



Protection du littoral des Bas-Champs

Guy Leconte

Subdivisionnaire, Subdivision Maritime, Direction Départementale de L'Équipement de la Somme

Jacques Viguiier

Ingénieur, Département Ports et Côtes, SOGREAH

Résumé

A la suite des tempêtes de février 1990, le cordon littoral des Bas-Champs s'est rompu en divers points entre Ault et Cayeux entraînant l'inondation de près de 3000 hectares des Bas-Champs de la Somme. Deux alternatives ont été alors envisagées, soit laisser le cordon évoluer naturellement avec envahissement progressif des Bas-Champs par la mer, soit aménager le cordon pour les protéger contre les inondations. Finalement cette dernière alternative a été retenue.

Une étude ayant pour but de définir et mettre au point le dispositif de protection a été engagée. Cette communication présente la démarche générale de l'étude et les principaux résultats.

1. Historique - Présentation Générale

Le cordon littoral des Bas-Champs, principalement constitué de galets s'étend sur environ 18 km entre Ault - le Hourdel (fig. 1 et 2). Il a commencé à se développer il y a environ deux millénaires lorsque la mer a atteint le niveau qu'on lui connaît actuellement. Entre Ault et Cayeux, soit sur 7 km, le cordon sépare la mer de terrains situés plus bas que cette dernière lors des pleines mers de vive-eau.

Ce cordon est sédimentologiquement actif et depuis le 14^{ème} siècle des ruptures et inondations sont mentionnées dans les écrits. En février 1990 suite à une série de tempêtes exceptionnelles se sont produites les inondations les plus importantes jamais connues.

Jusqu'à environ deux siècles, seuls les facteurs naturels étaient en jeu. Sont venus s'ajouter des facteurs humains dont les effets ont accru la sensibilité et la fragilité du cordon aux facteurs naturels. Aujourd'hui, la situation est telle dans la partie sud du cordon entre Ault et Cayeux qu'il faut envisager d'importantes interventions, si l'on veut assurer une stabilité acceptable vis à vis des actions de la mer, en particulier, dans des conditions difficiles telles que celles que l'on a connues en février 1990.

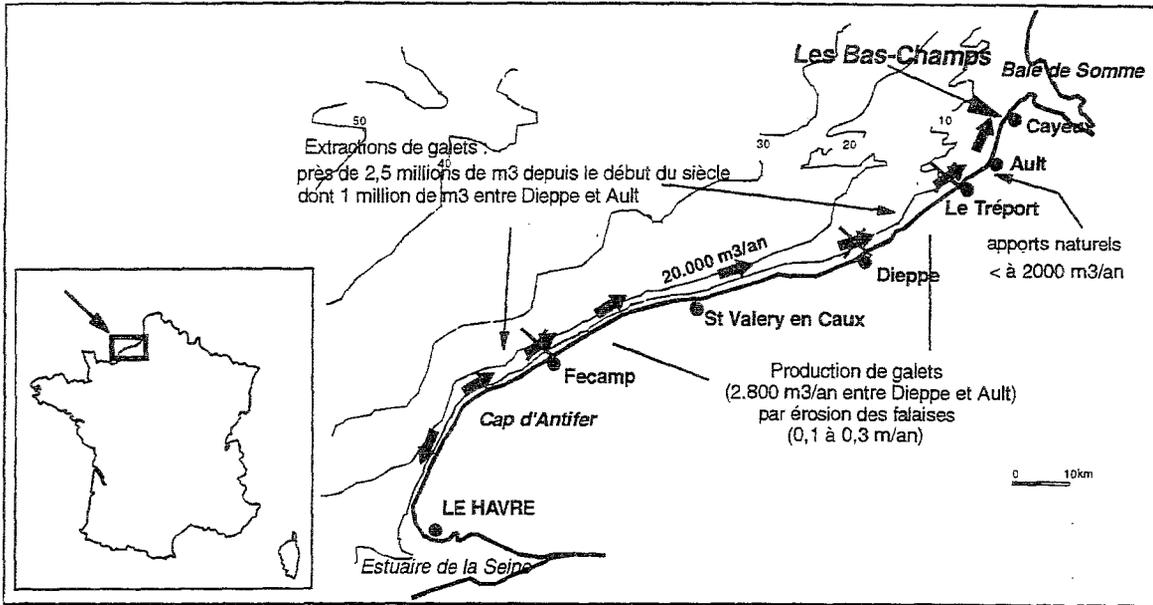


Figure 1 : Situation - Dynamique sédimentaire régionale

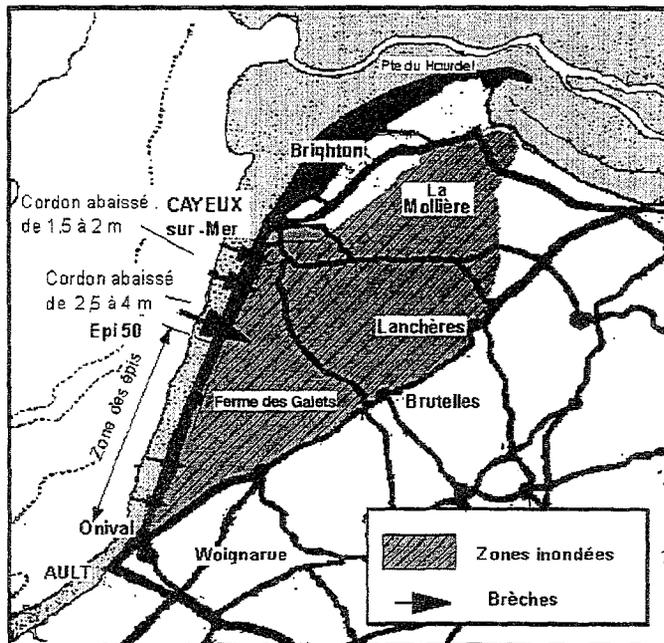


Figure 2 : Zone inondée lors de la tempête de février 1990

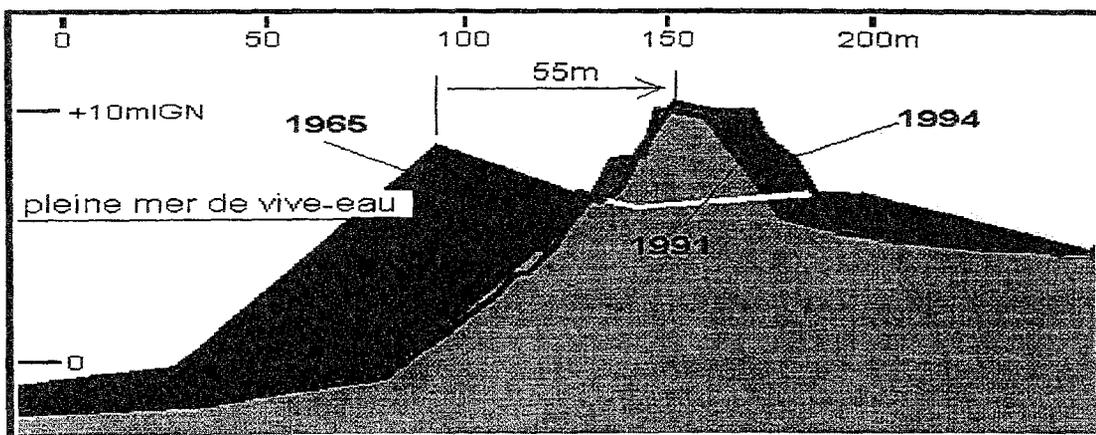


Figure 3 : Evolution du cordon entre 1995 et 1994 au Nord de l'épi 50

Suite aux événements catastrophiques de 1990, des travaux de première urgence ont été réalisés entre février et juin 1990 pour un montant de 8,5 MF. Ils ont été suivis par deux tranches de travaux successifs de consolidation pour un montant global de 18,5 MF.

Simultanément les débats sur la question des Bas-Champs se sont poursuivis sans relâche. Des expertises ont été réalisées sur deux alternatives envisageables :

- . protection des Bas-Champs contre les inondations,
- . abandon de la ligne de rivage en laissant la possibilité à la mer de pénétrer partiellement dans les Bas-Champs.

La décision de protéger les Bas-Champs contre les inondations est finalement retenue par les décideurs locaux, l'abandon posant sur le long terme le devenir de la ville de Cayeux.

En janvier 1993 un programme d'études est lancé, il comprend deux volets :

- . un volet maritime dont la Maîtrise d'Ouvrage est assurée par l'Association Syndicale des Bas-Champs et la Maîtrise d'Oeuvre par La Subdivision Maritime des la D. D. E. de la Somme; il a été confié sur la base d'un appel d'offres au bureau d'études SOGREAH associé au Laboratoire National d'Hydraulique d'EDF.
- . Un volet environnement, aménagement et valorisation du territoire des Bas-Champs dont la Maîtrise d'ouvrage est assurée par la Région Picardie.

Le volet maritime, précédé par des mesures en nature (bathymétrie, topographie, analyses granulométriques) a comporté les principales phases suivantes :

- . aspect régional pour situer le cordon dans sa province sédimentologique,
- . actualisation des conditions naturelles (houles, marées et surcotes, sédimentologie, évolutions passées, bilan sédimentaire),
- . étude en cuve à houle pour examiner l'influence de la géométrie du cordon sur les franchissements et risques de ruptures, le fonctionnement de différents systèmes d'épis,
- . étude sur modèle mathématique de l'évolution du cordon pour comparer divers scénarios d'aménagements et mettre au point celui retenu,
- . établissement de l'Avant Projet Sommaire.

2. Les données naturelles

La flèche littorale des Bas-Champs de la Somme est une des résultantes de l'évolution d'un secteur côtier qui s'étend entre les estuaires de la Seine et de la Somme. Deux secteurs peuvent être individualisés (fig. 1) :

- . une zone de production de galets entre le Cap d'Antifer et Ault (150 km)
- . une zone d'accumulation de galets entre Ault et Le Hourdel (18 km).

2.1 Aspect régional

A l'échelle régionale l'évolution naturelle est marquée par le recul des falaises de 0,10 à 0,15 m/an entre Dieppe et Le Tréport et de 0,3 m/an entre Le Tréport et Ault avec production de 2800 m³/an et 800 m³/m dans chacune des zones.

En l'état naturel, les houles faisaient cheminer ces galets vers le nord à raison de 20.000 à 30.000 m³/an. La réalisation de jetées portuaires (Dieppe, Le Tréport, Penly) ont arrêté ce cheminement.

Depuis le début du siècle plus de 2 millions de m³ de galets ont été extraits entre Antifer et Ault dont 1 million de m³ entre Dieppe et Ault. Aujourd'hui le stock de galets disponibles a été évalué à 530.000 m³ : 350.000 m³ entre Dieppe et Le Tréport, 180.000 m³ entre Le Tréport et Ault dont 130.000 m³ à Mers-Les-Bains.

Les conséquences de ces actions humaines sont l'appauvrissement du stock sédimentaire et la sectorisation du littoral. Aujourd'hui la partie Dieppe - Baie de Somme comprend trois parties indépendantes : Dieppe - Penly, Penly - Le Tréport, Le Tréport - Baie de Somme.

Situés en extrémité aval, les Bas-Champs ne sont quasiment plus alimentés en galets, moins de 2000 m³/an contre 20.000 à 30.000 m³/an autrefois. Les systèmes de protection doivent être recherchés en tenant compte de cette quasi absence d'apports naturels ce qui implique d'apporter tous les galets nécessaires au fonctionnement de la protection.

2.2 Le cordon des Bas-Champs

2.2.1 Description

Quatre entités géomorphologiques composent le littoral des Bas-Champs de la Somme :

- de Ault au sud de Cayeux sur Mer (8km), zone à tendance érosive marquée,
- devant Cayeux sur Mer (2km), zone maintenue en équilibre sédimentaire,
- du nord de Cayeux à la Mollière (5 km), zone d'accumulation. Le secteur de la Mollière constituant la partie terminale du cordon depuis Ault.
- de la Mollière au Hourdel (3 km) c'est l'ancienne extrémité du cordon, elle n'est plus alimentée aujourd'hui par des galets provenant du cordon Ault-La Mollière,

2.2.2. Conditions océanographiques

A Cayeux l'amplitude de la marée varie entre 5 m en morte-eau (C=45) et 8,6 m en vive-eau (C=95). La cote de pleine-mer extrême due à la marée astronomique est de +5,85 mIGN.

La synthèse des niveaux extrêmes à Cayeux (marée astronomique et surcotes) conduit en fonction de la période de retour aux valeurs suivantes :

- . 10 ans : 6,12 mIGN
- . 50 ans : 6,36 mIGN
- . 100 ans : 6,45 mIGN.

L'analyse du régime des houles a mis en évidence les principaux points suivants :

- . au large la fréquence des hauteurs significatives $H_s > 3\text{m}$ est de 1,6%, les calmes représentent 64% des observations,
- . les directions de provenance les plus fréquentes sont comprises entre le 255°N et le 290°N ,
- . les périodes sont la plupart du temps inférieures à 9-10s.

Compte tenu de la réfraction et des déferlements qui se produisent par faibles profondeurs, au pied du cordon, la hauteur H_s des houles reste limitée à :

- . 3,6 m entre Ault et Cayeux,
- . 2,7 m au droit de Cayeux,
- . 2,1 m à La Mollière.

Lors de la tempête de février 1990, il y a eu concomitance d'hauteurs d'agitations ayant des périodes de retour de 5 à 10 ans et des niveaux de la mer observés une fois tous les 10 à 50 ans. C'était donc un phénomène exceptionnel, mais la série de tempêtes qui ont sévi durant l'hiver 1989-1990 était tout aussi exceptionnelle. En effet, 25 à 26 jours de tempête ont été observés entre le 4 novembre 1989 et le 1er mars 1990, alors que, dans les 25 années précédentes pour les hivers les plus sévères, le nombre de jours de tempête a été compris entre 5 et 13.

2.2.1 Ruptures du cordon et inondations des Bas-Champs

Le cordon des Bas-Champs présente une grande fragilité depuis fort longtemps. Des ruptures sont signalées dès le 14^{ème} siècle. Des dégâts dus aux inondations sont mentionnés en 1792, 1914, 1927, 1935 et 1941. Pour la période récente des inondations importantes se sont produites en 1972 (750 ha inondés), 1974, 1984 (400 ha inondés), 1985. A chaque fois les brèches se sont produites sur les 2 km partir d'Ault.

En février 1990, près de 3000 ha furent inondés (fig. 2), des brèches se sont produites entre Ault et la Ferme des Galets. L'ampleur exceptionnelle des inondations a été due à la quasi destruction du cordon au nord de la zone protégée par les épis construits entre 1965 et 1984.

2.2.2 Constitution et granulométrie

Le cordon littoral des Bas-Champs repose sur l'estran sableux. La côte des fonds en pied du cordon est proche du 0 m IGN. De la base à la crête, la teneur en galets va croissant. Les analyses granulométriques effectuées tout le long du cordon ont montré :

- que la fraction < 20 mm est comprise entre 40 et 60 %
- qu'il n'y a pas de tendances évolutives très significatives des fractions granulométriques tout le long du cordon.

2.2.3 Travaux de protection réalisés depuis 1965

A partir de 1965 des travaux de protection ont été entrepris. De 1965 à 1984, 50 épis de type "plongeurs" (l'épi épouse le profil du cordon) de 80 à 90 m de longueur, espacés de 90 m ont été mis en place à partir d'Ault, 160.000 m³ de galets et sables provenant du Tréport ou du cordon plus au nord ont été simultanément apportés.

A partir de 1984, les entreprises SILMER et DELARUE qui prélèvent 20.000 m³/an de galets (D> 40 mm) au nord de Cayeux ont été tenues de restituer le même volume à partir de carrières proches, 20 % étant remis à Ault et 80 % en limite nord de la zone protégée pour les épis.

Après la tempête de février 1990 et jusqu'à mai 1994, 660.000 m³ (150.000 à 170.000 m³/an) de galets ont été apportés pour reconstituer le cordon et pallier le déficit d'apport naturel ; ces matériaux provenaient de l'extrémité nord du cordon (La Mollière) pour 460.000 m³ et de carrières pour 200.000 m³ dont 80.000 m³ à titre de restitution.

Cinq épis ont été réalisés en 1993, 1 km au nord de la zone protégée en 1984.

2.2.4 Evolution récente du cordon

L'évolution du cordon entre 1965 et 1994 a pu être appréciée à partir de levés réalisés en 1965, 1973, décembre 1990 et mai 1994 (le seul qui couvre tout le cordon d'Ault au Hourdel) et des photographies aériennes.

2.2.4.1 Secteur Ault-Amer Sud de Cayeux

La période 1965-1990 a été marquée par une tendance au recul :

- de l'ordre de 10 mètres dans les premiers 2500 m,
- de moins de 10 m voire nul dans le secteur de la Ferme des Galets
- qui augmente progressivement au nord de cette dernière pour atteindre 50m au nord de l'épi 50 (fig. 3) et diminue ensuite pour être de 20m à l'Amer Sud de Cayeux.

De décembre 1990 à mai 1994, les apports ont permis de maintenir la situation restaurée après les tempêtes de 1990.

Le bilan en terme de volume de ces 6500 m de cordon à partir d'Ault fait apparaître:

- de 1965 à 1990 une érosion de l'ordre du million de m³ dont 800.000 m³ au nord du dernier épi,
- de décembre 1990 à juin 1993 une sédimentation de 40.000 m³.

2.2.4.2 Secteur Amer Sud de Cayeux - la Mollière

Depuis 1939, l'extrémité du cordon a avancé de 2400 m, soit 42 m/an (fluctuations de + 25 % autour de cette valeur). Cette avancée mobilise 15.000 à 20.000 m³/an. Au nord de Cayeux, les volumes déposés sont au total de 2 millions de m³ (54.000 m³/an). Le gain de surface a été de 64 hectares. Pendant cette même période les prélèvements (non inclus dans le calcul des dépôts) ont été de 2,4 millions de m³ (2 millions de m³ à titre industriel et 0,4 million pour entretenir le cordon).

2.2.4.3 Secteur La Mollière - Pointe du Hourdel

Cette zone constitue l'ancienne extrémité du cordon qui n'est plus alimentée aujourd'hui en galets par le cordon Ault-la Mollière. Les 1500 m à partir de La Mollière sont en érosion (recul de 15 à 20 m en 1971 et 1993). La Pointe du Hourdel progresse au rythme de 1 à 2 m/an qui correspondent à des apports de 3000 à 4000 m³/an provenant de l'érosion de cordons de galets fossiles situés sur les 1500 mètres au sud immédiat de la Pointe.

2.2.4.3 Evolution des fonds marins

La comparaison des levés de 1936 et 1993 met en évidence une tendance généralisée de l'érosion des fonds marins de l'ordre de 1 m au niveau de l'estran. Elle s'étend vers le large en diminuant jusqu'aux fonds de - 5 à - 10 m.

2.2.5 Bilan sédimentaire

A partir des évolutions en volume et des apports effectués entre 1965 et 1994, le bilan sédimentaire a été établi pour la fraction D > 20 mm. Le bilan sur la période décembre 1990 - juin 1993 est donné sur la figure 4. Le transit littoral dans la zone protégée par des épis en bon état (Ault - Ferme des Galets) est de l'ordre de 30.000 à 40.000 m³/an. Au nord de l'épi 50, il augmente rapidement pour atteindre 80.000 m³/an 500 m au sud de l'Amer Sud de Cayeux. Le différentiel de 40.000 à 50.000 m³/an entre ces deux zones s'explique essentiellement par la présence des épis qui assurent un "freinage" du transit. Au nord de Cayeux, le bilan dépôts + prélèvements fait apparaître des apports annuels de 80.000 m³/an, en accord avec le transit trouvé au sud de Cayeux. Au droit de Cayeux, la quasi -stabilité du cordon est assurée par le transit annuel de 80.000 m³/an de galets D > 20 mm.

3. Recherche et mise au point de systèmes de protection

3.1. Principaux objectifs à satisfaire

L'objectif principal du système de protection à mettre en oeuvre est de réduire les risques d'inondations des Bas-Champs par la mer entre Ault et Cayeux.

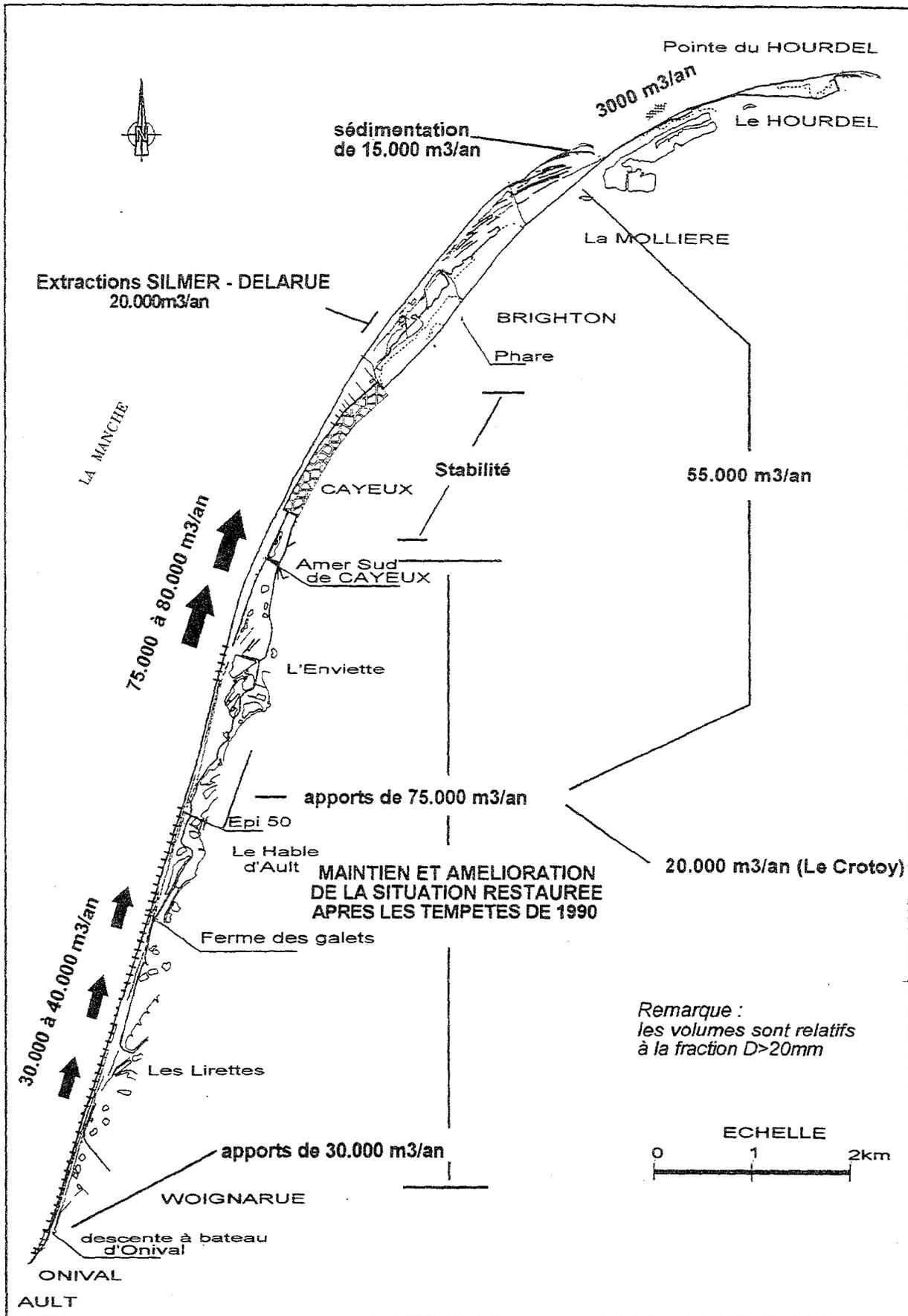


Figure 4 : Bilan sédimentaire entre 1991 et 1994

Les principales contraintes sont liées à l'évolution future du littoral au droit et au nord de Cayeux :

- . au droit de Cayeux, du fait de l'urbanisation proche, un recul ou démaigrissement du cordon ne peuvent être acceptés,
- . au nord, la contrainte est moins sévère ; un recul dans certaines limites est acceptable sans engendrer des risques d'inondations.

3.2. Fonctionnement de la protection existante

L'analyse du fonctionnement de la protection existante a mis en évidence les points suivants :

- . le cordon littoral des Bas-Champs n'est pratiquement plus alimenté à Ault par des apports naturels, alors que la houle a une capacité de transport de l'ordre de 80.000 m³/an ($D > 20$ mm) vers le nord. Sans apports "artificiels" pour compenser la sous-alimentation naturelle, le cordon ne peut que s'éroder.
- . le système d'épis courts et plongeants mis en place depuis 1966 sur 4500 m à partir d'Ault, accompagné par des apports lors de la réalisation des ouvrages, a montré sa capacité et son efficacité à stabiliser le cordon pour lui permettre de résister lors des circonstances exceptionnelles. Une telle batterie d'épis freine le transit littoral en le réduisant d'un facteur de l'ordre de 2.
- . si le recul et l'érosion ne sont pas acceptables à la limite aval, par rapport au transit littoral, d'un tel système, des apports égaux au différentiel de transit entre la zone protégée et celle qui ne l'est pas font partie intégrante de la protection. C'est le manque et la faiblesse des apports entre 1976 et 1990 qui sont responsables de l'érosion au nord de l'épi 50 et ont entraîné la destruction du cordon lors de la tempête de Février 1990.

3.3. Types de protections envisageables

L'étude en cuve à houle a montré que pour que le cordon ne soit pas franchissable, il devrait avoir une crête arasée à + 10 m IGN avec une largeur d'eau moins 15 m et un talus arrière avec une pente plus douce que 5:1 (5m horizontalement pour 1 m verticalement). Pour satisfaire à cette condition, le cordon de galets doit être conforté par apport de galets pour lui donner ces caractéristiques géométriques. Une largeur de 20 m à + 10 m IGN a été retenue.

Il est nécessaire que cette géométrie du cordon se maintienne au cours du temps pour pérenniser le niveau de protection initial afin que lorsqu'une tempête survient, le cordon ait la géométrie adéquate. Le seul moyen pour satisfaire cette condition est de fixer la position du cordon, ou tout au moins réduire les fluctuations pour empêcher tout recul qui se traduirait par une diminution de la largeur en crête, et donc une perte d'efficacité de la protection.

Trois grandes familles de type de protection sont envisageables :

- . la première (protection de type 1) consisterait, après avoir conforté le cordon, à étendre en l'améliorant le type de protection mis en place depuis 1966 (épis courts et plongeants) soit jusqu'au sud ou au nord de Cayeux,
- . la deuxième (protection de type 2) consisterait à sectoriser le littoral jusqu'au nord de Cayeux par des épis hauts et longs bloquant la totalité du transit de galets de façon à former des cellules indépendantes des cellules voisines,
- . la troisième (protection de type 3) consisterait à "blinder" le cordon en réalisant une protection longitudinale en enrochements qui s'étendrait entre Ault et Cayeux.

Des apports d'entretien annuels à Ault et à la limite nord de la zone protégée, dont les quantités sont spécifiques à chaque type complètent le dispositif de protection.

3.4. Examen sur modèle mathématique d'évolution du cordon de divers aménagements

Un modèle numérique d'évolution du cordon entre Ault et la Mollière a été réalisé sur la base du code de calcul GENESIS. Il permet la simulation du transit littoral des galets et prend en compte, d'une part l'effet des ouvrages tels qu'épis, front de mer, brise-lames et, d'autre part les apports ou extractions de galets.

Le modèle a été validé par la méthode historique qui a consisté à reproduire les évolutions observées d'une part entre 1973 et 1990, et d'autre part entre 1990 et 1994, en prenant en compte les ouvrages mis en place et les apports effectués pendant ces périodes. Il a ensuite été utilisé pour simuler les évolutions futures du cordon sur 15 et 30 ans.

Sept séries d'essais ont été effectuées, pour simuler les évolutions futures dans l'état actuel des ouvrages et mettre au point vis-à-vis des objectifs cherchés, des systèmes de protection de type 1, 2 et 3.

L'estimation du coût des aménagements est donné dans le tableau ci-après :

- . Type 1 :
 - entre 110 et 120 MFHT pour la protection limitée à l'Amer Sud de Cayeux, et 3 à 4 MFHT d'entretien annuel (apports de 30.000m³/an à Ault et 50.000m³/an à l'Amer Sud),
 - entre 180 à 190 MFHT pour la même protection s'étendant jusqu'à La Mollière, et 1 MFHT d'entretien annuel (apports de 30.000m³/an à Ault)
- . Type 2 : 320 MFHT et 0,25 MFHT d'entretien annuel,

- Type 3 : 500 MFHT et 3,5 à 4,5 MFHT d'entretien annuel (apports idem à type 1 jusqu'à l'Amer Sud),

Les solutions de type 1 apparaissent les moins coûteuses et sont celles qui ont le moins d'impact sur le milieu et le paysage. Elles ont été retenues et examinées en détail en considérant diverses hypothèses de phasage des travaux.

3.5 Aménagement retenu

La protection de type 1 (fig. 5) retenue est constituée par :

- le confortement du cordon (apports de 670.000 m³ de galets),
- la restauration des épis existants,
- la mise en place de 25 nouveaux épis courts et plongeants jusqu'à l'Amer sud de Cayeux.

Une fois réalisée (en 3 à 4 ans), les apports d'entretien (D>20mm) sont de :

- 30.000 m³/an à Ault qui proviennent de carrières dont 20.000 m³ à titre de restitution des prélèvements SILMER-DELARUE au nord de Cayeux,
- 50.000 m³/an à l'Amer Sud de Cayeux par recyclage à partir de La Mollière.

Ce dispositif assure la protection des Bas-Champs contre les inondations et le maintien du littoral au droit de Cayeux. Il entraîne, en 20 ans, un recul de 100 m du trait de côte dans le secteur de La Mollière et une réduction de 10 à 20 % des apports à l'extrémité du cordon qui continuera à progresser vers le nord. Il n'a pas d'impact sur la Pointe du Hourdel et la Baie de Somme.

Dans 20 ans les carrières seront épuisées et il sera nécessaire, pour éviter un recul trop important à La Mollière d'y limiter les prélèvements. La mise en place de 41 épis supplémentaires (25 devant Cayeux et 16 au nord de Cayeux) permettront de supprimer les apports à l'Amer Sud, seuls 30.000 m³/an qui seront prélevés à La Mollière seront nécessaires à Ault. Ceci permettra de pérenniser une solution globale du maintien de l'ensemble du cordon d'Ault à La Mollière.

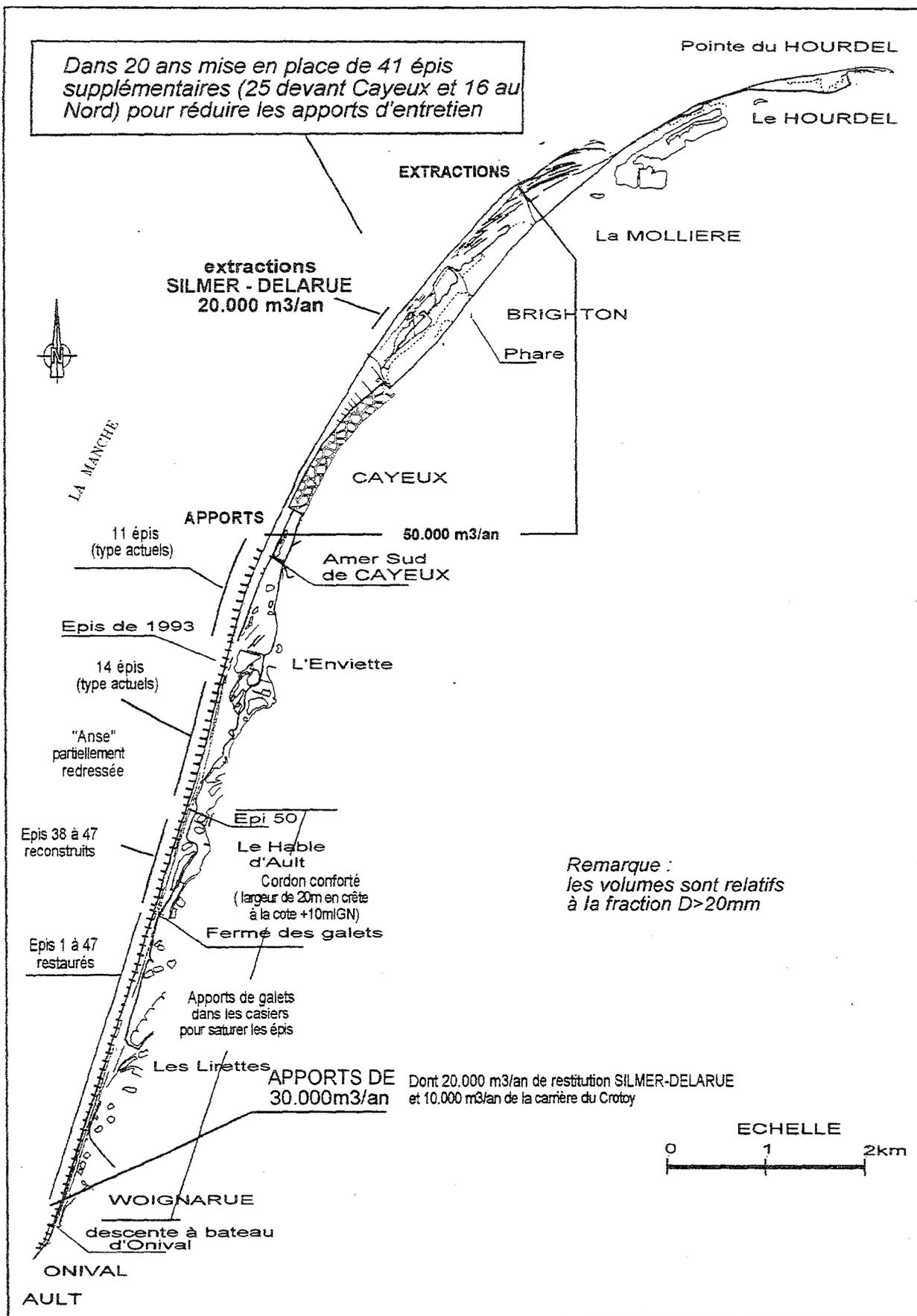


Figure 5 : Aménagement retenu