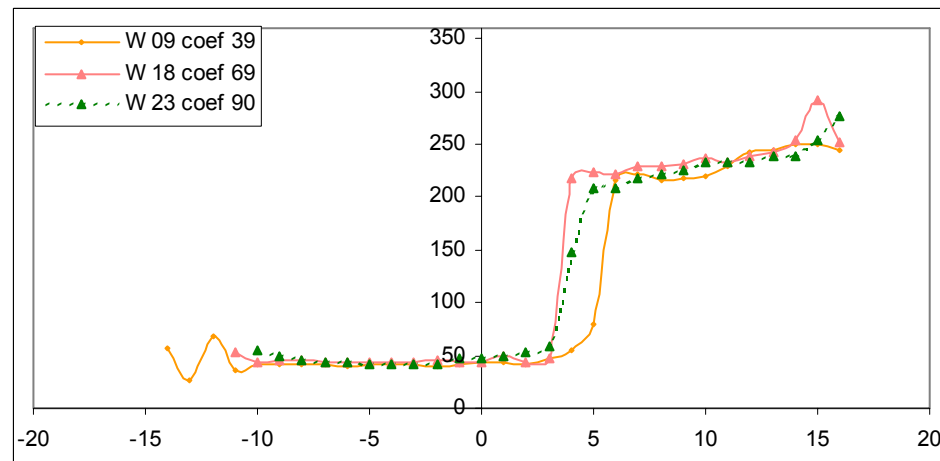
Statistiques des vents à Calais

Figure 2. 2

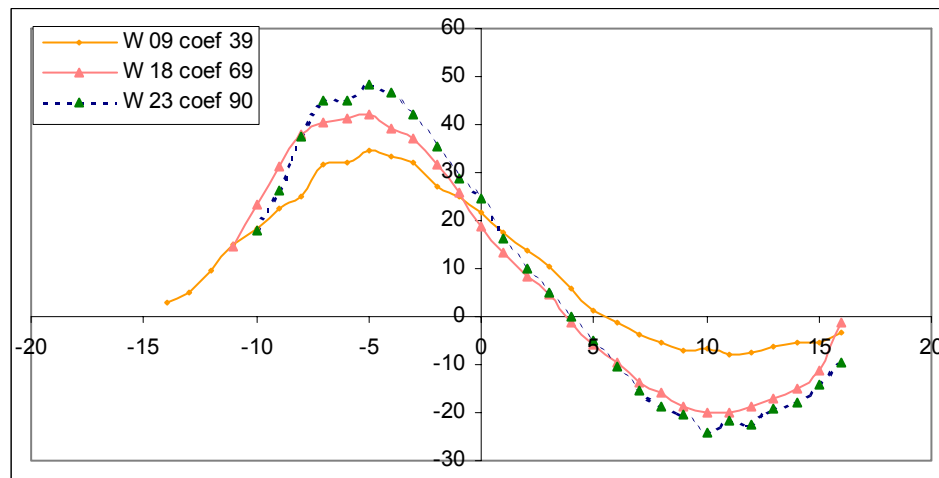
Courants de marée sur la zone d'étude (ULCO)



Directions en degrés des courants de marées à Wissant.

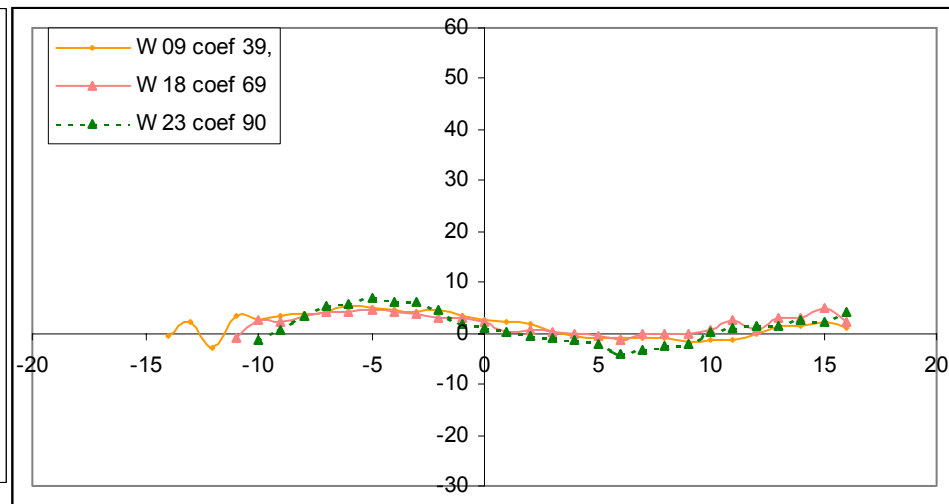


Directions en degrés des courants de marées à Wissant.

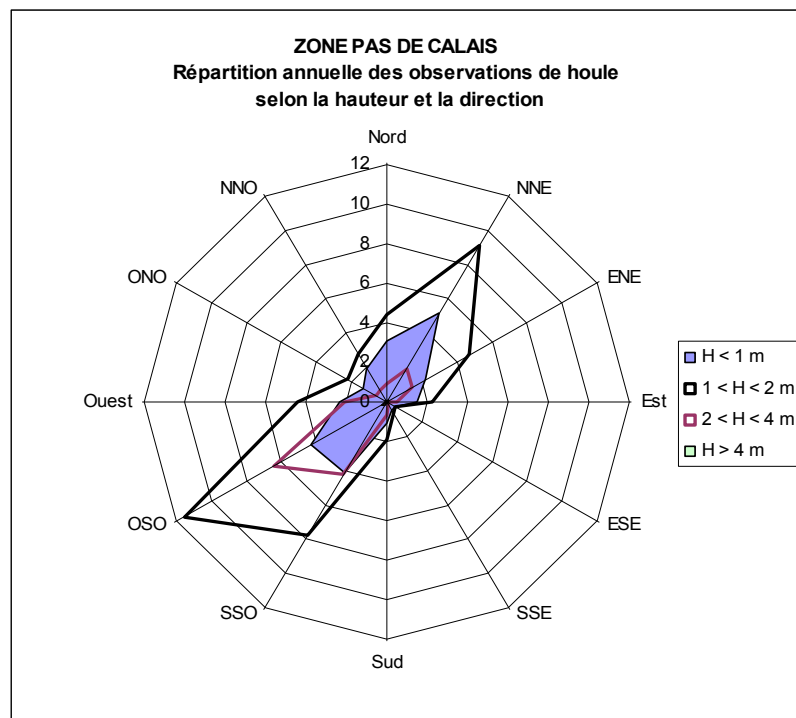


Les composantes longitudinales en cm.s^{-1} des marées à Wissant

Source : M.Sedrati, 2002

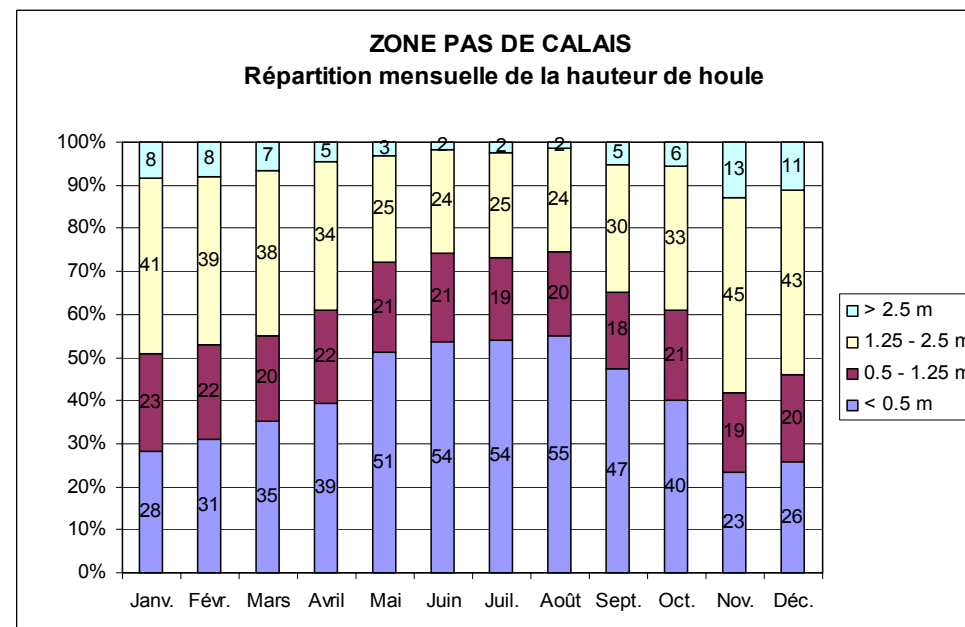


Les composantes transversales en cm.s^{-1} des marées à Wissant

Figure 2. 3**Vagues et houles –Zone Pas de Calais**

Répartition annuelle (en %) des observations de houle selon la hauteur (en m) et la direction (en rose de 12). 4 867 observations sur la période 1960-1980. Figure extraite de EDF-LNHE (2004)

Source : EDF-LNHE (2004)

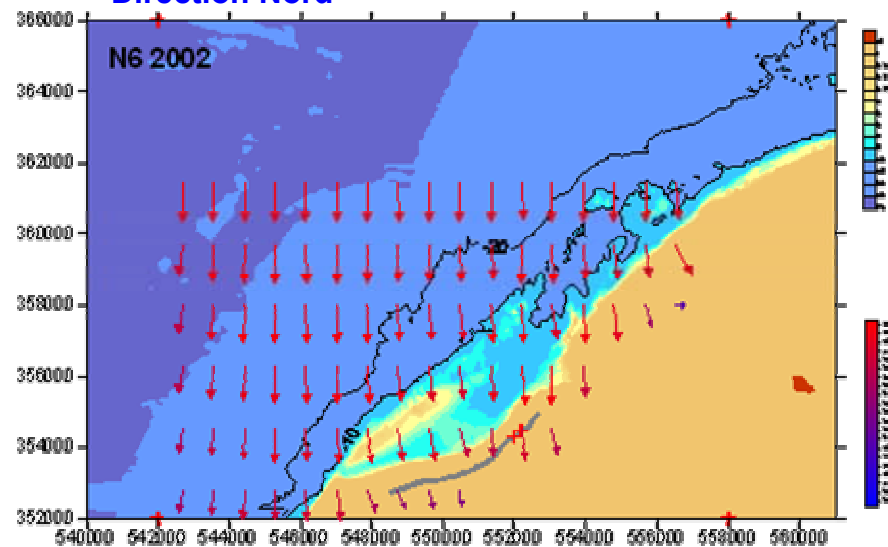


Répartition mensuelle (en %) des hauteurs de houle (en m). 50 932 observations sur la période 1960-1980. Figure extraite de EDF-LNHE (2004)

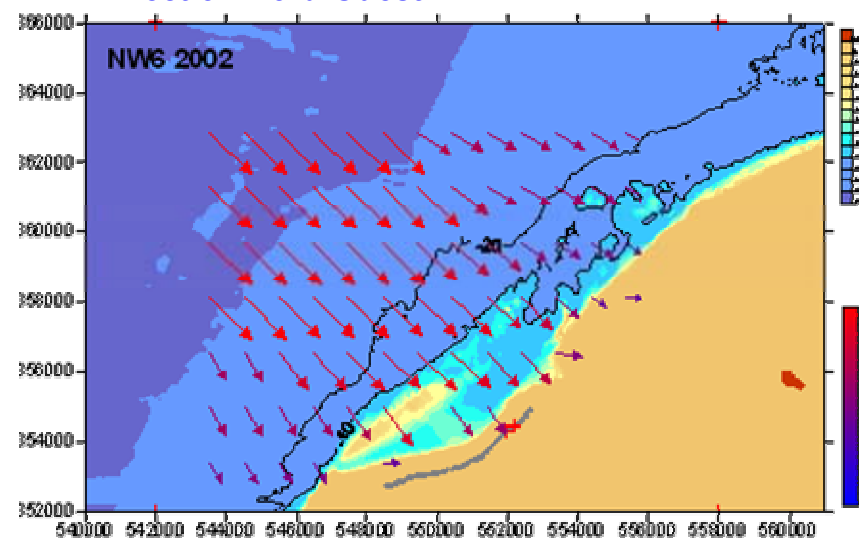
Figure 2. 4

Houle décennale – hauteur d'eau 6,50m -

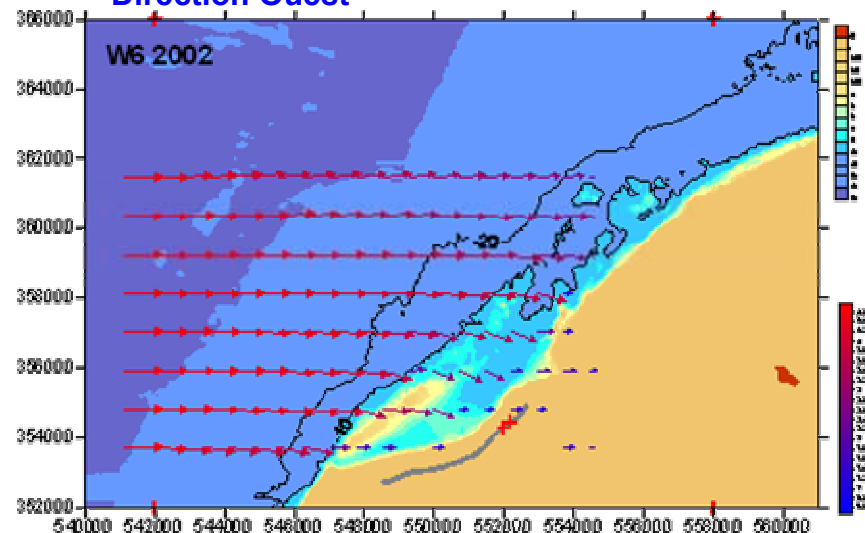
Direction Nord



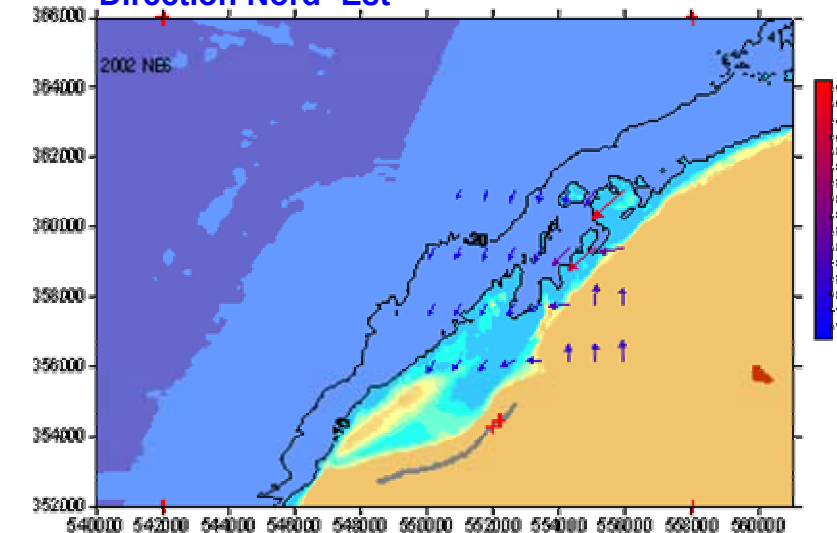
Direction Nord-Ouest



Direction Ouest



Direction Nord -Est

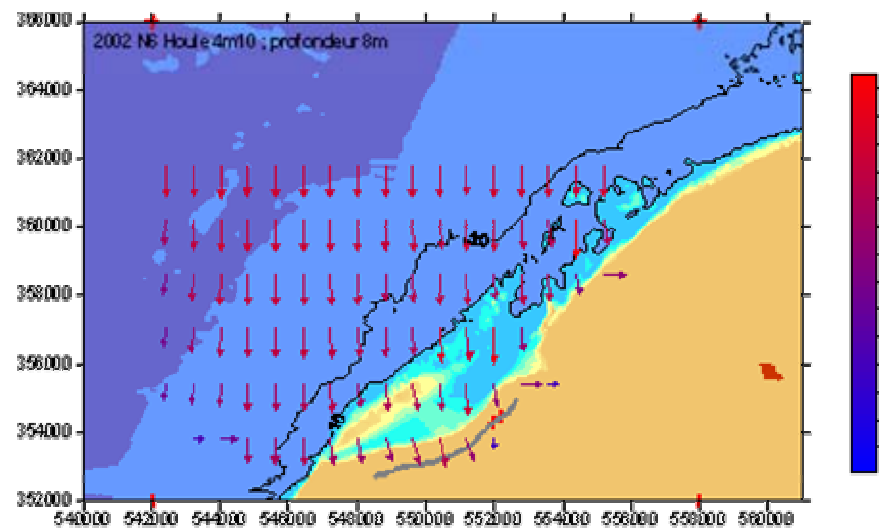


Source : CETMEF

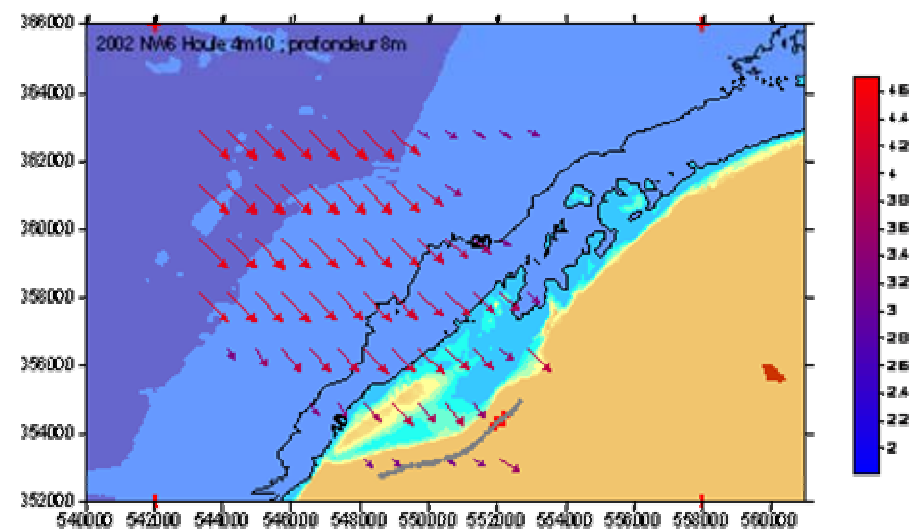
Figure 2. 5

Houle annuelle – hauteur d'eau 8 m -

Direction Nord



Direction Nord-Ouest



Direction Ouest

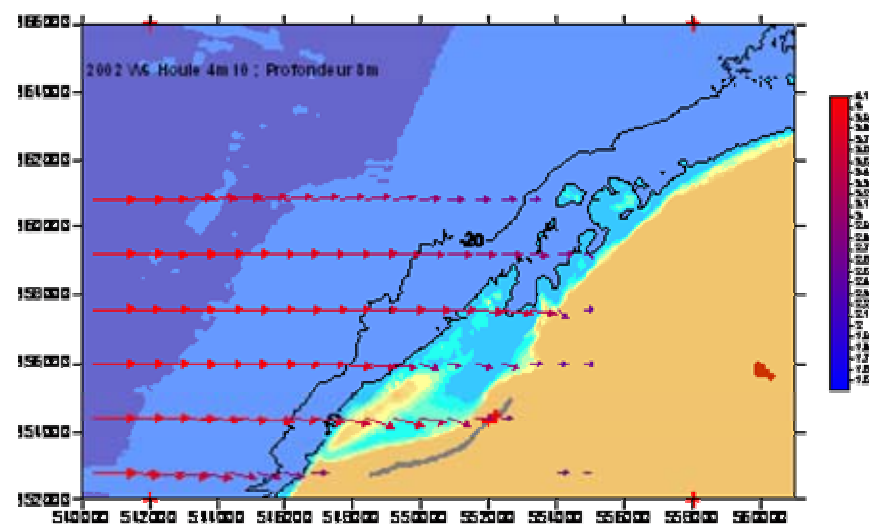
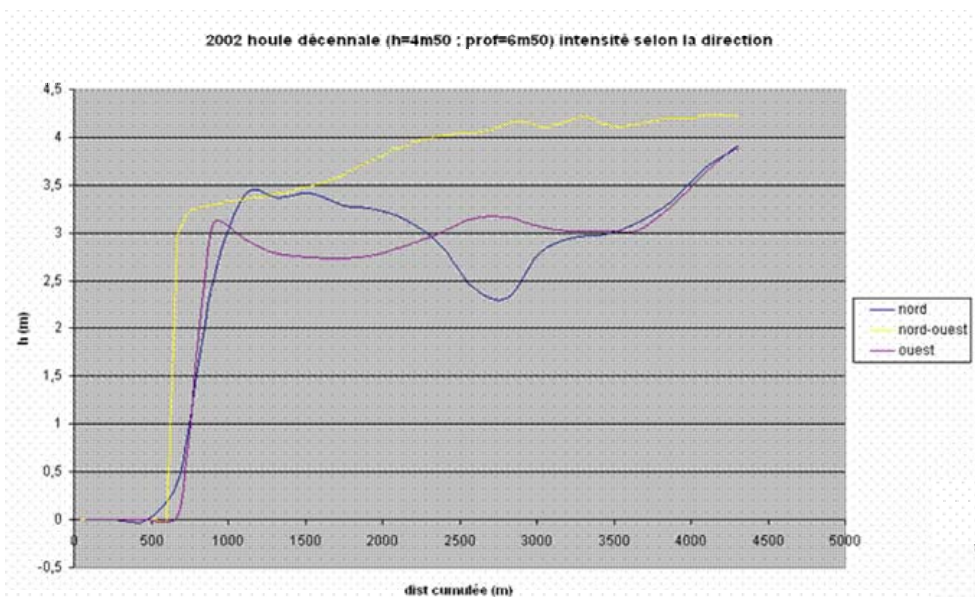


Figure 2. 6 Hauteurs de houles à la côte – partie centrale de la plage

Houle décennale



Houle annuelle

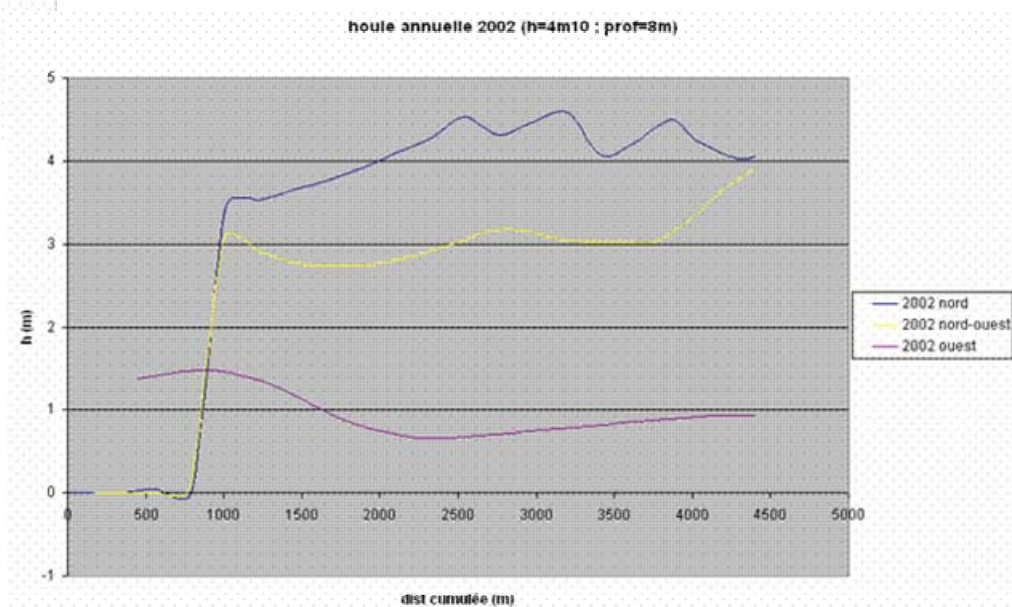
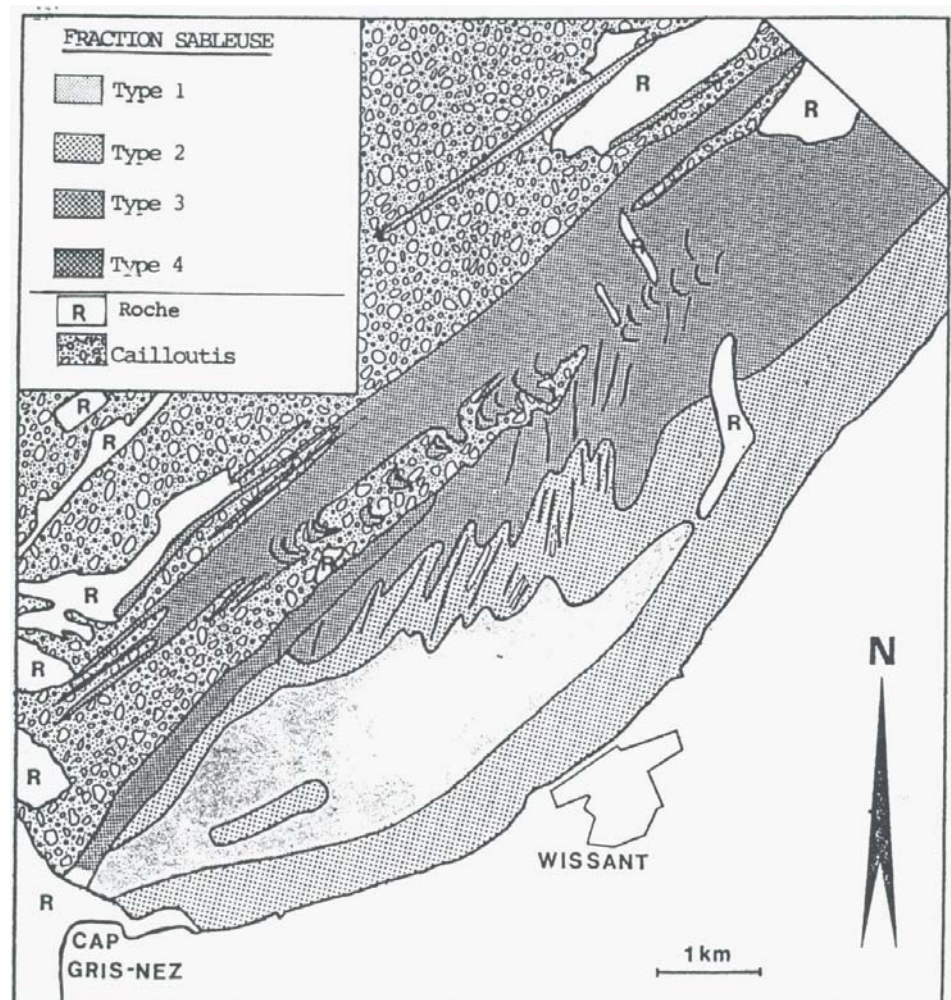


FIGURE CHAPITRE 3

Figure 3. 1

Données granulométriques dans la Baie



Sables fins 160-200 μm . — 2. Sables moyens 200-315 μm . — 3. Sables moyens 315-500 μm . — 4. Sables grossiers 500 μm -2 mm. — 5. Gravier et cailloutis. — 6. Roche. — 7. Crêtes et vagues de sable.

Source : P.CLABAUD

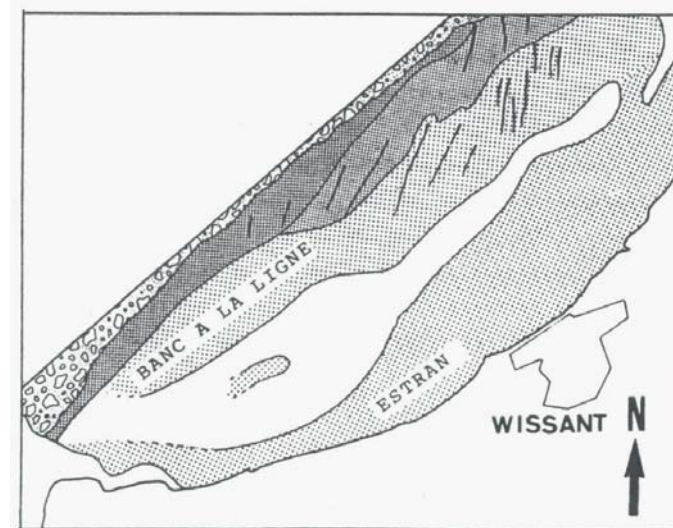
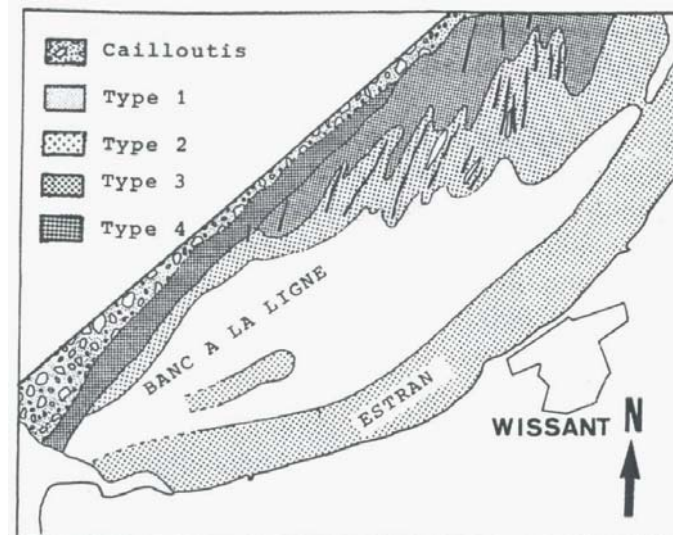
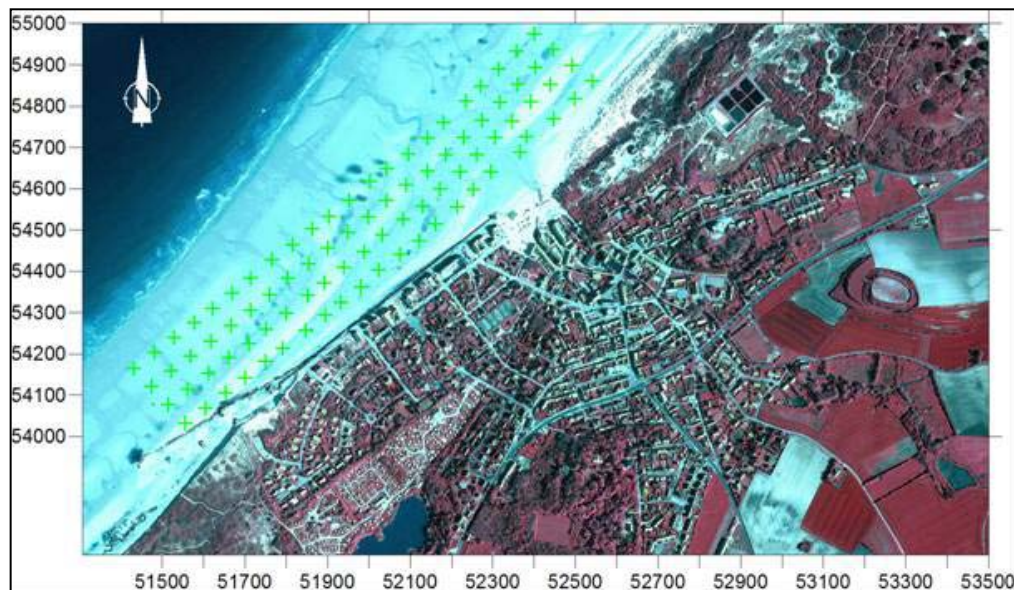


Figure 3. 2 Analyses granulométriques sur l'estran – ULCO - 2003



Cartographie des indices granulométriques sur l'estran

(en haut, diamètre moyen ; au milieu, tri ; en bas asymétrie)

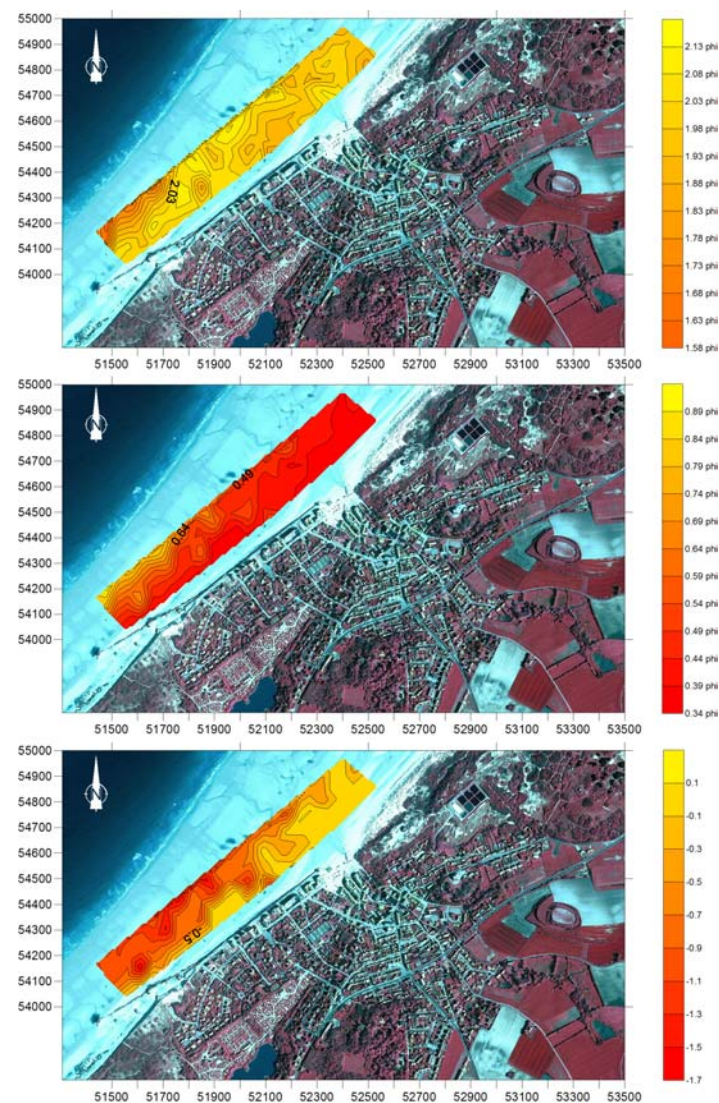


Figure 3. 3

Position des prélèvements 2005



Analyses granulométriques Septembre 2005

Taille (µm)	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B
D10	204	192	192	192	193	202	205	196	190	200	208	201	199	198	199	195	194
D16	220	206	211	207	209	220	227	212	205	218	232	219	219	215	217	215	210
D25	244	227	238	229	231	247	260	236	228	245	269	245	249	241	243	244	235
D50	304	280	312	284	291	320	357	302	288	317	388	315	329	309	310	324	301
D75	387	356	479	365	386	445	583	420	394	444	697	426	474	423	410	484	413
D84	459	422	800	454	528	648	899	630	551	630	997	569	737	582	530	801	617
D90	507	467	1013	513	623	784	1109	770	656	755	1197	664	913	688	611	1013	752
DEAN : M□	-8	-8	-9	-8	-8	-9	-9	-9	-8	-9	-9	-8	-9	-8	-8	-9	-8
DEAN : □□	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2

[illegible][illegible]

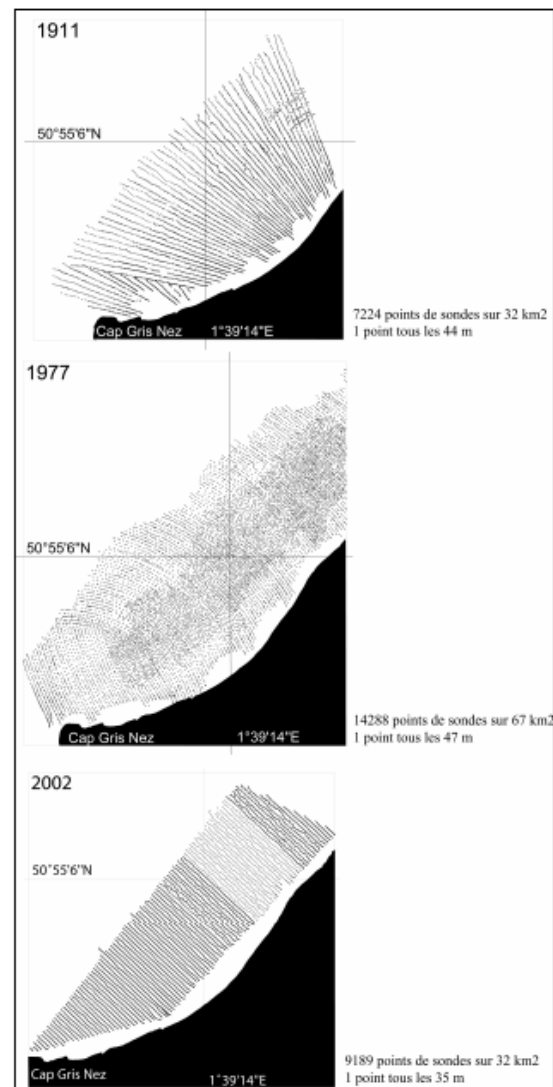
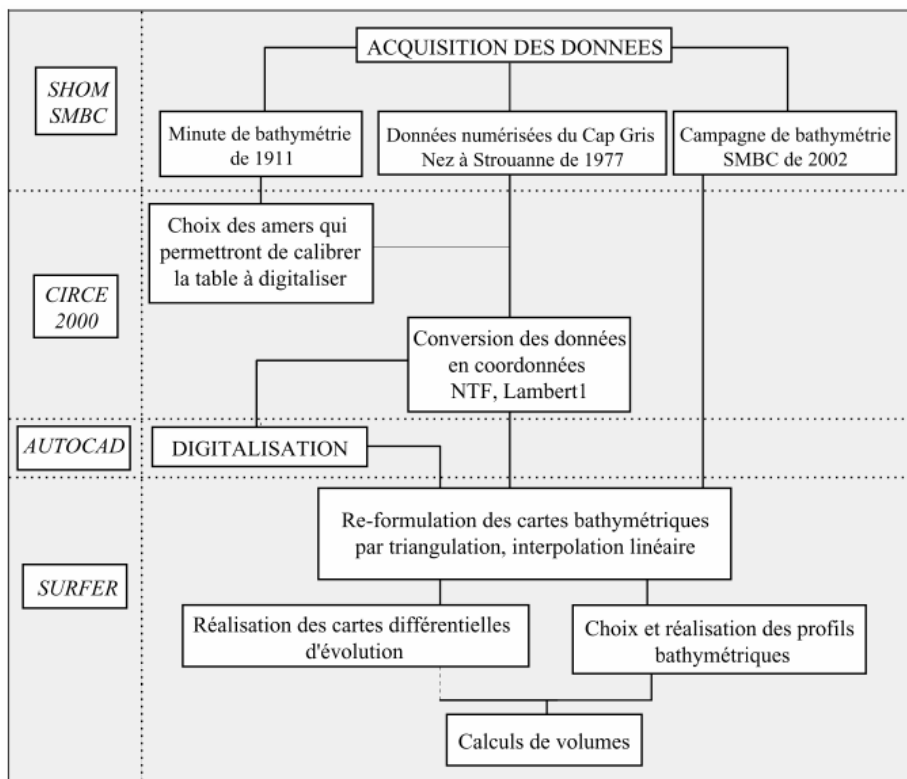
Figure 3. 5

Granulométrie – D50 (en mm) – Septembre 2005



Figure 3. 6

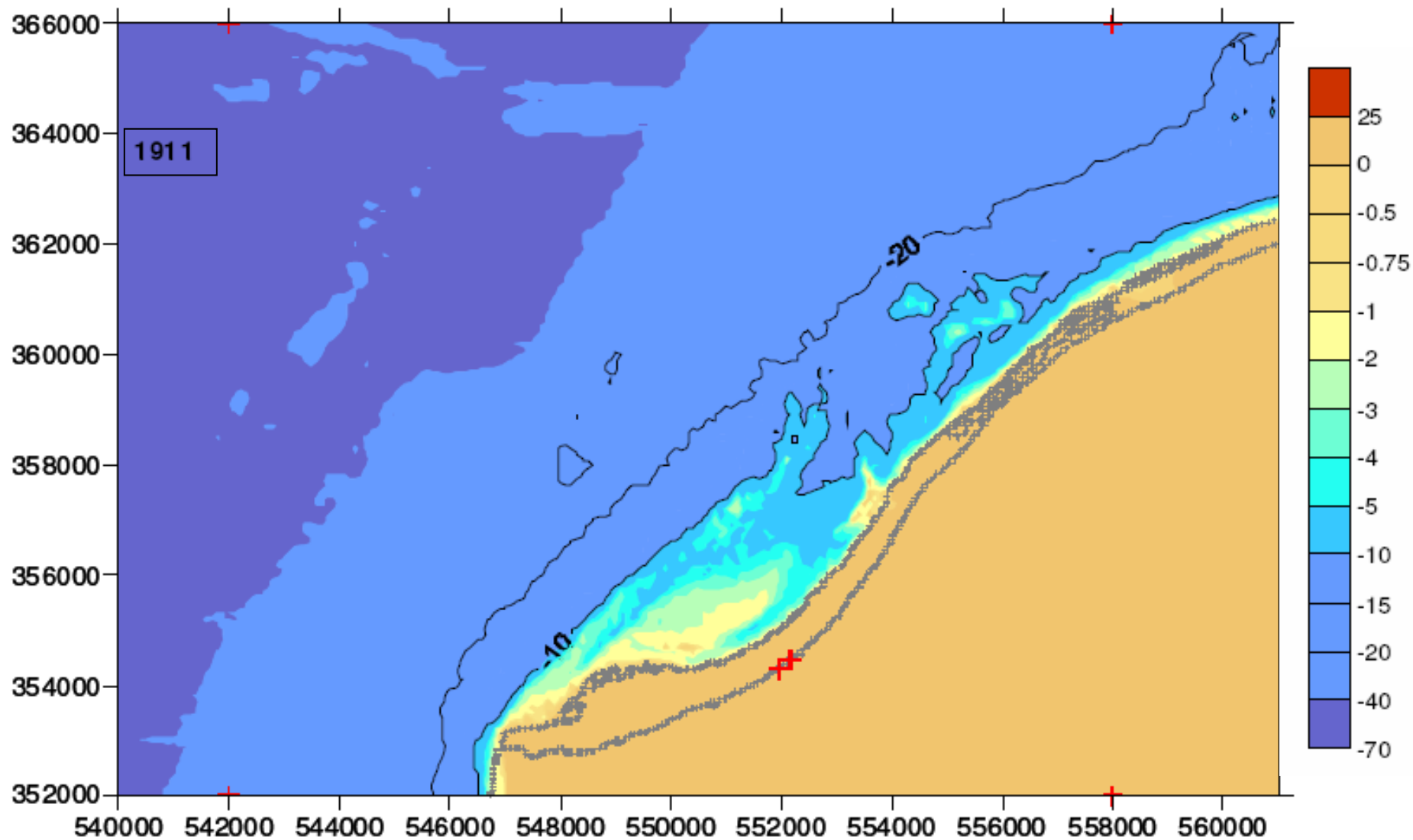
Analyse de l'évolution des fonds - Méthodologie



Source : ULCO

Figure 3. 7

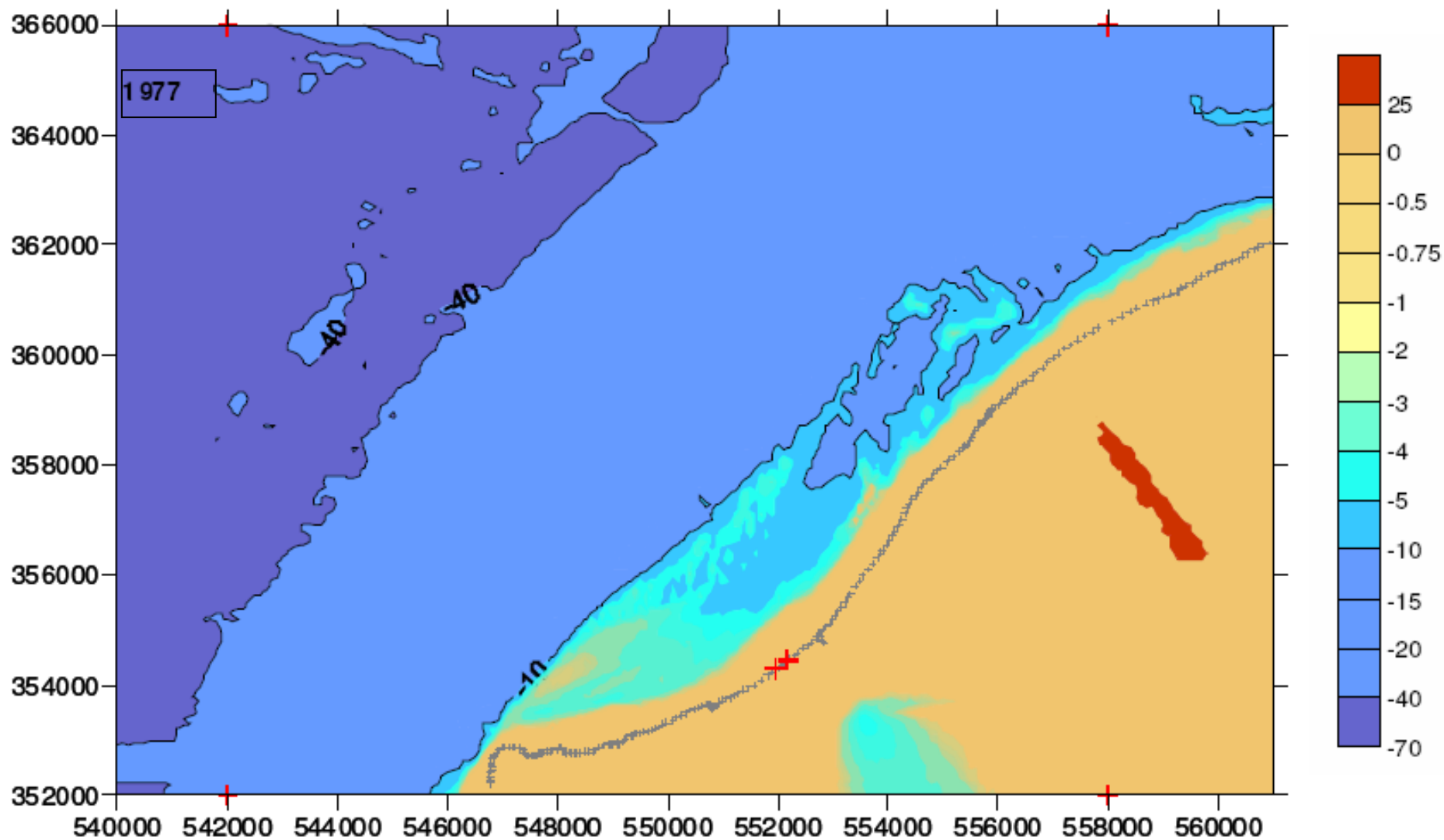
Banc à la ligne – Etat des fonds en 1911 (CETMEF)



Source : CETMEF

Figure 3. 8

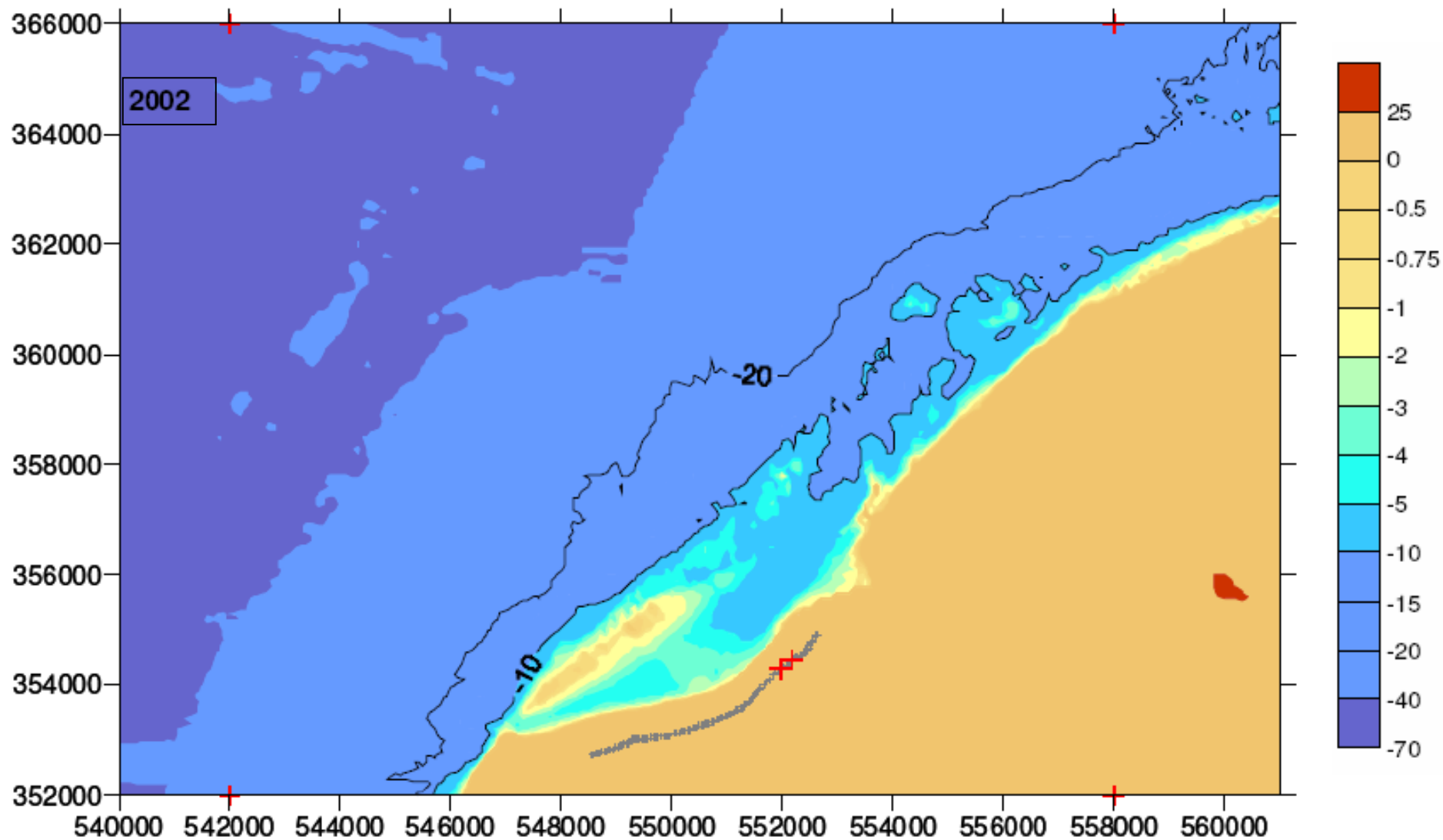
Banc à la ligne – Etat des fonds en 1977 (CETMEF)



Source : CETMEF

Figure 3. 9

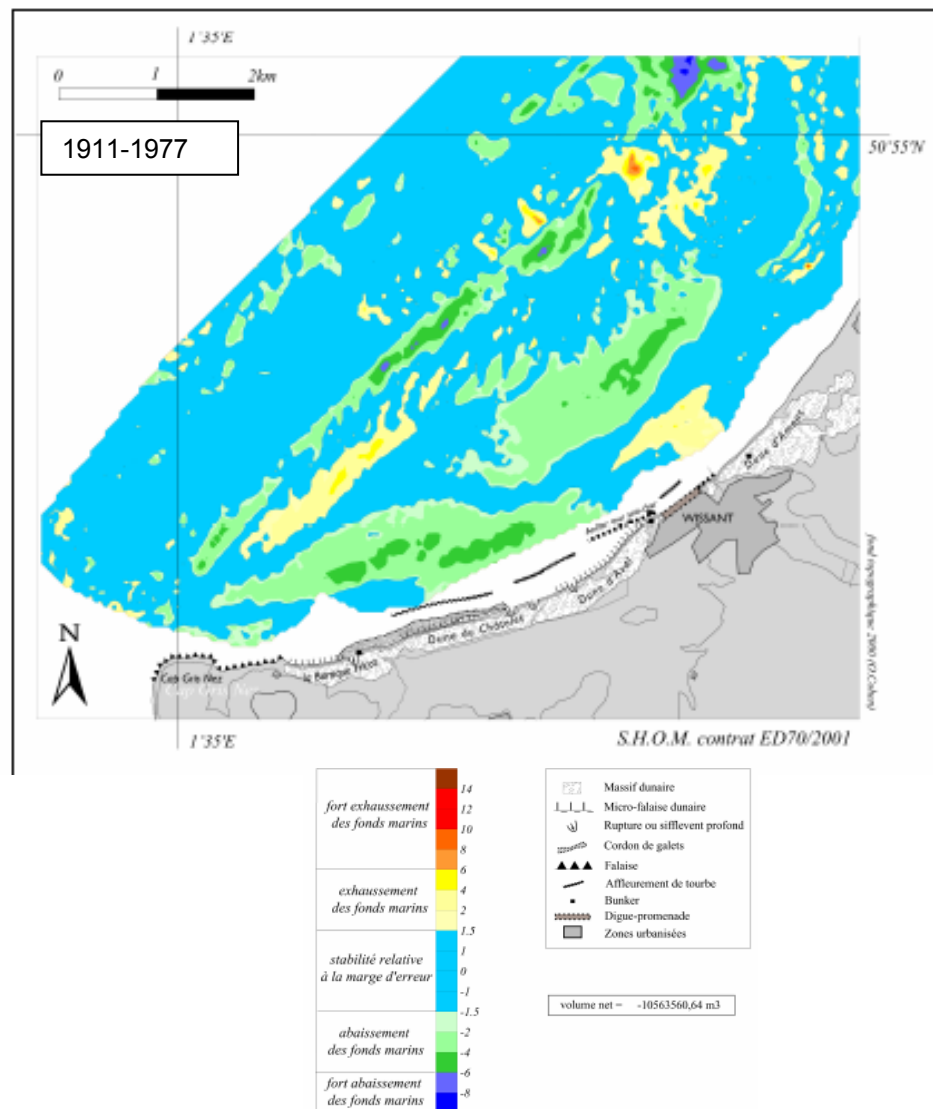
Banc à la ligne – Etat des fonds en 2002 (CETMEF)



Source : CETMEF

Figure 3. 10

Evolution des fonds de la Baie (ULCO) (1)



Source : ULCO

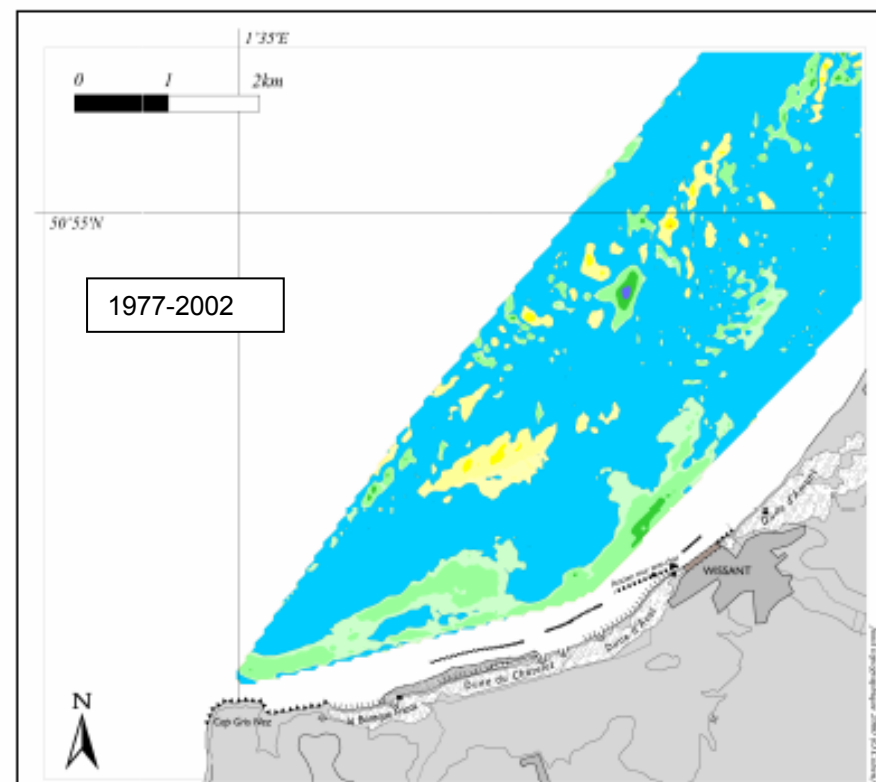
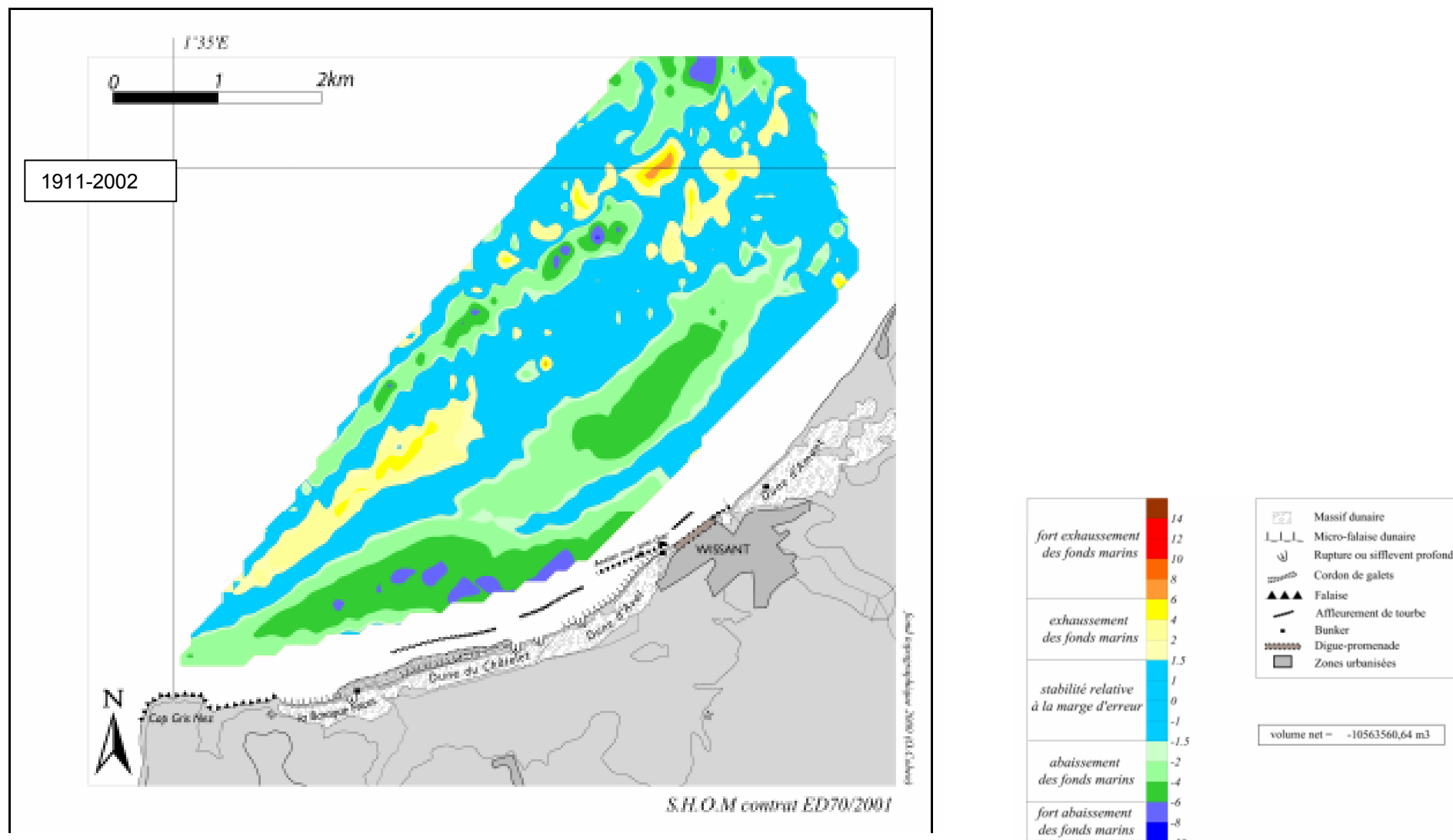


Figure 3. 11

Evolution des fonds de la Baie (ULCO) (2)



Source : ULCO

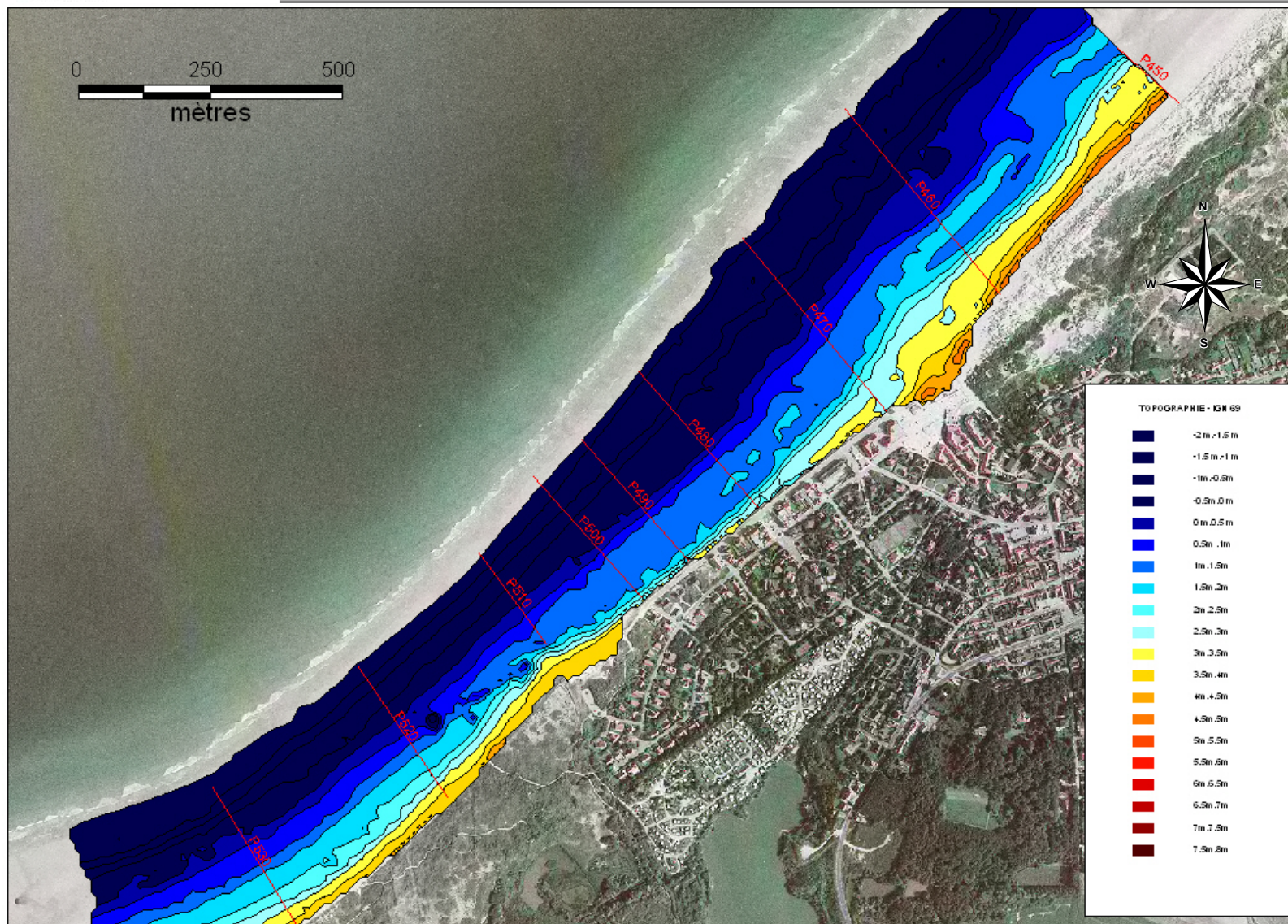
Figure 3. 12

Campagne topographique sept 2005



Figure 3. 13

Topographie de l'estran (en mètre IGN69)



Source : Levé IN VIVO 2005 - Fond cartographique : Orthophotoplan 2000

Figure 3. 14

Position des profils analysés



Figure 3. 15**Suivi du profil 460**

Nota : Les profils SMBC sont exprimés en CM (CM = Niveau IGN69 + 3,88m)

Evolution du profil

Un indicateur vertical apparaît sur certains graphiques. Il est utilisé dans le cadre du suivi SMBC comme repère pour la quantification du recul du trait de côte sur les différents profils

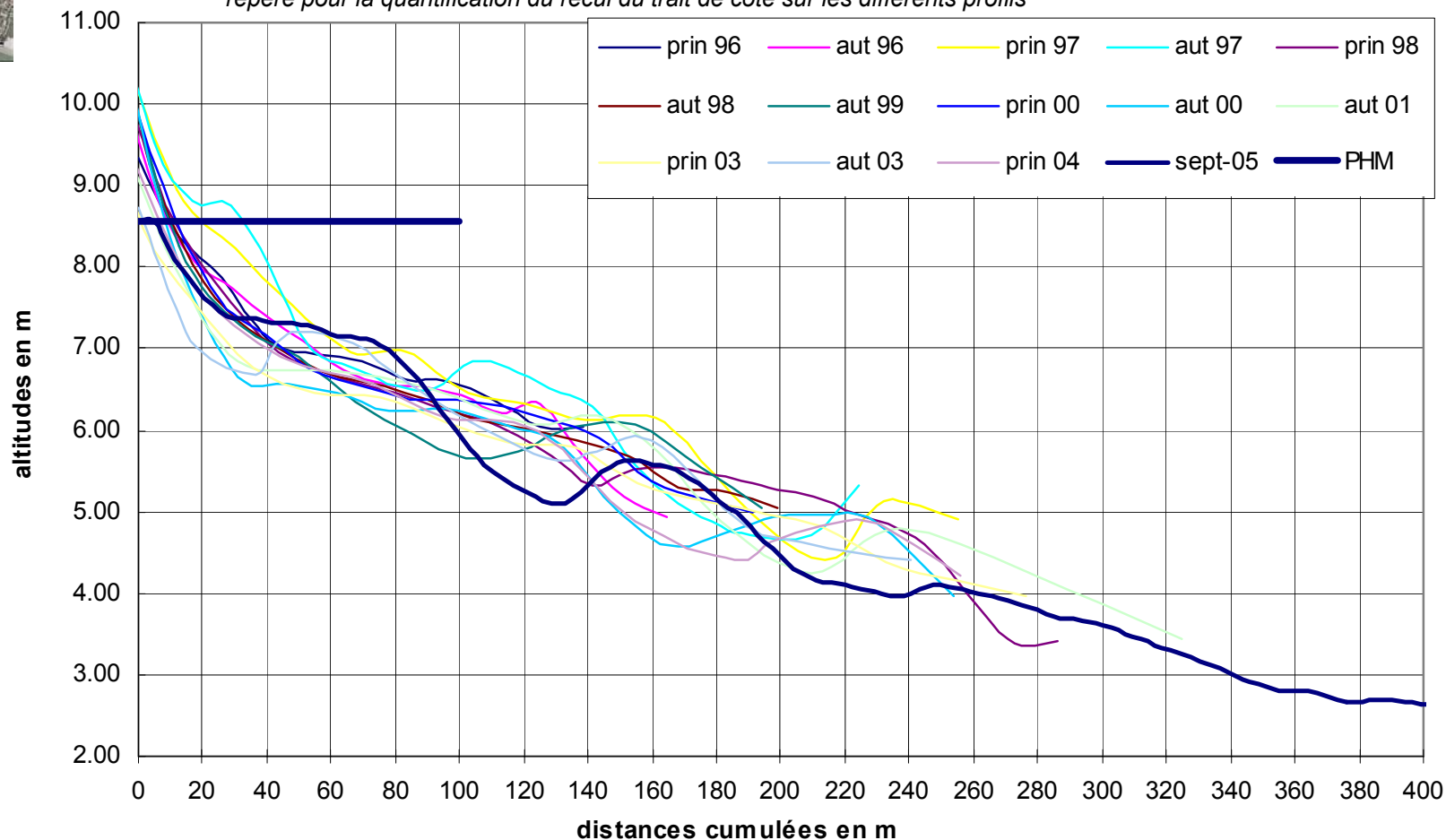
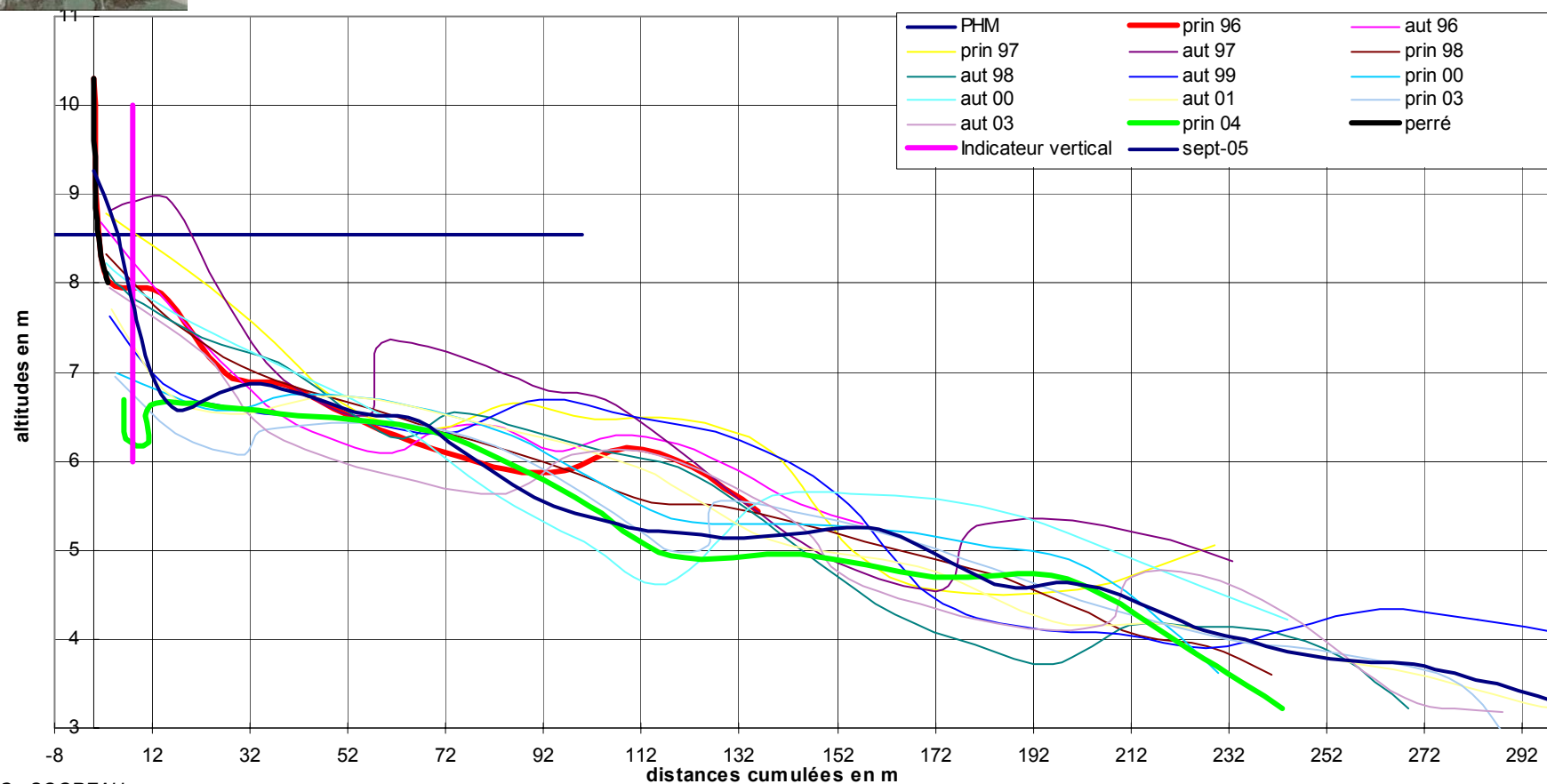


Figure 3. 16**Suivi du profil 470**

Nota : Les profils SMBC sont exprimés en CM (CM = Niveau IGN69 + 3,88m)

Un indicateur vertical apparaît sur certains graphiques. Il est utilisé dans le cadre du suivi SMBC comme repère pour la quantification du recul du trait de côte sur les différents profils

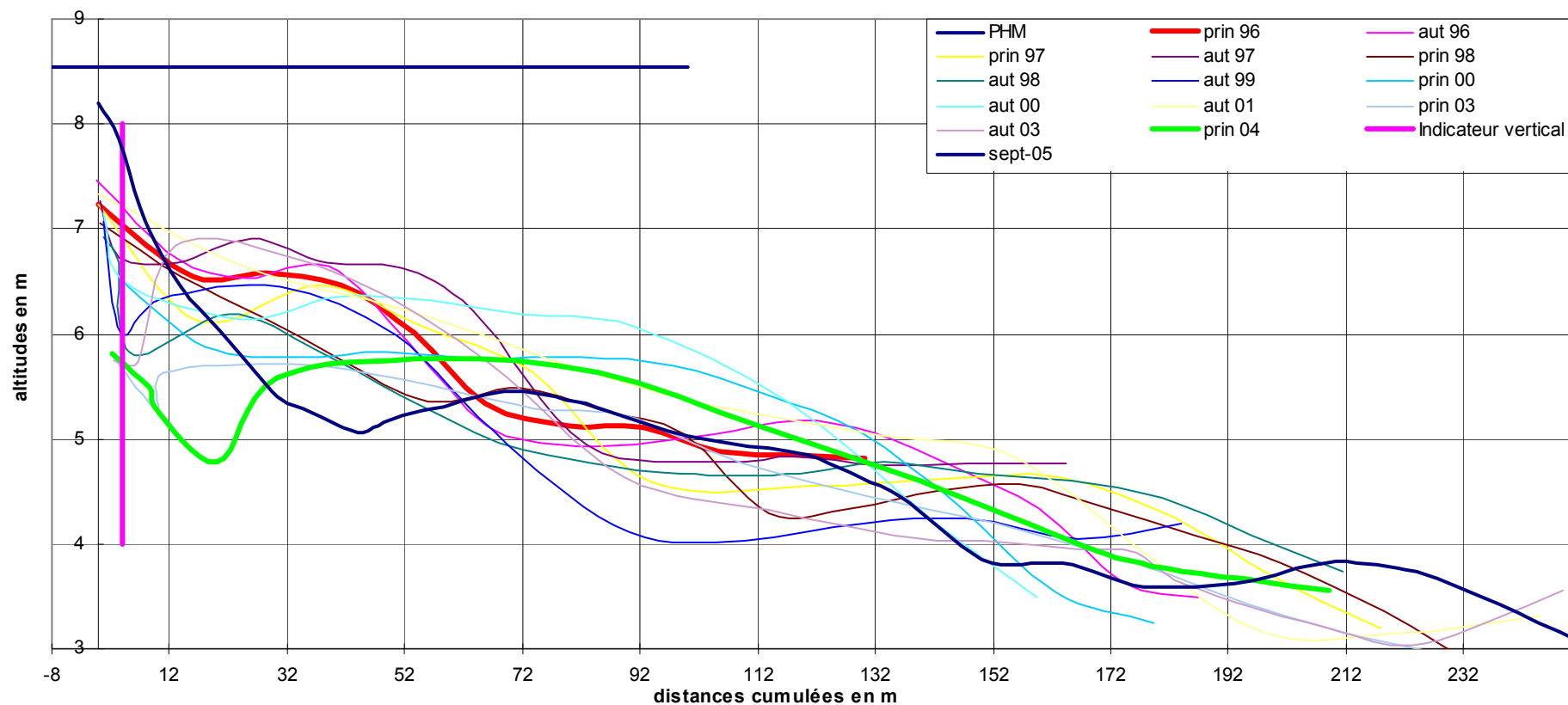
Evolution du profil

Source : SMBC - SOGREAH

Figure 3. 17**Suivi du profil 480**

Nota : Les profils SMBC sont exprimés en CM (CM = Niveau IGN69 + 3,88m)

Un indicateur vertical apparaît sur certains graphiques. Il est utilisé dans le cadre du suivi SMBC comme repère pour la quantification du recul du trait de côte sur les différents profils

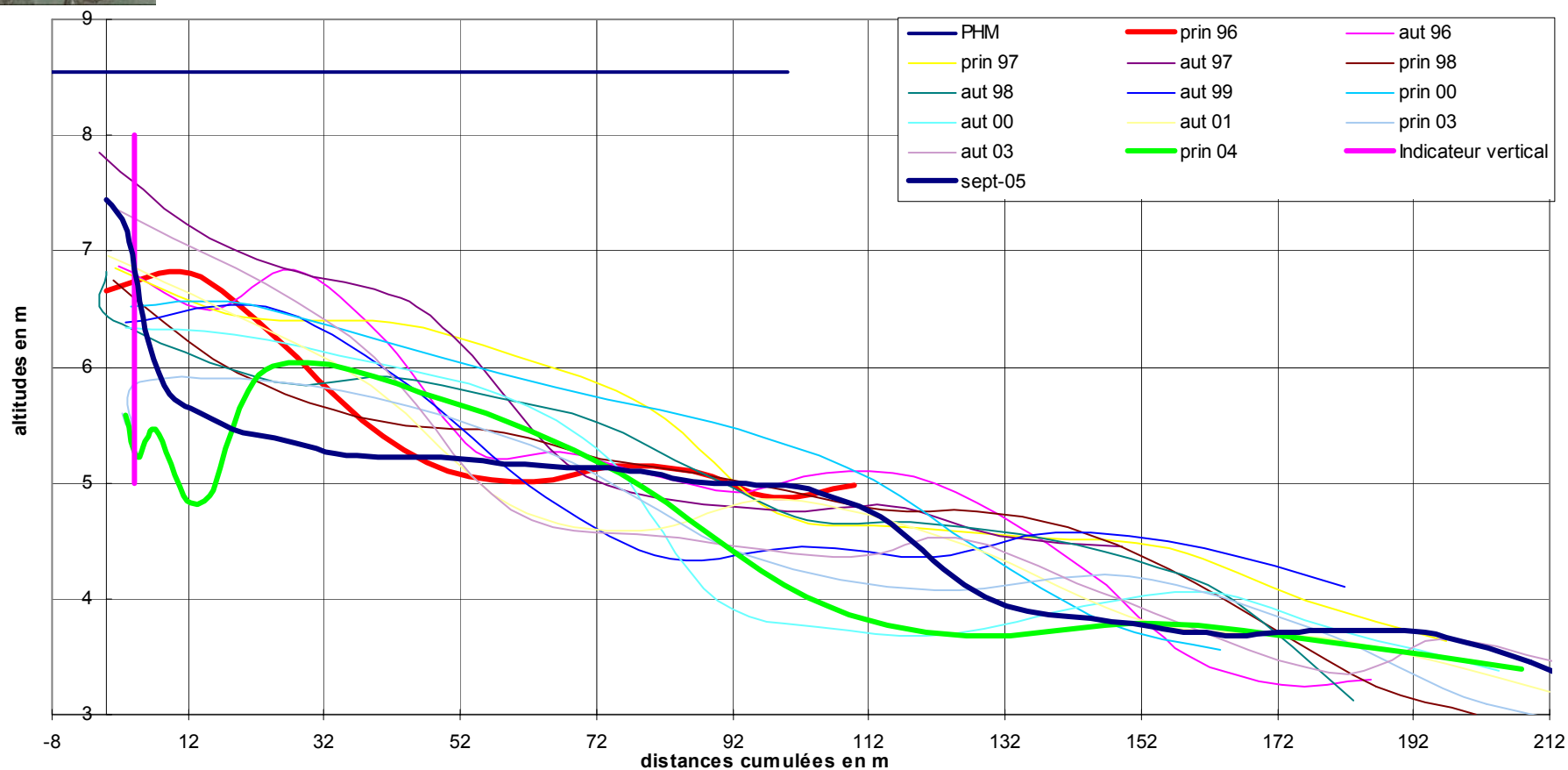
Evolution du profil

Source : SMBC - SOGREAH

Figure 3. 18**Suivi du profil 490**

Nota : Les profils SMBC sont exprimés en CM (CM = Niveau IGN69 + 3,88m)

Un indicateur vertical apparaît sur certains graphiques. Il est utilisé dans le cadre du suivi SMBC comme repère pour la quantification du recul du trait de côte sur les différents profils

Evolution du profil

Source : SMBC - SOGREAH

Figure 3. 19**Suivi du profil 500**

Nota : Les profils SMBC sont exprimés en CM (CM = Niveau IGN69 + 3,88m)

Un indicateur vertical apparaît sur certains graphiques. Il est utilisé dans le cadre du suivi SMBC comme repère pour la quantification du recul du trait de côte sur les différents profils

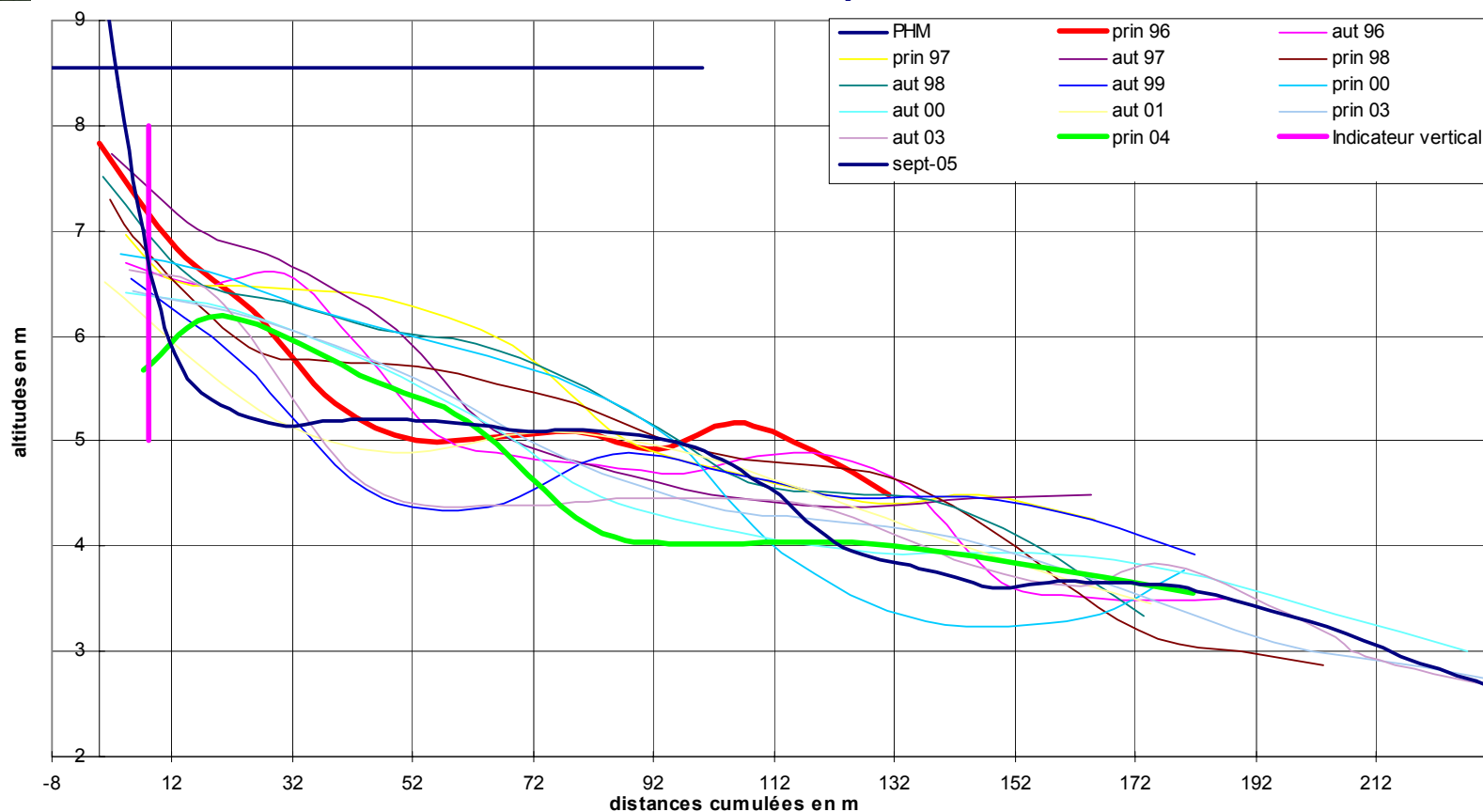
Evolution du profil

Figure 3. 20

Suivi du profil 510

Nota : Les profils SMBC sont exprimés en CM (CM = Niveau IGN69 + 3,88m)

Un indicateur vertical apparaît sur certains graphiques. Il est utilisé dans le cadre du suivi SMBC comme repère pour la quantification du recul du trait de côte sur les différents profils

Evolution du profil

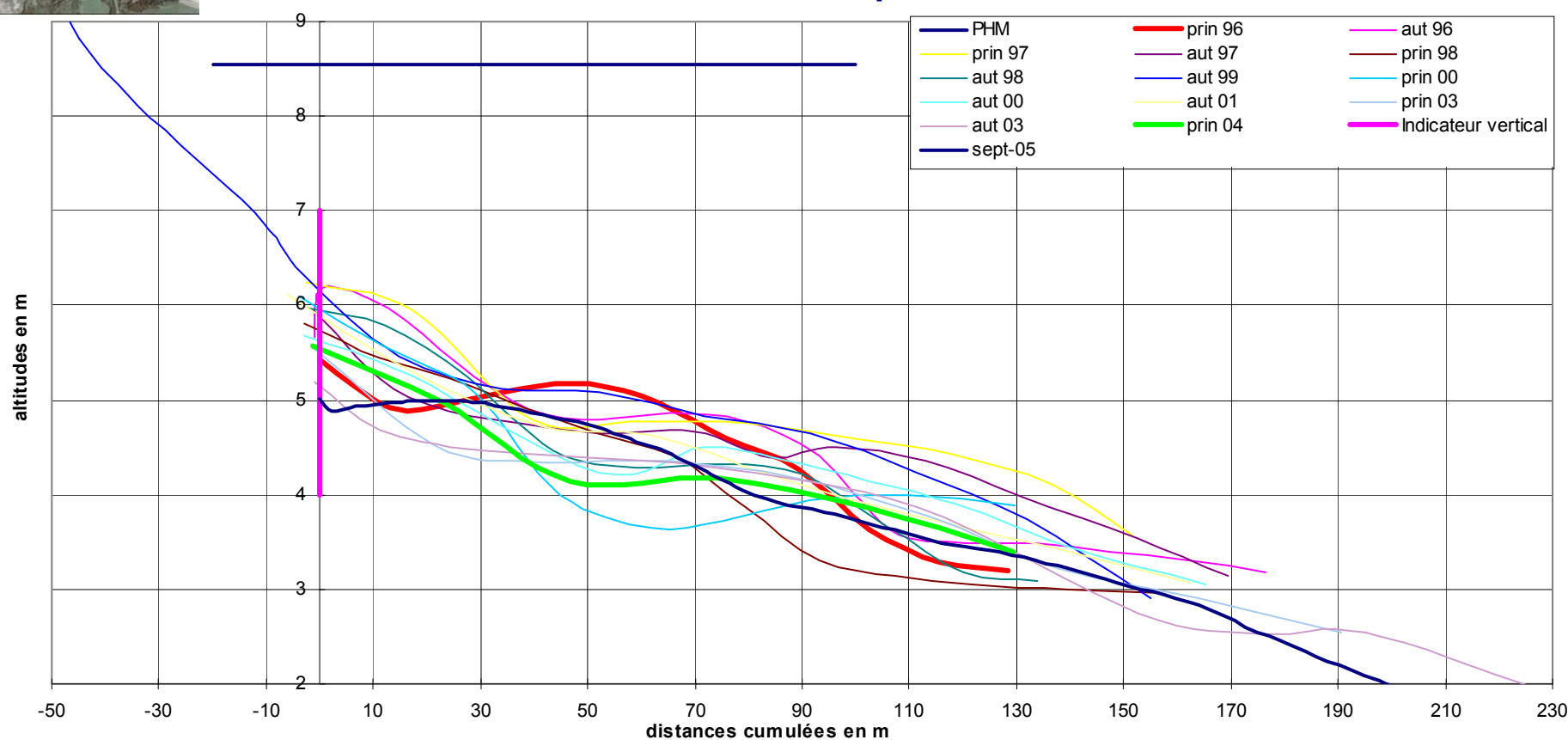


Figure 3. 21**Suivi du profil 520**

Nota : Les profils SMBC sont exprimés en CM (CM = Niveau IGN69 + 3,88m)

**Evolution du profil**

Un indicateur vertical apparaît sur certains graphiques. Il est utilisé dans le cadre du suivi SMBC comme repère pour la quantification du recul du trait de côte sur les différents profils

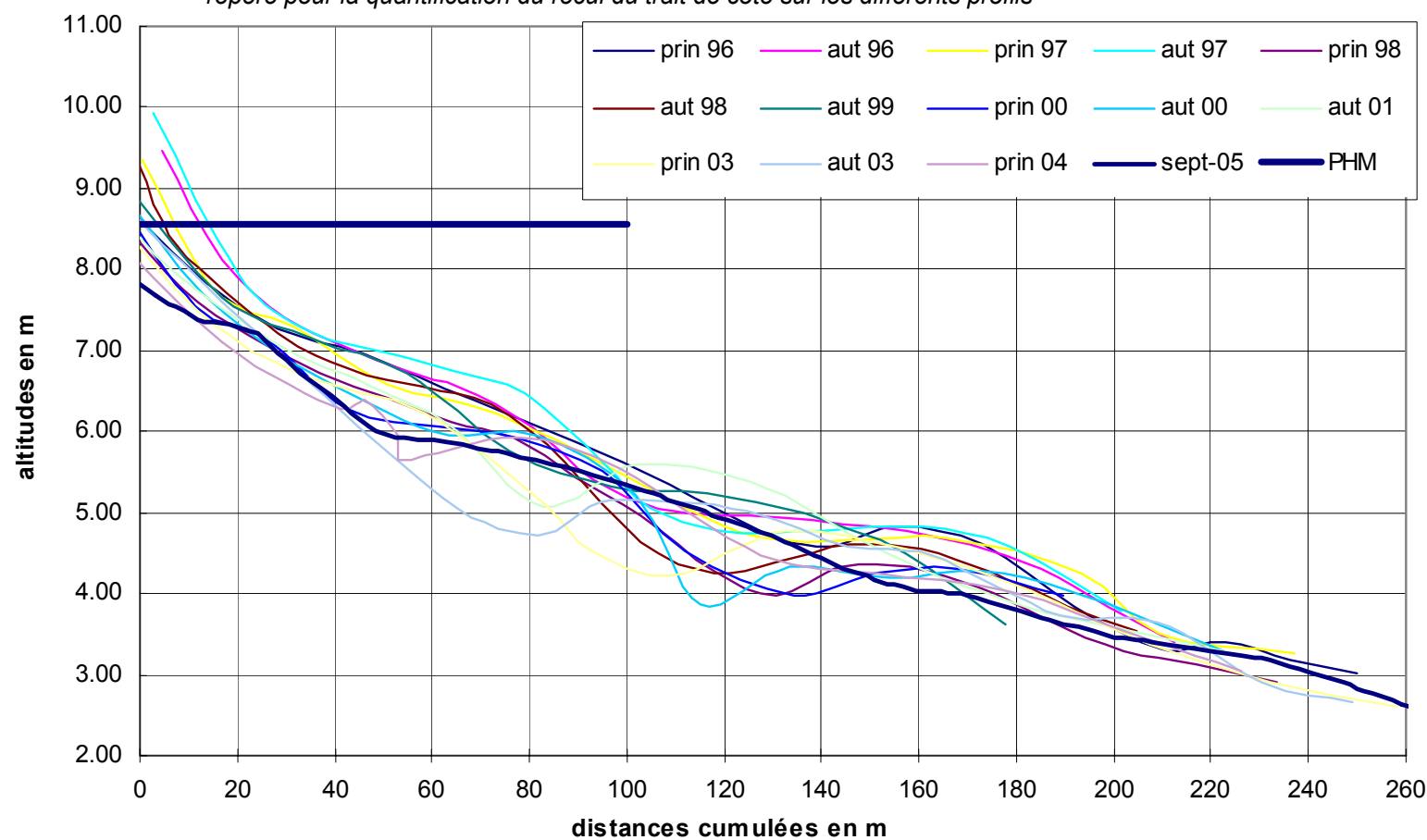


Figure 3. 22**Suivi du profil 530**

Nota : Les profils SMBC sont exprimés en CM (CM = Niveau IGN69 + 3,88m)

**Evolution du profil**

Un indicateur vertical apparaît sur certains graphiques. Il est utilisé dans le cadre du suivi SMBC comme repère pour la quantification du recul du trait de côte sur les différents profils

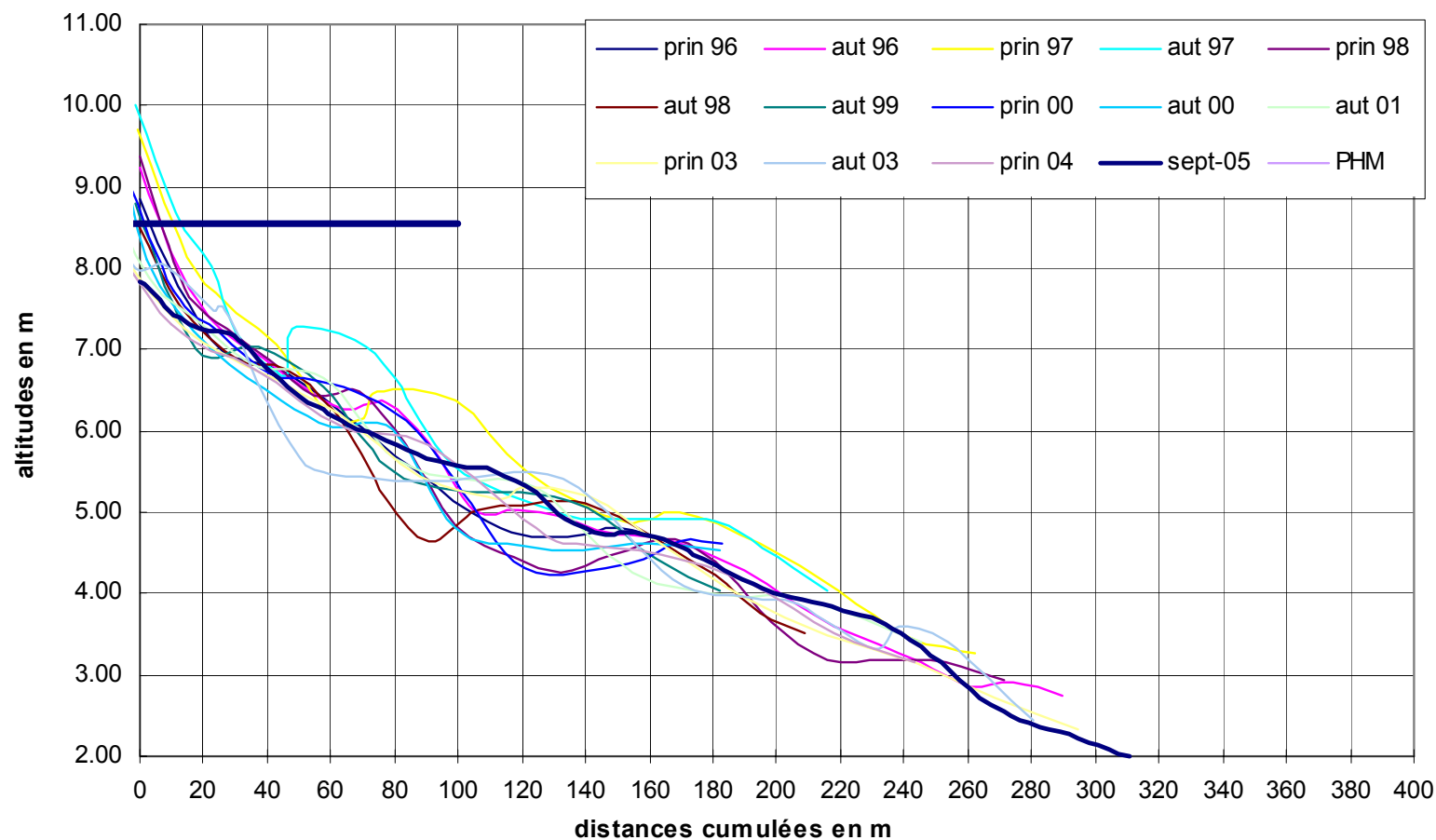


Figure 3. 23

Evolution de l'estran sept 1996 – sept 2005

COMPARAISON AUT 96 - AUT 05 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	ND	ND	9313	-95371	ND	ND
	ND		-86000		ND	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

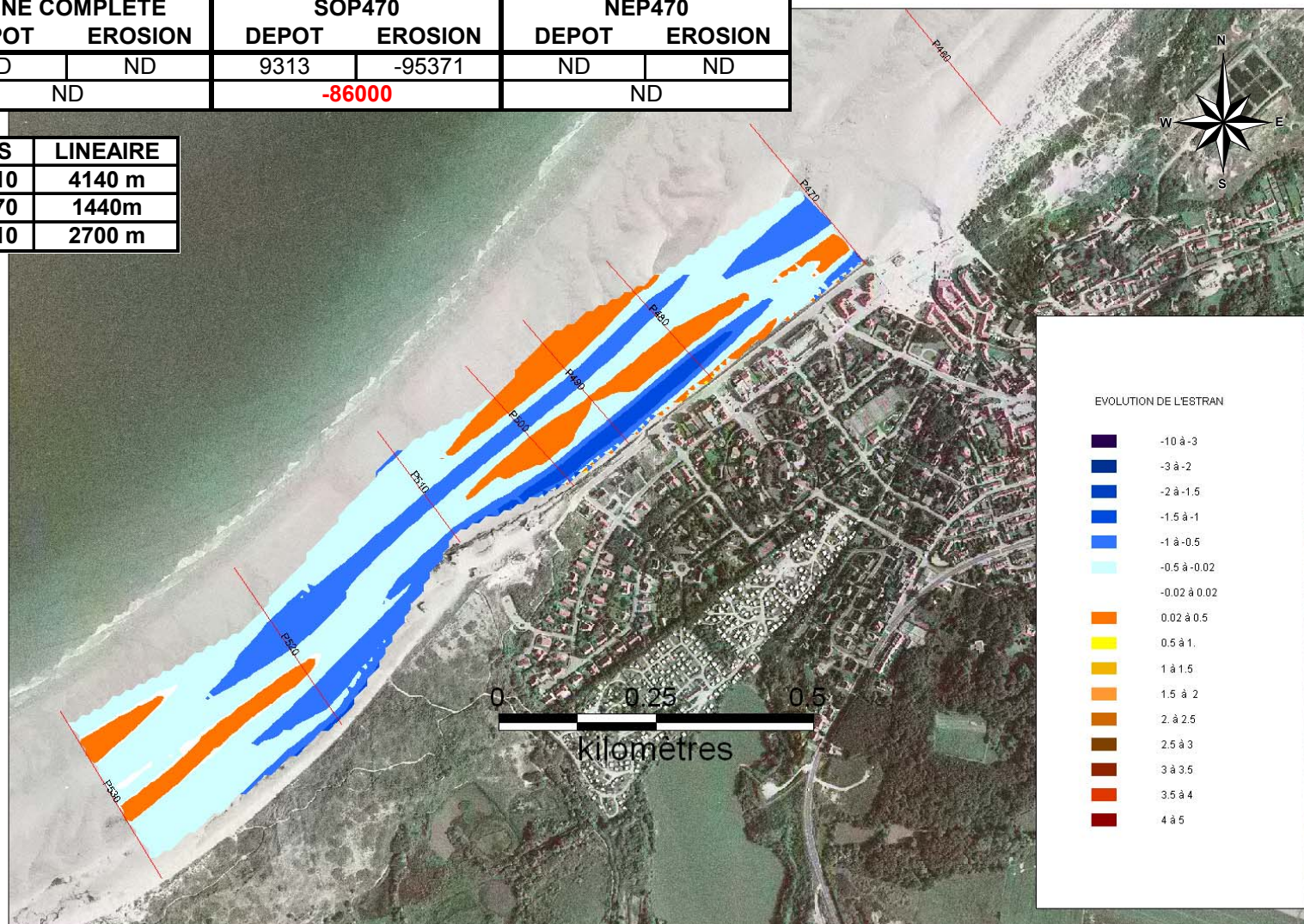


Figure 3. 24

Evolution de l'estran sept 1996 – sept 2004

COMPARAISON AUT 96 - AUT 04 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	96852	-186000	+4978	-132168	91764	-54301
	- 89892		-127190		37462	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

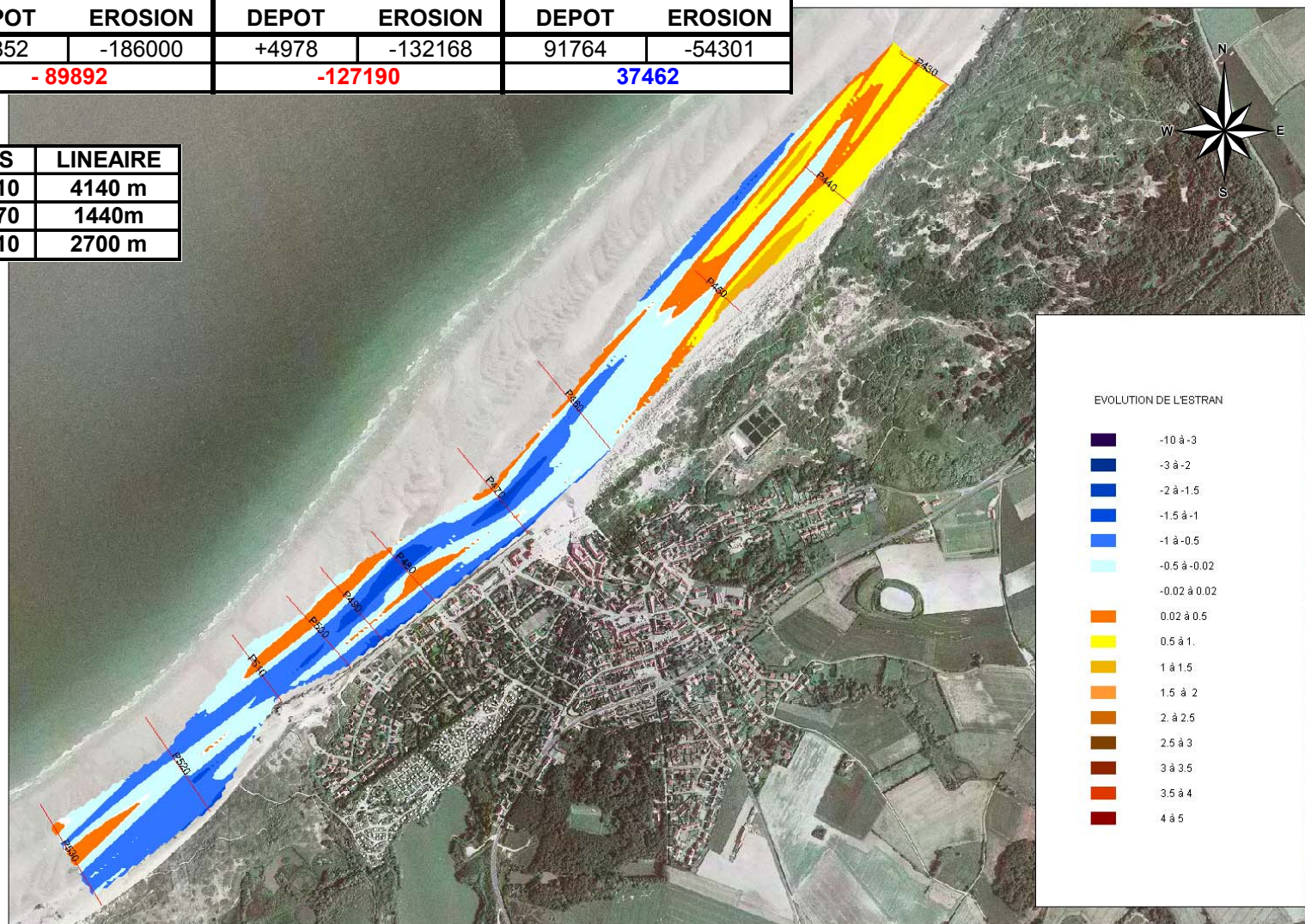


Figure 3. 25

Evolution de l'estran sept 1996 – sept 2000

COMPARAISON AUT 96 - AUT 00 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	118117	162081	24000	-68426	94773	92806
	-43900		-44356		2000	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

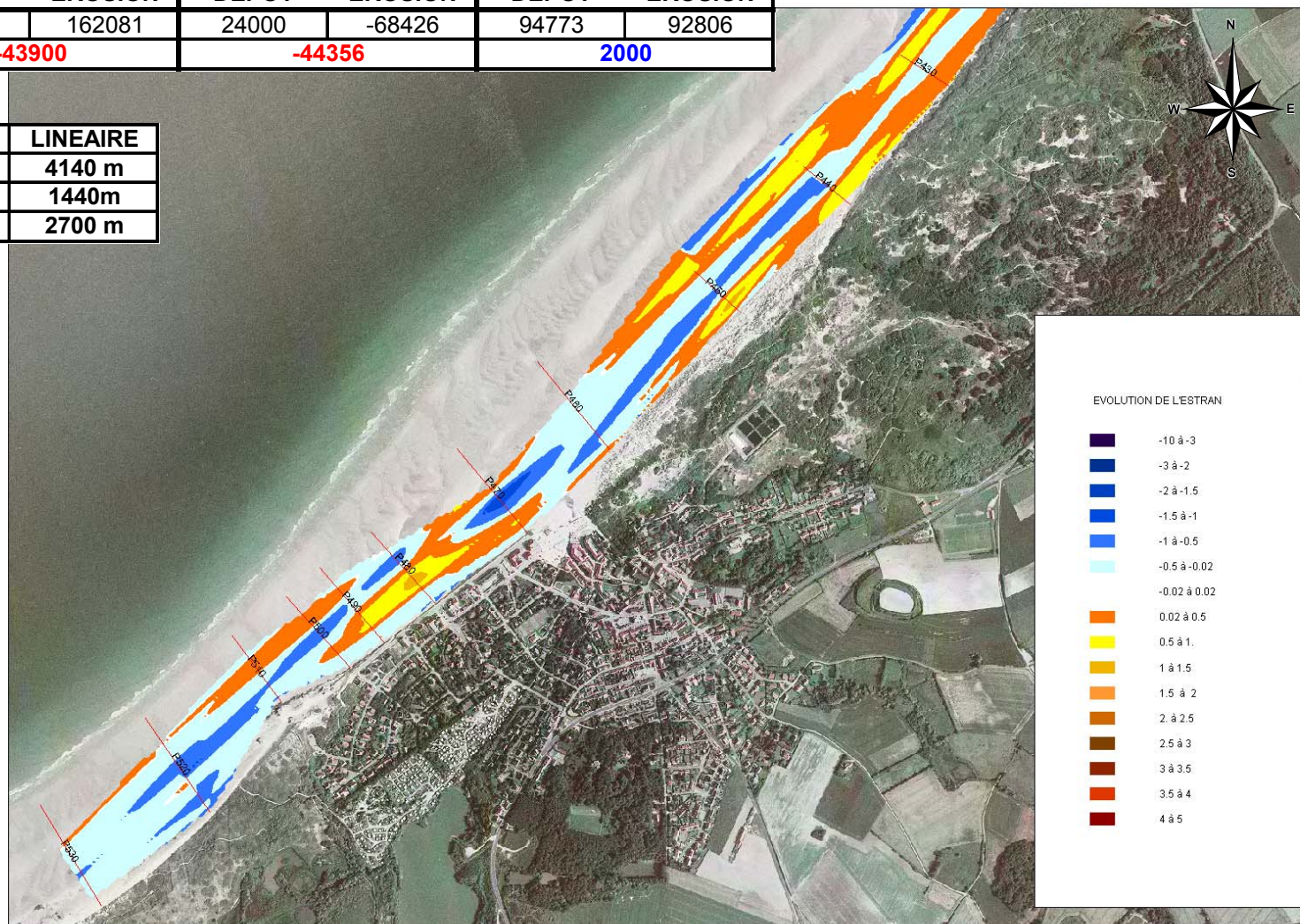


Figure 3. 26

Evolution de l'estran sept 2000 – sept 2005

COMPARAISON AUT 00 - AUT 05 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	ND	ND	29700	-73762	ND	ND
	ND		-43988		ND	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

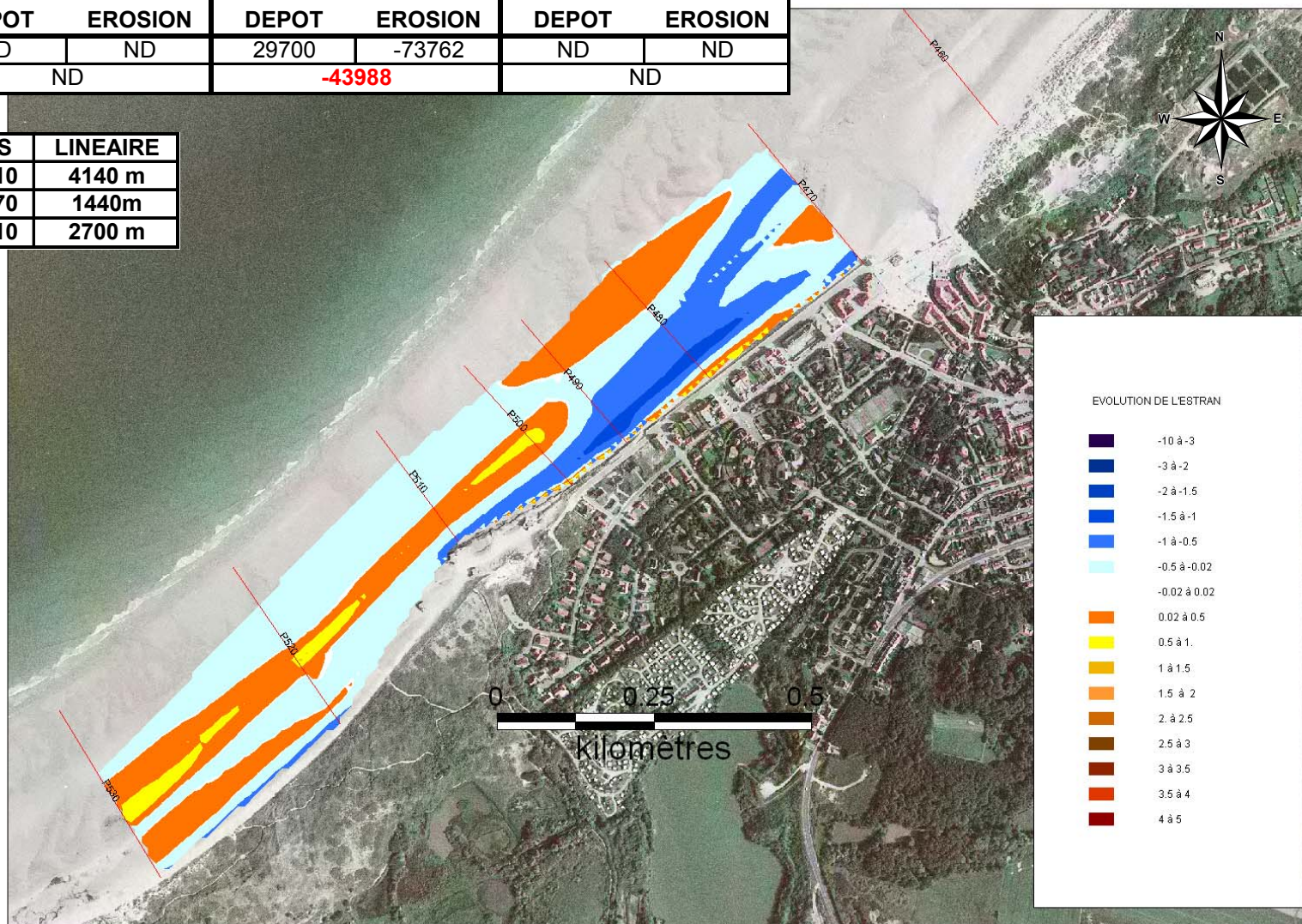


Figure 3. 27

Evolution de l'estran sept 1999 – printemps 2000

COMPARAISON AUT 99 - PRIN 00 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	191000	-154000	57000	-74400	130000	-80000
	36000		-16000		49000	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

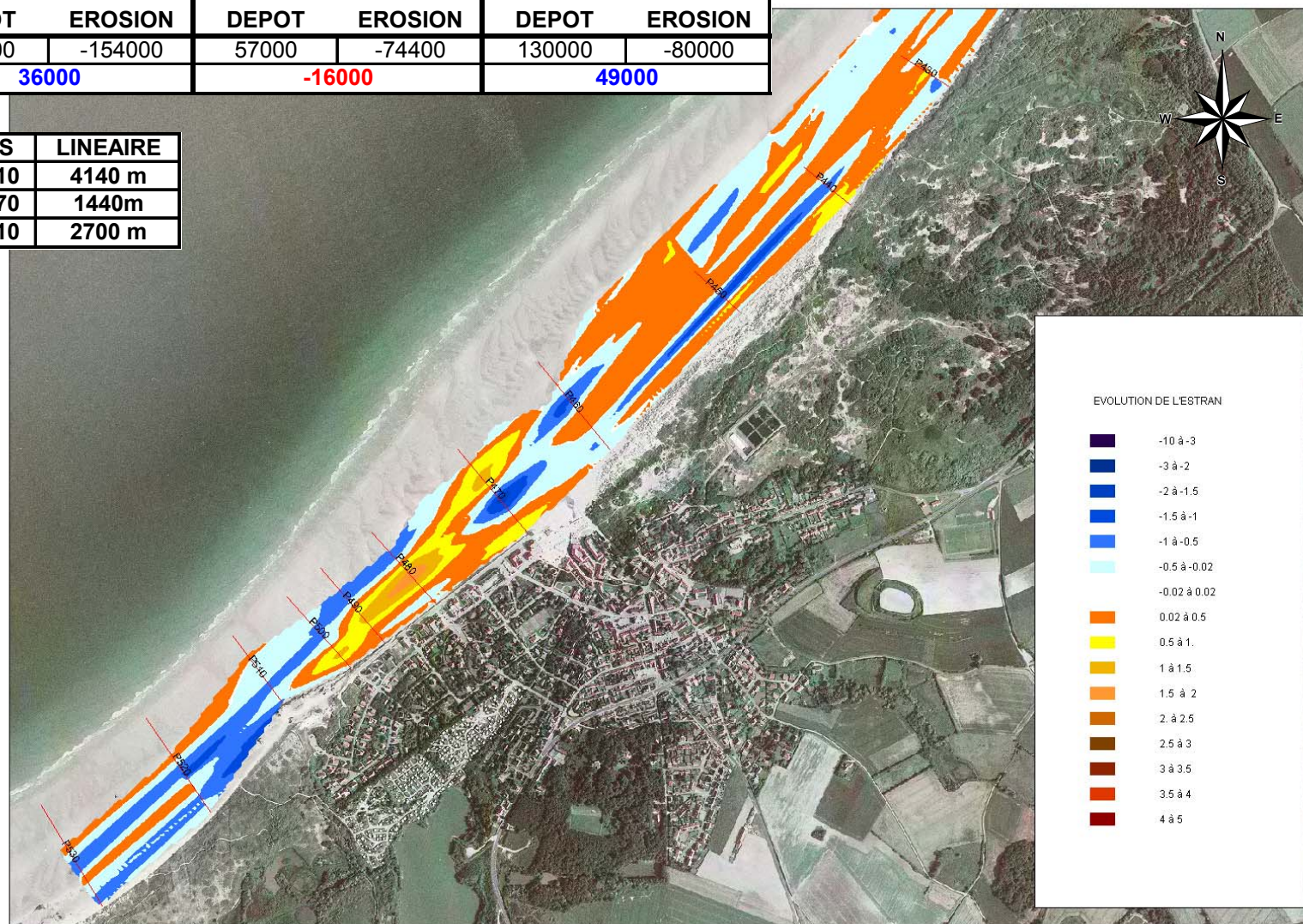


Figure 3. 28

Evolution de l'estran mars 2003 – septembre 2003

COMPARAISON PRIN- AUT 03 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	177513	-149000	56097	-69000	83000	-45000
	27700		11709		38000	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

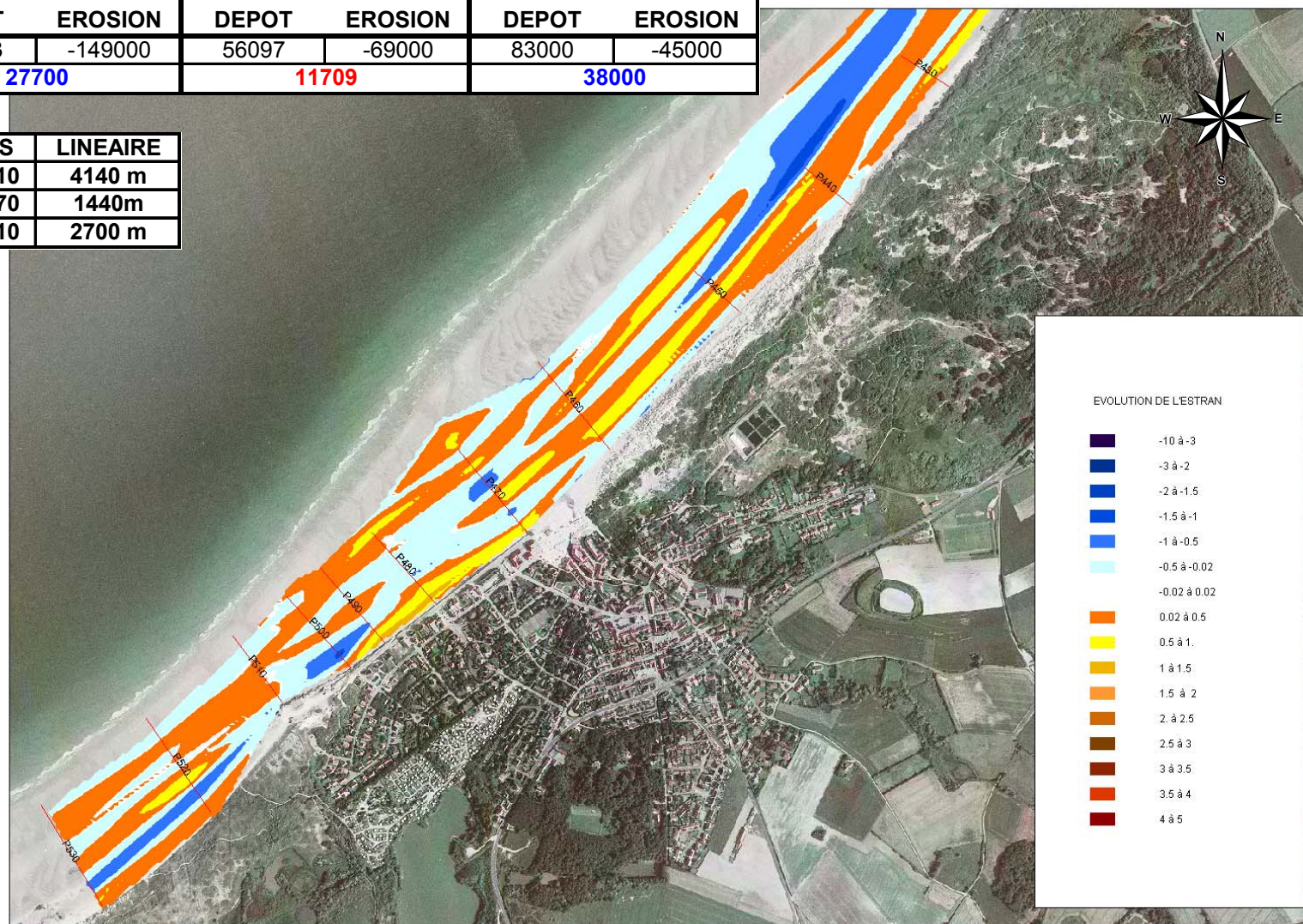


Figure 3. 29

Evolution de l'estran mars 2004 – septembre 2004

COMPARAISON PRIN- AUT 04 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	110000	-131000	23000	-69000	83000	-45000
	-21000		-46000		38000	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

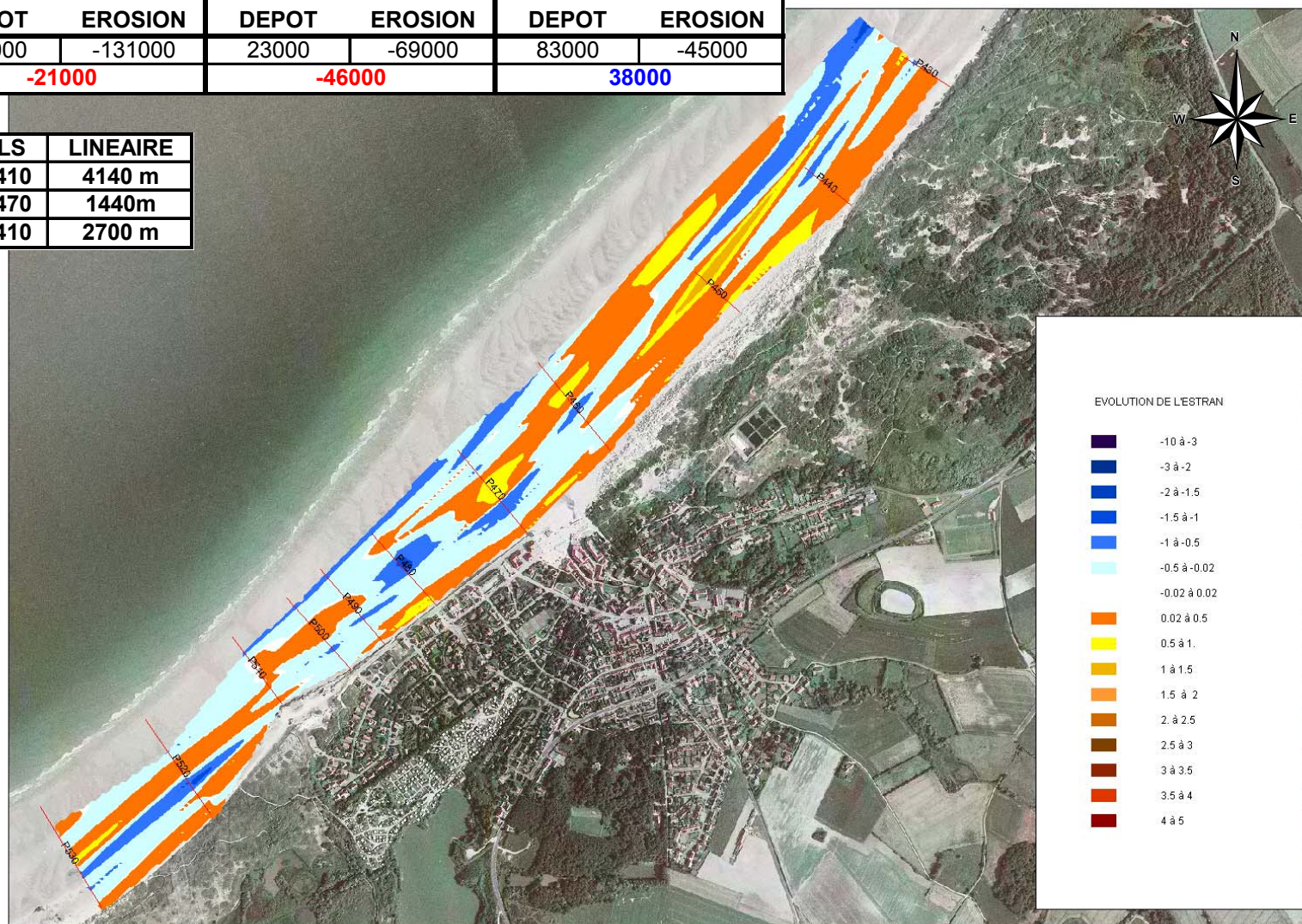


Figure 3. 30

Evolution de l'estran mars 2005 – septembre 2005

COMPARAISON PRIN- AUT 05	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	ND	ND	65000	-16000	ND	ND
BILAN	ND		49450		ND	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

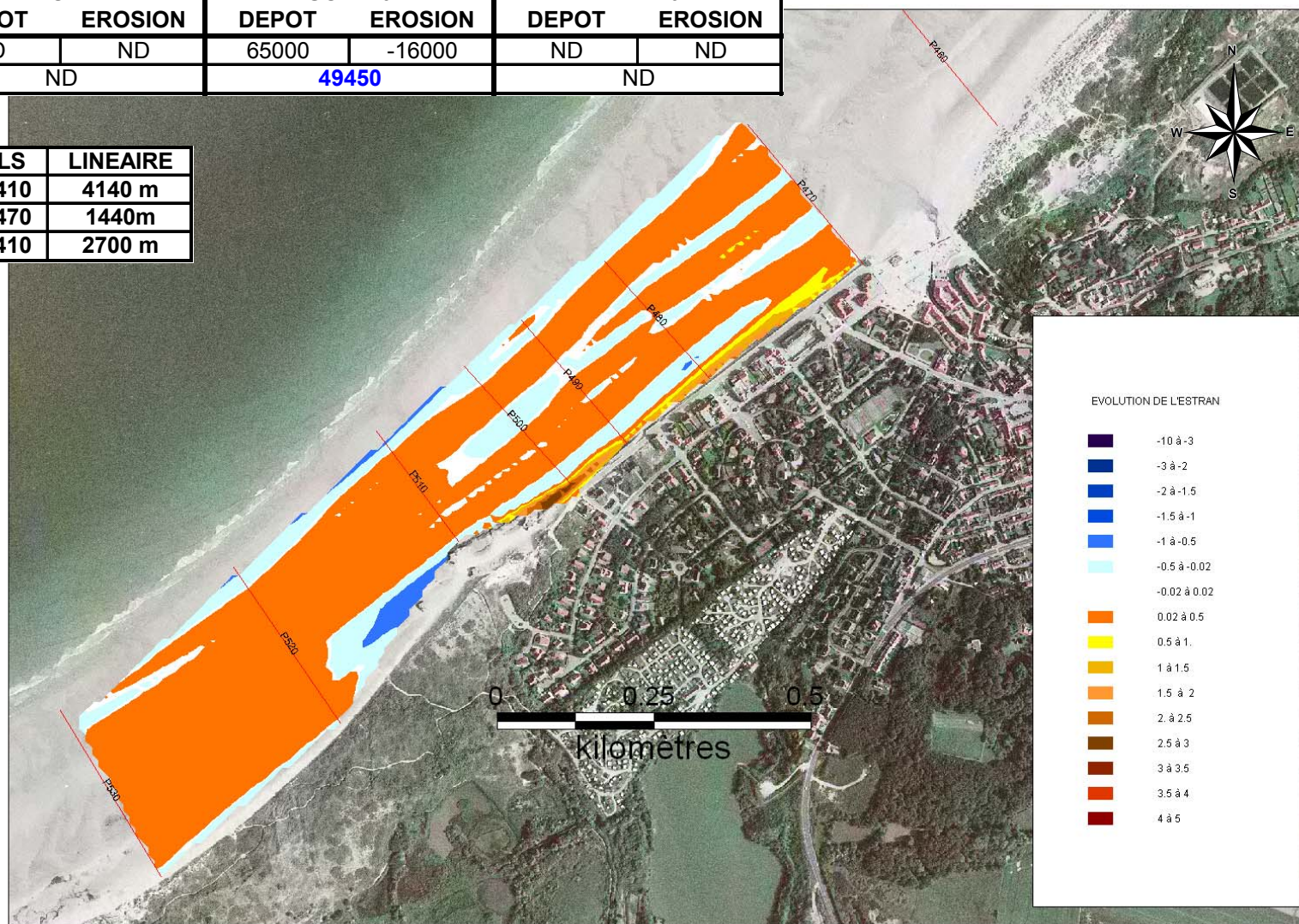


Figure 3. 31 Evolution de l'estran septembre 1996 – septembre 1997

COMPARAISON AUT96- AUT97 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	227644	-38385	70141	-18470	156185	-19548
	189259		51671		136637	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

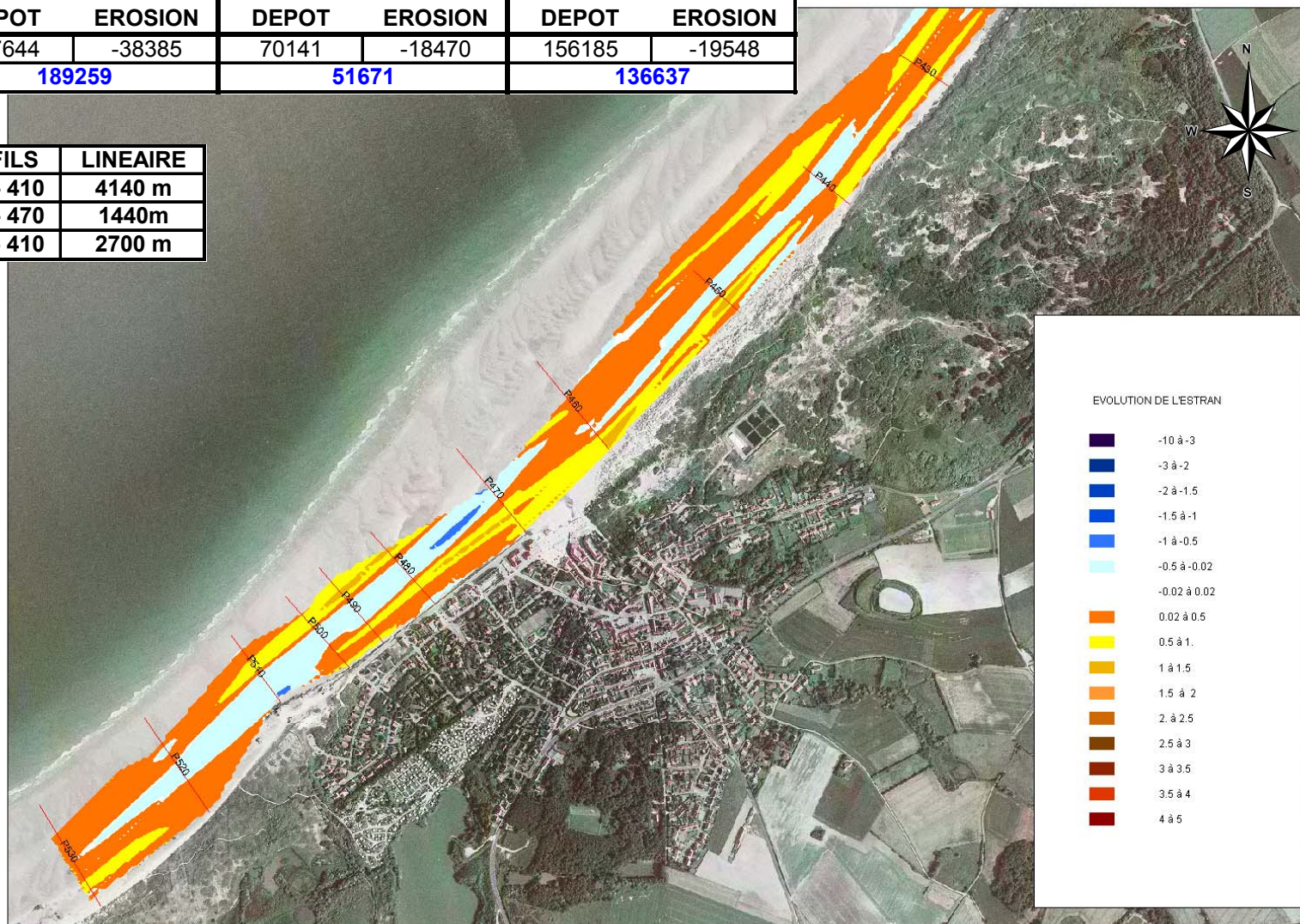


Figure 3. 32 Evolution de l'estran septembre 1997 – septembre 1998

COMPARAISON AUT97- AUT98 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	26455	-299574	7550	-107633	18896	-190823
	-273119		-100083		-171925	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

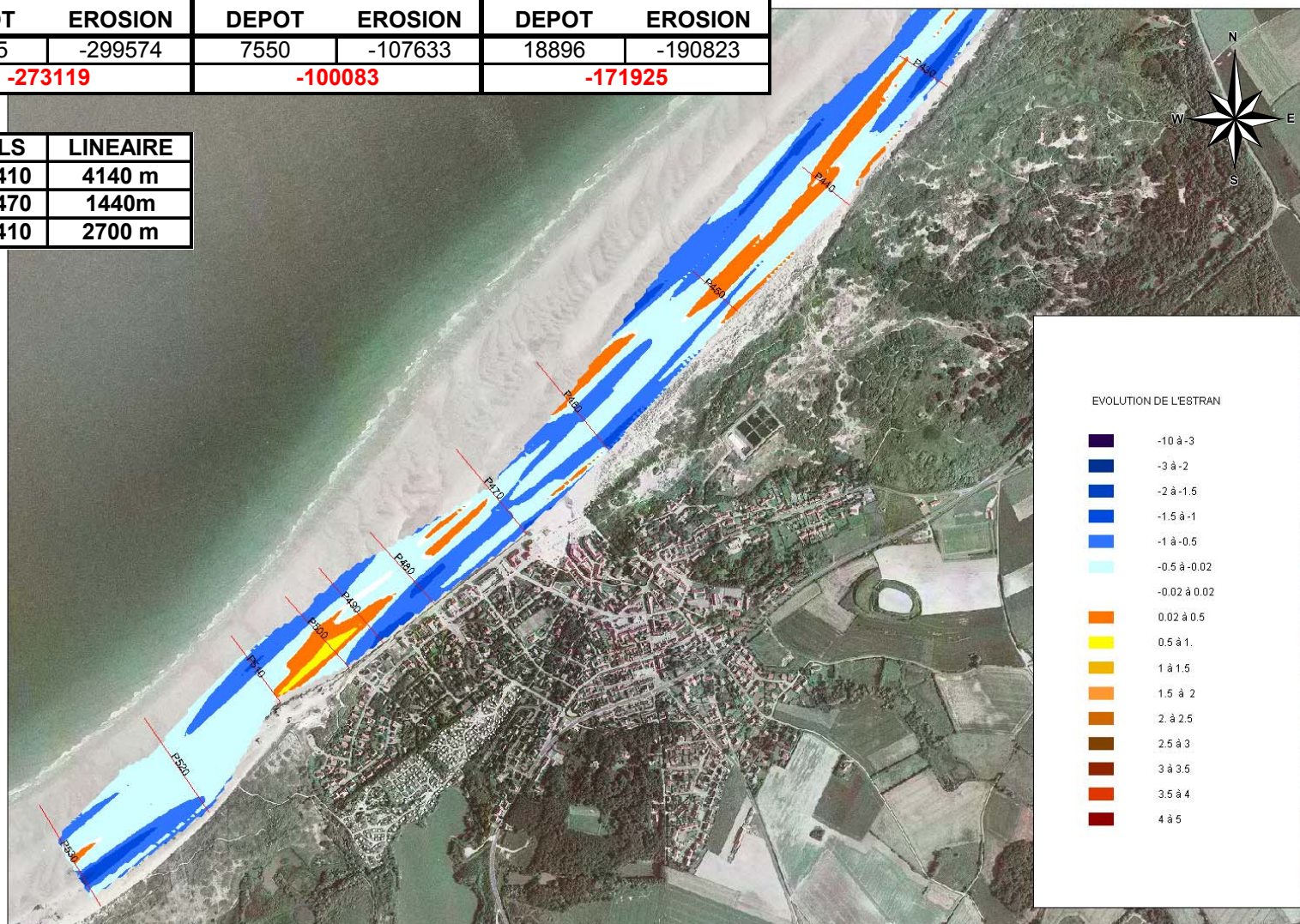


Figure 3. 33 Evolution de l'estran septembre 1998 – septembre 1999

COMPARAISON AUT98- AUT99 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	210960	-123460	58570	-36227	143311	-87144
	87500		22343		56167	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

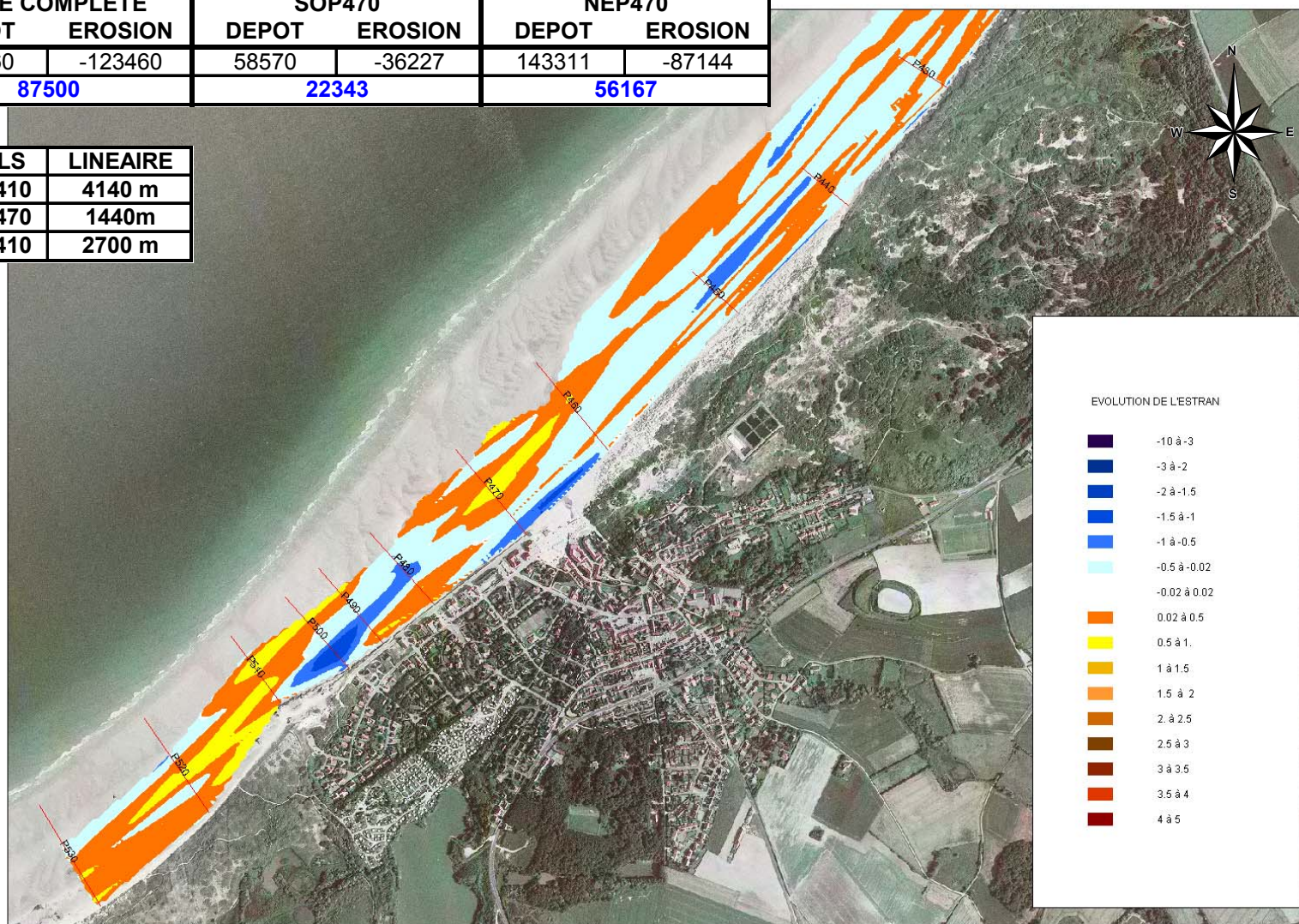


Figure 3. 34 Evolution de l'estran septembre 1999 – septembre 2000

COMPARAISON AUT99- AUT00 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	169728	-169231	57029	-74929	111540	-91595
	498		-17899		19945	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

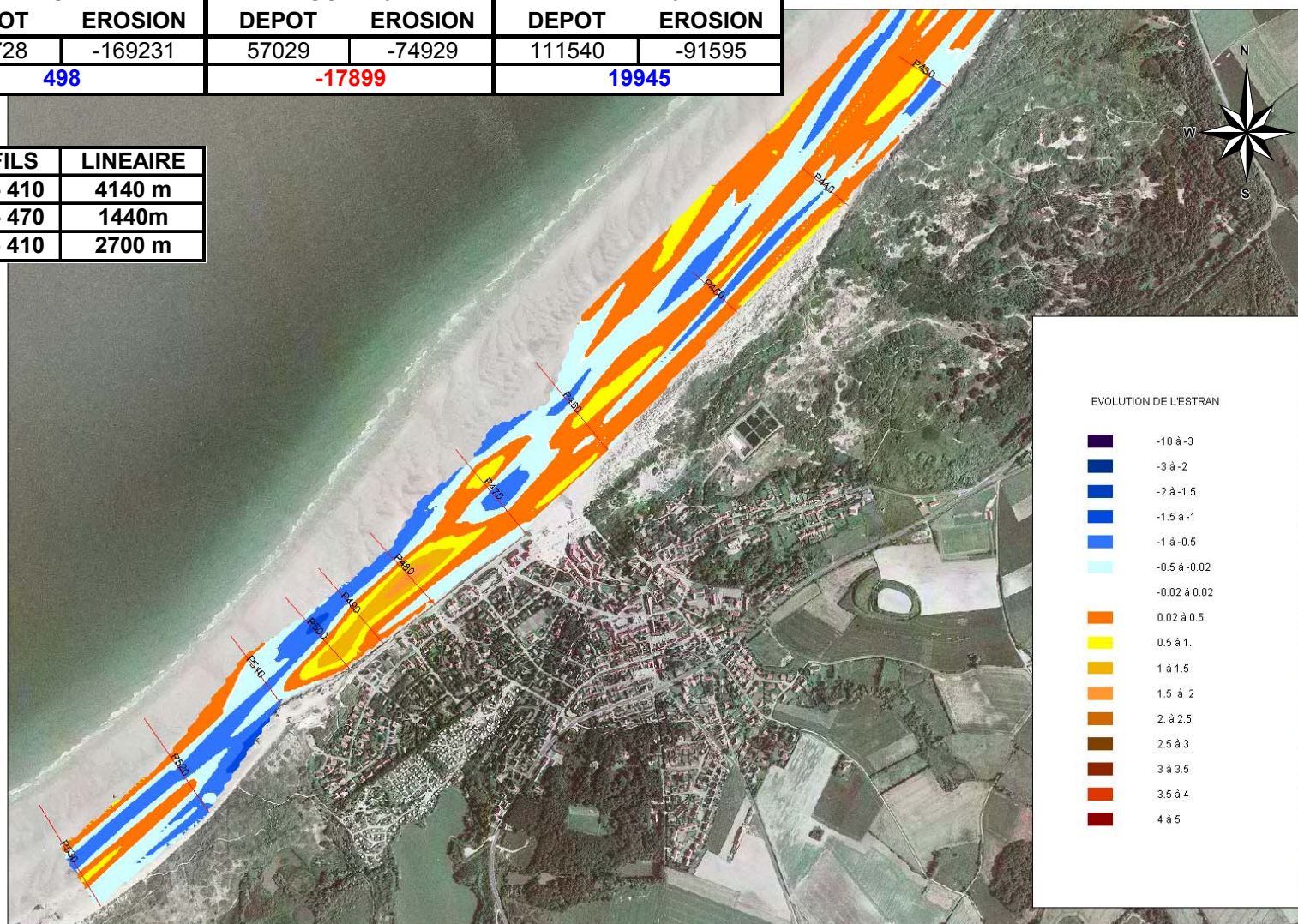


Figure 3. 35 Evolution de l'estran septembre 2000 – septembre 2001

AUT00- AUT01	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
DEPOT/EROSION	120 451	-122 544	48 676	-37 087	71 775	-85 467
BILAN	-1593		11 589		-13 692	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

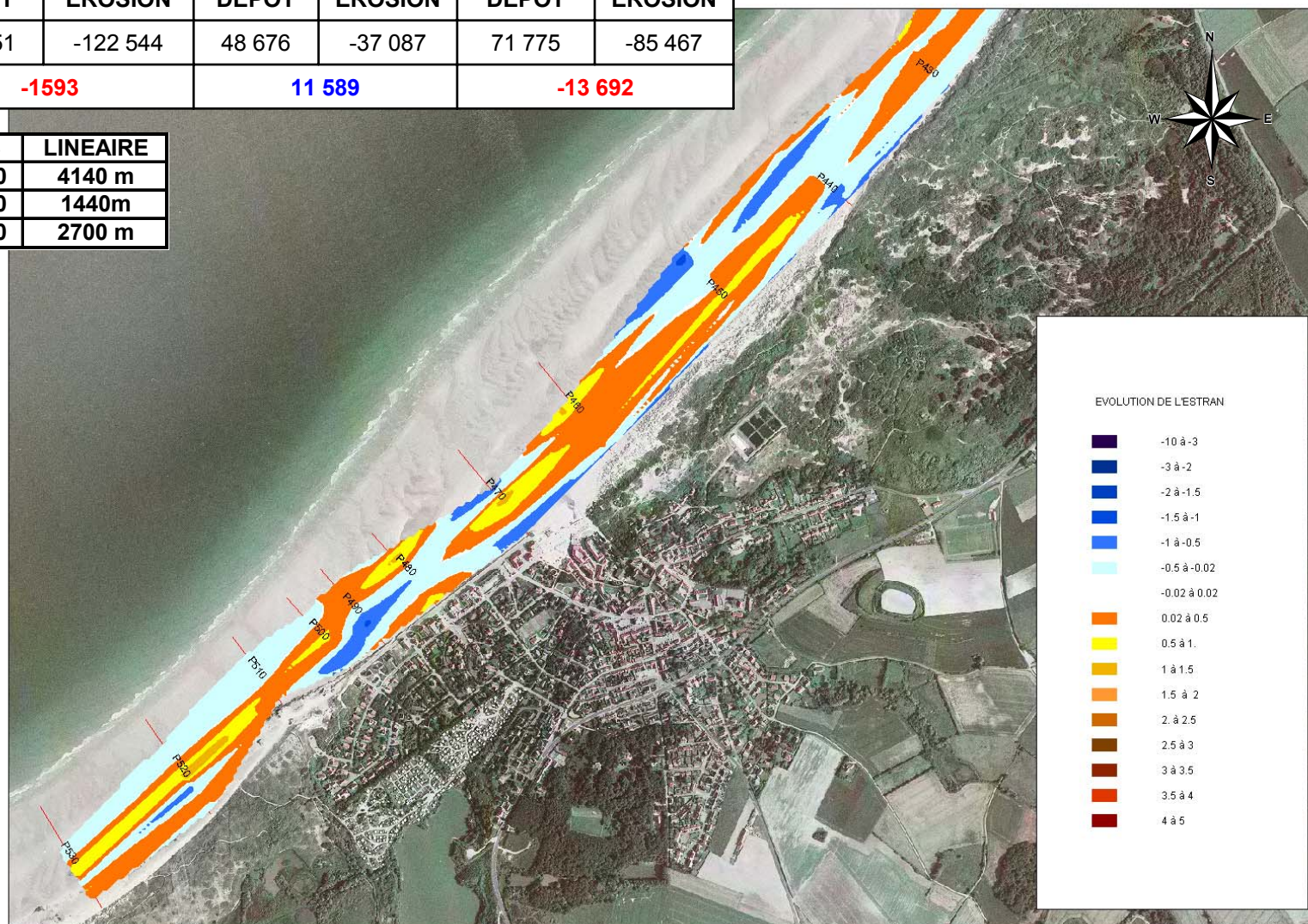


Figure 3. 36 Evolution de l'estran septembre 2001 – septembre 2003

AUT01- AUT03	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
DEPOT/EROSION	198 605	-109162	12 632	-76 683	185 973	-32 979
BILAN	88843		-64 051		152 994	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

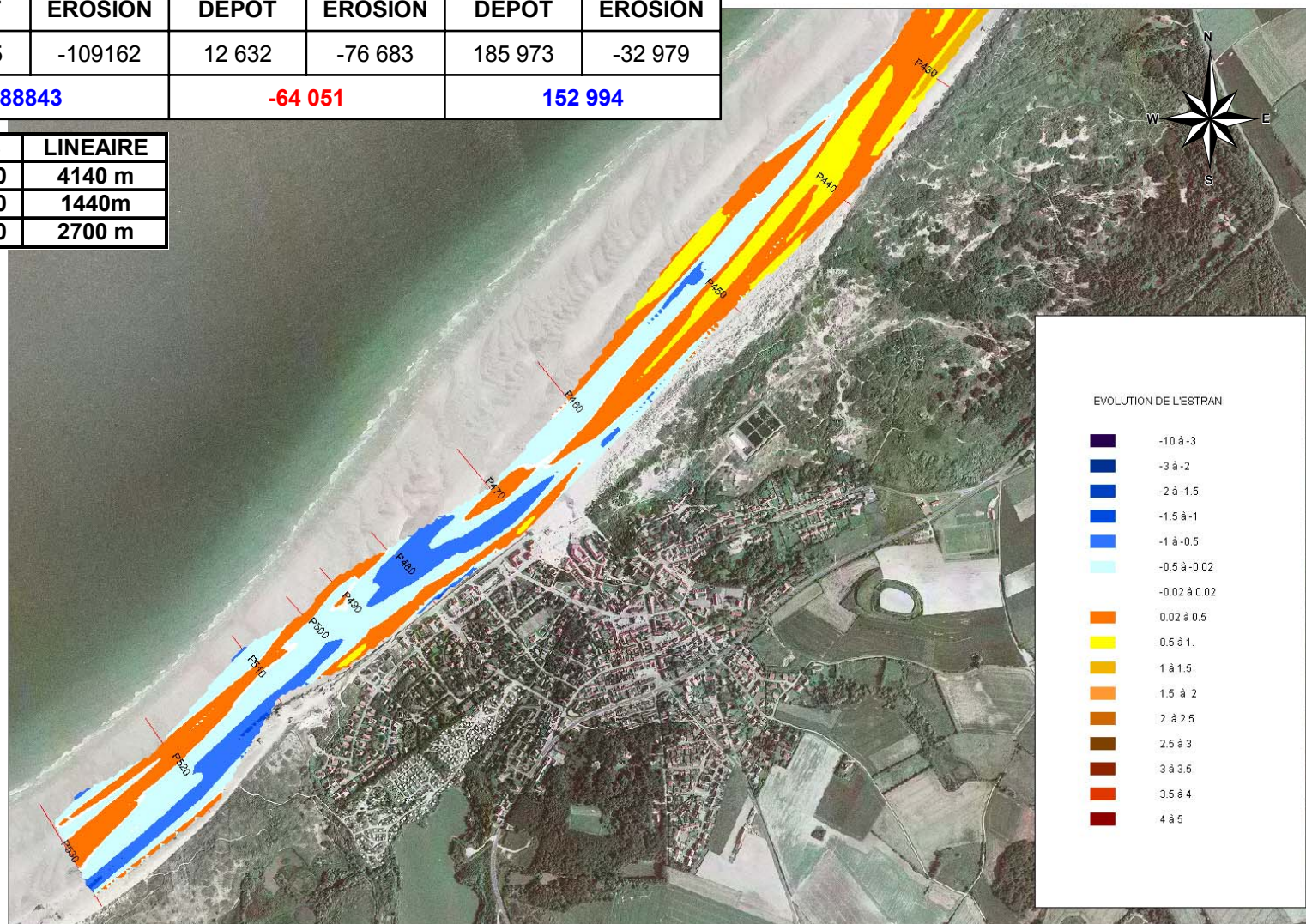


Figure 3. 37 Evolution de l'estran septembre 2003 – septembre 2004

COMPARAISON AUT03- AUT04 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	138117	-149544	34060	-67691	95734	-78433
	-11426		-33631		17301	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

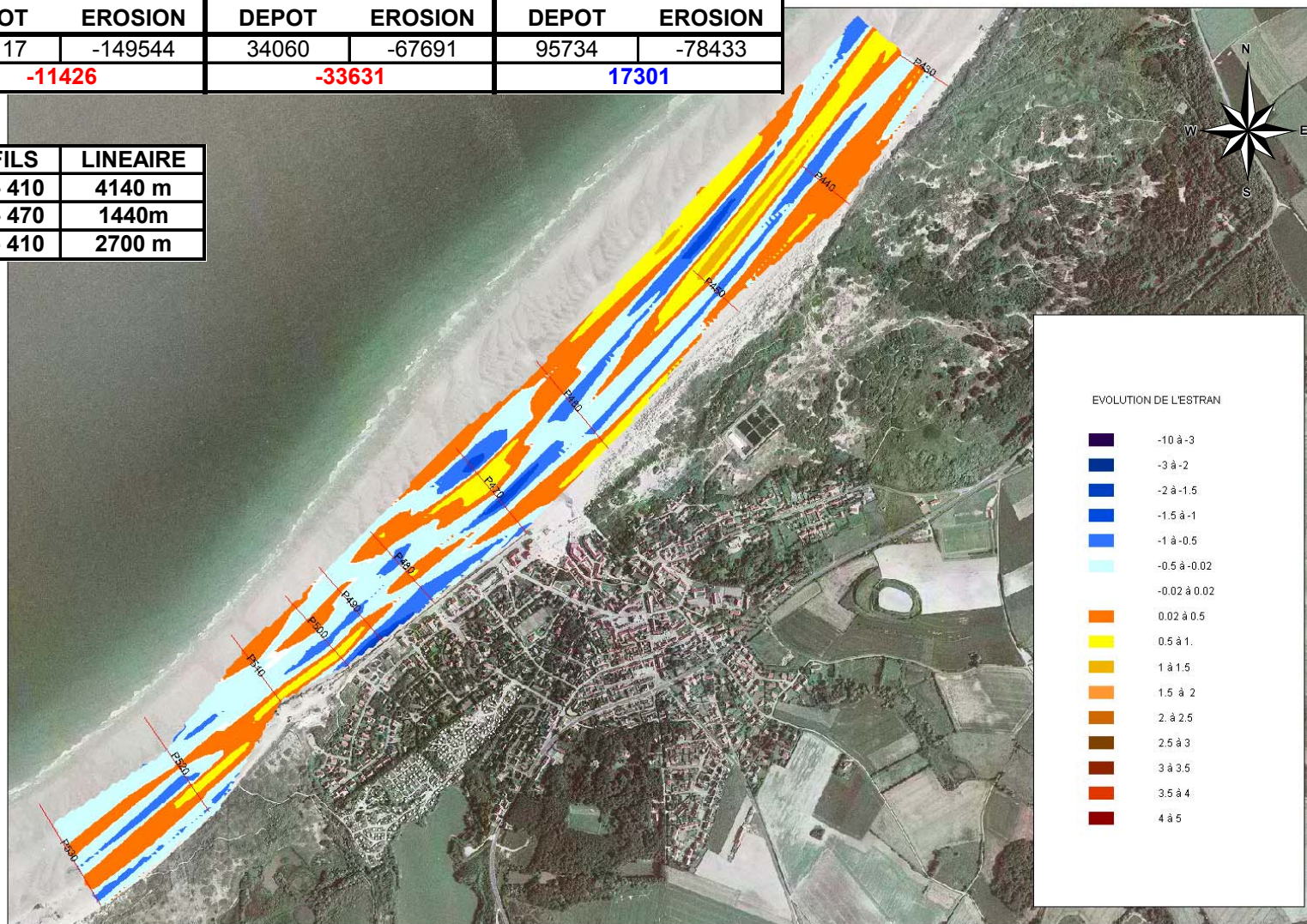


Figure 3. 38 Evolution de l'estran septembre 2004 – septembre 2005

COMPARAISON AUT04- AUT05 DEPOT/EROSION BILAN	ZONE COMPLETE		SOP470		NEP470	
	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION	DEPOT	EROSION
	ND	ND	74864	-26239	ND	ND
	ND		48625		ND	

	PROFILS	LINEAIRE
ZONE COMPLETE	P530 - 410	4140 m
SOP470	P530 - 470	1440m
NEP470	P470 - 410	2700 m

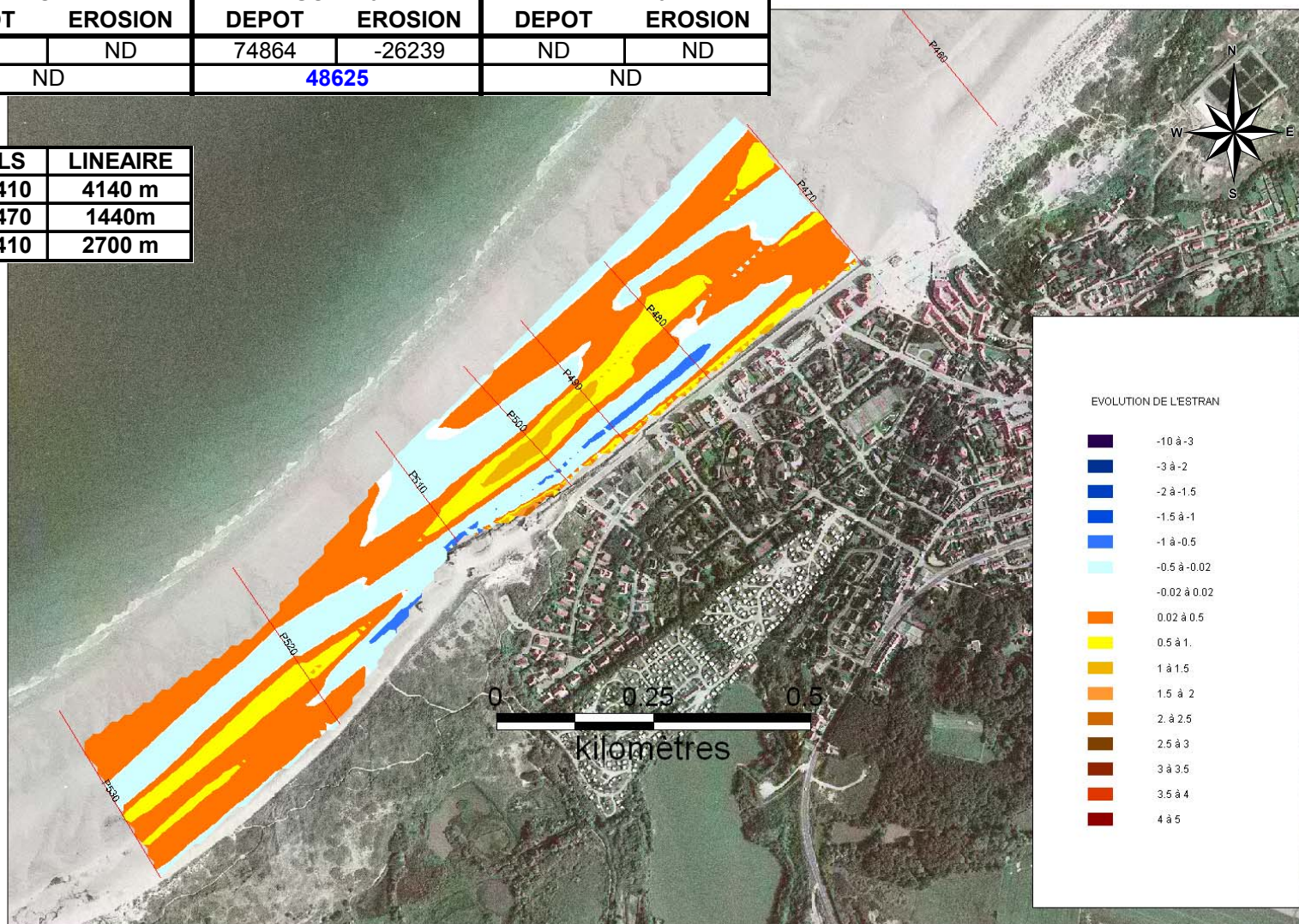


Figure 3. 39

**Evolution de l'estran sur la zone SOP470 (secteur perré)
Comparaison à état de référence septembre 1996**

Année	Evolution (milliers m3)	Etat / 1996 (milliers m3)
1996	0	0
1997	51	51
1998	-100	-49
1999	22	-27
2000	-17	-44
2001	11	-33
2003	-64	-97
2004	-33	-130
2005	48	-82

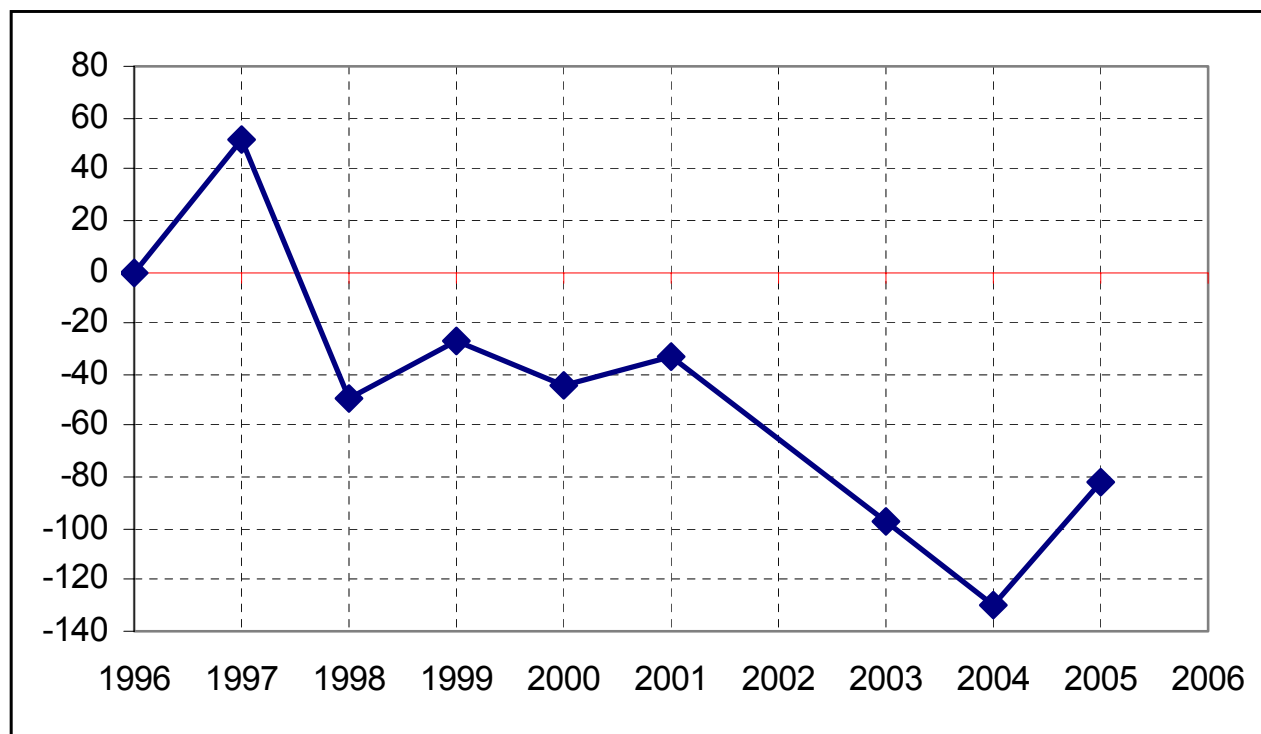


Figure 3. 40

Evolution de l'estran sur la zone NEP470 (Dune d'Amont) Comparaison à état de référence septembre 1996

Année	Evolution (milliers m3)	Etat / 1996 (milliers m3)
1996		0
1997	136	136
1998	-172	-36
1999	56	20
2000	20	40
2001	-13	27
2003	152	179
2004	17	196

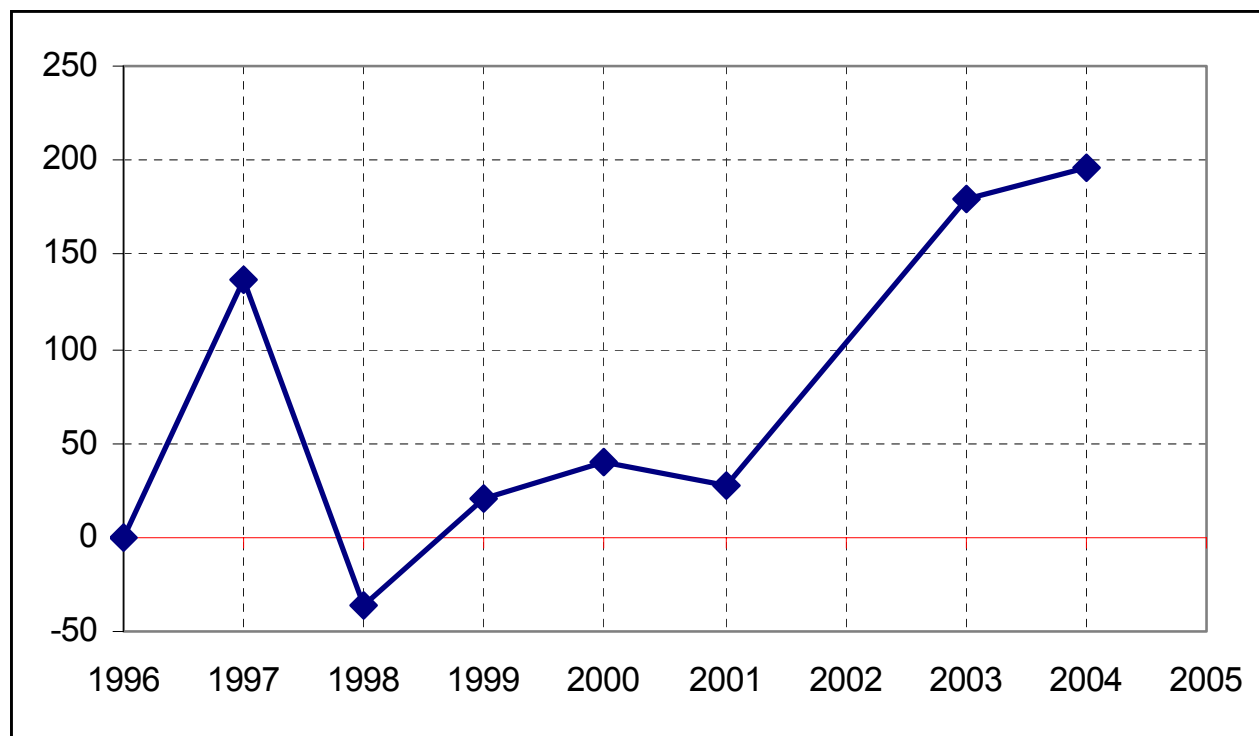


Figure 3. 41

Estimation des volumes de sables au dessus du niveau moyen (+4,45 m CM) sur le secteur du perré)

Année	Volume > + 4.45 CM
1996	236 000
1997	257 000
1998	196 600
1999	207 800
2000	208 000
2001	214 476
2002	ND
2003	158 000
2004	148 000
2005	180 874

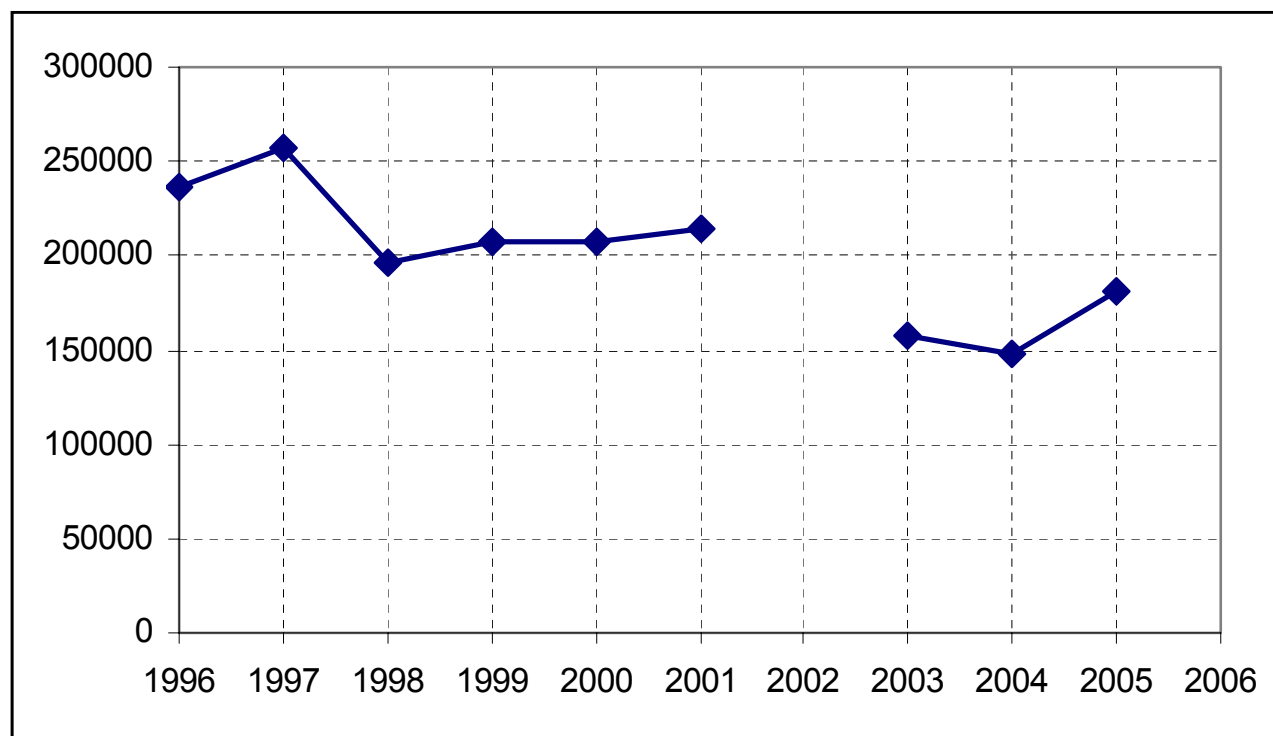
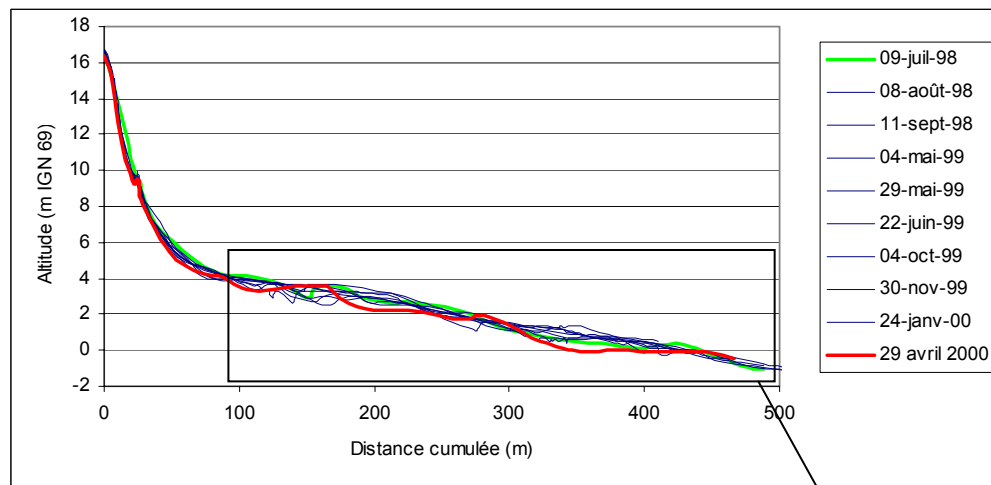


Figure 3. 42

Profils ULCO – P100 - Dune d'Amont



Ensemble des profils

Zoom

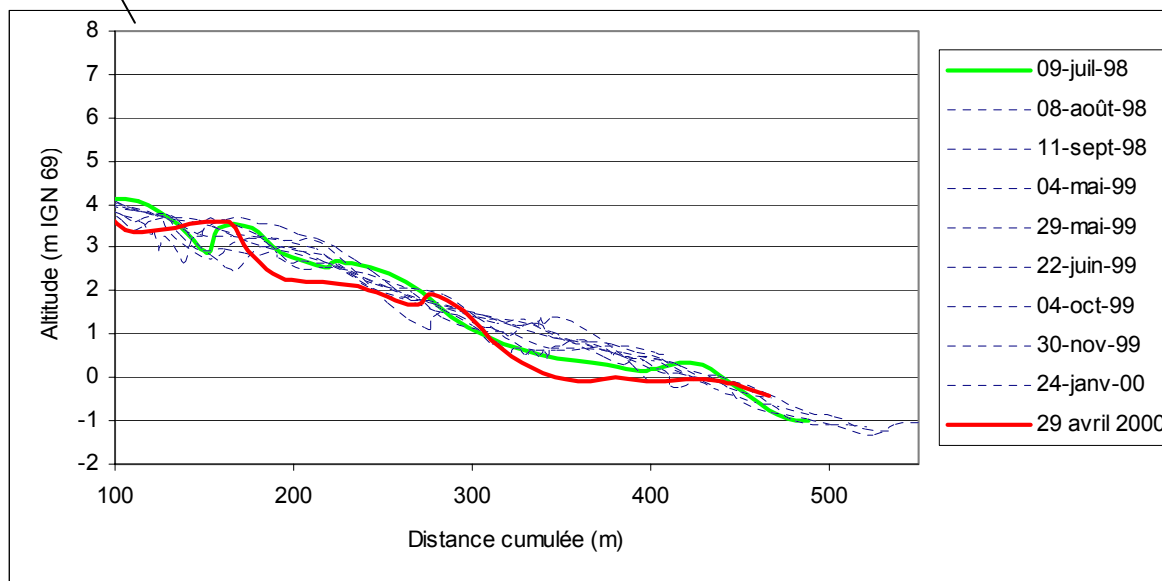
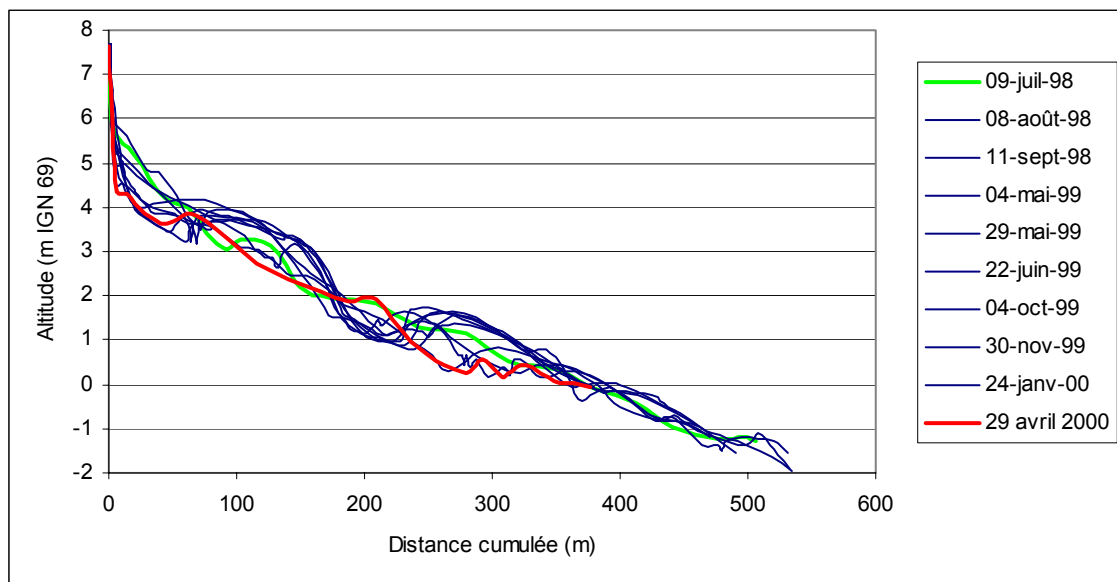


Figure 3. 43

Profils ULCO – P200 - Secteur Perré



Ensemble des profils

Profils caractéristiques

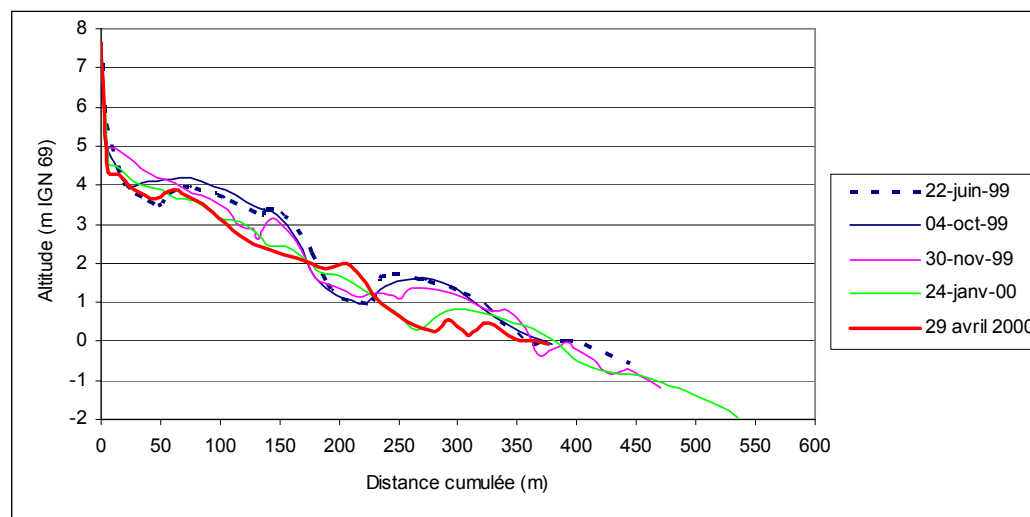
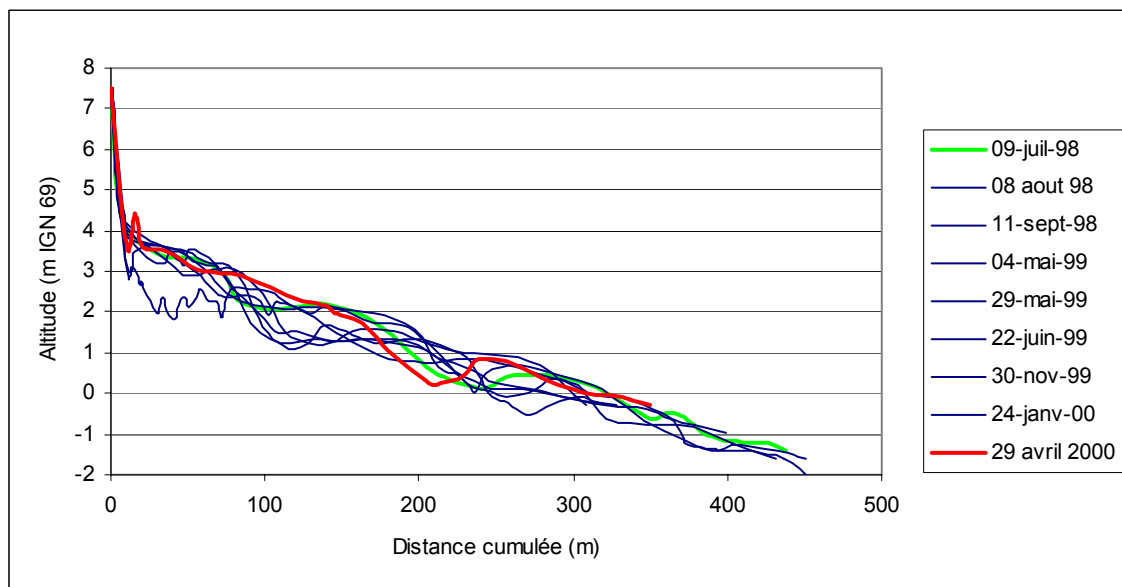


Figure 3. 44

Profils ULCO – P300 - Secteur Perré



Ensemble des profils

Profils caractéristiques

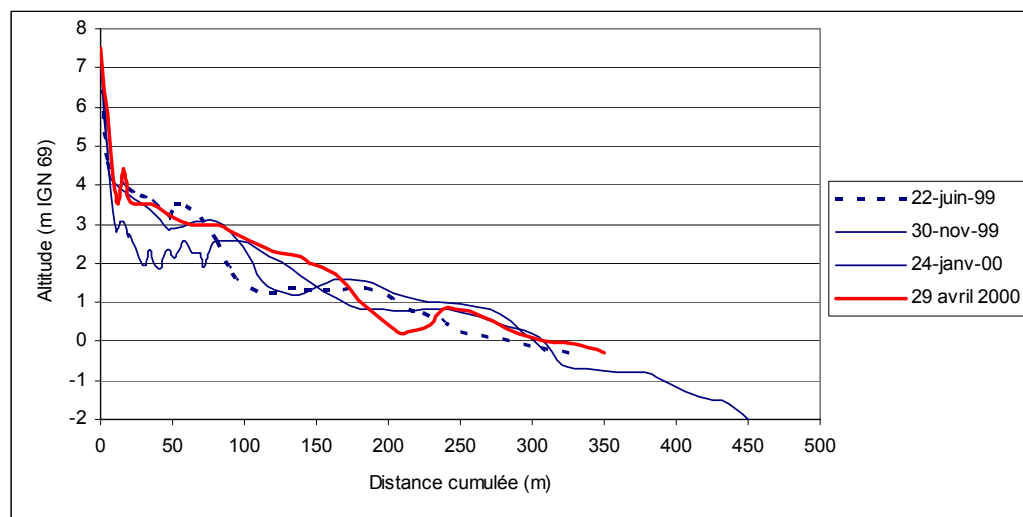
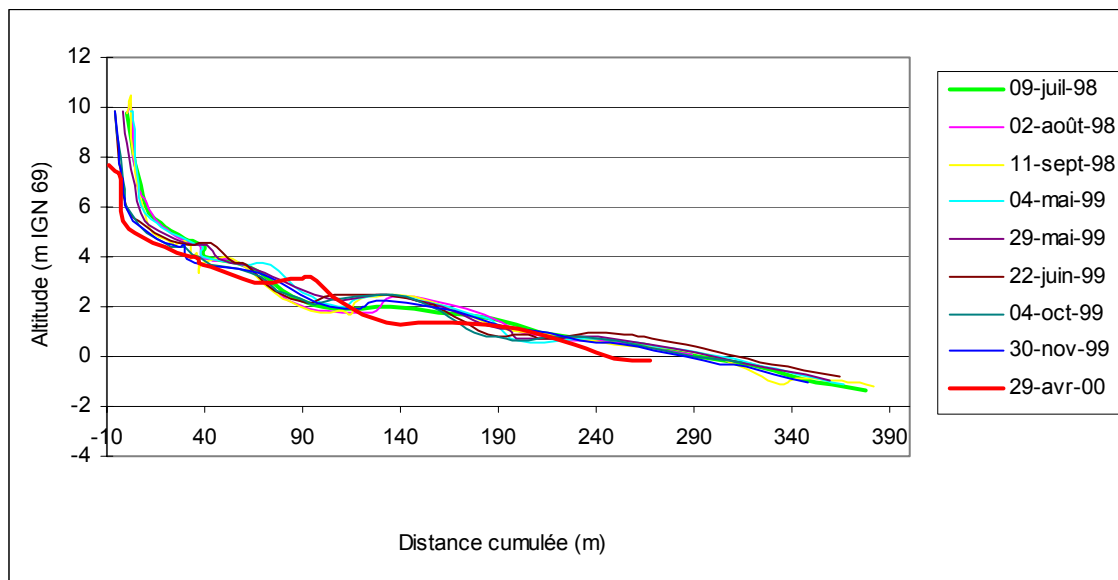


Figure 3. 45

Profils ULCO – P400 - Dune d'Aval



Ensemble des profils

Profils caractéristiques

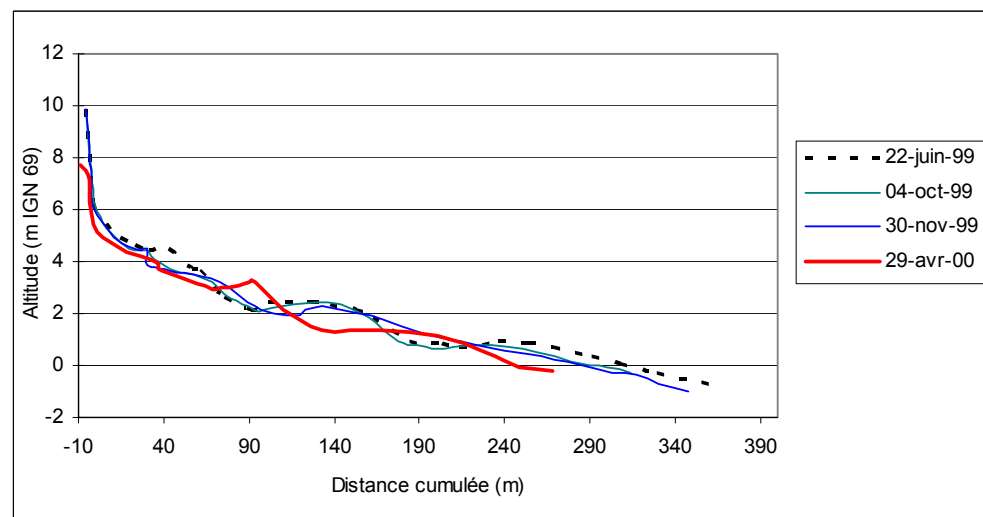
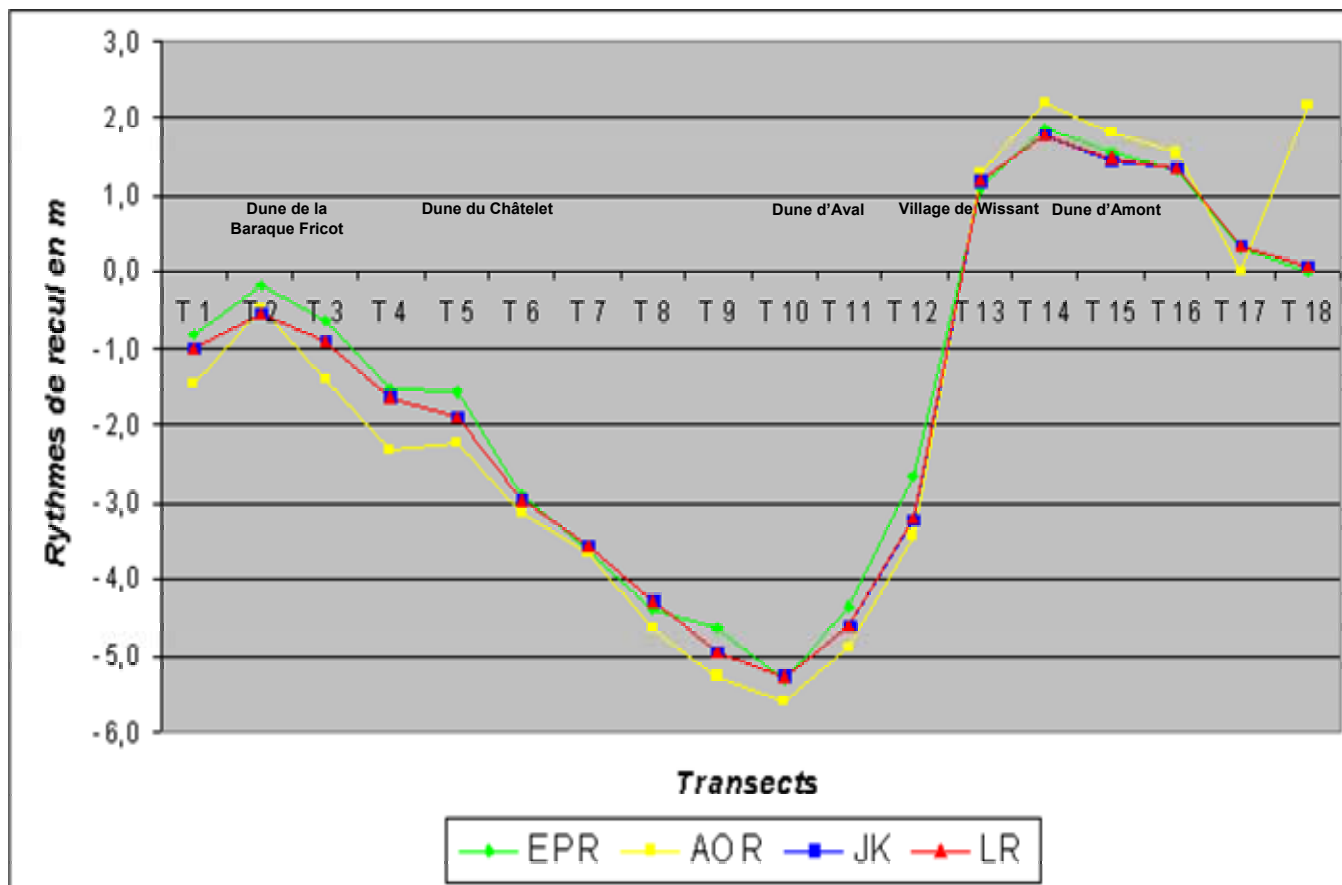


Figure 3. 46

**Taux annuels d'évolution du rivage
en baie de Wissant (Marquet 2000)**



**Les quatre couleurs de trait correspondent au quatre méthodes statistiques utilisées par Marquet*

Figure 3. 47 Analyse de l'évolution du trait de côte (Aernouts, 2005)

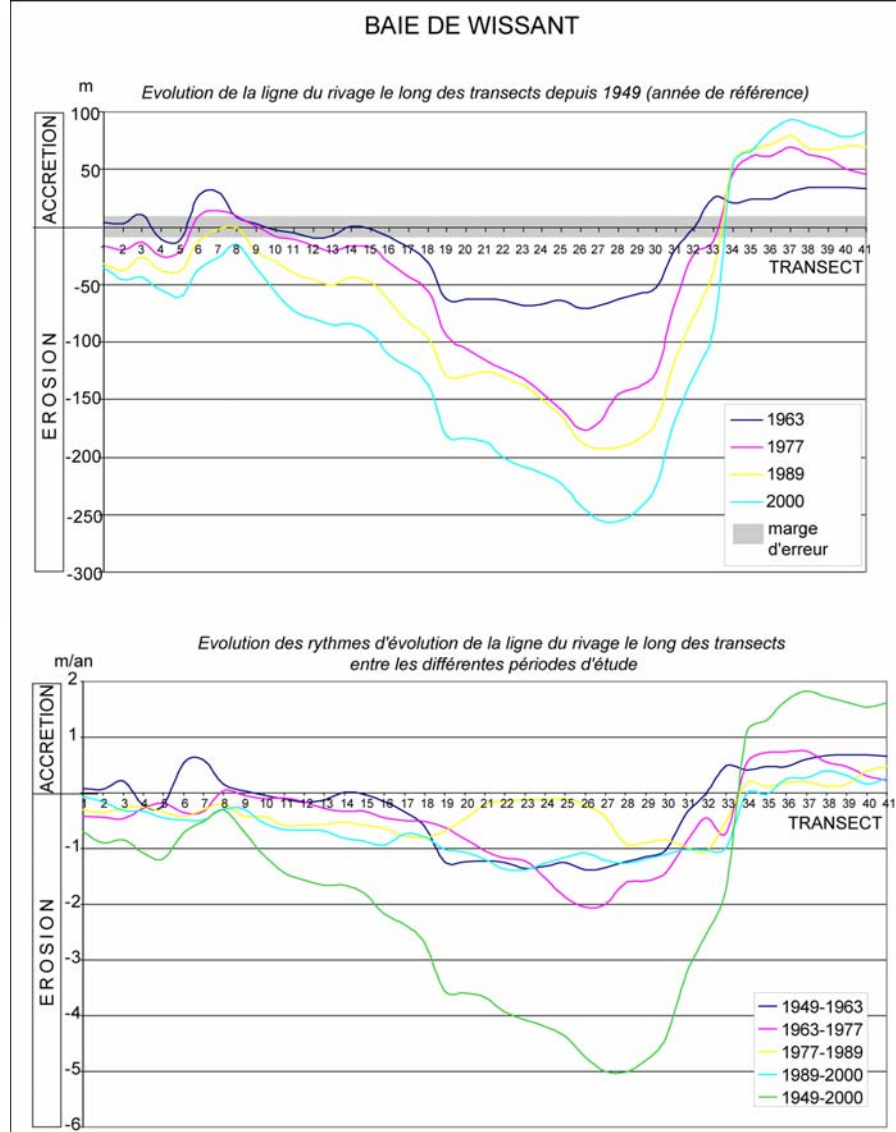
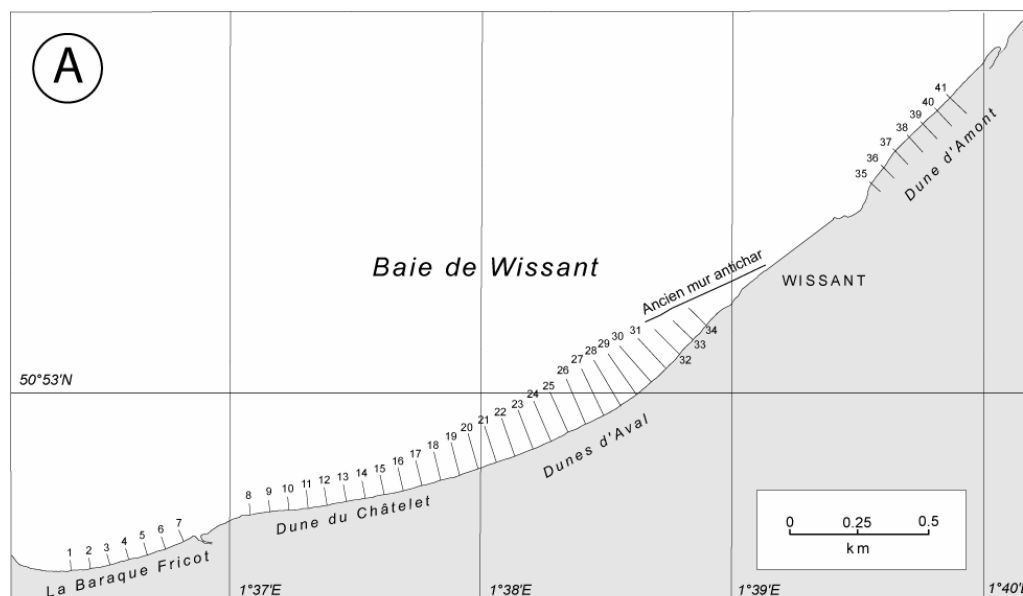
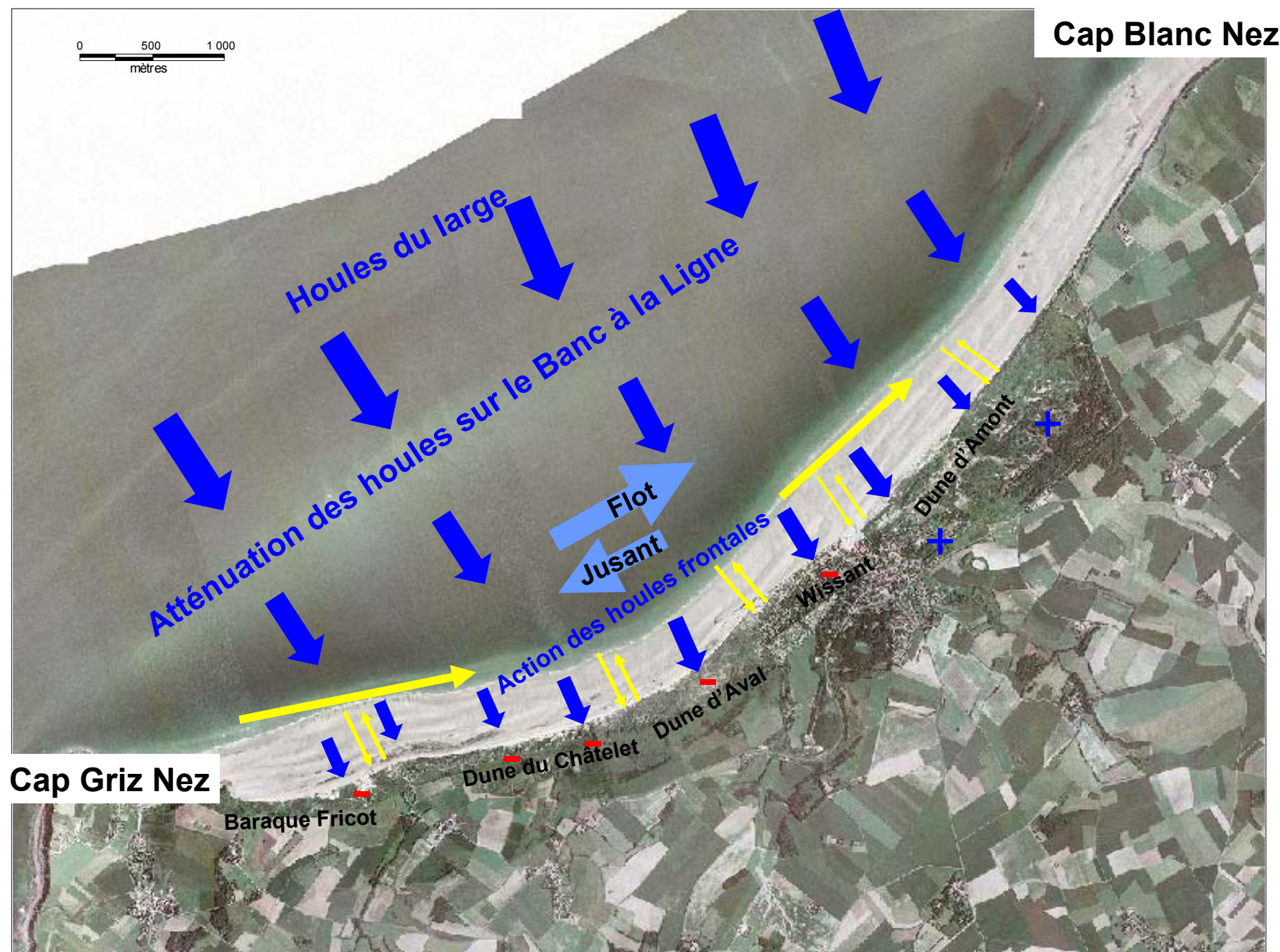


Figure 3. 48 Schéma de fonctionnement hydrosédimentaire de la Baie de Wissant



ANNEXE A : RAPPORT DE MISSION IN VIVO



WISSANT

RE-QUALIFICATION DU SITE DE LA BAIE DE WISSANT



*Rapport définitif
Octobre 2005*

MESURE

Syndicat Mixte
de la Côte d'Opale
Audomarois - Boulonnais - Calaisis - Dunkerquois - Montreuillois





REQUALIFICATION DU SITE DE LA BAIE DE WISSANT

CAMPAGNE DE MESURES

Octobre 2005

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de *In Vivo* ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Crédit photographique : In Vivo

Auteurs

Régis Bizien
Carole Angles

Sédimentologue / mesures topographiques
Génie côtier/mesures topographiques

IN VIVO ENVIRONNEMENT

ZA La grande Halte
29940 La FORET FOUESNANT
Tel : 02.98.51.41.75
Fax : 02.98.51.41.55



mail : info@invivo-environnement.com
Site web : www.invivo-environnement.com

IN VIVO MEDITERRANEE

Avenue de Saint-Jean
13600 LA CIOTAT
Tel : 04.42.71.31.25
Fax : 04.42.08.04.65

REQUALIFICATION DE LA BAIE DE WISSANT CAMPAGNE DE MESURES

TABLE DES MATIERES

1.	INTRODUCTION	4
1.1.	OBJECTIF	4
1.2.	DATE DE MISSION	4
1.3.	SITUATION GEOGRAPHIQUE	5
2.	MATERIEL UTILISE	5
2.1.	POSITIONNEMENT	5
2.2.	POINTS GEODESIQUES DE REFERENCE	6
2.3.	PRECISION DU POSITIONNEMENT	7
2.4.	TOPOGRAPHIE AVEC QUAD	7
2.5.	TOPOGRAPHIE A PIED	8
3.	RESULTATS	10
4.	PRELEVEMENTS DE SEDIMENTS	13
4.1.	PLAN DE POSITION	13
4.2.	ANALYSES GRANULOMETRIQUES	14
5.	FICHE SIGNALÉTIQUE ET DOCUMENTAIRE	15

Liste des tableaux

Tableau 1 : Points géodésiques de référence	7
--	----------

Liste des Figures

Figure 1: situation de la zone d'étude	5
Figure 2 :Point géodésique situé sur le Blockhaus.	6
Figure 3: Quad préparé pour l'acquisition	8
Figure 4: mesure à pied au niveau des ouvrages	9
Figure 5: plan de position des profils	10
Figure 6: ensemble des points mesurés	11
Figure 7: modèle numérique de terrain de la plage	12
Figure 8: plan de position des points de prélèvements	13

Liste des planches

planche 1: analyses granulométriques 1H, 1M, 1B, 2H	14
planche 2: analyses granulométriques 3H, 3M, 3B, 4H	14
planche 3: analyses granulométriques 4M, 4B, 5H, 5M	14
planche 4: analyses granulométriques 5B, 6H, 6M, 6B	14
planche 5: analyses granulométriques 7H, 7M, 7B, 8H	14
planche 6: analyses granulométriques 8M, 8B, 9H, 9M	14
planche 7: analyses granulométriques 9B, 10H, 10M, 10B	14
planche 8: analyses granulométriques 11H, 11M, 11B, 12H	14
planche 9: analyses granulométriques 12M, 12B, 13H, 13M	14
planche 10: analyses granulométriques 13B, 14H, 14M, 14B	14
planche 11: analyses granulométriques 15H, 15M, 15B, 16H	14
planche 12: : analyses granulométriques 16M, 16B, 17H, 17M	14

1. INTRODUCTION

1.1. OBJECTIF

Le centre de la baie de Wissant connaît depuis les années 1990 une forte érosion. Les études préalables (CETMEF et ULCO) ont préconisé un rechargement massif du centre de la baie. Cependant pour que cette solution puisse être pérenne, il est nécessaire de réaliser une étude topographique afin d'avoir connaissance de la morphologie de la baie. Ces mesures sont complétées par des prélèvements de sédiments.

1.2. DATE DE MISSION

Les relevés ont été réalisés durant la semaine du 19 au 23 Septembre 2005 dans de bonnes conditions météorologiques. Les forts coefficients de marée (111 à 100) ont permis d'atteindre le bas de l'estran.

1.3. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La baie de Wissant est située entre le cap Gris Nez au sud et le cap Blanc Nez au Nord. Le levé a été effectué sur un linéaire de 2500 m pour 450 m de large en moyenne.

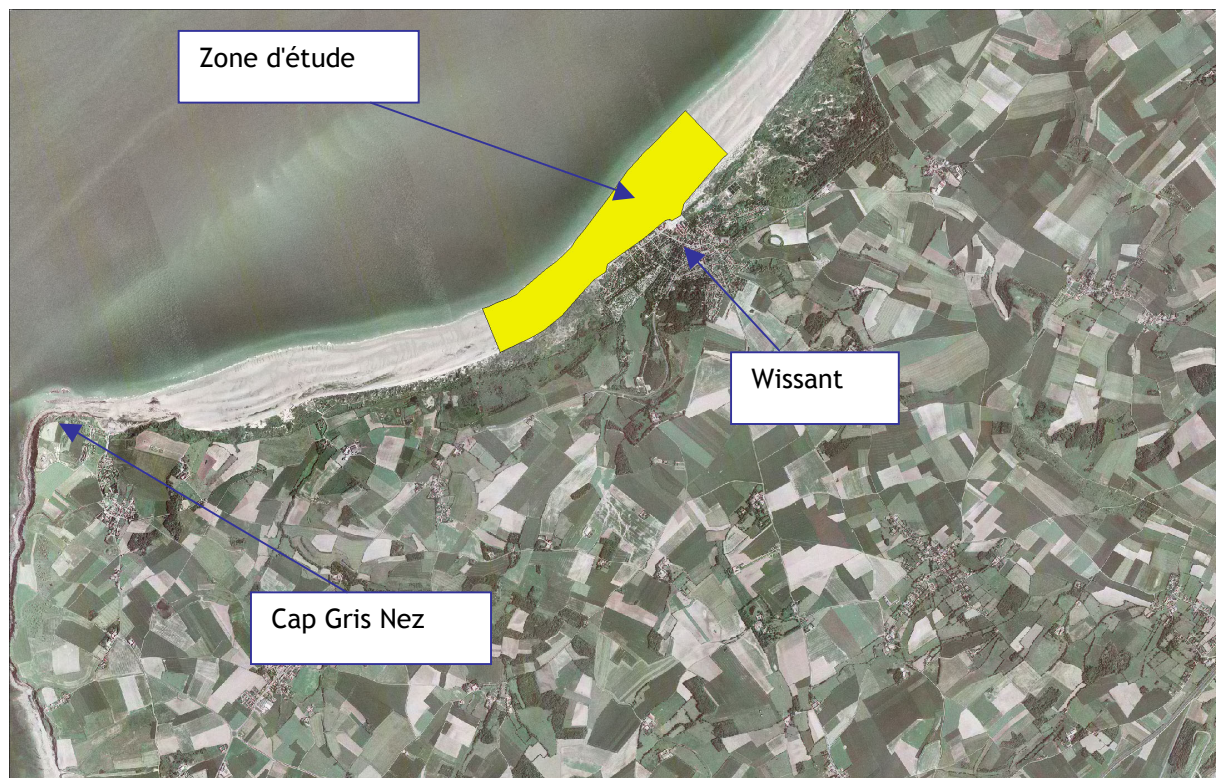


Figure 1: situation de la zone d'étude

2. MATERIEL UTILISE

2.1. POSITIONNEMENT

Les levés de topographie nécessitent un système de positionnement centimétrique. Pour ces opérations, le système utilisé est un système RTK (REAL TIME KINEMATIC). Son principe repose sur le calcul d'une correction au niveau d'une station de base de position connue, et la transmission instantanée de cette correction par liaison radio vers le GPS mobile, installé sur le quad et dans un sac à dos pour l'opérateur à pied. L'installation comprend les éléments suivants :

- Un GPS Trimble 5700 configuré comme station de base. Ce récepteur est placé sur un point connu dans les trois dimensions de l'espace, et transmet au récepteur mobile les corrections d'altimétrie et de planimétrie par liaison radio;
- Un GPS Trimble 5700 mobile. Ce récepteur est installé sur le quad pour les levés topographiques;
- Un carnet de terrain électronique (Trimble Survey Controller) permettant de configurer les GPS ;
- Un système de liaison radio UHF, permettant la transmission des corrections calculées par la base vers le mobile.

2.2. POINTS GEODESIQUES DE REFERENCE

Le point géodésique de référence fournit par le SMBC est situé sur le blockhaus au sommet de la dune. Ce blockhaus est localisé au nord de l'extrémité du pérée.



Figure 2 :Point géodésique situé sur le Blockhaus.

Les coordonnées du point sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Nom du point	Lambert 1 (NTF)		Altitude IGN 1969 (m)
	E (m)	N (m)	
Point géodésique SMBC	552487.77	354615.33	17.03

Tableau 1 : Points géodésiques de référence.

2.3. PRECISION DU POSITIONNEMENT

Le système de positionnement RTK permet d'obtenir une précision centimétrique, d'autant meilleure que le récepteur mobil se situe près de la station de base. D'après les spécifications du constructeur, l'incertitude est :

- en planimétrie, de l'ordre de 1cm + 1 ppm, soit 1 centimètre plus 1 millimètre par kilomètre séparant le mobile de la station de base,
- en altimétrie, de l'ordre de 2 cm + 2 ppm, soit 2 centimètres plus 2 millimètres par kilomètre séparant le mobile de la station de la station base.

Par conséquent, au point le plus éloigné de la zone du levé, l'imprécision maximum sur les données GPS est de 1 cm en planimétrie et de 2 cm en altimétrie.

2.4. TOPOGRAPHIE AVEC QUAD

Pour les levés des profils transversaux et longitudinaux, l'acquisition topographique s'est effectuée en Quad. Le récepteur GPS est installé sur le véhicule. Les profils à réaliser sont chargés dans le carnet de terrain, qu'il suffit de suivre en acquisition.

Pour mesurer le point au niveau du sol, la hauteur entre l'antenne GPS et le sol est mesurée. Cette valeur est rentrée dans le carnet de terrain ce qui permet pour chaque point d'obtenir une mesure (x, y, z) au niveau du sol.

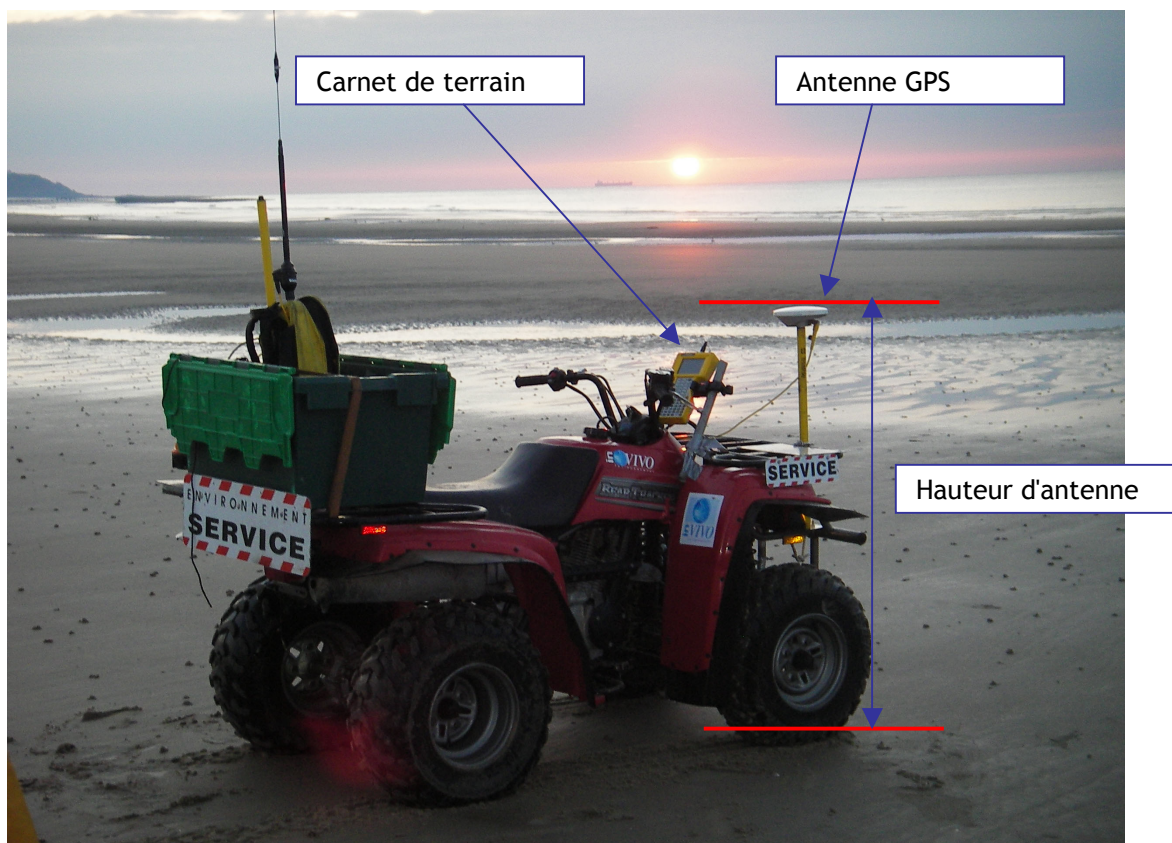


Figure 3: Quad préparé pour l'acquisition

2.5. TOPOGRAPHIE A PIED

L'acquisition à pied est réalisée là où le quad ne passe pas à savoir :

- Au pied de la digue sur la corniche;
- Au pied des blockaus

En effet, en pied d'ouvrage, les affouillements dus aux phénomènes de réflexion sont importants. La pente et la profondeur (de plus de 1,5 m par rapport au terrain) est telle que la mesure de point ne peut se faire qu'à l'aide d'une canne topographique..

Le principe d'acquisition est le même :

- La hauteur de la canne est connue (2m), valeur qui est retranchée pour avoir la mesure au sol. Cette canne est munie d'un niveau à bulle ce qui permet de maintenir la canne verticale.
- L'opérateur porte alors le GPS dans un sac à dos



Figure 4: mesure à pied au niveau des ouvrages

3. RESULTATS

Comme prévu au cahier des charges, nous avons réalisé l'acquisition en fonction du plan de position suivant:

- 30 profils perpendiculaires espacés de 50 m, dont plusieurs placés sur les profils réalisés par la SMBC afin d'établir des comparaisons;
- 4 profils longitudinaux espacés tous les 100 m.



Figure 5: plan de position des profils

A partir de ces profils théoriques, l'ensemble des points mesurés (Quad et topo à pied) figurent ci-dessous



Figure 6: ensemble des points mesurés

Le traitement des points est réalisé à l'aide du logiciel TGO Trimble Geomatic Office). Le traitement revient à épurer les sondes aberrantes (saut GPS, mauvaise qualité de donnée...). Le fichier épuré (x, y, z) permet la réalisation d'un modèle numérique de terrain.

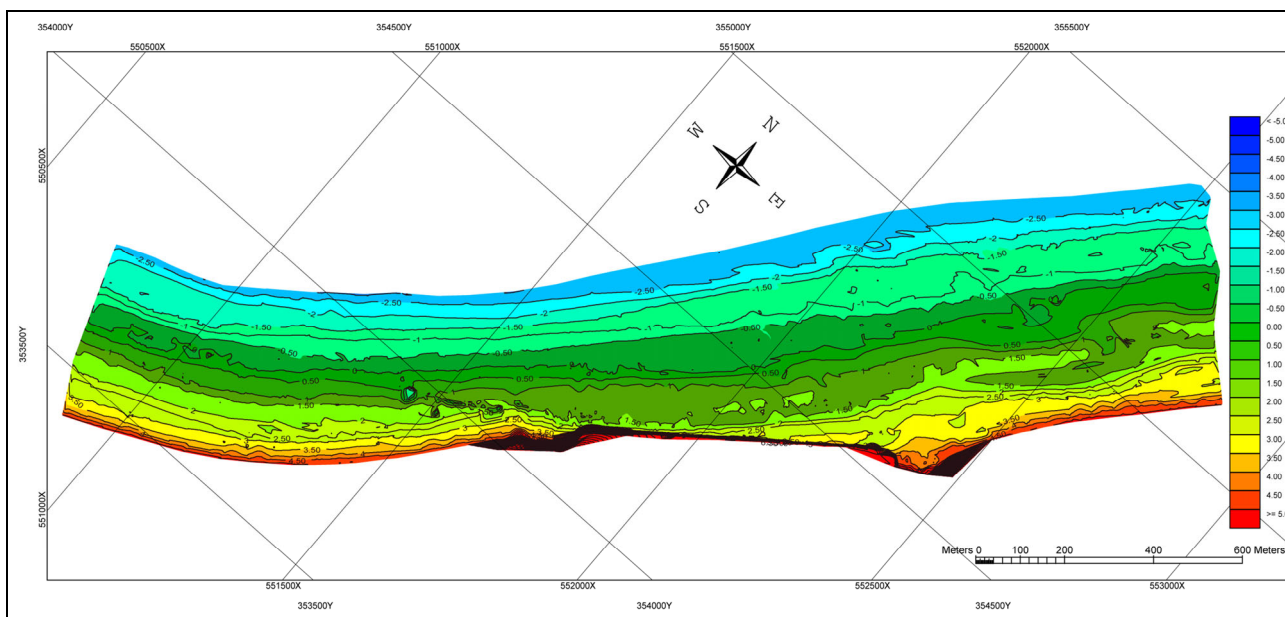


Figure 7: modèle numérique de terrain de la plage

Le modèle permet d'apprécier la topographie générale de la plage et de mettre en évidence les affouillements en pied d'ouvrage (blockhaus). La cote des fonds est exprimée en IGN 69.

4. PRELEVEMENTS DE SEDIMENTS

4.1. PLAN DE POSITION

Afin de préciser la granulométrie de la plage, 51 prélèvements de sédiment ont été réalisés et répartis sur 17 profils à raison de 3 prélèvements par profil, en haut, milieu et bas de plage. Les points de prélèvement sont positionnés au GPS RTK. Le plan de position figure ci-dessous. Les profils en rouge correspondent aux profils réalisés par le SMBC.



Figure 8: plan de position des points de prélèvements

4.2. ANALYSES GRANULOMETRIQUES

La granulométrie est effectuée au laboratoire Brest-Océan sur un granulomètre laser qui permet d'exprimer les fractions de 2 μ m à 2mm. La représentation graphique figure dans les figures ci-dessous. Ces graphiques mettent en évidence les classes granulométriques cumulée avec les indices (mode, médiane, moyenne). Les bordereaux d'analyses figurent en annexe du rapport.

planche 1: analyses granulométriques 1H, 1M, 1B, 2H

planche 2: analyses granulométriques 2M, 2B, 3H, 3M

planche 3: analyses granulométriques 3B, 4H, 4M, 4B

planche 4: analyses granulométriques 5H, 5M, 5B, 6H

planche 5: analyses granulométriques 6M, 6B, 7H, 7M

planche 6: analyses granulométriques 7B, 8H, 8M, 8B

planche 7: analyses granulométriques 9H, 9M, 9B, 10H

planche 8: analyses granulométriques 10M, 10B, 11H, 11M

planche 9: analyses granulométriques 11B, 12H, 12M, 12B

planche 10: analyses granulométriques 13H, 13M, 13B, 14H

planche 11: analyses granulométriques 14M, 14B, 15H, 15M

planche 12: : analyses granulométriques 15B, 16H, 16M, 16B

planche 13: analyses granulométriques 17H, 17M, 17B

5. FICHE SIGNALÉTIQUE ET DOCUMENTAIRE

Renseignements généraux concernant le document envoyé	
Titre de l'étude	Re qualification de la baie de Wissant
Nombre de pages	15
Nombre de planches	13
Maître d'Ouvrage	SMCO
Adresse	Hôtel de ville de Calais - 62000 CALAIS
N° marché / Date de notification	

Historique des envois				
Documents envoyés	Nombre d'exemplaires	Nombre de CD-ROM	Date d'envoi	N° réceptionné
Rapport provisoire				
Rapport définitif	3	1	10/10/05	1005/446

Intervenants dans l'élaboration des documents	
Rédacteurs	Régis Bizien
Cartographe / Illustrateur	R. Bizien

Réunions, visites de terrain			
Réunions	Date	Intervenants	Lieu
Réunion de cadrage			
Réunion d'étape			
Réunion de rendu			

Contrôle interne de la qualité		
	Niveau 1 : Auteur(s)	Niveau 2 :
Contrôlé par	Régis Bizien	
Date	10/10/05	
Signature		

