



HAL
open science

Les sillons de la rade de Brest et les marais maritimes associés

Pierre Stéphan, Bernard Fichaut, Serge S. Suanez

► **To cite this version:**

Pierre Stéphan, Bernard Fichaut, Serge S. Suanez. Les sillons de la rade de Brest et les marais maritimes associés. [Rapport de recherche] LETG-Brest UMR 6554 CNRS; Université de Bretagne Occidentale (UBO). 2012, 66 p. (tome 1), 71 p. (tome 2). hal-00663331

HAL Id: hal-00663331

<https://hal.science/hal-00663331v1>

Submitted on 15 Aug 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

The logo of the University of Brittany Occidentale (UBO) is displayed vertically in white on a black background. It consists of the letters 'U', 'B', and 'O' stacked on top of each other, with a small 'ue' in a square to the right of the 'U'.

université
de Bretagne
occidentale



Cliché : S. Le Berre, 2005

Pierre STÉPHAN
Bernard FICHAUT
Serge SUANEZ

Les sillons de la rade de Brest et les marais maritimes associés

Janvier 2012



INSTITUT
UNIVERSITAIRE
EUROPÉEN
DE LA MER





Les Sillons de la rade de Brest et leurs marais maritimes

Maître d'oeuvre

Laboratoire GEOMER - UMR 6554 CNRS
Institut Universitaire Européen de la Mer - Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané

Direction scientifique : Serge SUANEZ & Bernard FICHAUT
serge.suanez@univ-brest.fr, bernard.fichaut@univ-brest.fr

Réalisation

Laboratoire de Géographie Physique « Pierre Birot » - UMR 8591 CNRS
Universités Paris 1 Panthéon Sorbonne et Paris 12
1 Place Aristide Briand, 92195 Meudon cedex
pierre.stephan@cnsr-bellevue.fr

Remerciements : Patricia Rolland, Agathe Larzillière, Emmanuelle Quéré, Dominique Marquès, Denis Flotté, Marie-France Pennors, Anelle Magueur, Phillipe Boudeau, Fernand Verger, Adrien Hamel, Christophe Bougault, Christophe Auger, Tiphaine delavallade, Pascale Gehennec.

INTRODUCTION

En 1957, Guilcher établit le premier inventaire des cordons littoraux de la Rade de Brest. Cette dénomination englobe toutes les plages qui ont la particularité de ne pas être adossées à la côte. En se limitant aux formes de plus de 100 mètres de long, il en recense 43 et qualifie cet ensemble comme étant « *...le plus intéressant de toute la côte française de la Manche et de l'Atlantique, après celui de la côte picarde...* » (Guilcher *et al.*, 1957, p 21). Il précise que, plus que la taille des édifices, c'est leur nombre et leur étonnante diversité dans une petite mer intérieure qui justifient l'importance de l'ensemble.

Ces plages particulières, appelées « sillons » dans la toponymie locale, constituent en tant que telles un patrimoine géomorphologique remarquable dont l'importance est évidente et a été soulignée par le travail de Guilcher. Elles ont aussi un autre intérêt majeur à peine évoqué à l'époque, dans un contexte où les problèmes environnementaux n'étaient pas de même nature, ou du moins pas ressentis de la même manière qu'aujourd'hui. A l'exception des quelques queues de comètes, qui sont de simples traînes de galets situées en arrière d'îles, tous les cordons de la Rade abritent des marais maritimes, dont l'importance biologique et écologique dans les écosystèmes côtiers a depuis été largement explicitée (Anras *et al.*, 2004). Sur les littoraux, ces milieux sont parmi ceux qu'il importe de préserver en priorité.

Dès 2004, les géomorphologues de l'Université de Bretagne Occidentale ont attiré l'attention des membres du service d'écologie urbaine de Brest Métropole Océane sur l'existence, en rade, de ces cordons littoraux d'une diversité exceptionnelle à l'échelle du littoral français, et de leur rôle protecteur pour les marais maritimes. La prise de conscience grandissante de la nécessité de protéger les milieux face à la perte de biodiversité, la mise en place des Zones Natura 2000 (Elorn et rade) et la poursuite d'un contrat multi-partenarial (Contrat de rade) a permis de mobiliser plusieurs acteurs locaux sur ce thème (Parc Naturel Régional d'Armorique, Bretagne Vivante-SEPNB, Société Géologique et Minéralogique de Bretagne). Parallèlement, la Région Bretagne et le département du Finistère se sont montrés intéressés dans cette démarche au titre de la préservation du patrimoine naturel breton et finistérien et du maintien de sa biodiversité. La mise en place d'un Contrat Nature sur un ensemble de sites remarquables pourrait fournir les moyens d'atteindre, selon les cas, les objectifs de sensibilisation, préservation et restauration de certains sillons.

Cette étude constitue le travail préliminaire à la mise en place d'un Contrat Nature sur les sillons de la rade. Elle se compose de deux tomes. Un premier tome intitulé « éléments de connaissance générale » dresse l'inventaire des sites, aborde leur dynamique récente et actuelle, définit les enjeux patrimoniaux et établit un plan d'action à envisager. Le second tome rassemble une quarantaine de fiches signalétiques relatives à chaque site d'étude.

SOMMAIRE

1-INVENTAIRE DES CORDONS LITTORAUX ET DE LEUR MARAIS MARITIMES	4
1.1. Les cordons littoraux.....	4
A- Qu'est-ce qu'un cordon littoral ? Qu'elles sont les caractéristiques en rade de Brest ?	4
B- Les types de cordons littoraux en rade	4
C- Age et mise en place des cordons littoraux en rade de Brest	10
D- Les cellules hydrosédimentaires de la rade de Brest	12
1.2. Les marais maritimes associés aux cordons	14
A- La diversité morphologique des marais maritimes	14
B- Faune, flore, habitats	15
2-DYNAMIQUES ET EVOLUTION DES MILIEUX	22
2-1-Evolution récente et actuelle des cordons littoraux	22
A- Principe de fonctionnement des cordons littoraux	22
B- Evolution récente des cordons littoraux	25
C- Evolution actuelle des cordons littoraux	30
2-2- Evolution récente et actuelle des marais maritimes	37
A- Progression de la spartine alterniflore (<i>Spartina alterniflora</i>).....	37
B- La transformation rapide d'un marais maritime : le cas du Loc'h	39
2-3-Les facteurs naturels en cause dans l'érosion des cordons littoraux	41
A- L'élévation du niveau moyen de la mer : une cause du recul récent des cordons littoraux en rade ?	41
B- L'effet érosif des tempêtes et des épisodes de franchissement	41
C- Un contexte de pénurie sédimentaire.....	43
2-4-Analyse des forçages anthropiques.....	44
A- Le blocage des transits sédimentaires : impact des cales, digues et ports.....	44
B- Les prélèvements de galets sur les cordons	46
C - Une sous-alimentation sédimentaire : la stabilisation des falaises.....	46
D - La surfréquentation	47
E - Les cordons détruits et les marais remblayés de la rade de Brest	47
3-DEFINITION DES ENJEUX PATRIMONIAUX.....	51
3-1-La valeur patrimoniale des sites d'étude.....	51
A- Définition des critères d'évaluation.....	51
B- Le classement des sites d'étude	57
3-2-Les menaces qui pèsent sur ce patrimoine.....	57
A- L'érosion côtière : dégradation d'un patrimoine écologique et déséquilibre des conditions écologiques des marais maritimes	58
B- La progression de la spartine et la perte de biodiversité des marais maritimes..	58
C- Les pressions anthropiques.....	59
4-DEFINITION DES PLAN D'ACTION	60
4-1-Les priorités d'action	60
A- Lutter contre l'érosion des cordons littoraux	60
B- Lutter contre la progression de la spartine	61
C- Maîtriser la fréquentation et ses nuisances.....	62
4-2-Les sites d'intervention prioritaire	62
4-3-La maîtrise foncière et les opérateurs locaux.....	63
REFERENCES	64

1-INVENTAIRE DES CORDONS LITTORAUX ET DES MARAIS MARITIMES

1.1. Les cordons littoraux

A- Qu'est-ce qu'un cordon littoral ? Quelles en sont les caractéristiques en rade de Brest ?

Les cordons littoraux sont des formes d'accumulation sédimentaires qui ont la particularité de ne pas être adossées à la côte. Par conséquent, ils isolent bien souvent de la mer des zones humides dans lesquelles se sont accumulés des vases et limons à l'abri des vagues et où s'est installée une végétation halophile.

Les cordons littoraux présentent généralement deux versants : un versant externe tourné vers la mer qui est exposé aux vagues et un versant interne tourné vers l'intérieur des terres qui correspond au revers abrité des vagues. La figure 2 montre quelques profils topographiques de cordons littoraux.

En rade de Brest, les cordons littoraux sont tous constitués de sédiments grossiers : galets, graviers et sables grossiers, en proportion variable selon les endroits. Généralement, ce type d'accumulation sédimentaire s'observe sur des littoraux très exposés aux houles du large, dont la grande énergie permet le transport et l'organisation des sédiments grossiers en cordons. En rade, la hauteur des vagues ne dépasse jamais 1 mètre. Aussi, la présence de flèches de galets dans un environnement aussi peu énergétique constitue une originalité qui s'explique en grande partie par la nature des sédiments livrés par les falaises. Ces dernières sont les seules pourvoyeuses en matériel sédimentaire sur le littoral de la rade. Elles sont tantôt taillées dans des affleurements de roches très tendres, comme les schistes qui se délittent en lamelles de taille centimétriques, tantôt dans du head périglaciaire, accumulé à la base des versants lors de la dernière glaciation. Cette formation meuble, extrêmement hétérométrique, est constituée d'une matrice argileuse emballant en proportions variables des graviers, cailloux et blocs. Lavés et triés par les vagues, ces sédiments grossiers alimentent les estrans où ils sont mis en mouvement, sous l'action des courants de dérive et déposés en masse dans un secteur abrité. L'extrême découpage du trait de côte en rade offre ainsi une multitude de sites d'abri où peut s'effectuer le dépôt de ce matériel et le développement d'un cordon littoral. Un léger rentrant dans le tracé du rivage est alors suffisant pour permettre au cordon de prendre l'allure de flèches à pointe libre sub-parallèle à la côte (n°4, figure1).

A la différence des côtes léonardes, la faible proportion de sable sur les estrans de la rade de Brest explique qu'aucun massif dunaire ne se soit mis en place. Le sommet des cordons n'est donc pas coiffé de dunes. Il est le plus souvent constitué d'une seule crête de

galets, végétalisée, qui culmine à quelques décimètres seulement au-dessus du niveau des pleines mers de vive-eau. Dans quelques cas particuliers, la végétation peine à pousser au sommet des cordons, tant les sédiments sont mobiles et fréquemment déversés sur le revers par les vagues qui déferlent sur la crête lors des pleines mers. Cette absence de végétation est alors le signe d'une forte mobilité du cordon et d'une tendance au recul vers l'intérieur des terres.

B- Les types de cordons littoraux en rade

La rade de Brest compte aujourd'hui 50 cordons littoraux (Stéphan, 2004) dont certains sont très artificialisés ou de faible dimension et ne feront pas l'objet d'une étude détaillée dans ce rapport. Comme l'a fait remarqué Guilcher *et al.* (1957, p.21), cet ensemble peut être considéré comme « *le plus intéressant de toute la côte française de la Manche et de l'Atlantique, après celui de la côte picarde* » en raison du nombre et de l'étonnante diversité de ces édifices dans une petite mer intérieure. Ainsi, on peut reconnaître 9 grandes catégories de cordons littoraux en rade (figures 1 et 2 ; tableau 1).

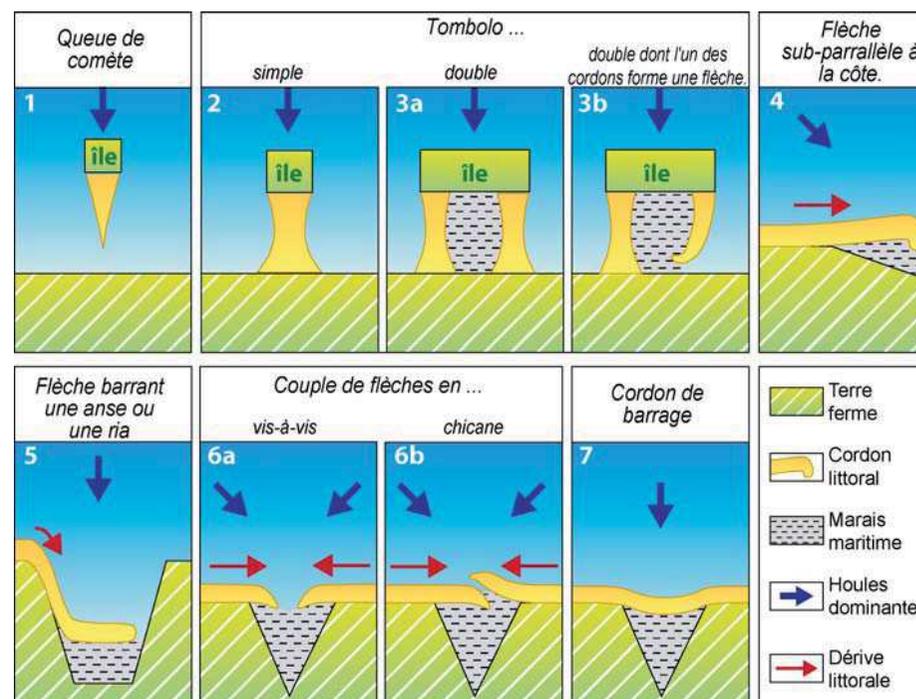


Figure 1 : Schéma des différents types de cordons littoraux de la rade de Brest.

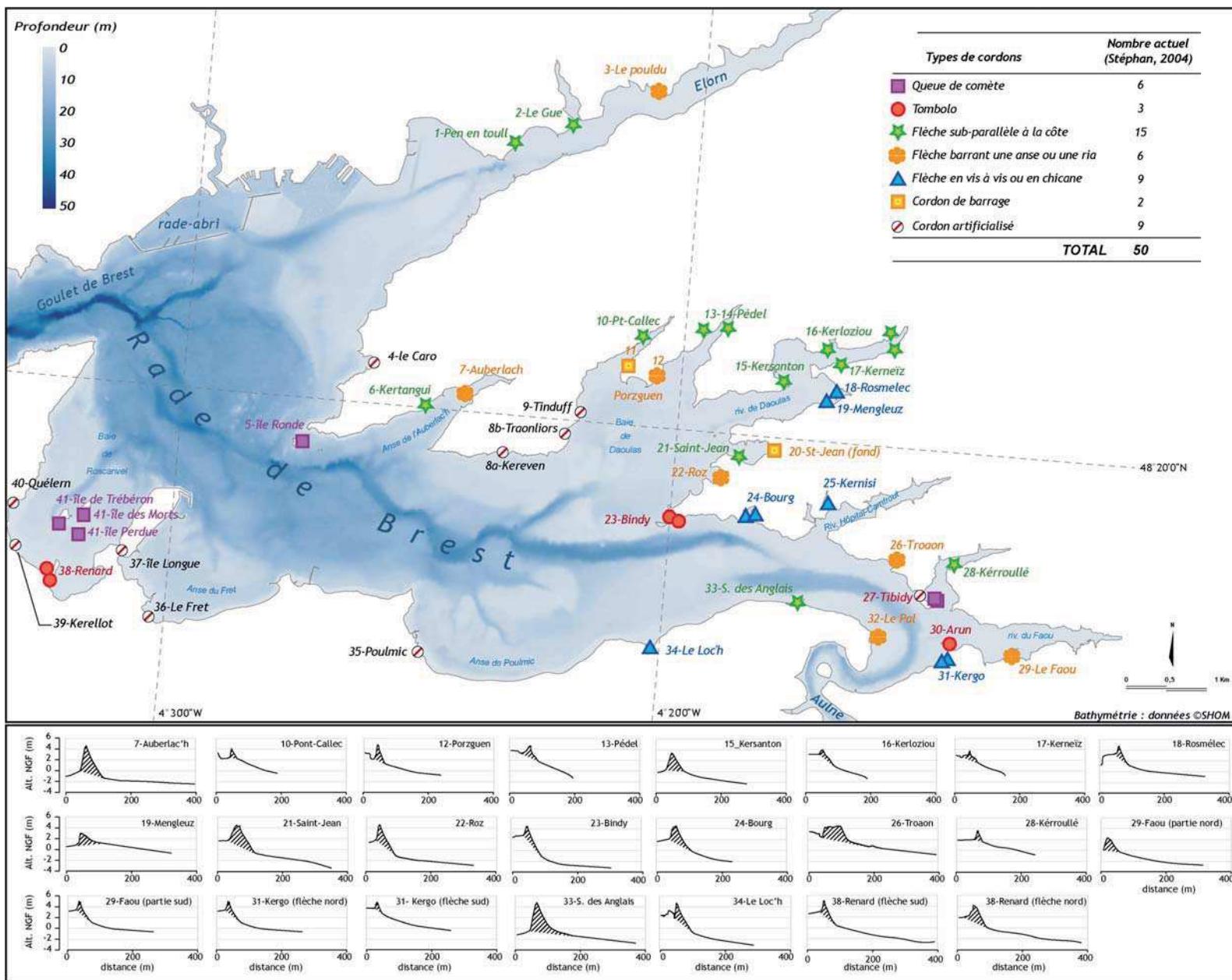


Figure 2 : Localisation, typologie et profil topographique des cordons littoraux de la rade de Brest.

N° SITE	COMMUNE	TYPE	LONGUEUR (m)	VOLUME (m3)	Alt. moyenne (m NGF)
1 Penn en Toull	Le Relecq-Kerhuon	Flèche sub-parallèle à la côte	40	-	-
2 Le Gué	Le Relecq-Kerhuon	Flèche sub-parallèle à la côte	40	-	-
3 Pouldu	Guipavas	Flèche barrant une anse ou une ria	160	-	-
4 Caro	Plougastel-Daoulas	Cordon artificialisé	220	-	-
5 île Ronde	Plougastel-Daoulas	Queue de comète	50	-	-
6 Kertangui	Plougastel-Daoulas	Flèche sub-parallèle à la côte	130	-	-
7 Auberlac'h	Plougastel-Daoulas	Flèche barrant une anse ou une ria	370	-	4,15
8a Kereven	Plougastel-Daoulas	Cordon artificialisé	-	-	-
8b Traonlions	Plougastel-Daoulas	Cordon artificialisé	-	-	-
9 Tinduff	Plougastel-Daoulas	Cordon artificialisé	-	-	-
10 Pont-Callec	Plougastel-Daoulas	Flèche sub-parallèle à la côte	330	4000	3,78
11 Porzguen ouest	Plougastel-Daoulas	Cordon de barrage	140	-	-
12 Porzguen est	Plougastel-Daoulas	Flèche barrant une anse ou une ria	185	5000	3,84
13 Le Pédel ouest	Plougastel-Daoulas	Flèche sub-parallèle à la côte	650	8300	3,90
14 Le Pédel est	Loperhet	Flèche sub-parallèle à la côte	400	-	-
15 Kersanton	Loperhet	Flèche sub-parallèle à la côte	150	6500	3,51
16 Kerloziou	Dirinon	Flèche sub-parallèle à la côte	90	1500	3,85
17 Kerneiz	Daoulas	Flèche sub-parallèle à la côte	210	7000	3,86
18 Rosmélec	Daoulas	Flèche en chicane	450	41300	4,18
19 Mengleuz	Logonna-Daoulas	Flèche en chicane	420	28000	3,19
20 Pennaras	Logonna-Daoulas	Cordon de barrage	200	-	-
21 Saint-Jean	Logonna-Daoulas	Flèche sub-parallèle à la côte	380	15000	3,76
22 Roz	Logonna-Daoulas	Flèche barrant une anse ou une ria	450	33000	4,39
23 Bindy	Logonna-Daoulas	Tomolo double	260	6200 (W)	4,33
24 Bourg	Logonna-Daoulas	Flèche en vis-à-vis	170	15500 (E)	4,02
25 Kernizi	Logonna-Daoulas	Flèche en vis-à-vis	50	-	-
26 Troaon	Hopital-Camfrout	Flèche barrant une anse ou une ria	280	52500	4,41
27 Tibidy	Hopital-Camfrout	Cordon artificialisé	150	-	-
28 Kéroullé	Hanvec	Flèche sub-parallèle à la côte	300	-	3,14
29 Faou	Rosnoën	Flèche barrant une anse ou une ria	500	-	3,66 (S) - 2,07 (N)
30 Arun	Rosnoën	Tomolo simple	150	-	-
31 Kergo	Rosnoën	Flèche en chicane	200	1500 (N) - 3700 (S)	4,12 (N) - 4,37 (S)
32 Pal	Landévennec	Flèche barrant une anse ou une ria	300	-	-
33 Sillon des Anglais	Landévennec	Flèche sub-parallèle à la côte	500	74200	4,25
34 Loc'h	Landévennec	Flèche en chicane	250	22000	4,15
35 Poulmic	Lanvéoc	Cordon artificialisé	-	-	-
36 Le Fret	Lanvéoc	Cordon artificialisé	-	-	-
37 île Longue	Crozon	Cordon artificialisé	-	-	-
38 Renard	Crozon	Tomolo double	400	12500 (S) - 7000 (N)	3,41(S) - 3,54 (N)
39 Kerellot Tremet	Roscanvel	Cordon artificialisé	-	-	-
40 Quélern	Roscanvel	Cordon artificialisé	-	-	-
41 Trébéron	Crozon	Queue de comète	80	-	-
41 île des Morts	Crozon	Queue de comète	80	-	-
41 île Perdue	Crozon	Queue de comète	180	-	-

Tableau 1 : Inventaire et caractéristiques morphologiques des cordons littoraux de la rade de Brest.

1- Les **queues de comète**, tout d'abord, sont des accumulations qui se mettent en place à l'abri d'une île ou d'un îlot rocheux auquel elles se rattachent (figure 3). Ce type de cordon littoral est relativement commun sur les rivages de Bretagne. En rade, toutes les îles trop éloignées de la côte présentent une queue de comète. On les trouve ainsi réparties entre les îles de Trébéron, île des Morts et île Perdue au large de Roscanvel, l'île Ronde proche de la Pointe de l'Armorique à Plougastel-Daoulas, et à l'est de l'île de Tibidy à l'Hopital-Camfrout. Ces accumulations sont peu massives et ne s'élèvent généralement pas au-dessus des pleines mers.

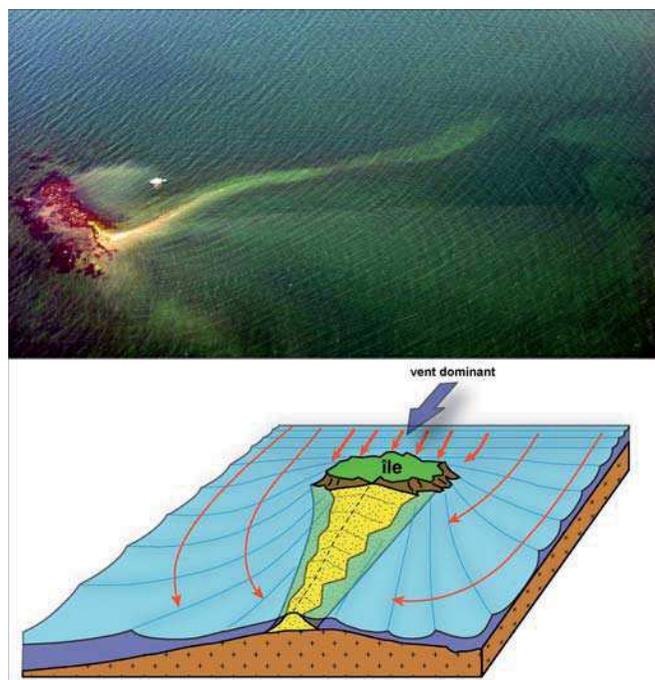


Figure 3 : Queue de comète de l'île Perdue en baie de Roscanvel et schéma de mise en place à l'abri des vagues (cliché : S. Le Berre, 2005).

2- Les **tombolos simples** sont des accumulations littorales reliant une île à la terre ferme. En rade de Brest, toutes les îles situées à moins de 200 m du rivage sont aujourd'hui rattachées au continent par une forme d'accumulation sédimentaire, qu'il s'agisse des îles de Tibidy ou d'Arun.

Sur le site d'Arun, ce cordon s'étire sur une longueur d'environ 150 m. Il est particulièrement surbaissé en raison du passage fréquent de véhicules automobiles sur la crête. Aussi, est-il recouvert par la mer à chaque marée de vive-eau. Couronné de graviers schisteux et de sables, il

comporte plus bas des galets de quelques centimètres de longueur. Guilcher *et al.* (1957) ont pu observer les témoins d'un ancien cordon du côté du continent, taillé en falaise de 1,1 m de hauteur où le gravier ancien couronnait un head argileux. Ces dépôts ont été interprétés comme étant les restes d'un ancien tombolo, plus élevé que l'actuel. Aujourd'hui, le recul de cette falaise a fait disparaître ce qu'il restait de l'ancien cordon.



Figure 4 : Tombolo d'Arun au premier plan.

Le tombolo simple de Tibidy est situé dans la partie orientale de la rade de Brest et constitue la rive occidentale de l'anse de Keroullé. Il s'allonge du nord au sud sur une distance de 150 m. Ce cordon de galets présente un profil dissymétrique. Sa pente est plus douce à l'ouest qu'à l'est. Cela vient du fait que le tombolo ne s'est pas construit à l'abri des vagues mais plutôt de façon à leur faire front. Il s'agit, en quelque sorte, d'un cordon qui est venu relier l'île au continent après avoir reculé lors de la remontée progressive du niveau marin au cours des derniers millénaires (figure 5). Le front du cordon est donc tourné vers la rade tandis que son revers se tourne vers l'anse de Keroullé. A l'est de ce tombolo s'étend un schorre de 10,6 ha dont les chenaux qui le parcourent dessinent un réseau très hiérarchisé. En 1957, Guilcher *et al.* (1957) notaient déjà une artificialisation du cordon à travers l'installation d'une route.

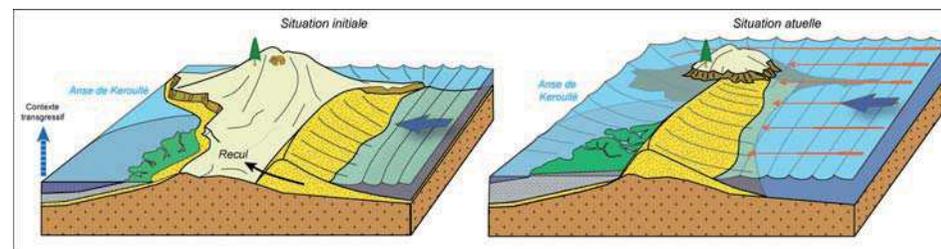


Figure 5 : Schéma de mise en place du tombolo simple de Tibidy.

3a et 3b- Les **tombolos doubles** forment un complexe de deux cordons littoraux reliant une île à la terre ferme. Pour que ce type de dispositif se mette en place, il faut que l'île soit suffisamment large. Les cordons enferment alors une zone basse et humide. Les îles du Bindy et du Renard respectant ces conditions, elles ont permis la formation de deux tombolos distincts, enfermant une zone interne légèrement déprimée occupée par un marais maritime. Compte tenu des marnages importants en rade, la zone interne communique avec la mer par l'intermédiaire d'une passe, quotidiennement entretenue par les courants de marée qui assurent le remplissage et la vidange du marais maritime. Cette passe empêche alors le rattachement à la terre ferme d'une extrémité d'un des deux cordons, créant ainsi une flèche à pointe libre (3b).

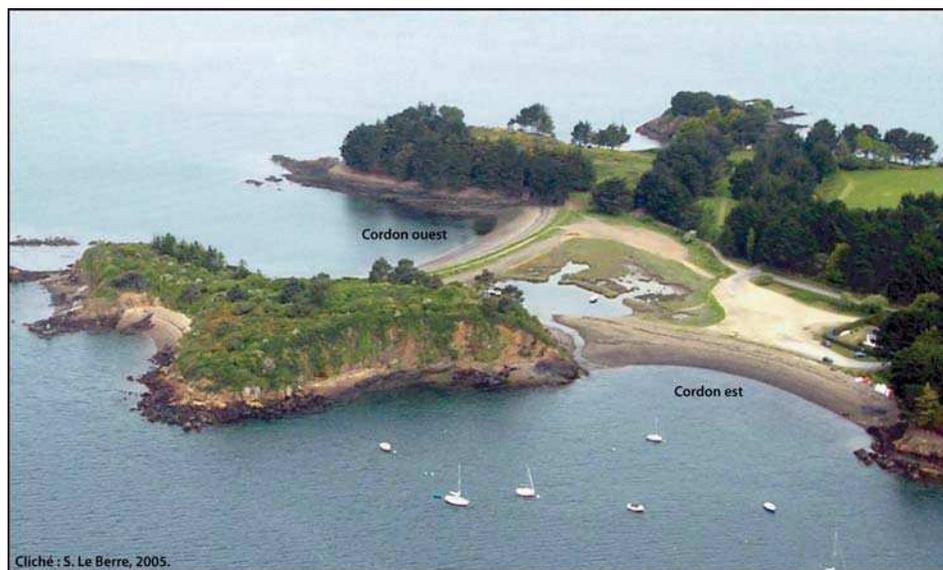


Figure 6 : Tombolo double du Bindy.

4- Les **flèches sub-parallèles à la côte**. Elles forment une autre catégorie de cordons qui s'allongent dans le sens du rivage mais s'en détachent légèrement lorsqu'un rentrant affecte localement le tracé de la côte. Treize flèches de ce type ont été recensées en rade (Stéphan, 2004) et contribuent partiellement à la régularisation du trait de côte. La plupart d'entre elles se situent sur les rives des rias orientales de la rade. La plus remarquable d'entre elles est sans aucun doute le Sillon des Anglais, à Landévennec (figure 7). Ce cordon forme la flèche la plus massive de la rade. Une accumulation aussi importante dans ce secteur littoral n'est pas surprenante. En effet, sur plus de 3 km de linéaire côtier, la dérive littorale mobilise d'ouest en est les sédiments qu'elle trouve en abondance aux pieds des puissantes falaises de head. Depuis le Loc'h de Landévennec, situé plus à l'ouest, aucune pointe rocheuse ne vient entraver la migration des matériaux le long du rivage.



Figure 7 : Le Sillon des Anglais à Landévennec.

5- Les **flèches barrant partiellement une anse ou une ria**. Ces cordons se mettent en place en avant de la ligne de rivage dans les secteurs où l'énergie des vagues n'est plus suffisante pour repousser plus en avant les sédiments accumulés dans les cordons. Cela se produit essentiellement dans les rias ou les anses car le relèvement progressif des fonds atténue la puissance des vagues. Ces cordons abritent alors la partie interne des estuaires et favorisent la sédimentation vaseuse et la mise en place de marais maritimes. Lorsque l'estuaire est large, comme cela est le cas pour l'anse de l'Auberlac'h, la flèche se situe à mi distance entre l'entrée et le fond de l'estuaire. On parle alors de flèche de mi-baie. Le cordon de l'Auberlac'h est long de 370 m (figure 8). Sa mise en place est liée à la présence d'un petit saillant sur la rive nord qui contraint la dérive littorale à s'orienter vers le sud-est. En arrière du cordon s'étend l'étang de l'Auberlac'h, dans lequel se jette le ruisseau Saint-Adrien. Cet étang se remplit et se vide à chaque cycle de marée par l'intermédiaire d'une passe très étroite, de 30 m de large environ. Le rétrécissement progressif de ce chenal de marée s'est effectué progressivement, en lien avec la progression de la flèche vers le sud. Cette évolution a donné naissance à de puissants courants qui sont venus saper la rive sud de l'anse. Ces courants empêchent désormais l'allongement de la flèche vers le sud. Les galets transportés par la dérive littorale le long du sillon finissent par être emportés par ces courants. Ils viennent nourrir un vaste delta de jusant en bas de l'estran. Enfin, on peut observer un petit musoir, très aplati, ancré sur la rive sud de l'anse.



Figure 8 : Le Sillon de l'Auberlac'h à Plougastel-Daoulas.

6- Les flèches en vis-à-vis et en chicane. Ils constituent certainement le type le plus original des cordons littoraux de la Rade. Il s'agit de deux flèches, prenant racine sur chacune des rives d'une anse ou d'un estuaire et dont les pointes respectives viennent à la rencontre l'une de l'autre. Dans le cas des flèches en vis-à-vis, l'allongement n'est pas suffisant et les pointes ne se rencontrent pas. Dans le cas des flèches en chicane, l'une des pointes se développe en avant de la seconde. La genèse de ce type de cordon est complexe, elle suppose l'intervention de deux courants de dérive littorale convergents. Le plus bel exemple de flèches en chicane se trouve dans l'anse du Moulin du Pont, en presqu'île de Logonna-Daoulas.



Figure 9 : Flèches en chicane de Mengleuz et de Rosmélec dans l'anse du Moulin du Pont.

Dans ce secteur, la flèche de Mengleuz s'allonge vers le nord sur 270 m avant de se recourber brusquement vers l'est en un puissant crochet terminal, long de 75 m. La flèche de Rosmélec s'étend, quant à elle, sur 350 m vers le sud. Une végétation occupe le sommet de ce cordon, taillé en microfalaise sur toute sa longueur. Sa pointe se recourbe également vers l'est, mais elle est désormais protégée de l'action marine par le cordon de Mengleuz. De ce fait, une abondante végétation est venue la recouvrir. Ces deux flèches protègent un marais maritime de 7 ha dans lequel se développe un schorre à spartine et obione. Au sud-est de ces deux principaux cordons, il existe également une flèche résiduelle qui, à l'origine, était rattachée au poulier sud. Cette flèche se développe d'est en ouest sur 90 m. Elle abrite un marais de 0,7 ha.



Figure 10 : Flèches en chicane du Loc'h à Landévennec.

7- Les cordons de barrage viennent fermer complètement une petite dépression dans laquelle s'est installé un marais maritime ou une roselière à scirpes ou à phragmites. Ce type de morphologie est très fréquemment rencontré sur les côtes de Bretagne. En rade, le cordon de Kereven abrite toujours une roselière à phragmites, malgré son artificialisation. Un cordon de barrage est également reconnu à l'ouest du secteur de Porzguen et dans le fond de l'anse de Saint-Jean (Pennaras).

C- Age et mise en place des cordons littoraux en rade de Brest

Les cordons de galets sont constitués d'un stock sédimentaire qui a été progressivement mobilisé au cours des 15000 dernières années avec la remontée holocène du niveau marin relative au réchauffement climatique (Morel, 1997 ; Costa, 2005). Auparavant, le niveau de la mer se situait à une centaine de mètres plus bas qu'aujourd'hui. Une partie de la plateforme continentale était exondée, soumise aux effets du gel faisant éclater la roche en place et produisant d'importants volumes de cailloux que l'on appelle des géliфраacts. La déglaciation a entraîné une remontée rapide du niveau marin, entre -12000 et -6000 ans. Les vagues ont progressivement remobilisé et remonté vers le rivage les cailloux présents en abondance sur la plateforme continentale, les émousant en galets et les organisant en cordons. Ces cordons ont ensuite reculé peu à peu vers la ligne de rivage actuelle (figure 11).

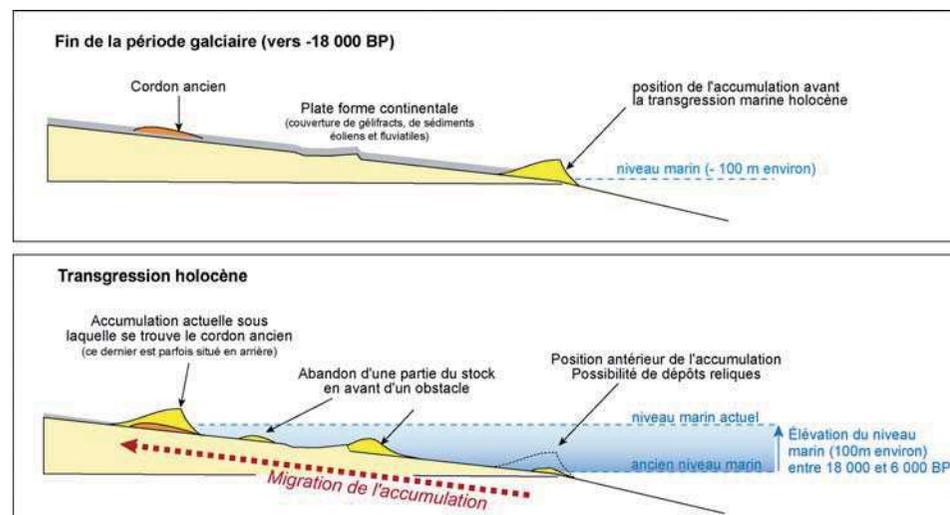


Figure 11 : Constitution et remontée progressive des stocks sédimentaires grossiers jusqu'à la ligne de rivage actuelle lors de la transgression marine holocène. En rade de Brest, ce phénomène débute avec l'invasion de la rade par la mer vers 8000 BP.

En rade de Brest, la construction des premiers cordons débute donc avec son invasion par la mer, il y a environ 8000 ans (figure 12). Dans sa thèse, P. Stéphan (2008) a réalisé une série de carottages sédimentaires dans trois marais maritimes en rade (marais de Porsguen, de Troaon et de Kergo), de manière à dater avec précision la mise en place des premiers cordons littoraux à l'aide de la méthode au radiocarbone. Les résultats obtenus montrent des épaisseurs importantes de tourbe compactée et de vase, pouvant atteindre localement 6 m, accumulées progressivement au cours des 6000 dernières années (figure 13).

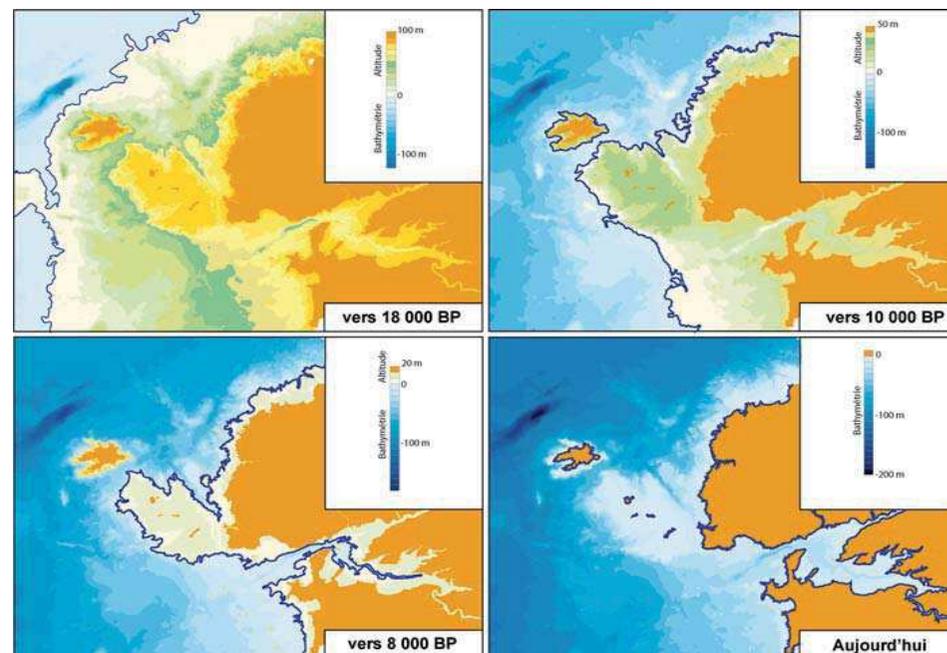


Figure 12 : Chronologie approximative de la remontée du niveau marin en mer d'Iroise et en rade de Brest.

L'analyse des sédiments contenus dans les carottes permet de reconstituer la longue histoire de ces milieux. Vers 4200 av. J.-C., la mer se situe à un niveau légèrement inférieur à celui d'aujourd'hui (-5 m environ). A l'emplacement des marais actuels se trouvent des tourbières d'eau douce tandis que la ligne de rivage se situe alors quelques centaines de mètres en avant de sa position actuelle. Au cours des millénaires suivants, le niveau marin poursuit sa remontée, les tourbières sont submergées et laissent place à des schorres envahis quotidiennement par la marée et vraisemblablement abrités par des cordons littoraux. Les premières preuves tangibles de la présence de cordons à proximité des marais actuels datent de 2800 av. J.-C. Après cette date, le cordon de Troaon connaît plusieurs phases d'érosion liées à de fortes tempêtes vers 2000 av. J.-C. Dans le secteur de Kergo, trois générations de cordons sont successivement construits et détruits par les tempêtes (figure 14). Celui de Porsguen, en revanche, montre une grande stabilité durant toute cette période, profitant certainement de bonnes conditions d'abri. Ce travail montre donc que la plupart des cordons actuels sont des formes anciennes.

D- Les cellules hydrosédimentaires de la rade de Brest

Les cordons littoraux sont des secteurs où s'est accumulé un matériel issu d'une source sédimentaire plus ou moins lointaine. En rade de Brest, les falaises taillées dans les schistes tendres et dans le head représentent les principales sources en sédiments. Leur érosion et leur recul contribuent à l'alimentation des rivages en galets, graviers et sables. Une fois délivré, ce matériel est mis en mouvement le long du rivage et transite jusqu'aux cordons littoraux. Ces trois étapes (alimentation - transit - dépôt) s'effectuent au sein de cellules hydrosédimentaires qui se succèdent le long du rivage et fonctionnent le plus souvent indépendamment les unes des autres. Chaque cellule est donc composée d'une zone « source » (falaises), d'une zone de transit (portion de plage) et d'une zone d'accumulation (cordon). Les pointes rocheuses, et parfois même les ouvrages anthropiques perpendiculaires au trait de côte (cales, épis), constituent des limites fixes et imperméables aux différentes cellules hydrosédimentaires.

L'érosion d'un cordon littoral est le signe d'un dysfonctionnement au sein de la cellule. L'origine de ce dysfonctionnement peut être l'arrêt de l'alimentation en provenance des falaises, le blocage des transits le long de la côte ou encore le déficit sédimentaire de l'accumulation elle-même. Aussi, une bonne gestion des stocks sédimentaires côtiers passe obligatoirement par la délimitation des différentes cellules hydrosédimentaires.

Compte tenu de l'extrême découpage du trait de côte et la succession répétée de pointes rocheuses et d'estuaires le long du rivage, on dénombre une centaine de cellules hydrosédimentaires en rade de Brest (figure 16). Ces dernières sont donc le plus souvent de faibles dimensions ce qui explique la taille généralement réduite des cordons littoraux dont la longueur n'excède pas quelques centaines de mètres et leur faible volume sédimentaire.



Figure 15 : Falaises de la rade de Brest. A. Falaises de head d'une dizaine de mètre de hauteur dans le secteur du Loc'h. B. Aiguilles de schistes dévonien issues des falaises du Roz. C. Falaises de schistes au sud de Troaon.

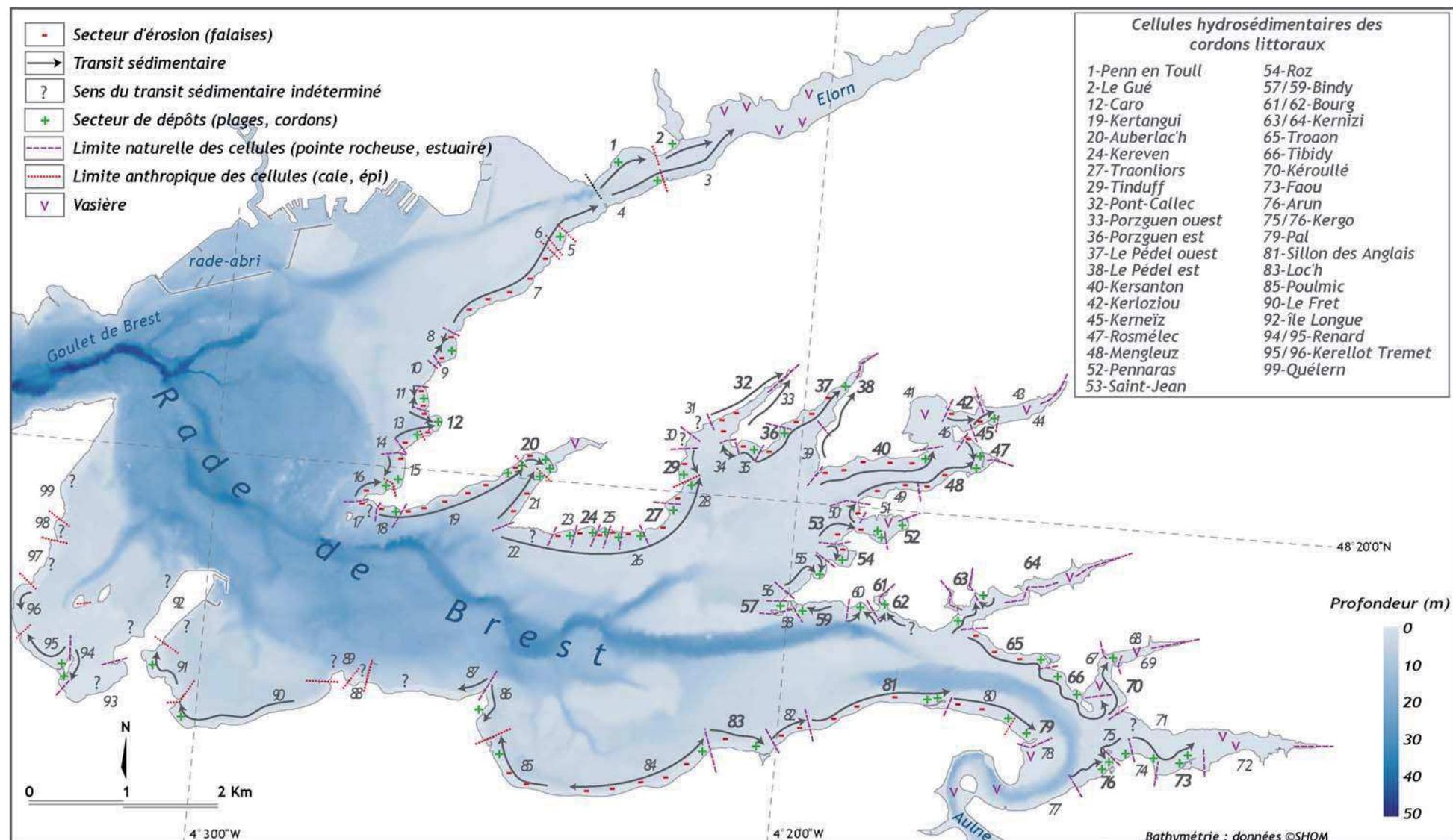


Figure 16 : Cellules hydrosédimentaires de la rade de Brest.

1.2. Les marais maritimes associés aux cordons

A- La diversité morphologique des marais maritimes

Il n'existe pas de nomenclature régionale ou nationale permettant de replacer les marais maritimes de la rade de Brest au sein de grandes catégories (Verger, *com. pers.*). Néanmoins, la seule analyse des marais présents en rade permet de distinguer quatre types de configuration particulière au sein desquels les marais présentent un certain nombre de points communs (morphologie, fonctionnement hydrologique, habitat, flore, faune).

Les **marais d'arrière-cordon** doivent leur existence à la présence d'un ou de plusieurs cordons littoraux qui les protègent de l'action des vagues et permet le dépôt et l'accumulation progressive de vase en suspension. Ces marais sont généralement occupés par des prés salés parcourus de chenaux encaissés. Le marais oriental de Porsguen est un bon exemple de ce type (figure 16A). Le nombre important de cordons littoraux explique que ces marais sont particulièrement bien représentés sur nos différents secteurs d'étude (figure 17).



Figure 16 : Exemple de quatre types différents de marais en rade de Brest. A. Marais d'arrière-cordon de Porsguen. B. Marais de rive estuarienne de Pont-Callec. C. Marais saumâtre naturel du Loc'h. D. Marais saumâtre artificialisé du Caro.

Les **marais de rive estuarienne** frangent la plupart des estuaires orientaux de la rade (figure 17). Leur existence n'est pas directement liée à la présence de cordons littoraux, mais au

caractère abrité de ces environnements qui permettent le développement d'une végétation halophile sur les vases accumulées de part et d'autre des estuaires. Les cordons littoraux fournissent toutefois un support aux prés salés dans les parties hautes de l'estran, comme on peut le constater sur la flèche de Pont-Callec (figure 16B).

Les **marais saumâtres naturels** sont peu nombreux en rade puisqu'à ce jour, le seul exemple de ce type se trouve au Loc'h de Landévennec (figures 16C et 17). Jusqu'en 2004, un couple de cordons littoraux protégeait un étang dont la vidange n'était jamais totale à basse mer. Une partie de la zone d'arrière-cordon était toujours en eau et présentait une surface de vase nue colonisée par la ruppie maritime. Seules les marges de l'étang étaient occupées par un pré salé. En 2004, l'ouverture d'une brèche dans l'un des cordons a modifié cette configuration initiale. Nous y reviendrons dans la deuxième partie de ce rapport.

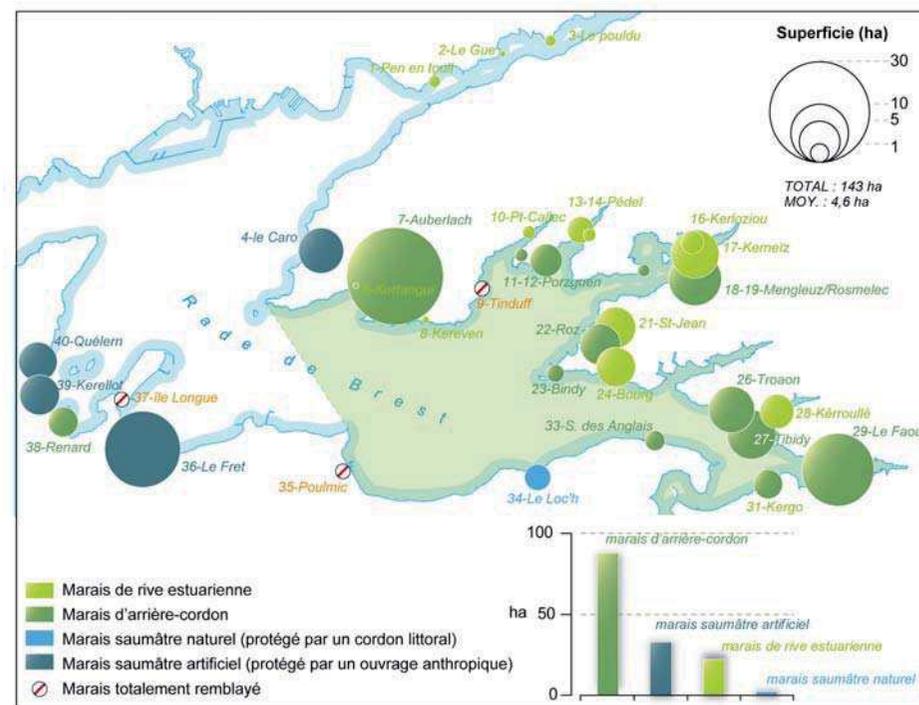


Figure 17 : typologie des marais maritimes de la rade de Brest.

Les **marais saumâtres artificiels** correspondent à d'anciens marais naturels dont les échanges d'eau avec la mer ont été modifiés par la mise en place d'ouvrages anthropiques sur le rivage. Les cordons qui protégeaient initialement ces marais ont été artificialisés. Aussi, le

remplissage et la vidange des zones d'arrière-cordon sont désormais contrôlés par des vannes. Les étangs du Fret, du Caro et de Quélern sont toujours en eau (figure 16D). La ruppie maritime est présente dans l'étang de Quélern. Celui de Kerrelot-Tremet, en revanche, se remplit et se vide au rythme de la marée et abrite uniquement des prés salés à obione.

B- Faune, flore, habitats

Les marais maritimes sont parmi les milieux les plus productifs de la planète et constituent de véritables réservoirs de biodiversité. En rade de Brest, la plupart d'entre eux abritent une faune et une flore riches et variées. Certaines espèces végétales et animales qui occupent ces milieux sont rares et parfois menacés à l'échelle régionale, voire nationale, et bénéficient à ce titre de divers statuts de protection. Les habitats côtiers qui constituent le support à cette biodiversité sont également diversifiés et font l'objet de mesure de conservation au sein du réseau Natura 2000, en accord avec la directive Habitat-Faune-Flore élaborée par l'Union européenne.

La faune

La faune qui occupe les marais maritimes de la rade de Brest est très mal connue à ce jour. Par conséquent, il est encore très difficile d'évaluer la biomasse animale qu'hébergent les zones humides littorales de ce secteur. Les populations animales les mieux connues restent les oiseaux.

D'un point de vue ornithologique, la rade de Brest constitue un site important de halte migratoire et d'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau (plongeurs, grèbes, anatidés, limicoles) (figure 18). Cela tient à l'existence de vastes zones d'eau peu profondes et de rivages variés (rochers, cordons de galets, vasières), offrant aux oiseaux des ressources alimentaires abondantes. La rade est également prisée des oiseaux comme refuge hivernal du fait de sa situation protégée des vents violents, et des conditions climatiques favorables (fortes gelées rarissimes) qui permettent un accès à la nourriture durant tout l'hiver. L'importance des effectifs d'oiseaux hivernants fait de la rade de Brest une zone humide d'importance internationale pour l'avifaune. Ce sont en effet plus de 20 000 oiseaux d'eau qui sont dénombrés en moyenne à la mi-janvier sur l'ensemble de la rade, dont la majeure partie dans le périmètre de la ZPS « rade de Brest ». Au total, la rade accueille de façon régulière 34 espèces d'intérêt européen. Pour la grande majorité de ces espèces (32), la rade ne constitue qu'une halte migratoire ou une zone d'hivernage. Par conséquent, elle ne présente pas d'intérêt majeur en période de nidification.

Les marais maritimes constituent essentiellement des zones d'alimentation. Dans les prés salés, les limicoles prospectent les chenaux et dépressions inondées à la recherche de crustacés. Quant aux anatidés (courlis cendré, chevaliers, canard siffleur, sarcelle d'hiver), ils viennent s'y alimenter de graines et autres éléments végétaux. Par ailleurs, les cordons

littoraux jouent un rôle de reposoir à marée haute. La fréquentation des sites de repos dépend toutefois de plusieurs facteurs, dont le coefficient de marée, les conditions météorologiques et le dérangement. Enfin, on notera également la présence de populations de passereaux paludicoles en halte migratoire dans les roselières et phragmitaies attenantes aux marais maritimes.



Figure 18 : Quelques anatidés et limicoles d'intérêt européen sur les cordons littoraux et dans les marais maritimes de la rade de Brest. A. Chevalier aboyeur. B. Chevalier gambette. C. Harle Huppé. D. Grands gravelots. E. Plongeur arctique. F. Sarcelle.

En rade, tous les marais maritimes et cordons littoraux sont potentiellement utilisables par les limicoles et les canards de surface. Toutefois, certains secteurs apparaissent comme des zones d'alimentation ou de repos privilégiées. Les seules données dont on dispose sur la répartition des espèces de limicoles et d'anatidés à l'échelle de la rade tiennent en deux cartes réalisées par l'association Bretagne Vivante dans le cadre de l'évaluation de la ZSP rade de Brest en 2005 (figures 19 et 20).

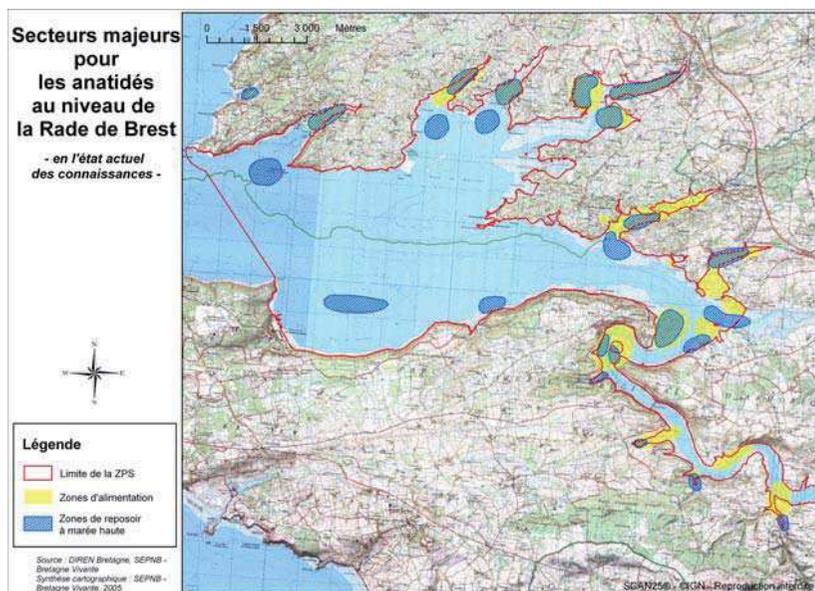


Figure 19 : Secteurs majeurs pour les anadidés au niveau de la rade de Brest.

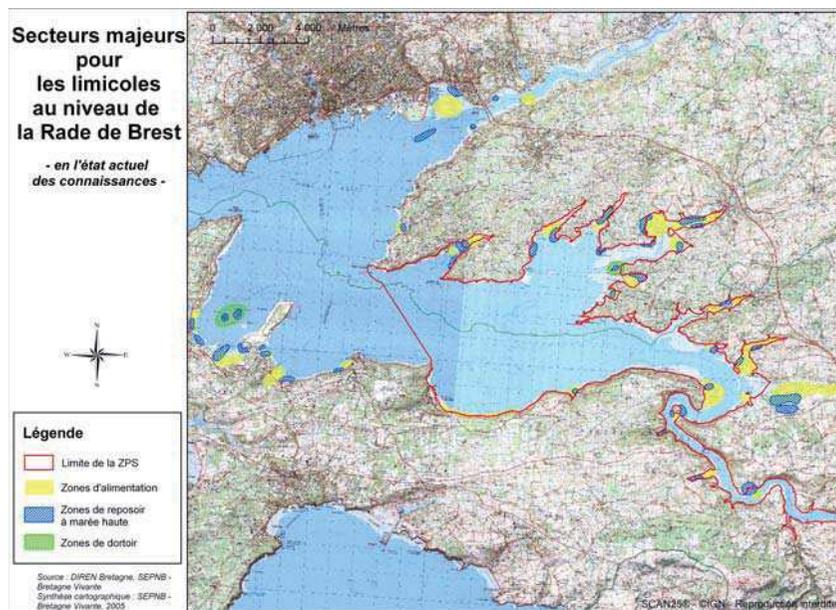


Figure 20 : Secteurs majeurs pour les limicoles au niveau de la rade de Brest.

La flore protégée

La flore des marais maritimes de la rade de Brest est bien connue grâce aux inventaires et suivis floristiques réalisés depuis plusieurs décennies par le Conservatoire Botanique National de Brest.

Les marais maritimes de la rade abritent quatre espèces floristiques protégées à l'échelle nationale et/ou régionale (figure 21). Il s'agit du petit statice (*Limonium humile* Mill.), du séparias à petites fleurs (*Serapias parviflora* Parl.), une plante herbacée pérenne de la famille des Orchidacées que l'on retrouve dans l'anse du Bourg et à Traonliors et qui bénéficie d'un statut de protection à l'échelle nationale ; de la parentucelle à large feuille (*Parentucellia latifolia* (L.) Caruel) et du lotier à petites fleurs (*Lotus parviflorus* Desf.) qui sont également des espèces protégées régionalement que l'on retrouve à Traonliors uniquement.

Parmi ces quatre espèces, le *Limonium humile* est à la fois l'espèce la plus vulnérable et celle dont la conservation est la plus étroitement liée à la présence de cordons littoraux. En effet, cette lavande de mer ne se rencontre actuellement en France que dans quelques anses de la rade. L'inventaire des stations de *Limonium humile* réalisé en 2009 (Quéré, 2009) indique que sur les 32 stations à petit statice recensées, 20 sont directement associées à la présence de cordons littoraux. Ces formes d'accumulation abritent ainsi les deux tiers des populations françaises. Sur la quarantaine de site d'étude, quinze abrite le petit statice. Dans les secteurs de l'Auberlac'h, du Renard et de Kerellot-Tremet, les superficies occupées par le *Limonium humile* dépassent 5000 m² et comptent plus d'un millier de pieds (figure 22).

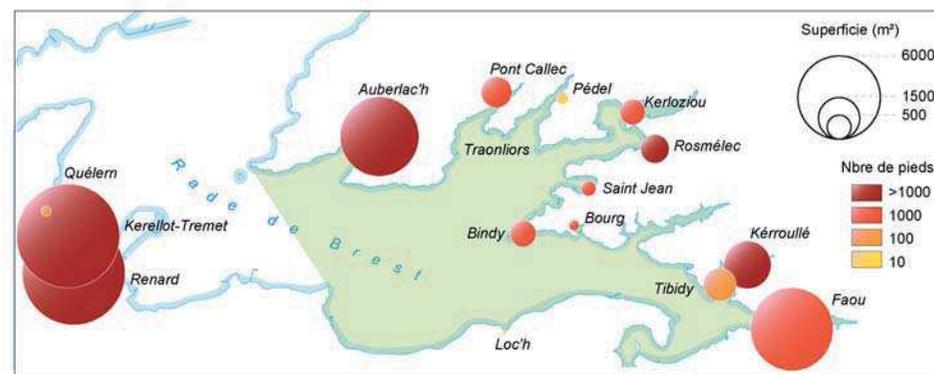
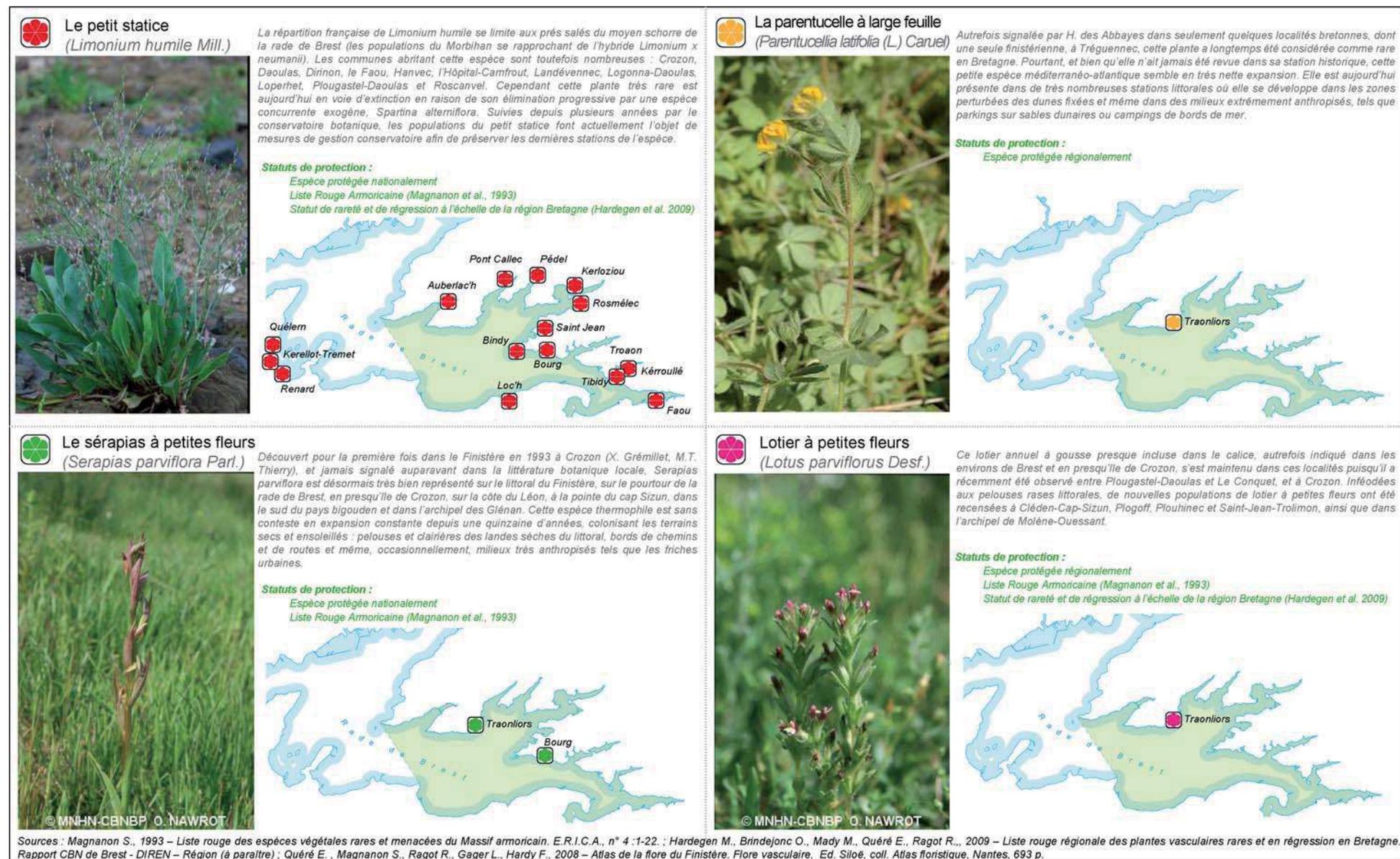


Figure 22 : Superficie et densité (nombre de pieds) des stations de *Limonium humile* dans les zones d'arrière-cordon en rade de Brest (chaque secteur peut regrouper plusieurs stations).



Sources : Magnanon S., 1993 – Liste rouge des espèces végétales rares et menacées du Massif armoricain. E.R.I.C.A., n° 4 :1-22. ; Hardegen M., Brindejoc O., Mady M., Quéré E., Ragot R., 2009 – Liste rouge régionale des plantes vasculaires rares et en régression en Bretagne. Rapport CBN de Brest - DIREN – Région (à paraître) ; Quéré E., Magnanon S., Ragot R., Gager L., Hardy F., 2008 – Atlas de la flore du Finistère. Flore vasculaire, Ed. Siloé, coll. Atlas floristique, Nantes, 693 p.

Figure 21 : La flore protégée des marais maritimes de la rade de Brest : écologie, statuts de protection et distribution.

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

Par ailleurs, cette espèce végétale est actuellement menacée par la prolifération d'une poacée américaine, la spartine alterniflore (*Spartina alterniflora*), qui s'étend très rapidement et supplante progressivement le *Limonium humile* en particulier dans les zones vaseuses de la rade (slikkes et schorres). Les substrats gravelo-caillouteux à vaso-graveleux qu'offrent les cordons littoraux deviennent donc, au fil du temps, des zones-refuge pour le petit statice.

Alors qu'en 1991, les substrats gravelo-caillouteux étaient caractérisés par de faibles effectifs de *Limonium humile*, les données recueillies en 2009 indiquent que les effectifs de petit statice dans ce type de stations ont considérablement augmenté (Quéré, 2009). En effet, 8 stations comportent aujourd'hui des effectifs compris entre 100 et 1000 individus (contre 2 stations en 1991) et une localité abrite plus même de 1000 pieds : Mengleuz en Logonna-Daoulas (figure 23).

Les cordons littoraux et les marais maritimes associés représentent donc un enjeu important pour la conservation de cette espèce protégée que l'on ne rencontre qu'en rade de Brest.

La flore rare

Les marais maritimes de la rade de Brest abritent également un ensemble d'espèces floristiques rares à l'échelle régionale. Au total, on recense 7 espèces « rares » (figure 24) : la Ronce bleuâtre (*Rubus caesius* L.), le Passerage des champs (*Lepidium campestre* (L.) R.Br.), le Buplèvre grêle ou Buplèvre menu (*Bupleurum tenuissimum* L. subsp. *Tenuissimum*), la Ruppie maritime (*Ruppia maritima* L.), le Choin noirâtre (*Schoenus nigricans* L.), le Cranson officinal (*Cochlearia officinalis* L.), le Polypogon de Montpellier (*Polypogon monspeliensis* (L.) Desf.). Ces plantes sont classées sur la liste rouge armoricaine (Magnanon *et al.*, 1993) et bénéficient d'un statut de rareté et de régression à l'échelle du Finistère et/ou de la région Bretagne (Hardegen *et al.*, 2009). Elles se répartissent sur 9 secteurs en rade : Penn al Lann, l'Auberlac'h, le Pédel, l'anse est de Porzguen, le marais de Rosmélec, l'anse du Bourg, le marais de Troaon, le marais du Loc'h, l'étang du Fret.

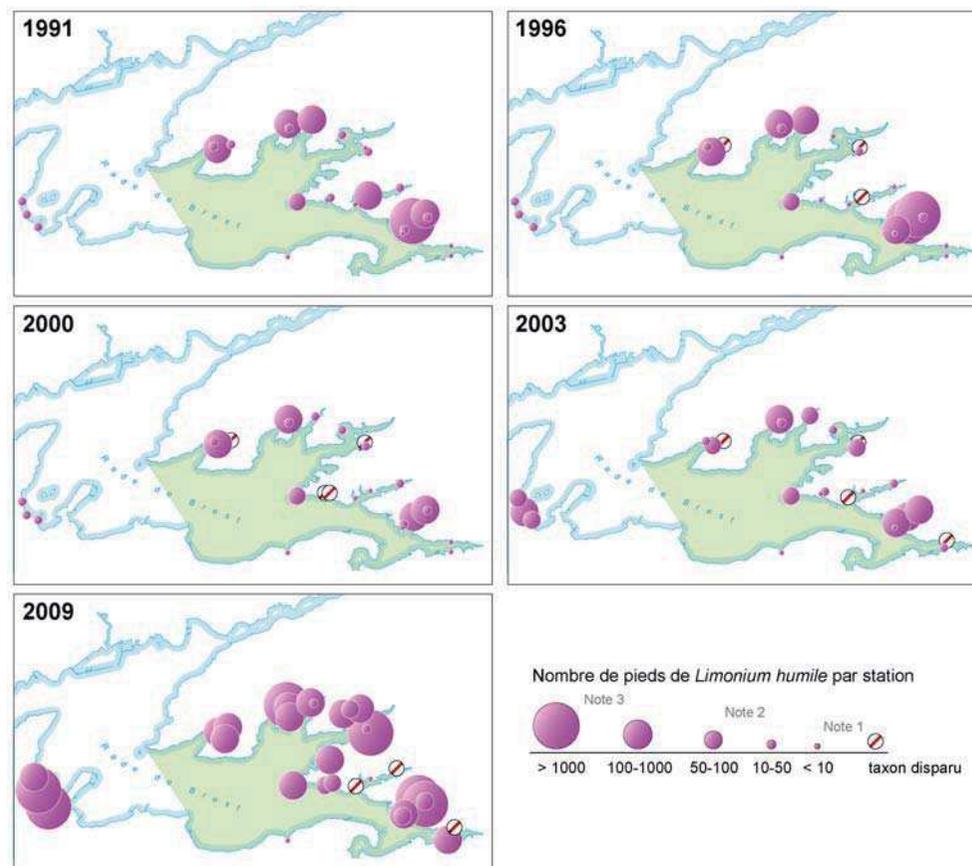


Figure 23 : Evolution du nombre de pieds de *Limonium humile* par station entre 1991 et 2009 (d'après Quéré et Magnanon, 2004 et Quéré, 2009).

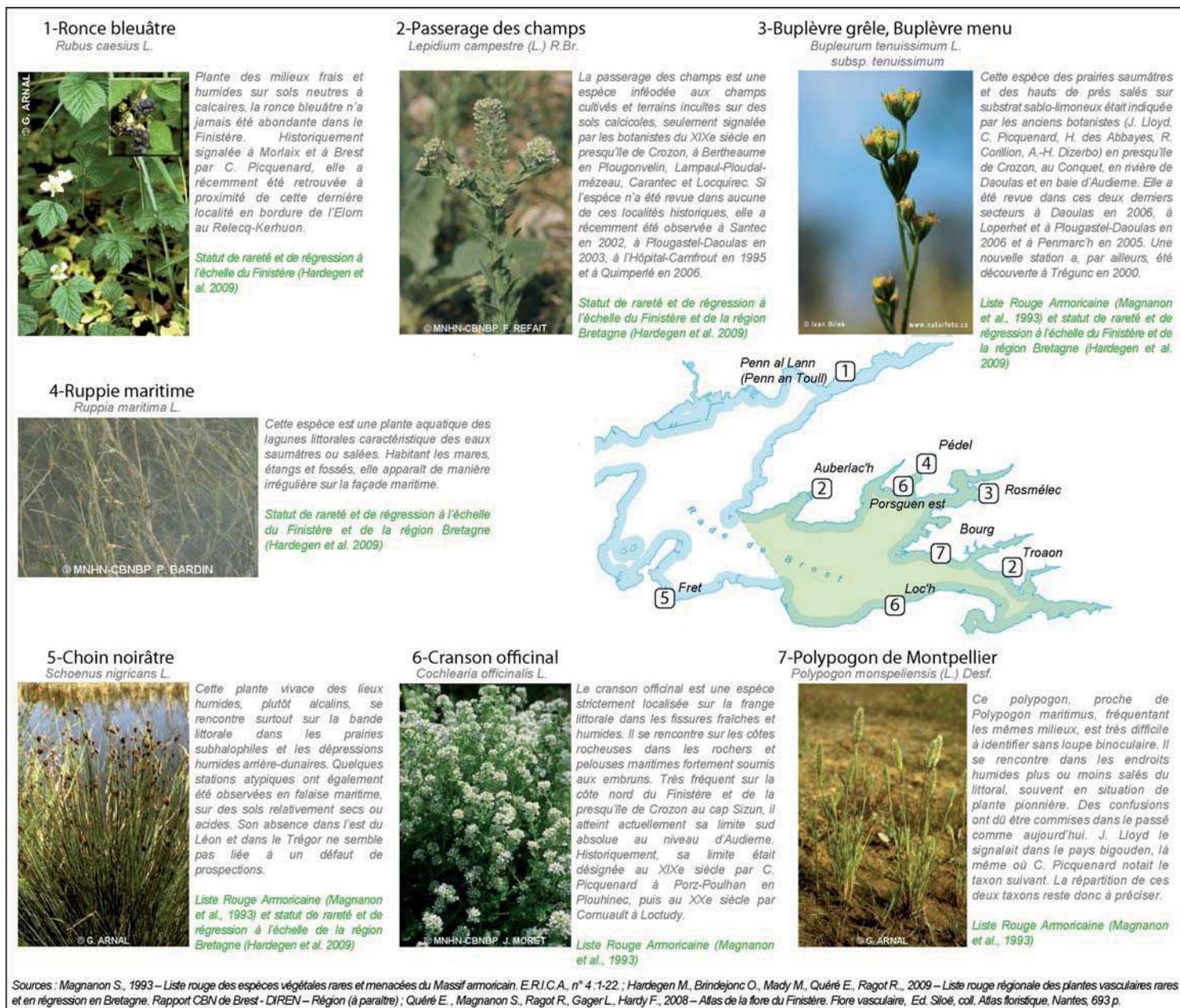


Figure 24 : La flore rare des marais maritimes de la rade de Brest : écologie, statuts de protection et distribution.

Les habitats.

Les habitats côtiers et la répartition des espèces végétales d'intérêt communautaire sont bien connus le long des rives de l'Elorn, dans la partie orientale de la rade de Brest et à l'ouest de la Presqu'île de Crozon grâce aux inventaires et aux cartographies réalisées à l'échelle du 1/5000^e par le Conservatoire Botanique National de Brest, dans le périmètre des zones définies dans le cadre du « réseau Natura 2000 » (Bougault *et al.*, 2004) (figure 25).

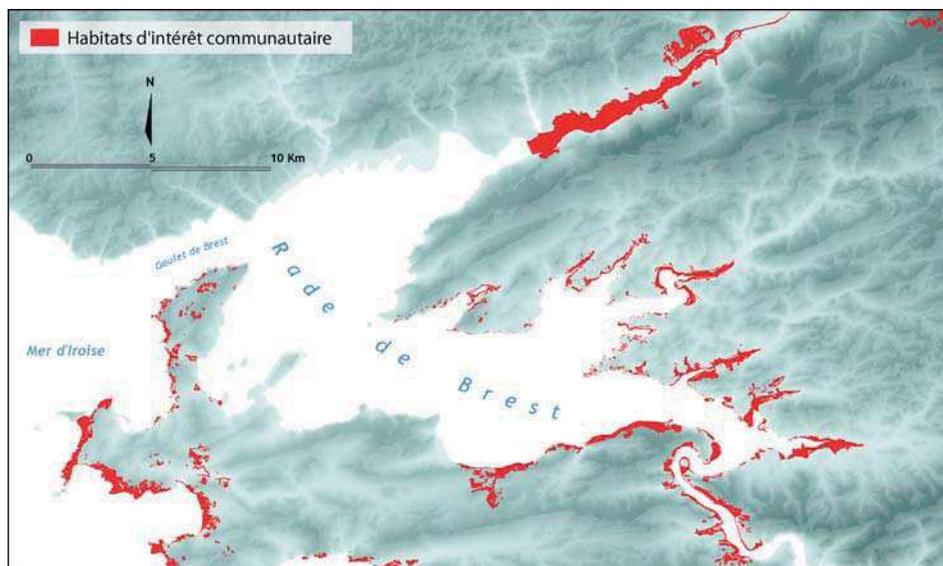


Figure 25 : Répartition des habitats d'intérêt communautaire en rade de Brest.

Diversité des habitats d'intérêt communautaire.

Les marais maritimes de la rade de Brest et, dans une moindre mesure, les cordons littoraux associés, regroupent un ensemble d'habitats d'intérêt communautaire. En se basant sur le code Natura 2000 (ou code UE, habitats figurant sur l'annexe 1 de la directive habitat), on recense sept habitats d'intérêt communautaire sur nos sites d'étude :

- UE 1150 : les lagunes côtières
- UE 1130 : les zones d'estrans vaseux à sablo-vaseux sans végétation phanérogame
- UE 3110 : les zones de végétation annuelle à salicornes
- UE 1330 : les zones de prés salés
- UE 1210 : les zones de végétation annuelle des hauts de plage
- UE 6430 : les zones de prairies humides et mégaphorbiaies

UE 1230 : les zones de falaise littorale avec végétation phanérogame

Dans les parties les plus internes des marais maritimes, on recense également un habitat potentiel d'intérêt communautaire :

UE 91E0 : les frênaies-aulnaies alluviales (boisements humides)

D'une manière générale, les sites d'étude ne présentent pas une grande diversité en terme d'habitats d'intérêt communautaire et regroupent le plus souvent entre deux et quatre habitats différents (figure 26). Les sites du Roz et de l'anse du Bourg montrent une plus grande diversité avec respectivement 5 et 6 habitats d'intérêt communautaire différents.

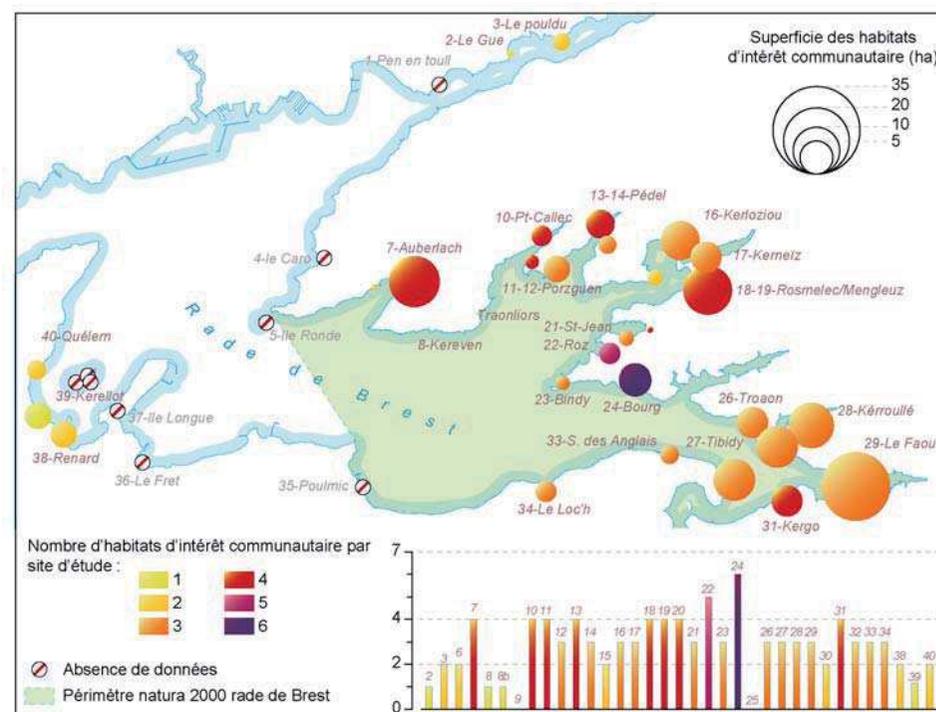


Figure 26 : Superficie et diversité des habitats d'intérêt communautaire sur les sites d'étude.

Richesse des habitats d'intérêt communautaire

Les superficies d'habitat d'intérêt communautaire sont très variables selon nos différents sites d'étude. D'une manière générale, plus la zone d'arrière cordon est vaste, plus les surfaces

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

occupées par les habitats d'intérêt communautaire sont importantes (figure 27). Des différences notables apparaissent toutefois lorsque l'on fait le rapport entre ces deux valeurs (figure 28).

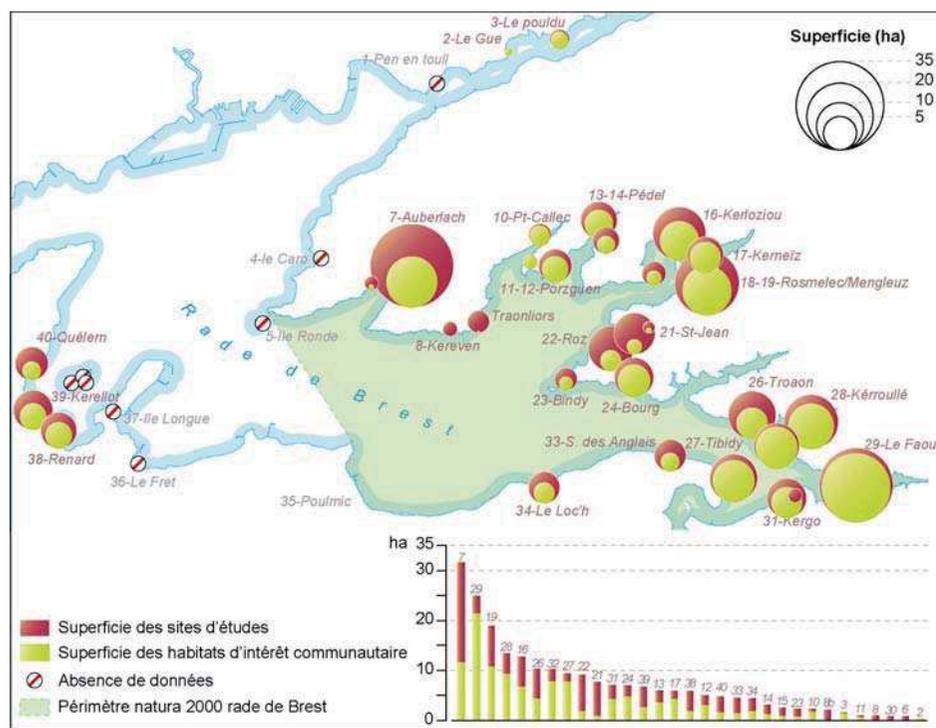


Figure 27 : Superficie des sites d'étude et des habitats d'intérêt communautaire.

Sur une douzaine de sites d'étude, les habitats d'intérêt communautaires occupent plus de 60 % de la superficie des zones d'arrière-cordon (figure 28). Le site du Faou compte trois types d'habitats d'intérêt communautaire (estran vaseux sans végétation phanérogamique, zone de végétation annuelle à salicorne, prés salés) qui représentent à eux seuls 86 % de la superficie totale du secteur. La part restante (14 %) correspond aux zones occupées par la spartine alterniflore.

D'autres sites présentent, en revanche, une relative pauvreté en habitats d'intérêt communautaire. Sur 7 d'entre eux, ces habitats représentent moins de 30 % de leur superficie. C'est notamment le cas du Roz où les habitats d'intérêt européen occupent seulement 22 % de la surface totale du site. Cette pauvreté s'explique par la prédominance de la spartine alterniflore dans la zone de pré salé et contraste avec une grande diversité des habitats dans ce secteur (figure 26).

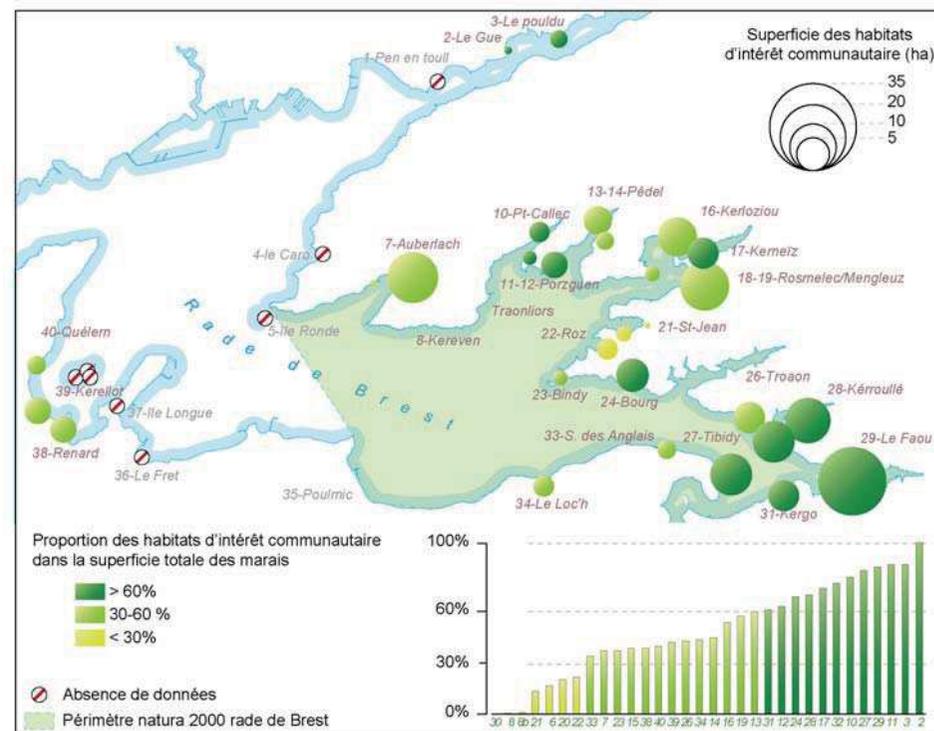


Figure 28 : Part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes en rade de Brest

Présence d'habitats d'intérêt régional

Il convient de noter que certains marais maritimes de la rade forment un continuum avec des zones humides alluviales plus continentales où s'étendent des roselières à phragmites ou à scirpe maritime auxquelles succèdent parfois des mégaphorbiaies occupant les fonds de vallées, périodiquement inondée lors des fortes pluies. Bien qu'ils ne soient pas considérés d'intérêt européen, ces habitats présentent néanmoins un intérêt régional au titre de la protection des zones humides et abritent bien souvent une flore et une faune riche et diversifiée.

2-DYNAMIQUES ET EVOLUTION DES MILIEUX

2-1-Evolution récente et actuelle des cordons littoraux

A- Principe de fonctionnement des cordons littoraux

Deux agents essentiels interviennent dans la mobilité récente des flèches et cordons de galets. Il s'agit, d'une part, de la houle dont l'action à la côte se traduit par l'édification des levées de galets et par le transport de sédiment le long des rivages et, d'autre part, de la marée qui joue un rôle indirect en faisant varier le niveau d'action des vagues sur les cordons, en générant des courants susceptibles d'assurer le transport de sédiments, en contribuant à la génération de niveaux d'eau extrêmes à la côte.

L'action des houles et des vagues sur les cordons littoraux

Les houles et les vagues sont le principal agent de la morphogenèse des flèches et cordons de galets car elles fournissent, lors du déferlement, l'énergie motrice suffisante pour enclencher un mouvement des sédiments grossiers sur l'estran. Elles contribuent également à l'alimentation des cordons, en faisant transiter les sédiments de manière longitudinale par rapport à la ligne de rivage, depuis les falaises nourricières jusqu'aux cordons (figure 29A). La présence de multiples indentations dans le tracé de la côte favorise alors le détachement des formes d'accumulation qui, dès lors, tendent à s'allonger dans le sens du transit sédimentaire dominant, en adoptant dans ce cas la forme de flèche à pointe libre.

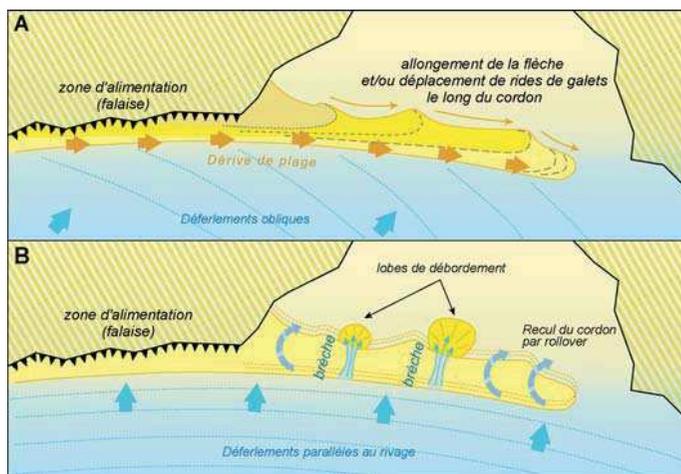


Figure 29 : Evolutions des cordons littoraux selon la direction dominante des vagues.

Les houles à la côte sont également responsables d'un transit transversal des galets et d'une modification du profil des cordons. Deux situations peuvent être distinguées.

Lorsque l'action des vagues se porte à un niveau inférieur à la crête des cordons, les vagues participent au processus d'*overtopping* (figure 30). Ce processus se traduit par la remontée progressive des galets vers le haut des accumulations et par la formation d'une berme. Lorsque les déferlements se produisent à un niveau élevé sur le cordon, les plus gros galets sont parfois projetés au niveau de la crête et contribuent alors à son exhaussement. En définitive, ce type d'évolution morphologique engendre un raidissement du cordon.

Lorsque les vagues franchissent la crête des accumulations, elles conduisent au processus d'*overwash* (figures 29B et 30). Les vagues qui passent par-dessus le cordon génèrent un flux continu d'eau en direction du revers. Les galets sont déplacés en arrière du cordon où ils viennent recouvrir le matériel existant. Lors des tempêtes, les processus d'*overwash* peuvent entraîner l'ouverture de brèches et la mise en place de lobes de débordement sur le revers des cordons.

L'alternance répétée dans le temps des processus d'*overtopping* et d'*overwash* est responsable d'un recul des cordons de galets par roulement sur eux-mêmes. Ce mécanisme est connu sous le terme de *rollover*. Il a notamment permis la remontée d'une partie des stocks de galets disponibles sur la plate-forme continentale lors de la transgression post-glaciaire.

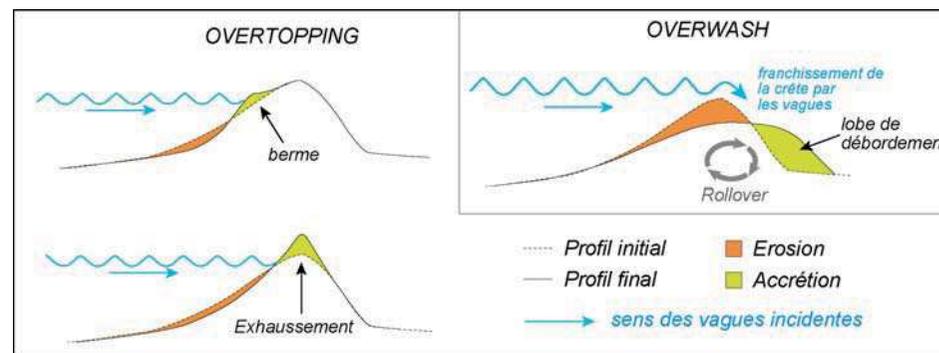


Figure 30 : Schéma des processus d'*overtopping* et d'*overwash*.

Houles et vagues en rade de Brest

Le littoral de la rade de Brest est soumis à l'action de deux systèmes de houles sensiblement différents : l'un correspond aux grandes houles de secteur ouest pénétrant par le goulet, l'autre est caractérisé par les vagues générées au sein même de la rade par les vents locaux.

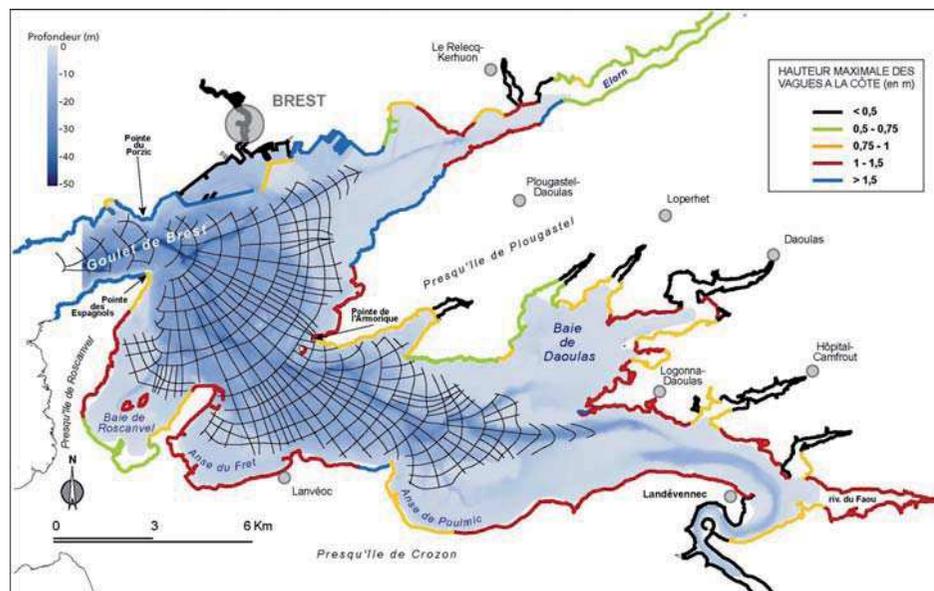


Figure 31 : Propagation de la houle océanique en rade de Brest et hauteur des vagues à la côte établies par le SAUM (1977).

L'entrée des grandes houles de secteur ouest en rade se fait uniquement par le goulet de Brest (figure 31) dont la largeur se réduit à 2 km entre la pointe du Porzic et la pointe des Espagnols. A ce niveau déjà, les phénomènes de réfraction sont importants, notamment le long des rives du goulet et au niveau de « l'accident médian » qui se traduit par une série de hauts fonds rocheux. La traversée des houles dans ce passage étroit se traduit par une convergence des orthogonales de houle. Ensuite, les houles sont très fortement diffractées lors de leur entrée en rade (figure 31). L'augmentation brutale de la surface mouillée dès le passage de la pointe des Espagnols entraîne une divergence des orthogonales de houle en un faisceau étalé sur tout le centre de la rade (Fichaut, 1984). Les houles y perdent une bonne partie de leur énergie. Enfin, ces houles d'ouest voient une nouvelle fois leur énergie dissipée à l'approche du rivage en raison d'un relèvement progressif des fonds marins dans la rade.

Par conséquent, seule la partie nord de la rade est véritablement soumise à l'influence de la houle océanique, ainsi que la côte nord-ouest de la Presqu'île de Plougastel, jusqu'à Porz Ilien (Guilcher *et al.*, 1957). Dans ces secteurs, la hauteur des vagues est maximale et les creux dépassent parfois 2 m.

Ailleurs, le rivage n'est battu que par des vagues de vent formées en rade qui se présente sous la forme d'un clapot haché caractéristique (faible longueur d'onde et une forte cambrure). Comme

le rappellent Guilcher *et al.* (1957), ces vagues sont typiques d'un lac de dimensions moyennes. Leur puissance dépend de la vitesse du vent et de la longueur du fetch (distance sur la laquelle souffle ce vent). En rade, le fetch atteint au maximum 25 km, de la presqu'île de Roscanvel à l'embouchure de la rivière du Faou. Dans la plupart des points de la côte, le fetch est toutefois très inférieur à ce chiffre. Par conséquent, la majeure partie des rivages de la rade est battue par des vagues dont la hauteur dépasse rarement le mètre, quelles que soient la force et la direction du vent, comme l'indique les deux graphiques de la figure 32.

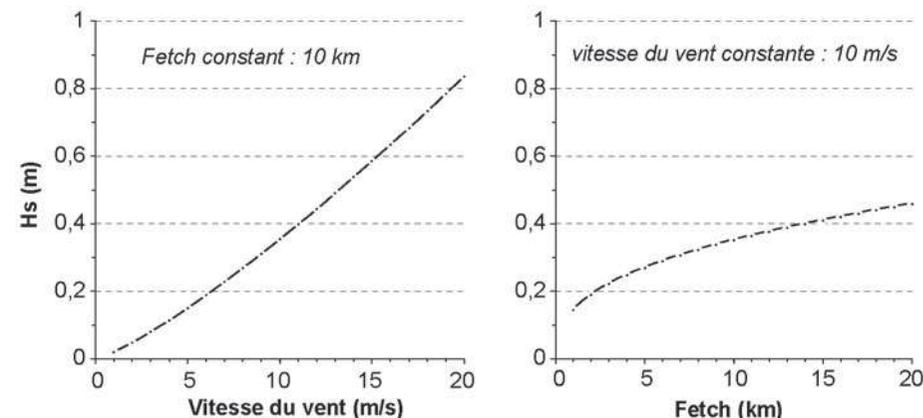


Figure 32 : Relation entre la force du vent, la longueur du fetch et la hauteur des vagues (d'après les formules de Donelan, 1992).

Néanmoins, B. Fichaut (1984) a montré que malgré leur faible hauteur, les vagues de la rade étaient suffisantes pour influencer la sédimentologie des hauts fonds bordiers, même dans les secteurs très protégés comme la baie de Roscanvel, par exemple. Sur le littoral, un tel clapot est également susceptible d'occasionner des remaniements sédimentaires importants (Bonnefille et Pernecker, 1966 ; *in* Auffret, 1983). En effet, ces petites vagues abordent généralement le rivage avec une très forte obliquité, ce qui favorise le transit des sédiments le long de la côte (Nordstrom, 1989 ; Jackson *et al.*, 2002 ; Goodfellow et Stephenson, 2005).

La rade de Brest se caractérise par une prédominance des vents annuels de secteur ouest (de sud-ouest à nord-ouest) (figure 33). Les rives orientales de la rade de Brest sont donc les plus souvent battues par les vagues générées sur le plan d'eau. Les vents de nord-est sont également fréquents, notamment entre les mois d'avril et juin.

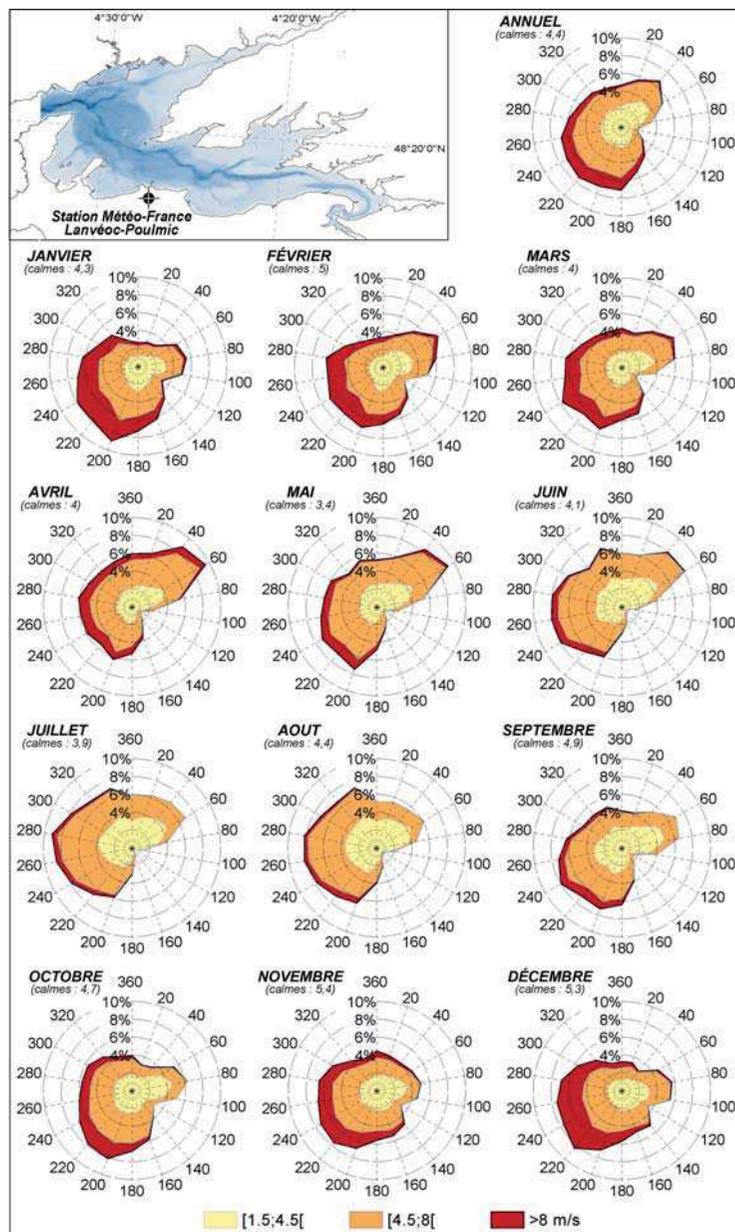


Figure 33 : Rose des vents annuels et mensuels à la station Météo-France de Lanvéoc-Poulmic (période 1955-2006).

Le rôle de la marée

En rade de Brest, le marnage passe de 2,8 m lors des marées de morte-eau à 7,6 m lors des plus grandes marées d'équinoxe (coefficient de 120). En raison de son amplitude, la marée est donc responsable du mouvement d'importantes masses d'eau près des côtes générant des courants de flot et de jusant dont la vitesse peut être renforcée localement selon la configuration du rivage.

S'il est rare que les courants de marée atteignent une vitesse suffisante pour mobiliser les sédiments grossiers sur l'estran, certaines configurations particulières sont favorables à un accroissement de la célérité du flot et du jusant à proximité des cordons littoraux et à une mise en mouvement éventuelle des sédiments. C'est bien souvent le cas en rade où de nombreux cordons barrent une anse ou isolent un marais maritime qui se remplit et se vide à chaque cycle de marée. Dans ce cas, de puissants courants sont souvent générés au sein d'une passe plus ou moins étroite, à travers laquelle s'effectuent des transferts sédimentaires sur l'estran. Ainsi, il est fréquent d'observer de petits deltas de flot et/ou de jusant édififiés de part et d'autre des passes empruntées par les courants de marée. Ces petits deltas sont constitués de galets prélevés aux flèches et démontrent la capacité de transfert sédimentaire dont disposent ces courants dès lors qu'ils sont canalisés (figure 34).



Figure 34 : La flèche de l'Auberlac'h et son delta de jusant édififié au débouché du chenal de marée (cliché : P. Stéphane, juillet 2006).

B- Evolution récente des cordons littoraux

Méthodologie : retracer la mobilité récente des cordons littoraux

La mobilité des cordons littoraux a été retracée en utilisant à la fois des photographies aériennes prises par l'IGN entre 1952 et 2011 et des levés de terrain effectués à l'aide d'un DGPS (GPS différentiel de grande précision) entre 2004 et 2011. Les clichés aériens ont été scannés avec une haute résolution et les déformations éventuelles des images, liées à la prise de vue aérienne, ont été corrigées. Toutes ces données ont ensuite été intégrées dans une base SIG (Système d'Information Géographique) et la position du trait de côte a été dessinée numériquement sur nos images. Le plus souvent, la végétation supra littorale située au sommet des cordons a été retenue comme trait de côte. A partir de ce travail, le recul et/ou l'avancée des flèches ont été mesurés le long de profils disposés perpendiculairement au rivage. Au total, l'évolution d'une vingtaine de cordons littoraux a été étudiée de cette manière car nous n'avons pas retenu les queues de comètes et les cordons dont la longueur est inférieure à 100 m.

Les différents modes d'évolution des cordons

La figure 35 présente de façon schématique les différents modes d'évolution rencontrés sur les cordons de galets de Bretagne. Six grands modes d'évolution peuvent être reconnus : avancée, stabilité, cannibalisation, *rollover* épisodique, *rollover* régulier, démantèlement. Ces modes d'évolution prennent différentes formes selon l'orientation des cordons littoraux par rapport aux vagues incidentes et le sens dominant des transits sédimentaires. Sur les cordons faisant face aux vagues (type A), la ligne de déferlement est le plus souvent parallèle à la plage et les transits sédimentaires s'effectuent de préférence vers l'intérieur des terres. En revanche, sur les cordons fuyant les vagues incidentes (type B), le déferlement des vagues s'effectue obliquement par rapport à la plage et génère un déplacement sédimentaire le long du cordon.

Avancée

Pour les cordons de type A, l'avancée se traduit par l'adjonction de crête successives en avant des précédentes et la progradation du cordon parallèlement à lui-même. Pour les cordons de type B, l'avancée se marque par un allongement progressif de la forme. En rade, on recense un seul cas d'avancée significative et de progradation du cordon vers la mer. Il s'agit du **Sillon des Anglais**. L'évolution de cette flèche au cours des dernières décennies est marquée par le déplacement de rides de galets le long du cordon et la mise en place de crête successives à son extrémité (figure 36). Ainsi, la flèche s'allonge progressivement vers l'est. Cette évolution est le signe d'une bonne alimentation sédimentaire. En amont de ce secteur, la côte est taillée en falaises de head sur 3 km de long. Celles-ci délivrent épisodiquement un volume non-négligeable de sédiments au rivage, lesquels transitent sans perturbation jusqu'au Sillon des Anglais.

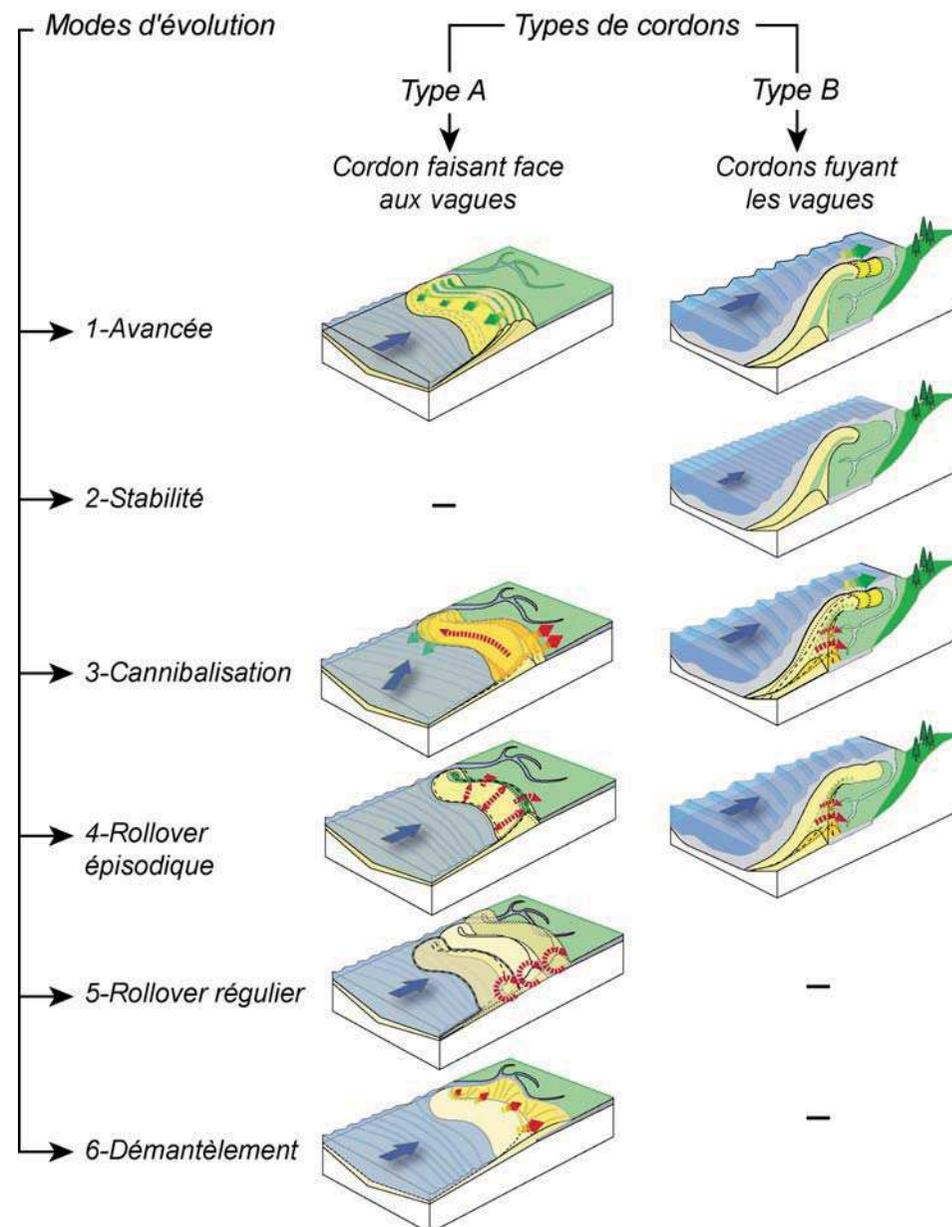


Figure 35 : Les différents modes d'évolution récente des cordons littoraux reconnus en Bretagne (d'après Stéphan, 2008).

Il faut noter qu'à l'exception du Sillon des Anglais, aucun cordon n'a connu d'avancée significative au cours des 60 dernières années en rade. Cela traduit un contexte général de faible alimentation sédimentaire des accumulations littorales.

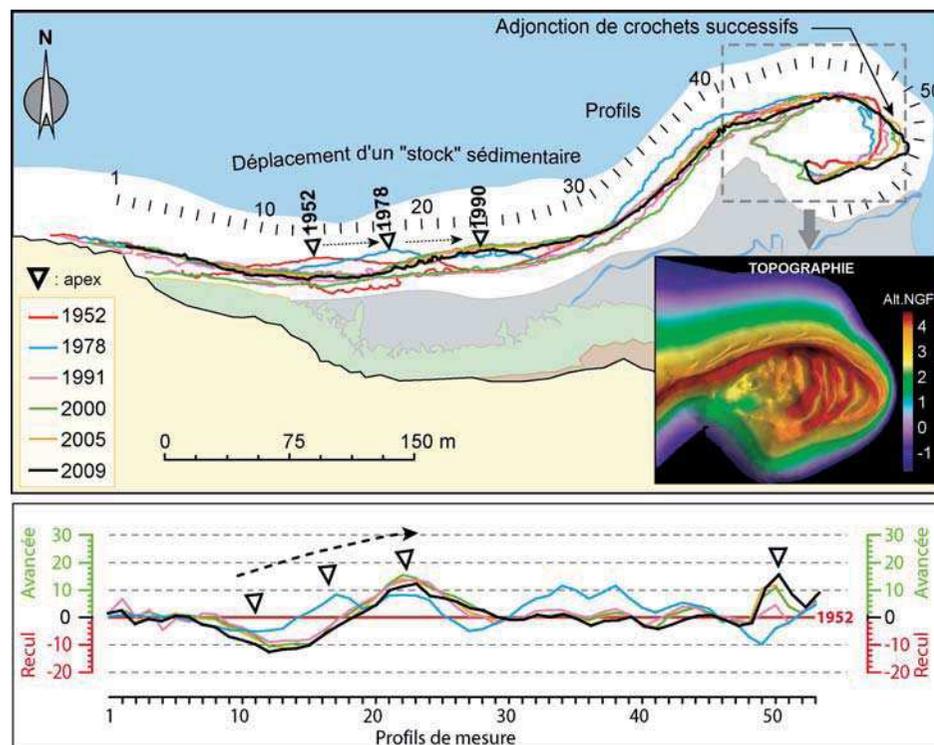


Figure 36 : Evolution du Sillon des Anglais entre 1952 et 2009.

Stabilité

La plupart des flèches situées sur les rives orientales de la rade de Brest ont montré une très faible mobilité : Pt-Callec, Porzguen, Kerloziou, Kerneiz, Bourg, Kerroullé (figure 37). Cette stabilité relative résulte vraisemblablement de conditions hydrodynamiques très faibles et peu propices aux transferts sédimentaires. La flèche de Porzguen, par exemple, est située à l'entrée de la ria de Penfoul, dans un léger rentrant de la côte. Dans ce secteur, les vents locaux sont incapables de générer des vagues d'une hauteur supérieure à 10 cm, en raison de la faible longueur de fetch (Stéphan, 2008b). Aussi, entre 1952 et 2006, le recul et l'avancée du front de

végétation sommitale n'ont dépassé 2 m qu'en de rares endroits le long du cordon (fig. 5B). Ce type d'évolution est le signe d'un bilan sédimentaire stable sur la période récente.

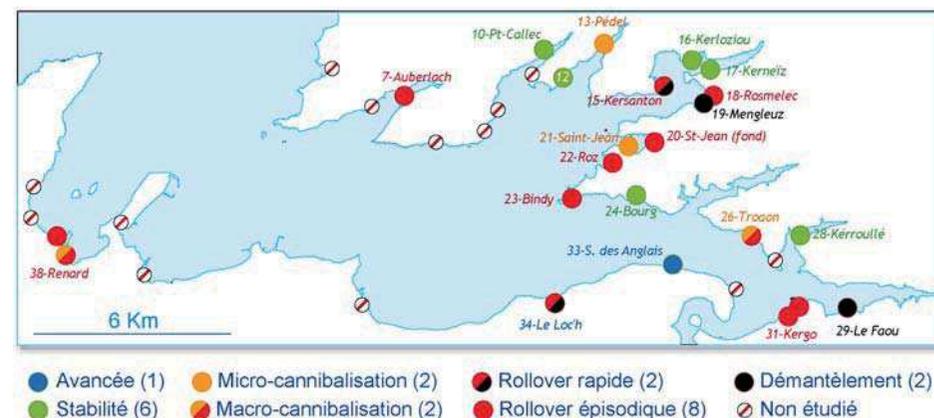


Figure 37 : Les différents modes d'évolution récente des cordons littoraux de la rade de Brest.

Macro-cannibalisation

Au cours des cinq dernières décennies, certaines flèches ont connu un phénomène de macro-cannibalisation (flèche de Saint-Jean, de Troaon). Ce type d'évolution reflète un contexte de sous-alimentation sédimentaire. Les apports de sédiments n'étant plus suffisants pour compenser les volumes en transit le long des flèches, leur partie proximale enregistre une érosion au profit de la partie distale qui s'engraisse dans le même temps.

L'évolution de la flèche de Troaon est une parfaite illustration de ce phénomène. De 1952 à 2006, l'enracinement du cordon a progressivement reculé (jusqu'à 12 m par endroits), nécessitant la mise en place d'un enrochement dans ce secteur (figure 38). Dans le même temps, la pointe de la flèche a connu une progradation de 15 m en moyenne. Toutefois, les puissants courants de marée permettant le remplissage et la vidange de l'étang du Troaon situé en arrière ont empêché ici l'allongement de la flèche vers le sud. Il est possible de noter, par ailleurs, une migration rapide du fulcrum (point qui sépare la section en érosion de la section en accrétion) vers l'extrémité distale du cordon, à une vitesse d'environ 2,5 m/an depuis 1978, traduisant une extension de la portion en érosion aux dépens de la zone d'accrétion.

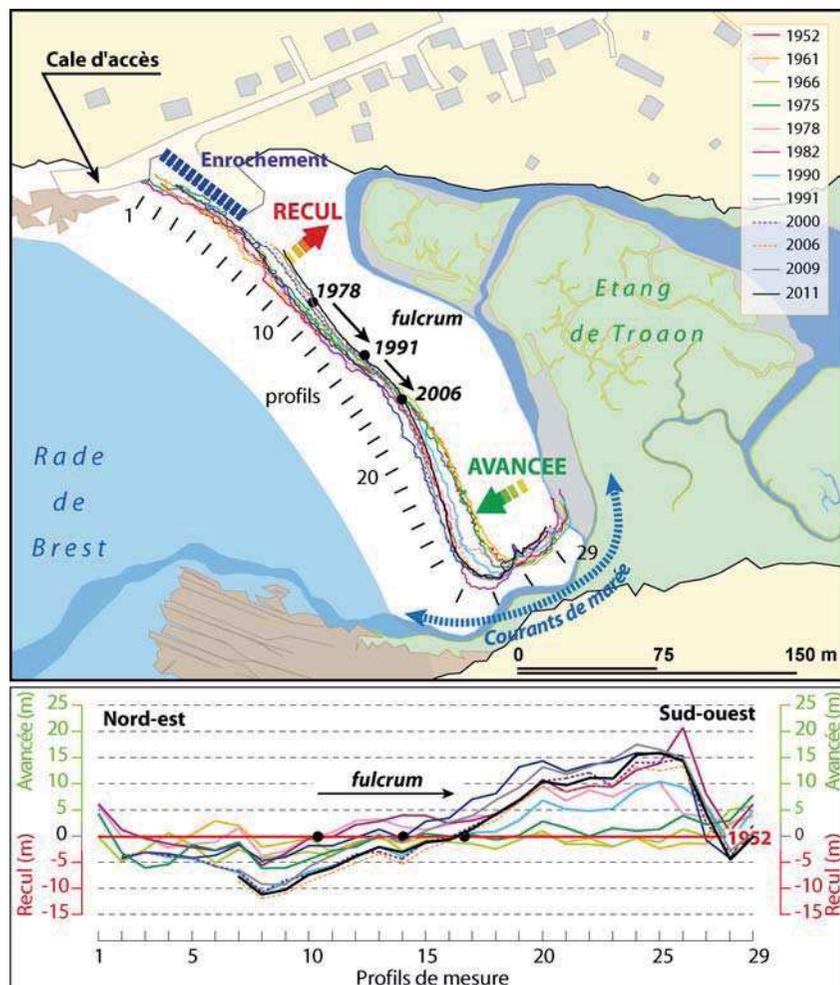


Figure 38 : Evolution de la flèche de Troaon par macro-cannibalisation entre 1952 et 2011.

Micro-cannibalisation

La mobilité des flèches du Pédel et de Saint-Jean a été marquée par des phénomènes de micro-cannibalisation. Cette fois, seule une portion réduite des cordons s'est cannibalisée, entraînant l'apparition de sous-cellules d'érosion et d'accrétion le long des édifices (Orford *et al.*, 1996). Ces sous-cellules se mettent généralement en place lorsqu'il existe de fortes variations longitudinales dans les vitesses de transport sédimentaire. Les zones d'érosion correspondent

alors aux secteurs d'accélération du transit, tandis que les zones d'accrétion sont liées à un ralentissement du transfert sédimentaire (Orford *et al.*, 1996). Ce type d'évolution aboutit le plus souvent à une sinuosité de plus en plus marquée des formes d'accumulation, favorisant l'apparition de points de faiblesse propices à l'ouverture de brèches.

Ainsi, l'évolution récente de la flèche de Saint-Jean permet d'identifier deux cellules de cannibalisation le long du cordon (figure 39). La première cellule s'étire sur une distance de 100 m dans la partie proximale de la flèche, entre les points de mesure P8 et P18. Le recul du front de végétation en amont-dérive s'est accompagné d'une avancée équivalente en aval-dérive, traduisant le déplacement longitudinal des sédiments vers l'est. La seconde cellule de cannibalisation succède immédiatement à la première le long de la flèche et a montré la même tendance. De cette façon, les sinuosités qui caractérisent la forme générale de la flèche se sont accentuées et ont migré progressivement vers l'est.

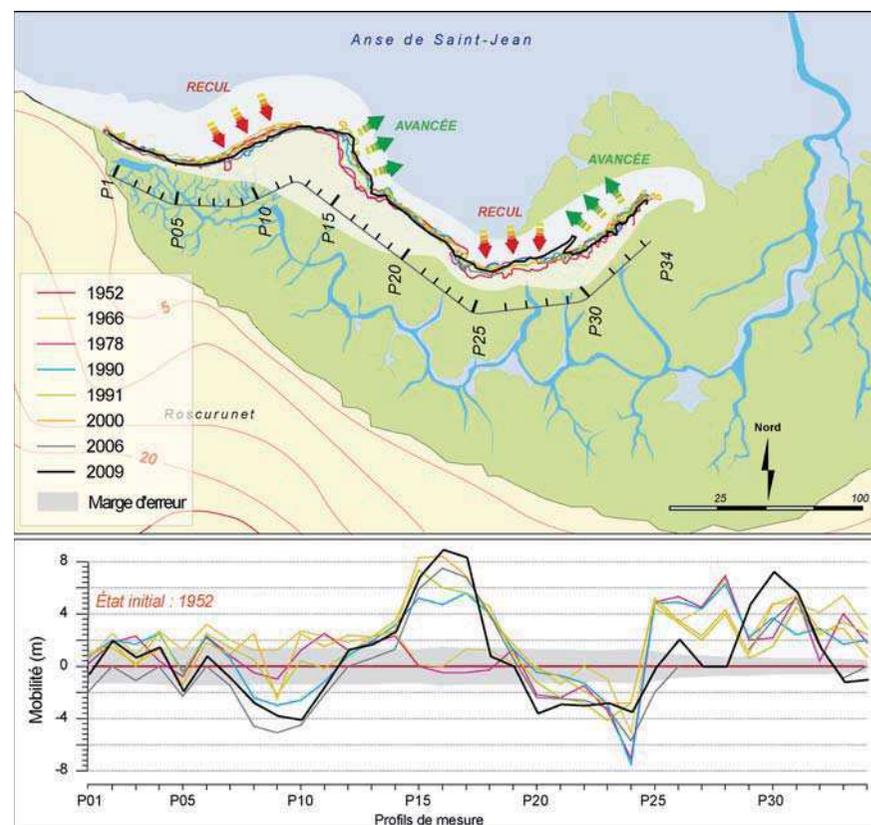


Figure 39 : Evolution de la flèche de Saint-Jean par micro-cannibalisation entre 1952 et 2009.

Recul par *rollover* lent et épisodique

De nombreuses flèches de galets ont connu un recul par *rollover*. Ce mode d'évolution, propre aux cordons de galets, s'effectue sans véritable déperdition de matériel puisque les édifices migrent vers l'intérieur des terres tout en conservant leur volume initial. Il ne s'agit donc pas d'une érosion à proprement parler. Néanmoins, cette mobilité traduit dans certains cas un véritable déficit sédimentaire. J.D. Orford *et al.* (1996) distinguent en effet deux dynamiques de *rollover* selon les vitesses de recul. Le *rollover* lent caractérise les cordons robustes, peu sensibles aux franchissements par les vagues de tempête et au bilan sédimentaire stable, tandis que le *rollover* rapide s'observe sur les cordons surbaissés, en déficit sédimentaire, et fréquemment submergés par les plus hauts jets de rive. Dans ce cas, les transferts de matériel en direction du revers sont plus importants et permettent une migration rapide des accumulations en direction des terres. La mobilité des flèches de l'Auberlac'h (figure 40) et du Roz, par exemple, illustre une dynamique de *rollover* relativement lent au cours des cinq dernières décennies.

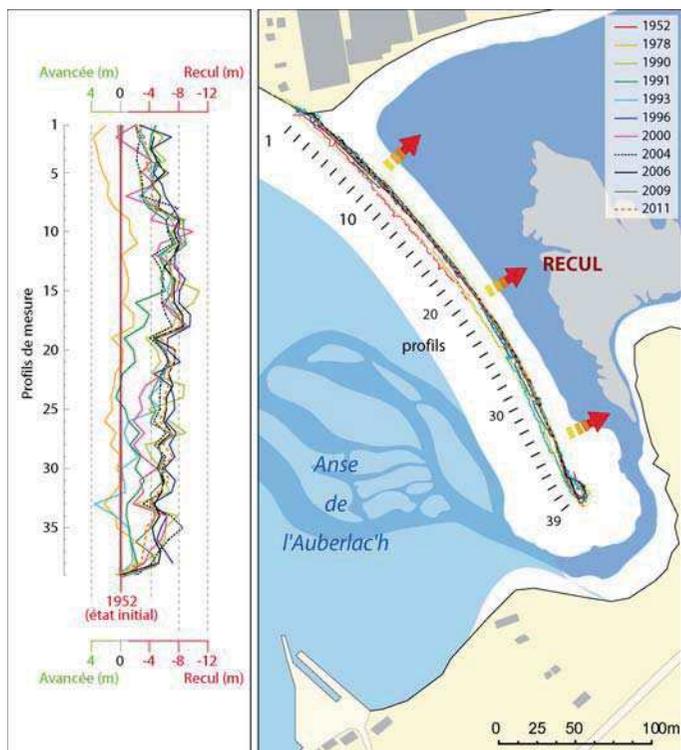


Figure 40 : Evolution du Sillon de l'Auberlac'h entre 1952 et 2011 et recul épisodique par *rollover*.

L'alternance de phases d'avancée et de recul traduit l'intervention d'épisodes érosifs, propices au recul des cordons, auxquels succèdent des périodes de réajustement post-érosifs favorables à l'avancée de la végétation au sommet des cordons. Sur ces deux sites, les avancées n'ont pas entièrement compensé les reculs successifs et l'évolution de ces deux cordons s'est soldée par un retrait estimé à -6 m pour la flèche de l'Auberlac'h et -8 m pour celle du Roz entre 1952 et 2006.

Du *rollover* rapide et régulier au démantèlement des cordons

Plusieurs flèches se sont distinguées par une dynamique de *rollover* particulièrement rapide sur la période récente, signe d'un déficit sédimentaire, conduisant pour les flèches du Faou et de Mengleuz à leur démantèlement progressif au cours des dernières décennies.

La flèche de Mengleuz (figure 41) recule actuellement à une vitesse moyenne de -1 m/an. Cette migration rapide résulte d'une crise sédimentaire amorcée en 1966 par l'ouverture d'une brèche dans la flèche à une centaine de mètres du point d'enracinement.

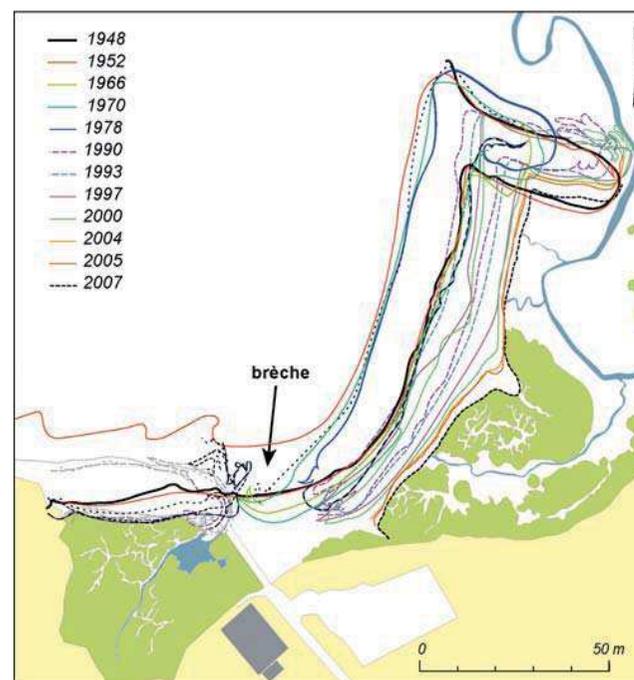


Figure 41 : Mobilité de la flèche de Mengleuz entre 1948 et 2007.

Jusqu'en 1978, cette brèche n'a cessé de s'élargir, déconnectant la flèche des apports sédimentaires véhiculés par la dérive littorale. A mesure de son recul, la flèche a adopté un profil de plus en plus surbaissé, la rendant très sensible au franchissement par les vagues lors des pleines mers. De 1978 à 2007, le recul de la flèche s'est donc accéléré.

La flèche du Faou a connu un recul moyen de -0,7 m/an entre 1948 et 2006 (figure 42). Au cours de l'hiver 1974, la flèche a été éventrée en deux endroits lors d'une violente tempête (Guilcher *et al.*, 1990). La pénurie de sédiments dans ce secteur n'a pas permis le comblement naturel des brèches qui se sont pérennisées et se sont progressivement élargies. La partie distale du cordon s'est alors étalée dans la vasière qu'elle contribuait à protéger et elle s'est transformée en bancs de graviers découvrant uniquement à basse mer.

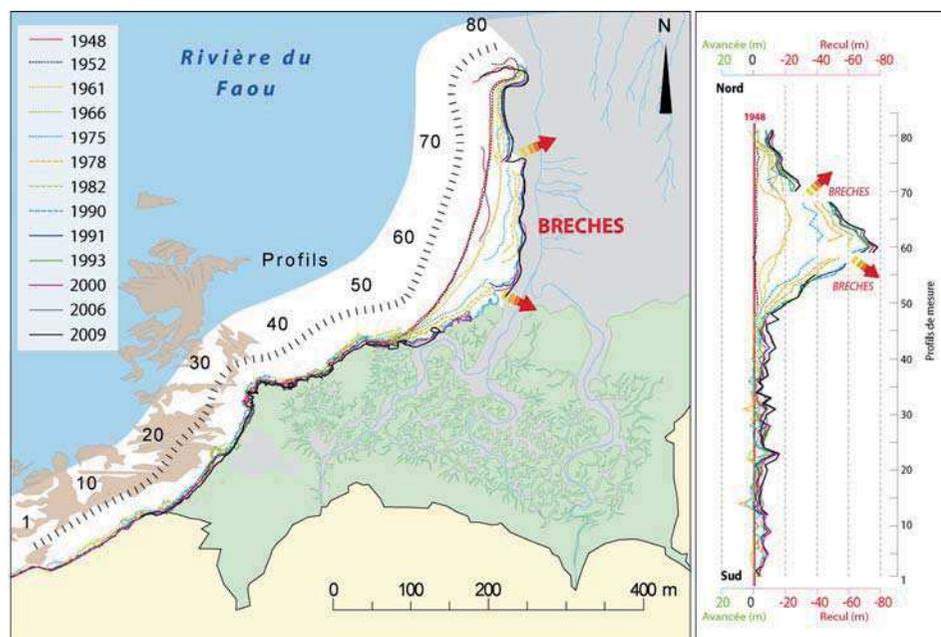


Figure 42 : Mobilité de la flèche du Faou entre 1948 et 2009.

C- Bilan de 60 ans d'évolution littorale en rade de Brest

Au terme de 60 années d'évolution littorale, on constate que les 3/4 des flèches de la rade de Brest ont manifesté une tendance au recul (figure 43). Si le recul des flèches n'est pas nécessairement le signe d'un déficit sédimentaire, l'examen détaillé de leur cinématique récente

indique néanmoins un contexte de sous-alimentation et une tendance à l'érosion à l'échelle de la rade. Seul le Sillon des Anglais a montré une véritable progradation vers la mer, témoignant d'un bilan sédimentaire vraisemblablement excédentaire. Six secteurs situés en fond de rade ont également connu une relative stabilité qui s'explique par des conditions très abritées. Sept flèches ont enregistré un recul par *rollover* relativement lent, signe d'un bilan sédimentaire en équilibre. En revanche, une carence en apports sédimentaires a pu être identifiée sur sept flèches où les phénomènes de cannibalisation prédominent. En outre, une véritable situation de crise sédimentaire chronique a été reconnue sur les cordons de Kersanton, de Mengleuz, du Faou et du Loc'h où s'est produit un recul rapide des accumulations et, dans le cas du Faou, un démantèlement complet du cordon. Pour le cordon de Mengleuz et du Loc'h, une tendance similaire est actuellement en cours, comme nous le montre le suivi topo-morphologique que nous avons entrepris ces dernières années.

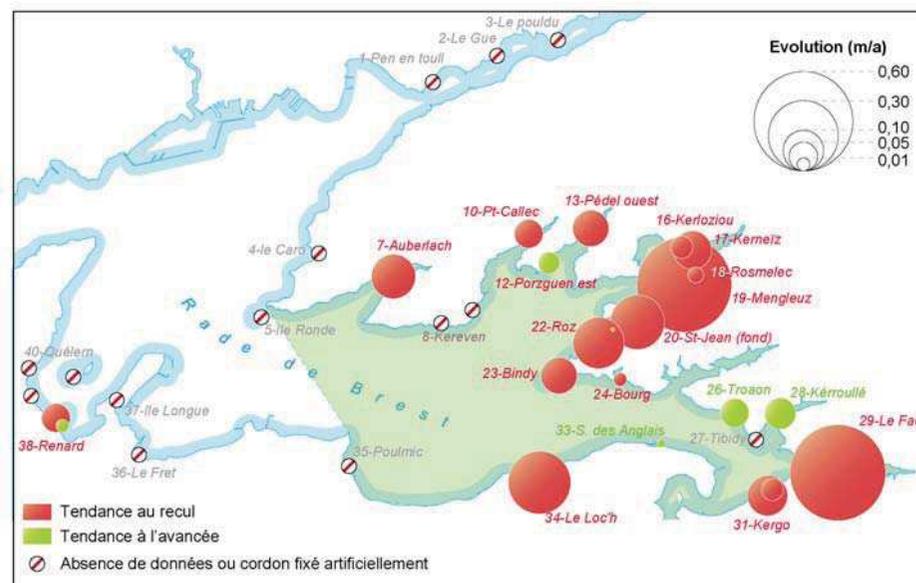


Figure 43 : Tendance d'évolution des cordons littoraux au cours des six dernières décennies

C- Evolution actuelle des cordons littoraux

Méthodologie : retracer la mobilité actuelle des cordons littoraux

L'évolution actuelle de cinq secteurs d'étude a été retracée à partir de relevés topographiques réalisés au GPS différentiel, offrant une précision centimétrique en x, y et z. A chaque campagne de mesure, la station GPS a été installée sur une borne IGN géoréférencée, située à proximité. Les coordonnées des points mesurés sur le terrain ont été enregistrées dans les systèmes de projection (Lambert I et Lambert 2 étendu). Les altitudes ont été raccordées au système IGN69.

Les différentes campagnes topographiques ont permis de reconstituer le plus finement possible les différences altimétriques du terrain. La reconstitution de la topographie a été réalisée à partir de modèles numériques de terrain (MNT). A partir de ces données, une série de cartes en isolignes a été construite.

Les évolutions de surface ont également été mesurées en comparant les MNT produits d'une campagne de mesure à une autre. Ce traitement a permis de distinguer les secteurs d'érosion sur lesquels un abaissement topographique est observé et les secteurs d'engraissement qui, à l'inverse, ont connu un exhaussement de la topographie. Les volumes correspondant à ces changements morphologiques ont alors été calculés et sont livrés dans les figures 44 à 48.

Evolution de la flèche de Mengleuz

Les résultats présentés dans la figure 44 ont été obtenus en comparant les levés de janvier 2004 avec ceux de mars 2011. Des bilans sédimentaires ont été calculés sur les différents secteurs de la flèche de Mengleuz (graphiques A, B et C de la figure 44). Ces résultats montrent des tendances évolutives très différentes sur chacune des sections orientale et occidentale de la flèche.

Sur la section orientale, le front du cordon a connu un démaigrissement constant entre janvier 2004 et mars 2011. L'érosion se chiffre à 1057 m^3 et affecte préférentiellement la partie sommitale du cordon. Parallèlement, le revers a enregistré un engraissement estimé à 1720 m^3 , correspondant aux volumes sédimentaires régulièrement déversés en arrière de l'édifice lors des épisodes de franchissement. Ces déplacements sédimentaires traduisent un recul de la flèche vers le marais d'environ 3 m au cours des 7 années de suivis. Par endroits, le recul a dépassé 4 m, là où le cordon s'est progressivement recourbé sous la forme d'un crochet médian. Cette évolution témoigne d'un processus actuel de micro-cannibalisation qui laisse craindre l'ouverture d'une brèche dans un proche avenir, immédiatement au nord de ce crochet médian (Stéphan *et al.*, 2005a).

La section occidentale de la flèche n'a pas reculé. Cette section bénéficie des apports sédimentaires provenant des falaises adjacentes et montre une tendance régulière à

l'engraissement (graphique C, figure 44). Les apports transportés par le biais de la dérive de plage au cours des quatre années de suivi peuvent être estimés à 250 m^3 . Dans le détail, toutefois, la flèche montre une légère érosion dans sa partie proximale tandis que sa partie distale connaît un engraissement important. Cette accrétion entraîne un allongement de la flèche vers l'est, recouvrant progressivement la cale permettant aux ostréiculteurs d'accéder à l'estran. Ce matériel est fréquemment déblayé avant d'être déposé au sommet du cordon.

Evolution du site du Loc'h

Le suivi topo-morphologique réalisé sur le site du Loc'h entre février 2004 et mai 2011 fait suite à l'ouverture d'une brèche dans la flèche interne au mois de décembre 2003. Cette rupture a entraîné une modification générale de l'écoulement des eaux au moment du flot et du jusant, renforçant l'action érosive des courants de marée sur la flèche externe. En effet, l'ancien chenal de marée, par lequel s'effectuaient auparavant les échanges entre la mer et l'étang du Loc'h, a été brusquement abandonné au profit de la brèche. En offrant une voie plus directe et plus large vers la mer, la rupture du cordon interne a permis le remplissage et la vidange de l'étang du Loc'h en un temps réduit, ayant pour effet un renforcement local des courants de marée et l'érosion de la flèche externe.

A proximité immédiate de la brèche, les modifications de la topographie ont été particulièrement rapides (figure 45). Les courants de vidange, s'échappant de l'étang du Loc'h à marée descendante, ont été contraints de décrire un coude au sortir de la brèche. Ils sont venus saper progressivement le revers de la flèche externe qui a perdu 370 m^3 de sédiments entre février 2004 et mai 2011 (figure 45). Le profil 2 indique que ce phénomène contribue à un abaissement progressif de la crête du cordon. Ce dernier devient alors plus sensible aux submersions marines. Au sapement du revers par les courants de marée s'ajoute donc probablement un déversement fréquent de matériel sous l'action des vagues submergeant le cordon.

Une grande partie des volumes érodés dans ce secteur a été progressivement transportée jusqu'au bas de l'estran où elle a contribué à l'alimentation d'un vaste delta de jusant. Ce delta était déjà présent en février 2004 et s'est mis en place en quelques semaines seulement, après l'ouverture de la brèche dans le cordon interne (Stéphan, 2004). Entre février 2004 et mai 2011, il a connu un engraissement estimé à 675 m^3 .

En outre, la rupture du cordon interne a entraîné une importante érosion de la vasière située en arrière (figure 45). Le changement dans la circulation des eaux à marée montante et descendante s'est soldé par l'apparition de nouveaux chenaux qui ont facilement creusé dans le matériel sablo-vaseux de l'étang et exporté vers le large près de 275 m^3 de sédiments fins au cours de notre période d'observation (figure 45).

Par ailleurs, il convient de noter également quelques évolutions morphologiques, liées à l'action des vagues sur le cordon externe. Ainsi, la disparition localisée de la micro-falaise sommitale, une amorce de brèche s'est formée et le cordon a connu un recul. Ce recul s'est principalement réalisé durant la tempête Johanna du 10 mars 2008. Il est à craindre que cette amorce de brèche ne favorise la rupture du cordon dans un proche avenir.

Enfin, nos relevés mettent en évidence un transport longitudinal de matériel dirigé vers l'est. Le transit sédimentaire, estimé à 450 m^3 , s'est effectué à travers le déplacement d'une ride oblique traduisant l'apport de matériel frais à ce secteur littoral. Toutefois, il n'est pas certain que ces apports soient suffisants pour compenser la tendance à l'érosion observée sur ce site depuis près de soixante ans. Au cours de notre période d'observation, le déplacement de la ride oblique s'est effectué à une vitesse moyenne de 1m/an . A ce rythme, il faudrait plusieurs décennies aux stocks en mouvement le long du cordon pour atteindre la partie médiane de la flèche qui menace actuellement de se rompre.

Evolution du Sillon des Anglais

Le Sillon des Anglais a fait l'objet de cinq levés topographiques entre août 2005 et juin 2011. La comparaison de ces levés successifs indique une évolution par micro-cannibalisation, Une succession de portions en érosion et de portions en accrétion est observée le long du cordon (figure 46) et témoigne d'un transit sédimentaire longitudinal relativement important dirigé vers l'est (environ $500 \text{ m}^3/\text{an}$). Ce transit s'effectue principalement dans la partie haute du cordon, au sein de 4 sous-cellules hydrosédimentaires de dimensions et de morphologies variables. A l'exception de la sous-cellule 3, les volumes déposés sont légèrement supérieurs aux volumes érodés, indiquant une tendance à l'engraissement du cordon. Ce bilan sédimentaire positif suppose des apports en matériel provenant des plages adjacentes au Sillon des Anglais. Cette bonne alimentation explique probablement l'absence de recul du cordon par *rollover* durant la période d'observation (exception faite de quelques déversements localisés lors de la tempête du 10 mars 2008).

Evolution de la flèche de Troaon

Depuis 1817, la flèche de Troaon connaît un phénomène de macro-cannibalisation que nous avons précédemment mis en évidence à partir des photographies aériennes. Au cours des cinquante dernières années, sa partie sud n'a cessé de s'engraisser aux dépens de sa partie nord. Les résultats du suivi topo-morphologique que nous avons entrepris entre janvier 2005 et avril 2011 confirment les tendances observées depuis plusieurs décennies.

A son extrémité, la flèche a été érodée par les courants de marée qui ont exporté vers le bas de l'estran un volume sédimentaire d'environ 90 m^3 (figure 47). A ce niveau, en effet, le chenal est

très étroit et il canalise les courants de marée dont l'action est renforcée. Le matériel prélevé au cordon a contribué à l'engraissement du fond du chenal sur l'estran.

Toute la partie sud de la flèche a connu un engraissement de 640 m^3 , provenant en grande partie de la plate-forme de bas d'estran. Ce dernier présente une topographie caractérisée par une série de rides sub-parallèles à la côte qui tendent à migrer progressivement vers le haut de l'estran, comme le montrent les évolutions enregistrées le long du profil topographique (figure 47). Ces déplacements suggèrent l'existence d'un recyclage des sédiments, lesquels seraient successivement transportés jusqu'à la pointe de la flèche par la dérive de plage, puis exportés vers le bas de l'estran par les courants de jusant, avant de remonter progressivement jusqu'au cordon sous l'action des vagues. Par un relais de processus de transport sédimentaire, la partie distale de la flèche bénéficierait ainsi d'une alimentation constante en matériel.

Evolution du Sillon de l'Auberlac'h

Le Sillon de l'Auberlac'h a fait l'objet de seulement deux campagnes de mesures topographiques, en janvier 2006 et en mai 2011. Malgré l'impact relativement érosif de la tempête Johanna du 10 mars 2008 dans ce secteur, les levés montrent de très faibles changements morphologiques sur le cordon lui-même (figure 48). Le haut de la plage a connu un démaigrissement de 350 m^3 , redistribué dans la partie basse de la plage.

Les changements les plus importants sont enregistrés à la pointe de la flèche, où les courants de marée sont particulièrement violents et modifient constamment la morphologie de l'estran.

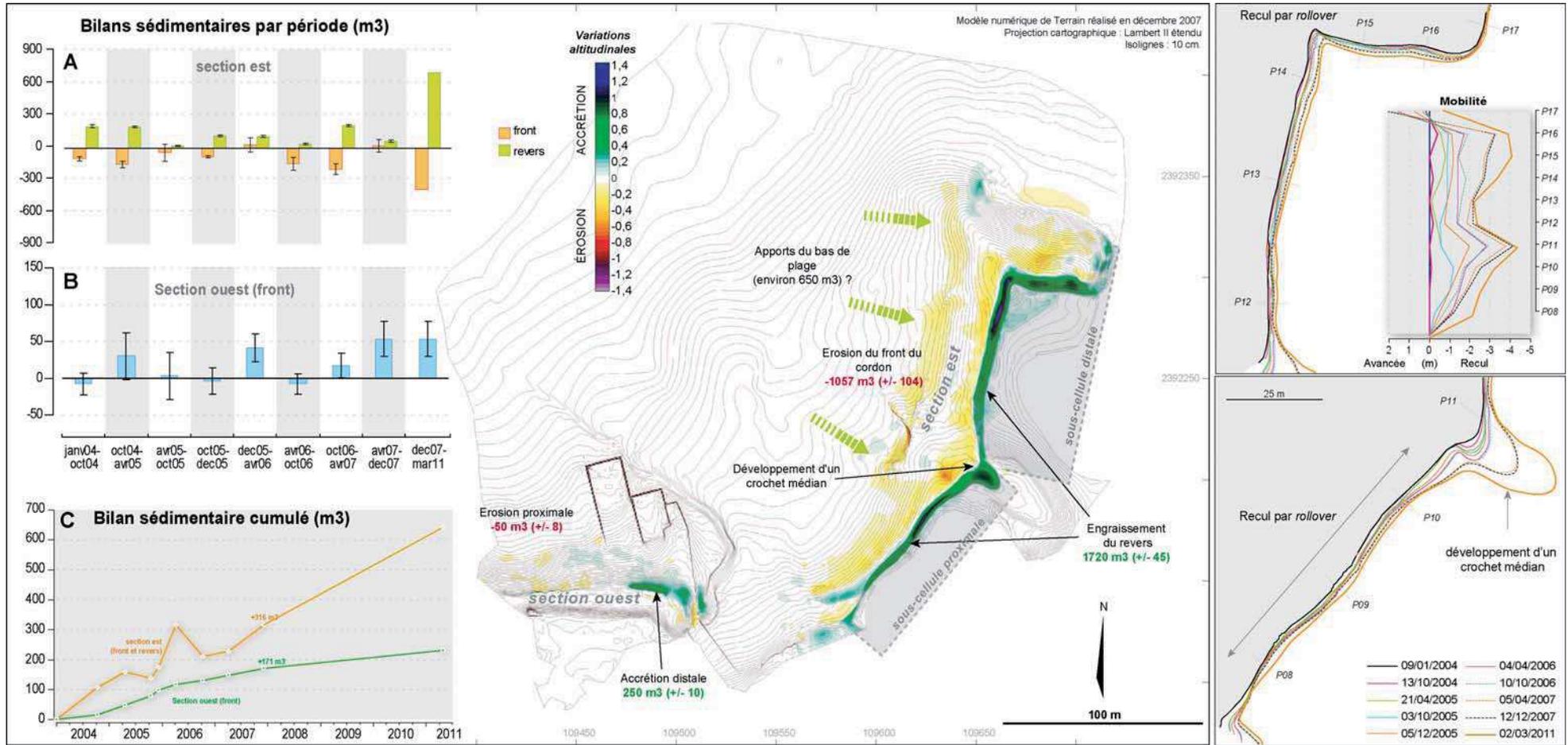


Figure 44 : Evolution topo-morphologique de la flèche de Mengleuz entre janvier 2004 et mars 2011.

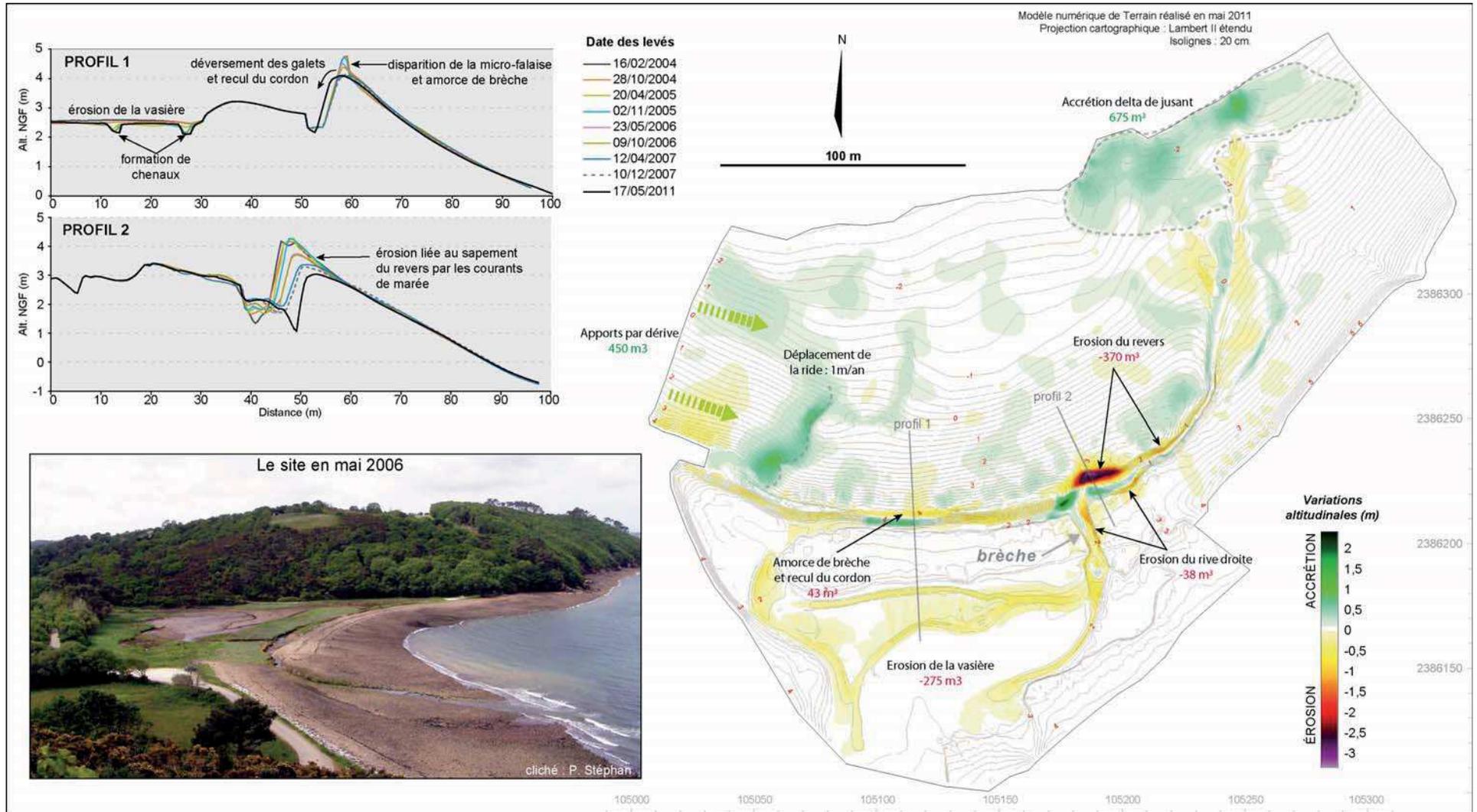


Figure 45 : Evolution topo-morphologique du site du Loc'h à Landévennec entre février 2004 et mai 2011.

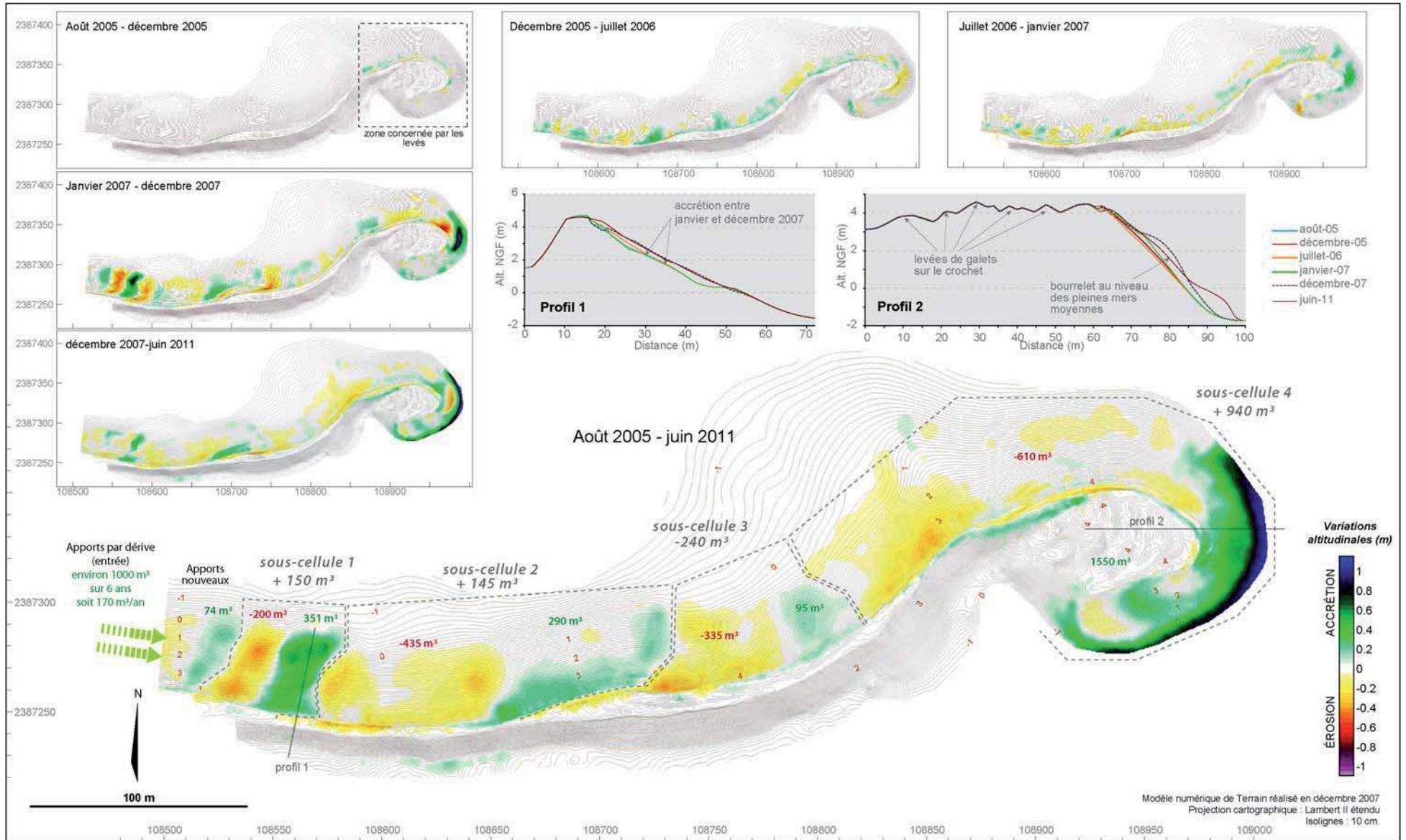


Figure 46 : Evolution topo-morphologique du Sillon des Anglais entre août 2005 et juin 2011.

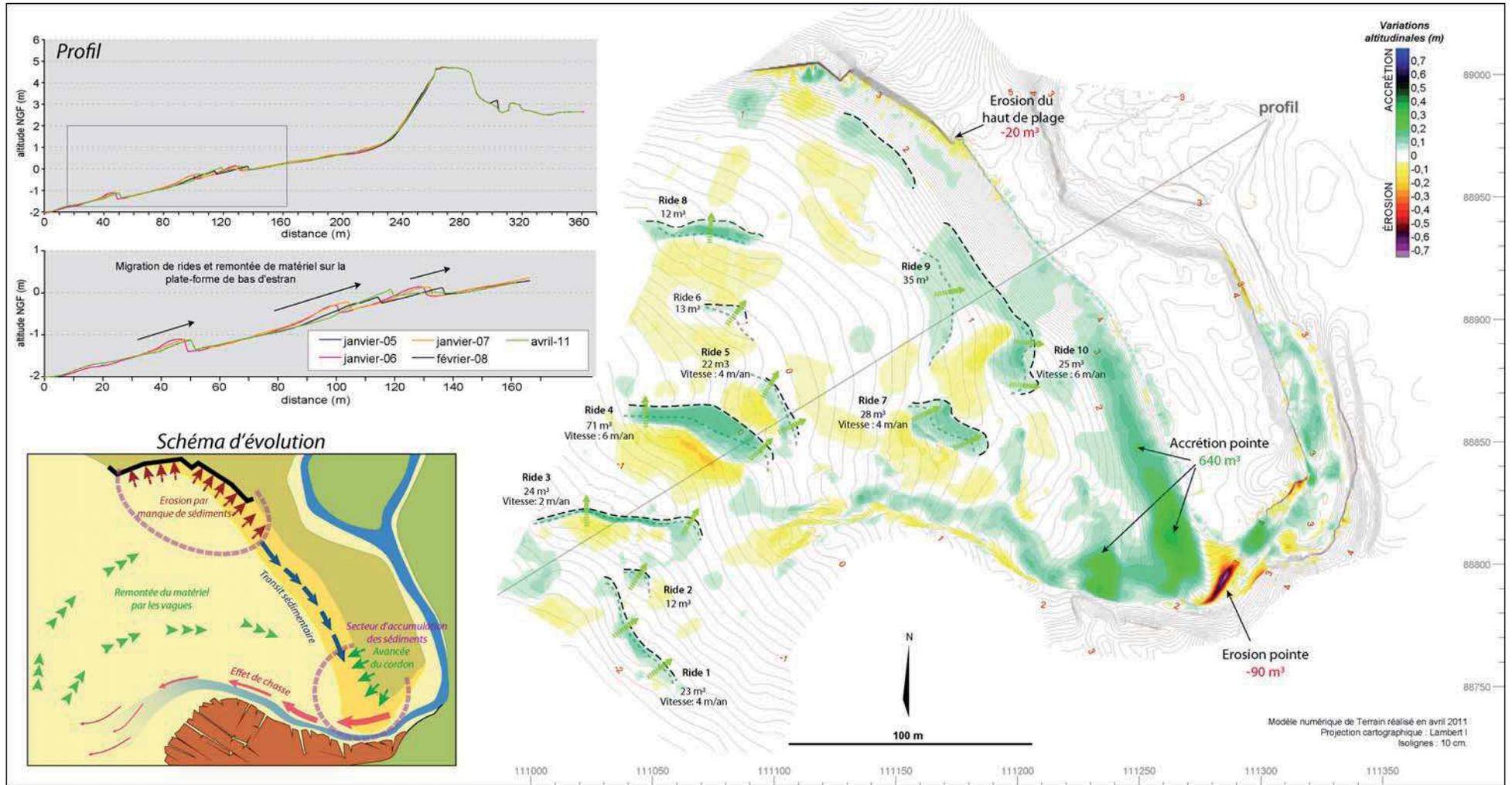


Figure 47 : Evolution topo-morphologique de la flèche de Troaon entre janvier 2005 et avril 2011.

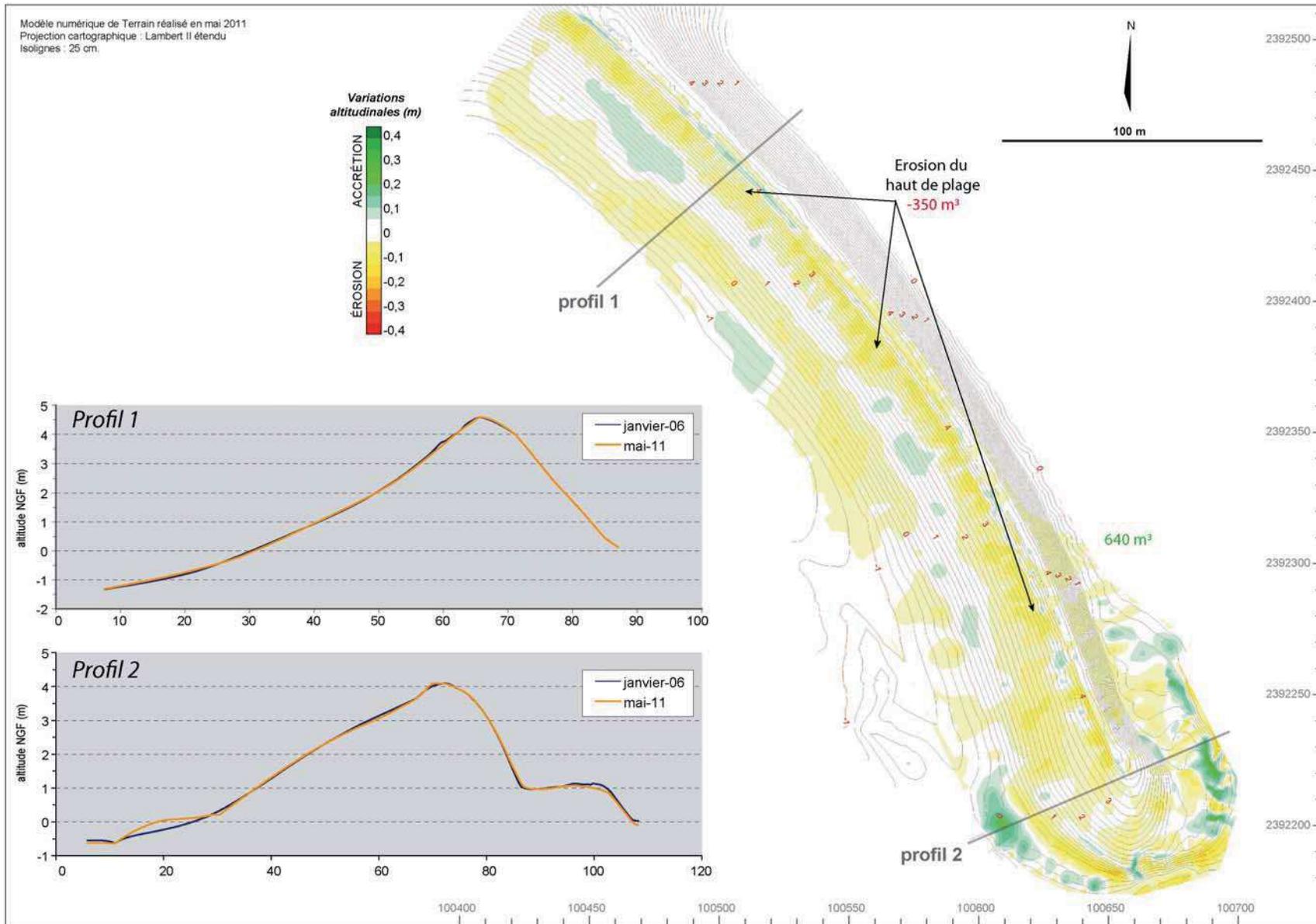


Figure 48 : Evolution topo-morphologique du Sillon de l'Auberlac'h entre janvier 2006 et mai 2011.

2-2- Evolution récente et actuelle des marais maritimes

En l'absence de perturbations anthropiques, les marais maritimes de la rade sont des milieux marqués de faibles évolutions, comme en témoigne la bonne conservation des dépôts tourbeux et vaseux accumulés depuis plusieurs millénaires dans ces secteurs abrités des vagues. Toutefois, des changements assez rapides ont été enregistrés au cours des dernières décennies dans un grand nombre de ces marais en rade. Ils sont principalement liés à la progression très rapide de la spartine alterniflore dans les zones de slikke et de schorre. Ces changements seront analysés dans un premier temps. Dans le secteur du Loc'h, l'érosion récente du cordon littoral a également entraîné d'importantes transformations du marais. Nous y reviendrons dans un second temps.

A- Progression de la spartine alterniflore (*Spartina alterniflora*)

Une espèce invasive

Spartina alterniflora est une graminée vivace appartenant à la famille des Poacées (figure 49), originaire de la côte atlantique du continent nord-américain. Elle s'est implantée accidentellement en rade de Brest, probablement à la fin de la Première Guerre mondiale, avec la venue de navires américains sur lesquels des souches de spartine étaient accrochées. Bien que cette espèce soit relativement rare et très localisée sur les littoraux européens, elle connaît une progression fulgurante en rade de Brest où elle a colonisé plusieurs sites. Son expansion se fait à la fois en direction des schorres où les cortèges végétaux déjà installés sont, par voie de conséquence, supplantés par l'espèce, et sur les hautes slikkes nues qui se transforment progressivement en prairies monospécifiques. Dans ce cas, les aires de nourrissage des limicoles et autres oiseaux d'estrans voient leur superficie se réduire (Daehler et Strong, 1996).

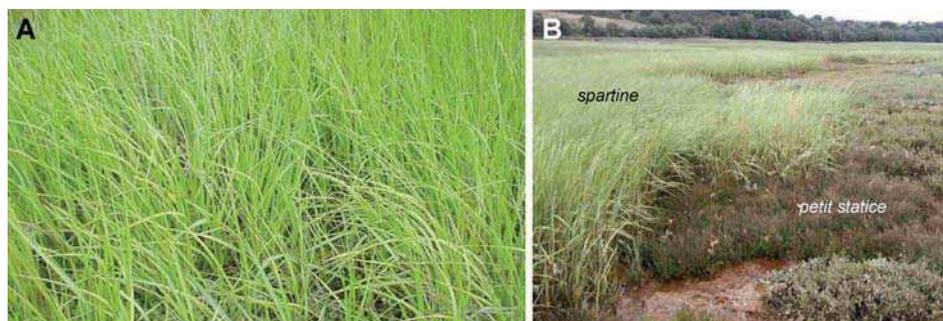


Figure 49 : A. La spartine alterniflore dans la ria du Pédel (cliché S. Suanez, 2004). B. La spartine alterniflore au contact du petit statice dans l'anse de Kérroullé (cliché E. Quéré, 2009).

Spartina alterniflora produit des semences viables mais se multiplie aussi végétativement par boutures des rhizomes. Généralement son extension se fait à partir de « taches circulaires individualisées » qui, par coalescence, finissent par constituer des prairies monospécifiques aux contours très arrondis.

Méthode pour étudier sa progression

L'expansion de *Spartina alterniflora* et son caractère envahissant dans les marais maritimes de la rade de Brest ont été étudiés récemment par Sparfel (2004) et Sparfel *et al.* (2005) dans les anses de Pont-Callec, Pédel et Mengleuz. La figure 50 illustre le travail réalisé par Sparfel *et al.* (2005) dans la ria du Pédel (aussi appelée anse de penfoul) et montre l'expansion de la spartine dans ce secteur entre 1952 et 2004.

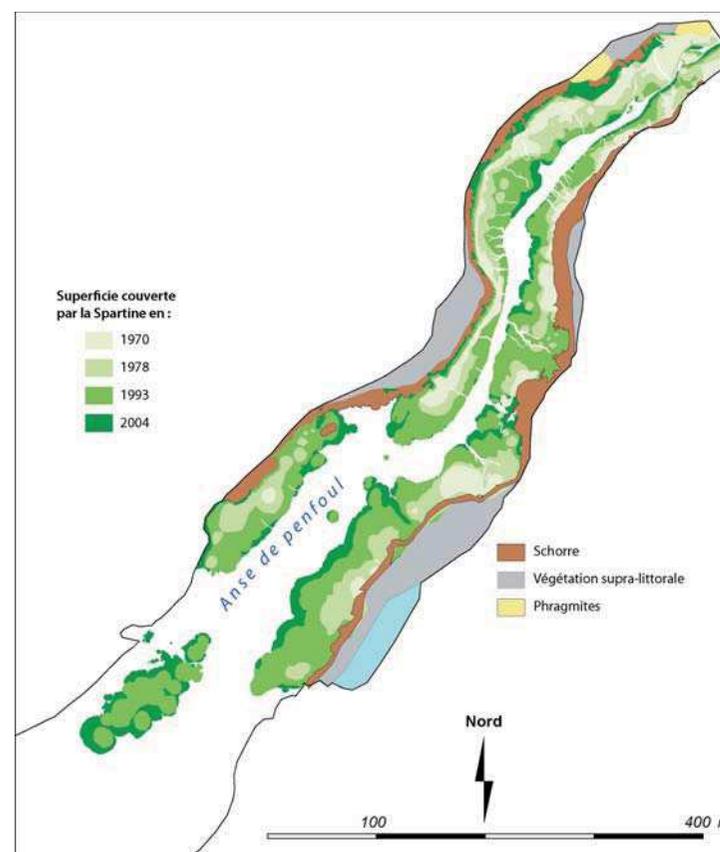


Figure 50 : Expansion de la spartine (*Spartina alterniflora*) dans la ria du Pédel (rade de Brest) de 1952 à 2004 (modifié de Sparfel *et al.*, 2005).

Dans le cadre de cette étude, nous avons complété ces données en nous intéressant aux marais de Kérroullé et du Faou (figures 51 et 52). La méthodologie employée est basée sur le traitement numérique de photographies aériennes prises depuis les années 1950 et la réalisation d'une cartographie dynamique. Les superficies couvertes par la spartine ont également été calculées et permettent d'estimer les vitesses de progression de cette espèce végétale.

Evolution du marais de Kerhervé (flèche de Kérroullé)

Dans le marais de Kerhervé, sur la rive sud de la rivière de Kérroullé, la progression de la spartine a été particulièrement rapide au cours des dernières décennies et a transformé une vaste zone à *Limonium humile* en prairie monospécifique. C'est probablement dans la première moitié de la décennie 1970 que la spartine fait son apparition dans ce marais. En effet, la photographie aérienne de 1966 ne révèle aucune présence de cette espèce végétale. En revanche, sur le cliché de 1978, elle occupe déjà une superficie de 0,2 ha. On la retrouve alors essentiellement sous la forme de tâches sub-circulaires situées, pour la plupart d'entre elles, en avant du schorre sur la vase nue de la slikke (figure 51).

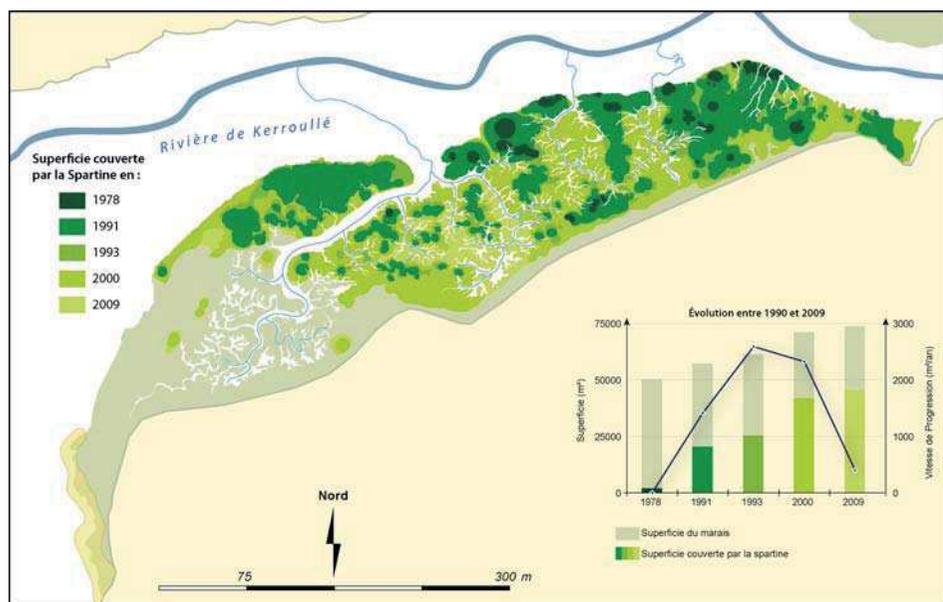


Figure 51 : Progression de la spartine dans le secteur de Kerhervé (rivière de Kérroullé) entre 1978 et 2009

L'invasion du schorre va débuter à partir de ces premières tâches et s'effectuer très rapidement jusqu'en 1991. Entre 1978 et 1991, la spartine gagne chaque année près de 1400 m², en grande

partie au détriment des cortèges végétaux déjà installés qu'elle supplante peu à peu. Durant toute la décennie 1990, la vitesse de progression de la spartine double. Les gains annuels atteignent 2600 m². En 2000, la spartine a colonisé la quasi-totalité du marais et sa marge de progression est plus faible, ce qui explique que les vitesses de progression chutent à 400 m²/an entre 2000 et 2009 (figure 51).

A ce jour, le secteur situé immédiatement en arrière de la flèche de Kérroullé est encore relativement préservé. On y retrouve encore une importante station à *Limonium humile* qui compte plus d'un millier de pieds. Toutefois, de nouvelles tâches de spartine sont apparues dans cette zone en 2000 et se sont étendues jusqu'en 2009. Elles représentent donc une menace potentielle pour la conservation du petit statice dans ce secteur.

Evolution du marais de Bolast (flèche du Faou)

Dans le marais de Bolast, en arrière de la flèche du Faou, la spartine apparaît plus tardivement qu'ailleurs. C'est seulement en 1990 qu'est observée la première tâche de spartine, dans la partie basse du schorre (figure 52). En 1991, on recense deux tâches supplémentaires et, deux ans plus tard, ce nombre passe à une quinzaine. En 1993, la superficie envahie est encore faible (450 m²), mais la colonisation a désormais débuté. De 1993 à 2000, l'espèce invasive gagne en moyenne 1350 m²/an et progresse vers les parties hautes du schorre et vers l'ouest du marais. De 2000 à 2009, les vitesses de progression doublent et atteignent 2500 m²/an.

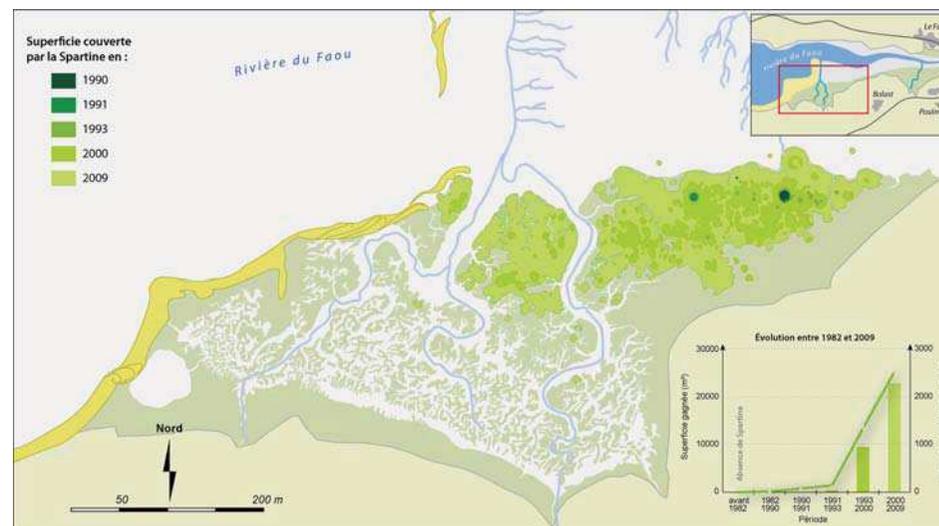


Figure 52 : Progression de la spartine dans le secteur de Bolast (rivière du Faou) entre 1990 et 2009.

Dans ce marais, la marge de progression de la spartine est encore grande et on peut penser que le processus de colonisation du schorre n'en est qu'à ses débuts. Là aussi, le petit statice est présent en grande quantité, en bordure du trait de côte. Cette station est importante et regroupe près d'un millier de pieds.

Le phénomène a l'échelle de la rade

La compilation des données recueillies à ce jour sur les cinq secteurs suivis par photographies aériennes appelle à deux remarques. Ainsi, on notera qu'à l'exception du secteur de Pont-Callec, tous les sites suivis ont connu une progression très rapide de l'invasive dans les deux décennies qui ont suivi son apparition (figure 53). Au terme de cette période, la dynamique spatiale semble se ralentir, la plante ayant occupé la quasi-totalité de l'espace disponible au sein du marais. Ce phénomène est particulièrement bien marqué sur le secteur de Kérroullé où l'invasive doit désormais coloniser des zones en marge de sa niche écologique.

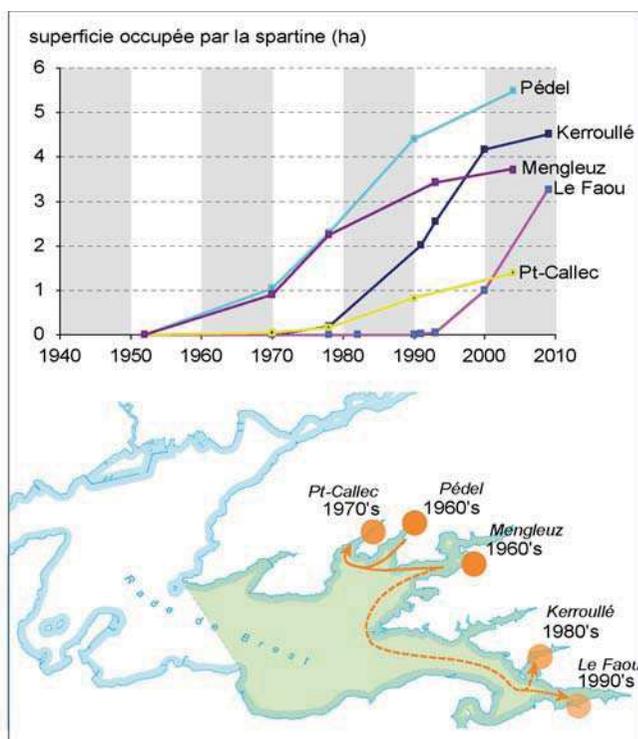


Figure 53 : Période d'expansion rapide de la spartine alterniflore et trajectoire de l'invasion dans le fond de la rade de Brest.

En outre, on peut remarquer que l'expansion de la spartine au sein des cinq marais maritimes étudiés n'est pas synchrone (figure 53). L'espèce végétale est présente dès les années 1960 dans les marais du Pédel et de Mengleuz. Elle apparaît véritablement dans les années 1970 dans le secteur de Pont-Callec. Le marais de Kérroullé n'est touché qu'à partir des années 1980. Enfin, il faut attendre les années 1990 pour que le phénomène soit enregistré dans le secteur de Bolast en rivière du Faou. Ainsi, il est possible d'esquisser la trajectoire de l'invasive qui, à partir des rives de la rivière de Daoulas, gagne progressivement les rias voisines et descend vers le sud à la conquête de nouvelles zones à coloniser.

B- La transformation rapide d'un marais maritime : le cas du Loc'h

Le site du Loc'h, à Landévennec, compte deux flèches en chicane. Initialement, ces deux flèches isolaient un étang d'eau saumâtre qui communiquait difficilement avec la mer par l'intermédiaire d'un chenal étroit sinuant entre les deux cordons littoraux. Ainsi, l'étang du Loc'h restait toujours en eau, même lors des basses mers de vive-eau (figure 54). En 1993, l'ouverture d'une brèche dans la flèche externe du Loc'h avait entraîné temporairement la vidange complète de l'étang. Des travaux avaient alors été réalisés pour colmater artificiellement la brèche et restaurer la configuration initiale du site.

Au début des années 2000, l'inventaire et la cartographie des habitats terrestres réalisés par le Conservatoire National Botanique de Brest dans ce secteur révélèrent la présence de *Ruppia maritima* dans l'étang du Loc'h, une espèce végétale caractéristique des milieux saumâtres. La zone ennoyée en permanence était alors inventoriée comme une lagune côtière, un habitat prioritaire à l'échelle européenne.

En janvier 2004, l'ouverture d'une nouvelle brèche dans la flèche interne a profondément modifié le fonctionnement hydrologique de l'étang. Cette brèche a favorisé les échanges d'eau entre la mer et la lagune et a entraîné la vidange totale de l'étang à chaque marée. Le renforcement des courants de marée dans la zone d'arrière-cordon a favorisé le creusement d'un réseau de chenaux qui concentrent les écoulements. La ruppie maritime a rapidement disparu et la vase nue qui occupait le fond de l'étang est désormais en cours de végétalisation. Ces changements ont donc entraîné la perte d'un habitat précieux dont la conservation est considérée comme prioritaire au niveau européen, ainsi que la disparition sur ce site d'une espèce rare à l'échelle régionale qui était associée à cet habitat.



Figure 54 : Evolution du fonctionnement hydrologique de l'étang du Loc'h entre 1989 et 2011, en lien avec l'ouverture de brèche dans les cordons littoraux.

2-3-Les facteurs naturels en cause dans l'érosion des cordons littoraux

A- L'élévation du niveau moyen de la mer : une cause du recul récent des cordons littoraux en rade ?

Les variations du niveau moyen de la mer à Brest ont fait l'objet de nombreuses études compte tenu de la longue série de données marégraphiques disponibles, l'une des plus longues au monde, après le marégraphe d'Amsterdam. La dernière étude en date montre une hausse du niveau marin qui s'accélère depuis le début du XIX^e siècle (Wöppelmann *et al.*, 2006). Tandis que le niveau moyen de la mer est globalement stable entre 1807 et 1890, une hausse de 1,3 mm/an est enregistrée de 1890 à 1980 et, à partir de 1980, le rythme passe à 3 mm/an (figure 56).

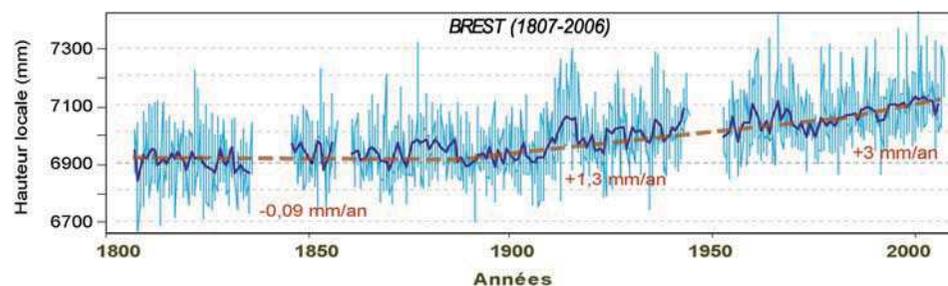


Figure 55 : Variations annuelles et tendance du niveau moyen de la mer entre 1807 et 2004.

Les conséquences d'une telle élévation du niveau marin sur l'évolution littorale en rade de Brest sont faibles. Sur la période récente, les vitesses de remontée du niveau moyen de la mer sont bien trop lentes pour être responsables d'un recul significatif des flèches de galets en Bretagne. En effet, ce niveau s'est élevé de seulement 20 cm au cours des deux derniers siècles. Or, cette valeur est quasi-insignifiante en comparaison de l'amplitude du marnage (> 7 m), des surcotes (pouvant atteindre 1,5 m) et des phénomènes d'élévation du plan d'eau à côte liés aux vagues. Ainsi, une très légère baisse du régime des houles, une diminution de la fréquence des épisodes tempétueux, une modification insignifiante de la pente du cordon, suffirait à compenser l'impact éventuel de cette hausse du niveau moyen de la mer.

B- L'effet érosif des tempêtes et des épisodes de franchissement

L'impact variable des tempêtes en rade de Brest

L'érosion d'un certain nombre de cordons littoraux en rade se traduit par leur recul rapide vers l'intérieur des terres, selon le processus de *rollover*. Dans certains cas, ce recul est le fait des tempêtes, liées au passage de dépressions atmosphériques près des côtes.

Toutefois, une simple tempête n'est généralement pas suffisante pour entraîner le recul des cordons. En effet, plusieurs conditions doivent être réunies. Tout d'abord, il est nécessaire que les tempêtes surviennent en période de grandes marées pour que les vagues puissent franchir le sommet des cordons et les faire reculer. Ensuite, il faut que les vents violents qui accompagnent ces tempêtes soufflent dans une direction favorable et disposent ainsi d'un fetch suffisamment long pour générer des vagues puissantes à la côte. Compte tenu de l'extrême découpage du rivage en rade de Brest, chaque secteur littoral présente une exposition différente aux vagues de vent. Par conséquent, une même tempête n'a pas le même degré d'impact sur les différents cordons littoraux de la rade et chacun d'eux possède sa propre chronologie des épisodes érosifs.

Les épisodes de franchissement

Pour savoir si les tempêtes sont ou non responsables du recul des cordons, nous avons dû reconstituer les niveaux d'eau extrêmes sur chaque cordon littoral en étudiant les données de marée et de vent enregistrées depuis les années 1950 en rade. Ensuite, nous avons croisé ces niveaux avec l'altitude de la crête des sillons pour dresser la chronologie des épisodes de franchissement des cordons par les vagues. Enfin, nous avons calculé l'énergie des vagues pour chaque épisode de franchissement afin d'évaluer leur intensité.

Ce travail a permis de dénombrer les épisodes potentiellement érosifs des 60 dernières années sur une grande partie des cordons littoraux, de cerner précisément dans le temps les plus violents d'entre eux, d'estimer leur impact réel sur l'évolution récente des sillons.

Trois degrés de sensibilité face aux franchissements

Le graphique de la figure 56 met en parallèle le nombre total d'épisodes de franchissement recensés sur la période 1953-2011 et l'énergie moyenne des vagues lors de ces épisodes. Chaque point du graphique représente un cordon littoral. Il est possible de distinguer trois grandes familles de cordons selon leur sensibilité aux franchissements.

Une première famille concerne des cordons littoraux affectés par de rares épisodes de franchissement de très forte intensité. Ces sillons se situent dans des secteurs exposés à de grandes longueurs de fetch. Ici, les tempêtes et les forts coups de vent jouent un rôle important dans la dynamique littorale. Les épisodes les plus violents sont capables de faire reculer les cordons par *rollover*. La mobilité des sillons se traduit par de longues périodes de stabilité, entrecoupées de courtes phases d'érosion durant lesquelles des brèches peuvent parfois s'ouvrir.

Une deuxième famille montre des cordons littoraux qui connaissent de fréquents épisodes de franchissement de faible intensité. Tous ces sillons sont situés dans des secteurs très abrités, le

long des rias orientales de la rade. Ici, les tempêtes n'ont aucun effet sur la dynamique littorale. Les vagues sont toujours de faible hauteur et ne sont pas assez puissantes pour faire reculer les cordons. Ces derniers connaissent d'ailleurs une très grande stabilité au cours des dernières décennies. Dans ces secteurs, ce sont les transits sédimentaires le long du rivage qui déterminent l'évolution des cordons.

Une troisième famille montre des cordons littoraux qui connaissent de fréquents épisodes de franchissement de très forte intensité. Ces sillons sont en cours de démantèlement. Ils se situent dans des secteurs exposés à des vagues puissantes qui franchissent régulièrement leur crête et les amènent à reculer de manière continue vers l'intérieur des terres et à s'étaler peu à peu.

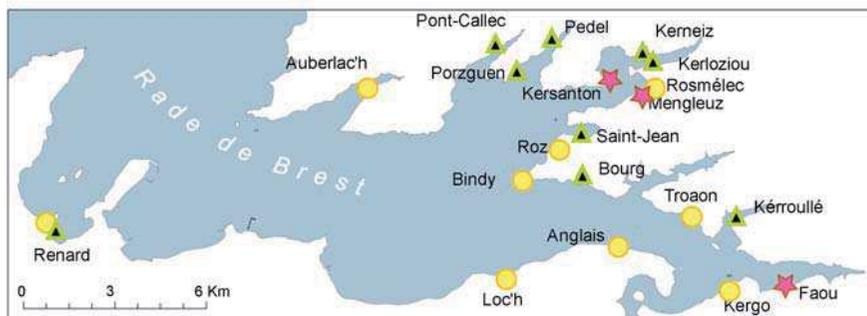
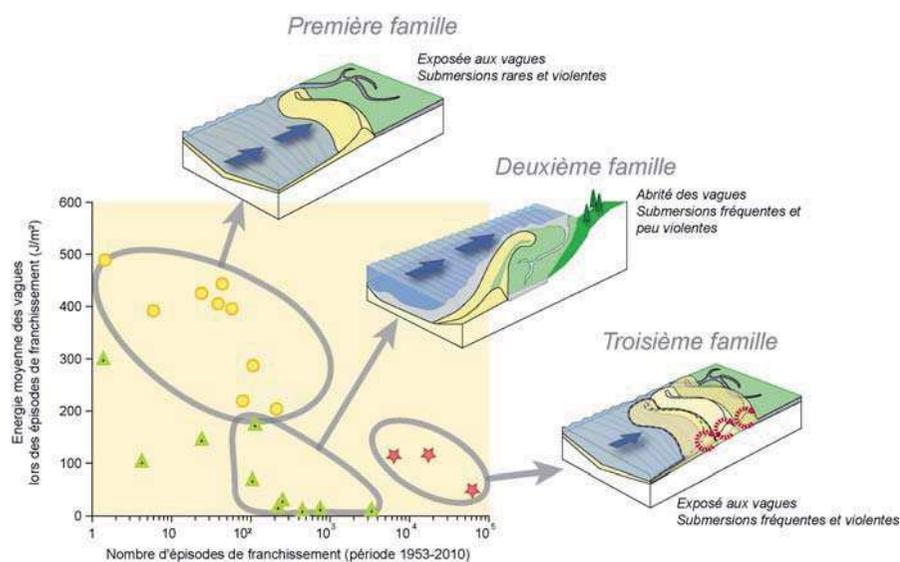


Figure 56 : Trois types de fonctionnement face aux tempêtes.

L'impact des franchissements à partir de quelques exemples

L'une des tempêtes les plus érosives de ces 60 dernières années en rade fut certainement celle qui frappa la flèche du Loc'h à Landévennec au mois de novembre 1967. L'impact de cet épisode a pu être suivi par Berthois et Auffret (1969) à partir de levés topographiques qu'ils effectuèrent entre les mois de juin et de novembre 1967. Ainsi, le 2 novembre entre 17h et 18h, des vents de NW, d'une vitesse moyenne de 17 m/s et bénéficiant d'un fetch de 18 Km, provoquèrent sur le site du Loc'h de très fortes vagues, d'une hauteur supérieure à 70 cm (figure 57).

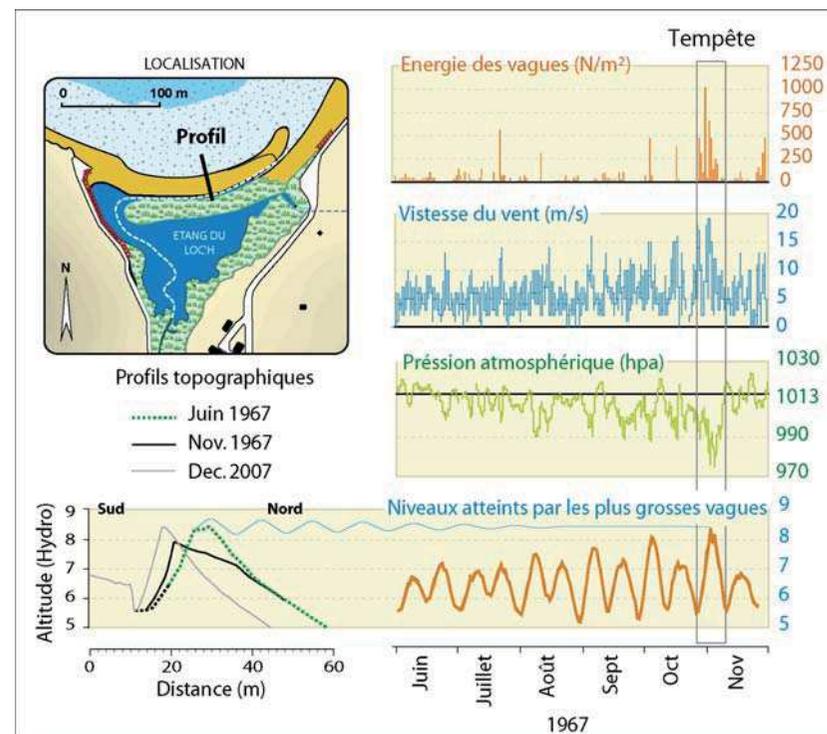


Figure 57 : Conditions météo-marines lors de la tempête du siècle dans le secteur du Loc'h (d'après Stéphan, 2006).

Si une telle hauteur de vagues n'a rien d'exceptionnelle en rade, il faut rappeler que cette forte agitation marine fut parfaitement en phase avec une pleine de mer de vive-eau de coefficient 112. Or, une telle conjonction est particulièrement rare. Ainsi, à 17 h, soit une heure avant la pleine mer, le marégraphe de Brest enregistrait une surcote de 45 cm, provoquée par la violence des vents et par la chute des pressions barométriques (975 hp) qui accompagnèrent le passage de cette dépression. A 18 h, les vagues atteignaient la cote de 8,40 m (cote marine) et

submergeaient presque intégralement le cordon, entraînant un écrêtement de la flèche de 50 cm, un étalement des galets sur le revers de l'accumulation et un recul du cordon de plusieurs mètres en direction de l'étang du Loc'h. Les volumes de sédiments déplacés durant ces deux heures furent considérables et les dommages que causa la tempête, irréversibles. De fait, la flèche du Loc'h n'a, depuis ce jour, jamais retrouvé sa morphologie initiale et a montré de nombreux signes de fragilité, comme en témoignent l'ouverture de brèches de plus en plus fréquentes à partir des années 1980 (Hallégouët et Morel, 1994).

Les flèches du Faou et de l'Auberlac'h ont également subi les effets érosifs des tempêtes : la première durant l'hiver 1974 et la seconde au printemps 1984. A chaque fois, ces épisodes morphogènes coïncidaient avec une pleine mer de vive-eau et s'accompagnaient de vents favorables à la génération de fortes vagues. Mais cette conjonction de facteurs reste tout de même très exceptionnelle. A l'Auberlac'h, les données météo-marines des 50 dernières années indiquent qu'un tel événement se produit en moyenne deux fois par an, avec un impact morphogénique plus ou moins important en fonction de l'énergie des vagues. Sur d'autres cordons de galets, tels que le Bindy (figure 58), le Roz, le Troaon, le phénomène est encore plus rare, il n'a lieu qu'une fois tous les deux ans en moyenne et ne se solde pas toujours par une érosion des cordons.

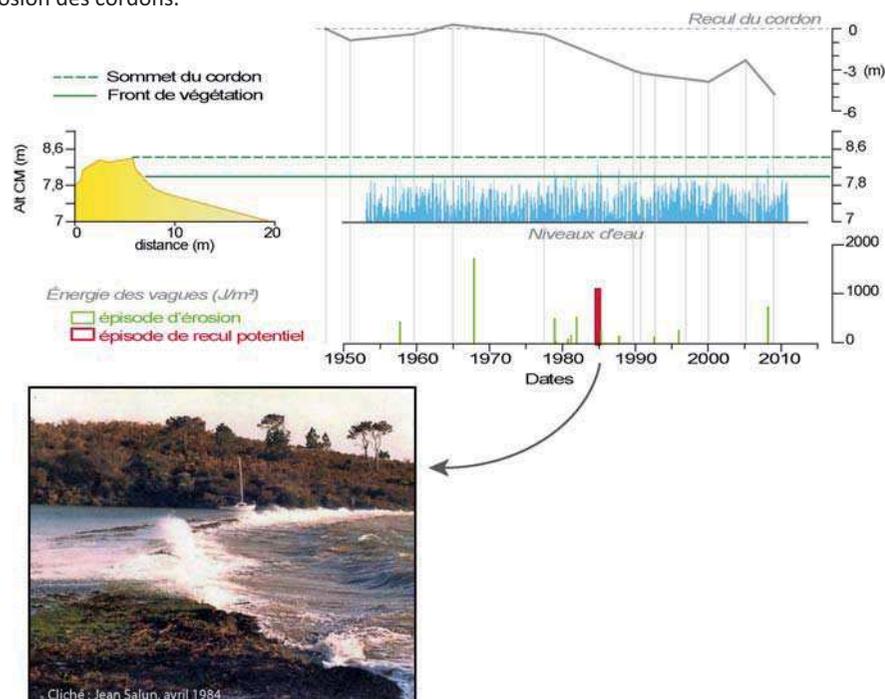


Figure 58 : Chronologie des épisodes érosifs et des épisodes de recul potentiel du cordon du Bindy. La tempête d'avril 1984 est particulièrement bien illustrée.

En effet, si l'impact des tempêtes est manifeste, il doit néanmoins être nuancé car il peut aussi être constructif si l'alimentation dépasse l'érosion. On observe alors l'édification de levées de tempête ou de rides de haut de cordon. Le déferlement violent des vagues projette les plus gros galets au sommet du cordon. La remontée progressive des galets vers la crête engendre alors un raidissement du front du cordon qui devient de plus en plus réfléchissant. Une partie des sédiments est ensuite chassée vers le bas, de sorte que le profil transversal de l'accumulation adopte une plus forte concavité. Au terme de l'épisode morphogénique, la flèche aura connu un exhaussement sommital ou l'adjonction d'une nouvelle ride de haut de cordon. Ces micro-formes, constituées par de gros galets, favorisent la dissipation de l'énergie des vagues par infiltration. De très beaux exemples de ces rides dissipantes peuvent être observées sur le Sillon des Anglais où elles se présentent comme de petits cordons sub-parallèles à la flèche.

Ainsi, les tempêtes lorsqu'elles sont érosives ne font souvent qu'exploiter une situation de fragilité causée par un déficit sédimentaire des cordons.

C- Un contexte de pénurie sédimentaire

En rade de Brest, les falaises de head représentent à l'heure actuelle les principales pourvoyeuses en sédiments. Toutefois, les volumes délivrés sont extrêmement modestes. Par exemple, les falaises situées au nord de l'anse du Caro ne délivrent qu'un volume de matériel estimé à 50 m³/an. Elles comptent pourtant parmi celles qui connaissent les vitesses de recul les plus rapides de la rade. A l'évidence, ces falaises ne sont plus en mesure de délivrer autant de sédiments que par le passé.

Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer le tarissement de cette source sédimentaire. Tout d'abord, le recul des falaises de head a entraîné le développement progressif d'un large platier, parsemé de blocs volumineux initialement présents dans les coulées périglaciaires de head, qui a pour effet de dissiper l'énergie des vagues à l'approche du pied de falaise, limitant d'autant l'action érosive de la mer. De plus, ces blocs constituent des obstacles au transit longitudinal des galets en direction des flèches qui ne reçoivent plus autant de sédiments qu'auparavant. Les observations de terrain semblent indiquer que les vagues ne sont plus capables d'atteindre fréquemment le pied des falaises meubles et de déblayer les glissements qui s'y opèrent. Le plus souvent, seule la base des glissements est sapée en microfalaise et n'est que rarement atteinte par les vagues. En outre, sur certaines portions de côte, notamment dans la partie sud de la Rade, le dégagement presque complet de la couverture superficielle de head au niveau des falaises a entraîné l'apparition progressive de la roche-mère sous-jacente, souvent très résistante, que les vagues peuvent difficilement faire reculer. En maints endroits, des bancs de quartzites affleurent désormais et forment autant d'appointements contre lesquels les galets viennent s'accumuler. Les sédiments sont ainsi bloqués dans leur progression le long du rivage par ces épis naturels.

2-4-Analyse des forçages anthropiques

Les rivages de la rade de Brest présentent un degré d'anthropisation assez élevé qui se traduit par la multiplication d'ouvrages le long de la côte (figure 61) perturbant le fonctionnement naturel des cellules hydrosédimentaires. Dans certains cas, l'artificialisation du littoral a abouti à la destruction des cordons littoraux et au remblaiement des marais maritimes.

A- Le blocage des transits sédimentaires : impact des cales, des digues et des ports

Dans un certain nombre de cas, l'érosion des flèches de galets en rade de Brest est liée, directement ou indirectement, à l'intervention de l'Homme sur le milieu littoral. Un grand nombre de cales d'accès à l'estran ont été construites en Rade et forment des ouvrages perpendiculaires à la ligne de rivage qui interrompent la continuité du transit sédimentaire en direction des accumulations.



Figure 59 : Cales de Keralliou sur les rives de l'Elorn, illustrant l'effet de blocage du transit sédimentaire par les ouvrages transversaux (cliché : Solen Le Berre, Louis Brigand, 22/02/05).

Bloqués en amont-dérive par ces épis, les galets s'y accumulent sur des épaisseurs parfois considérables et représentent autant de sédiments qui ne sont pas acheminés par la dérive littorale et qui viennent à manquer sur les flèches de galets. Immédiatement en aval de ces ouvrages, la dérive littorale se trouve sous-alimentée et l'énergie des vagues, dissipée auparavant dans le transport des sédiments, est alors employée dans l'érosion du rivage. Les

exemples de tels aménagements côtiers sont nombreux et nous avons déjà évoqué le cas de la flèche du Troaon, dont la cannibalisation est causée par une cale de ce type.

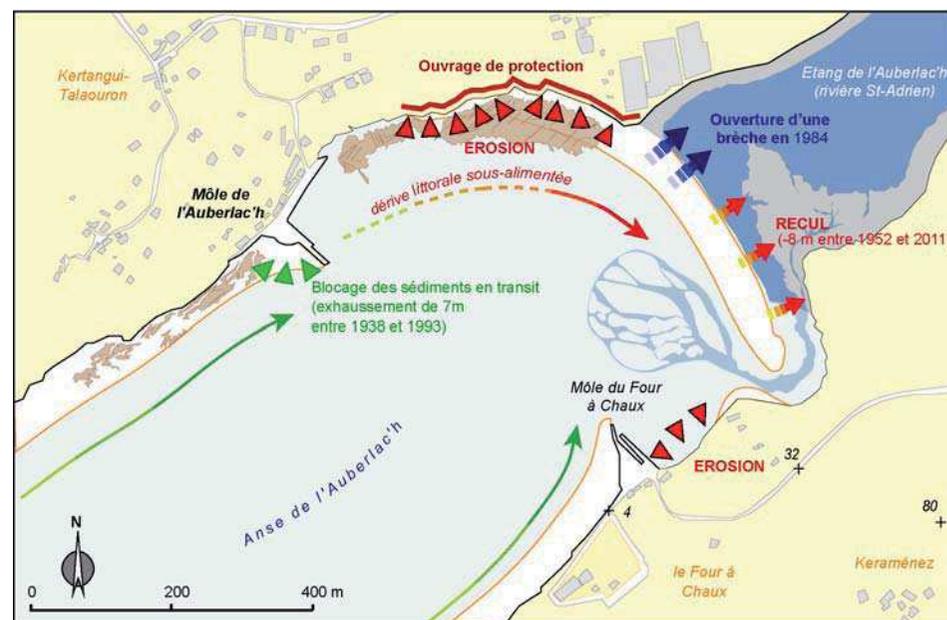


Figure 60 : Impact du môle de l'Auberlac'h sur le fonctionnement morphosédimentaire des plages avoisinantes et de la flèche littorale.

Dans l'anse de l'Auberlac'h (Plougastel-Daoulas), voici plus d'un siècle que le môle (construit en 1872 et allongé en 1932) bloque les sédiments cheminant d'ouest en est sous l'effet de la dérive. En amont de l'ouvrage, les galets se sont ainsi accumulés sur une épaisseur estimée à 7 m entre 1938 et 1993, donnant naissance à une véritable plage. Toutefois, la grève qui existait autrefois en aval du môle a aujourd'hui disparu et des problèmes d'érosion sont rapidement apparus, nécessitant la mise en place d'un enrochement. N'étant plus alimentée en sédiments, la flèche connaît désormais un déficit sédimentaire qui s'est traduit, dès 1984, par l'ouverture de deux brèches à l'enracinement du cordon. Colmatées artificiellement, les brèches ne se sont pas rouvertes depuis cette date, mais il semble qu'aucune tempête n'ait atteint la puissance de celle du 24 octobre 1984 dans ce secteur. La situation reste donc préoccupante. Par ailleurs, on note que la rive sud de l'anse connaît également une situation de ce type, causée par le môle du Four à Chaux.

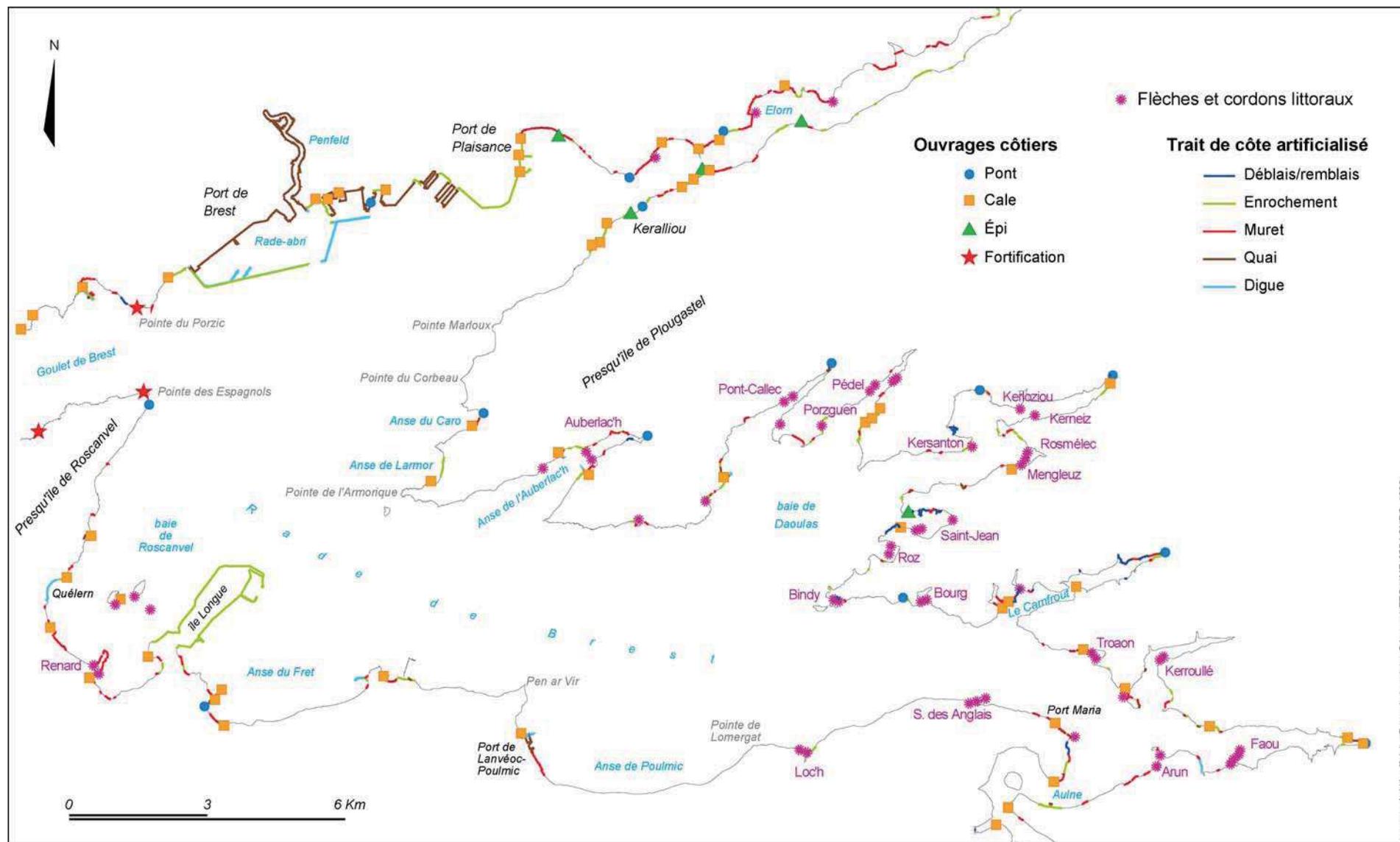


Figure 61 : Artificialisation du littoral de la rade de Brest

B- Les prélèvements de galets sur les cordons

Contrairement aux cordons de galets des côtes normandes ou au cordon de l'Ero vili en baie d'Audierne, les prélèvements de galets n'ont jamais atteint un rythme industriel sur les rives de la rade de Brest et ont, de tout temps, gardé un caractère sauvage. Ainsi, au Loc'h de Landévennec, ils sont le fait des agriculteurs qui prétendent à un droit ancestral et continuent de prélever les galets sur la flèche (Morel, 1993). Ce matériel est essentiellement destiné à empierrer les chemins de servitude. Il a également pu servir à la construction de maisons anciennes, comme tel est le cas en pays Bigouden, ou dans le pays de Caux.

Lors du plein essor de l'ostréiculture en rade de Brest, dans les années 1960, bon nombre de parcs à huître, de bassins de rétention d'eau et de cales d'accès à l'estran ont été réalisés en utilisant le matériel lithique des flèches situées à proximité. A Mengleuz, les ostréiculteurs ont ainsi prélevé des galets sur le crochet terminal de la flèche, réduisant la longueur du cordon d'une cinquantaine de mètres (Stéphan *et al.*, 2005). Les volumes de galets extraits à cette époque sont estimés à environ 2 700 m³, soit 12 % du volume actuel de la flèche (figure 62).

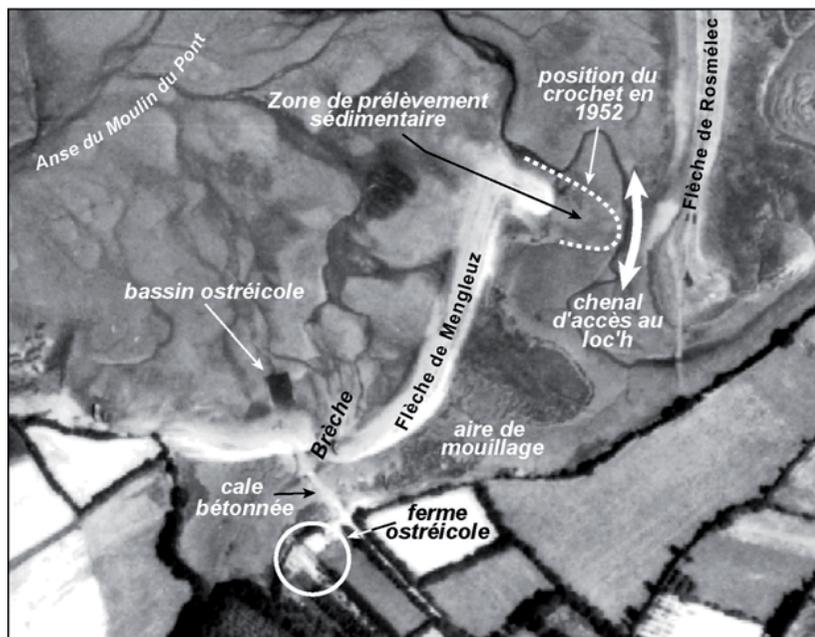


Figure 62 : Cliché aérien du secteur de Mengleuz en 1966 et localisation de la zone de prélèvement sédimentaire et des divers aménagements destinés à l'activité ostréicole (Stéphan *et al.*, 2005a).

La flèche de Kersanton a également subi une diminution considérable de son volume initial en raison de prélèvements importants réalisés dans les années 1960 (figure 63). Ces prélèvements, estimés entre 3 000 et 4 000 m³, ont déstabilisé l'ensemble de la flèche, incitant par la suite la municipalité à mettre en place un enrochement afin de stopper le recul du cordon.

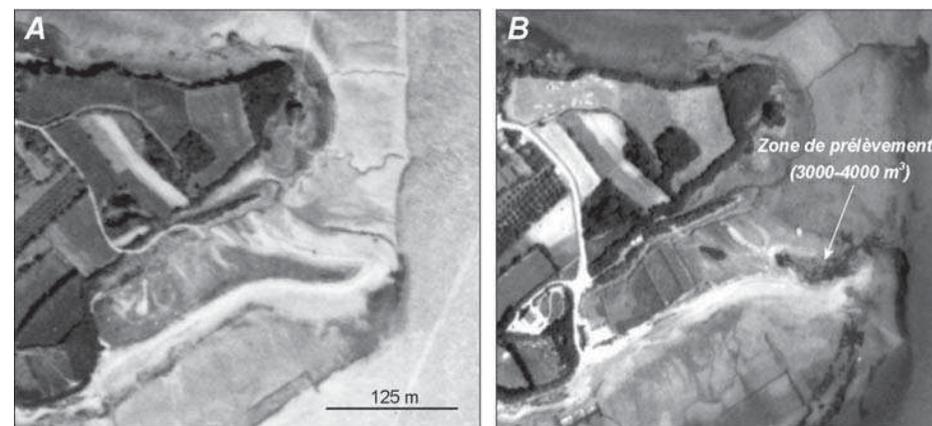


Figure 63 : A. Situation initiale de la flèche de Kersanton en 1952. B. Flèche de Kersanton en 1966 et localisation de la zone de prélèvements sédimentaires.

Certes, les volumes de sédiments prélevés sur les flèches de la Rade ne sont pas comparables à ceux d'autres secteurs des côtes bretonnes ou normandes ayant connu une plus forte pression anthropique. Toutefois, ces quelques exemples montrent combien de telles pratiques ont pu contribuer à déstabiliser l'équilibre de certaines formes d'accumulation, au sein d'un système littoral bénéficiant d'apports sédimentaires limités.

C - Une sous-alimentation sédimentaire : la stabilisation des falaises

Si elle ne représente rarement plus de 20 % du linéaire côtier en rade de Brest (Henaff et Le Berre, 2003), l'artificialisation du littoral par la pose d'enrochements et de murets (figure 61) destinés à stopper le recul des falaises a également des conséquences néfastes en isolant les flèches de galets de leur principale source d'alimentation.

Aussi, la multiplication récente de ces ouvrages constitue l'un des éléments de réponse pour expliquer l'érosion contemporaine de certaines formes d'accumulation. De plus, en créant parfois d'importantes réflexions de la houle ainsi que des turbulences, ces ouvrages augmentent

l'érosion des grèves situées à leur pied. Cette remarque est d'autant plus vraie qu'en rade, beaucoup de murs et enrochements sont directement réalisés par les propriétaires des terrains menacés par l'érosion, sans aucune conception technique préalable. De ce fait, l'efficacité d'une telle défense est très souvent aléatoire.

D - La surfréquentation

La grande majorité des cordons littoraux de la rade de Brest sont fréquentés par des véhicules motorisés (auto-moto) (figure 64).



Figure 64 : A. Véhicule automobile circulant sur la flèche du Faou. B. Engin agricole sur la flèche de Pont-Callec. C. Mobylette sur le cordon occidental du Bindy.

Au Pédel, au Bindy, dans l'anse du Bourg, à Mengleuz, Pont-Callec, Porsguen, au Faou, sur le tombolo d'Arun, sur le double tombolo du Renard, le passage des véhicules sur les cordons et fréquents, parfois quotidien. Or, cette fréquentation contribue au tassement et à l'abaissement des crêtes des cordons qui deviennent alors plus sensibles à la submersion marine et au recul. Cette fréquentation conduit également à une dégradation des habitats, à un dérangement de la faune (l'avifaune notamment). Elle dégrade également la qualité paysagère des sites et leur aspect naturel.

La fréquentation pédestre peut également être source de dégradation des flèches de galets. Le fait est avéré sur le Sillon du Talbert ou sur le cordon de la baie des Trépassés, où le passage de milliers de touristes chaque été provoque une érosion de la crête et du revers du cordon de galets, se traduisant par un affaissement et un compactage des sédiments. En rade de Brest, plusieurs flèches se présentent comme un obstacle topographique qu'il faut franchir avant d'atteindre l'estran. Les promeneurs sont alors contraints d'emprunter la forte pente qui marque le revers du cordon, sur lequel les galets, tout juste en équilibre, ne demandent qu'à tomber. Après plusieurs passages, une voie s'ouvre dans le revers évoluant alors en une brèche d'origine anthropique. Ce type de dégradation a d'ailleurs été mis en avant pour expliquer l'ouverture d'une brèche dans la flèche du Loc'h à Landévennec en 1993. Notons qu'une fréquentation équestre, même épisodique, peut avoir des conséquences similaires.

Par ailleurs, l'importance de l'ostréiculture en rade de Brest est également responsable d'une fréquentation quotidienne des estrans par les professionnels. Habitué aux sites littoraux qu'ils fréquentent quotidiennement, les ostréiculteurs perçoivent difficilement les évolutions morphologiques engendrées par le passage répété de leurs engins motorisés. La flèche de Mengleuz fut ainsi éventrée au début des années 1960 par les ostréiculteurs afin de leur faciliter l'accès à l'estran. Par la suite, la construction d'une cale en béton a permis d'entretenir cette ouverture dans la flèche. Depuis ce jour, le cordon ne bénéficie plus d'apports sédimentaires et connaît une érosion considérable.

E - Les cordons détruits et les marais remblayés de la rade de Brest : étude à partir des cartes anciennes et des photographies aériennes

En rade de Brest, un grand nombre de cordons littoraux ont été détruits au cours des XIX^e et XX^e siècles, comme le souligne la comparaison de la carte la carte IGN récente avec celle de Beautemps-Beaupré datant de 1817 (figure 65). Les niveaux d'artificialisation sont assez variables selon les sites.

Dans certains cas, les cordons ont été artificialisés dans le but d'y faire passer une route longeant le littoral. A Quélern en Roscanvel, les formations de galets de Kervihan et de Penn ar Poull, décrites par Guilcher *et al.* (1957) ont servi de support à la construction de la D 355 ceinturant la presqu'île de Roscanvel. Le cordon barrant l'anse du Fret, sur la commune de Lanvéoc, a lui aussi disparu sous l'asphalte constituant la D 55 (figure 65).

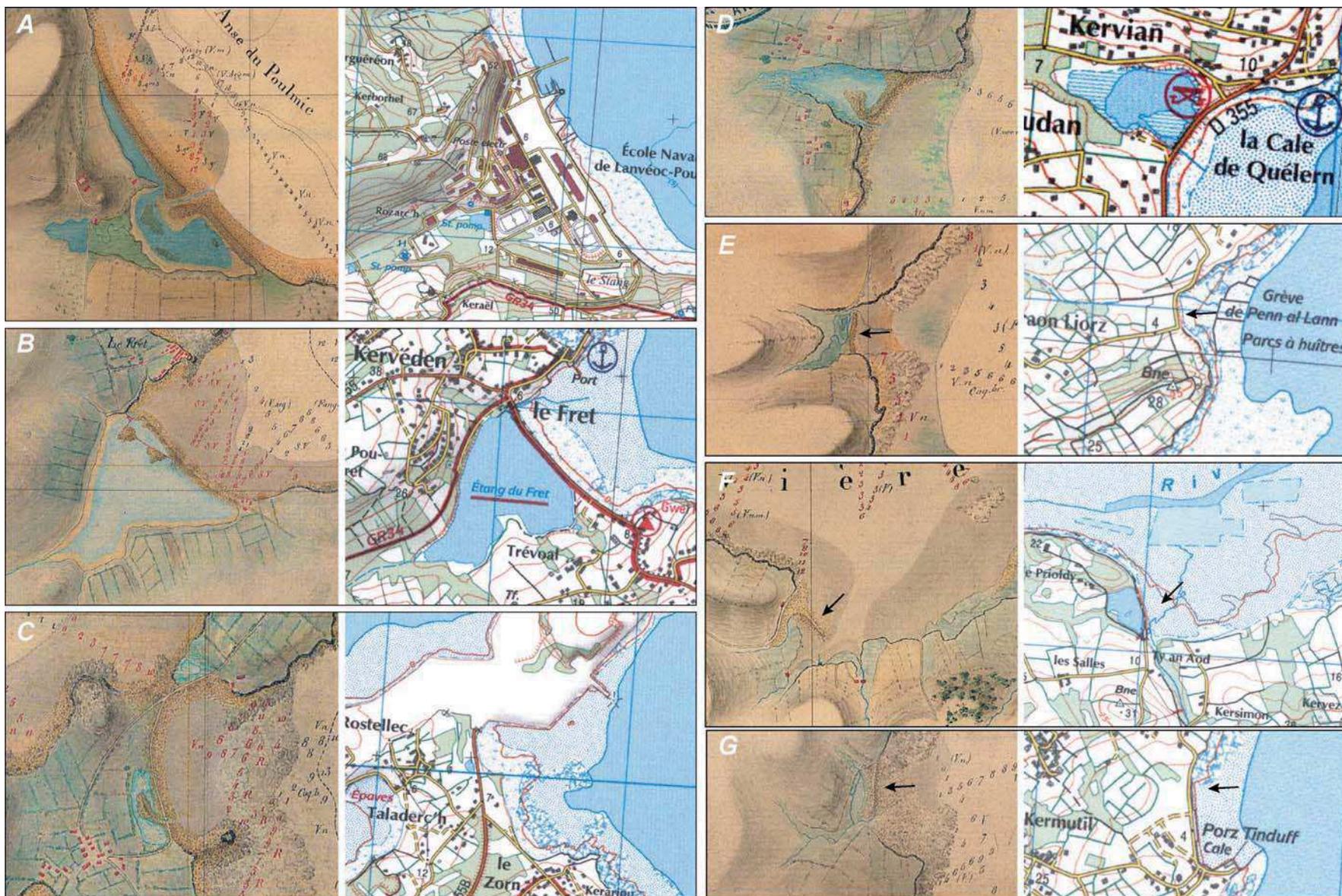


Figure 65 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrographiques de Beautemps-Beaupré levées en 1817 dans les secteurs du Poulmic (A), du Fret (B), de l'île Longue (C), de Quéléren (D), de Traonlions (E), de Ty an Aod en rivière du Faou (F) et du Tinduff (G).

Une destinée similaire a été réservée au cordon marquant l'entrée de l'anse du Caro à Plougastel-Daoulas. L'un des cordons du double tombolo de l'île du Renard supporte également un chemin d'accès non bitumé. Toutes ces constructions, rigides pour la plupart, ne sont pas adaptées à un environnement mobile. Un cordon stabilisé ne peut effectuer les ajustements morphologiques nécessaires car ces ouvrages fixent la forme de la flèche en plan et en altitude et l'empêchent de s'adapter aux dynamiques naturelles. Au fil des tempêtes et des éventuelles submersions, la flèche perd progressivement de sa vigueur et les sédiments tendent à s'étaler vers le bas de l'estran. A terme, il faut donc renforcer l'ouvrage que supporte le cordon. Ce scénario a probablement eu lieu à Roscanvel où de puissantes digues indiquent aujourd'hui l'ancien emplacement des flèches de galets.

Plusieurs marais maritimes ont également été remblayés, soit de manière partielle, comme à Pont-Callec (figure 66) ou au Bindy (Figure 67), soit de manière totale (Lanvéoc-Poulmic). Au Bindy, la mise en place d'une aire de stationnement a amputé la lagune d'une grande partie de sa superficie initiale. A Pont-Callec, le marais a été choisi comme zone de stockage pour des déblais provenant de toute la région de Brest, tandis qu'à Lanvéoc-Poulmic, le comblement de la zone humide est associée à la construction de la base d'aéronautique navale dans les années 1930.

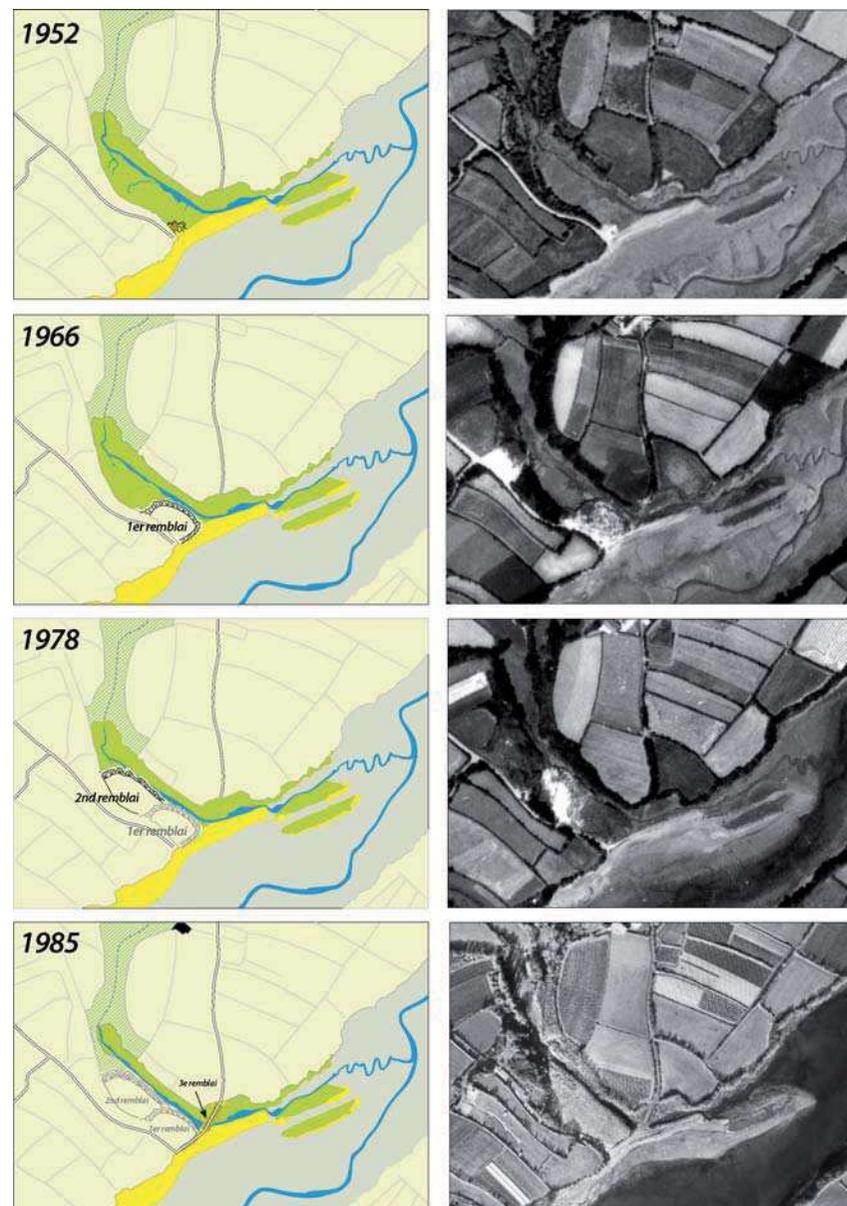


Figure 66 : Remblaiement du marais de Pont-Callec entre 1952 et 1985.

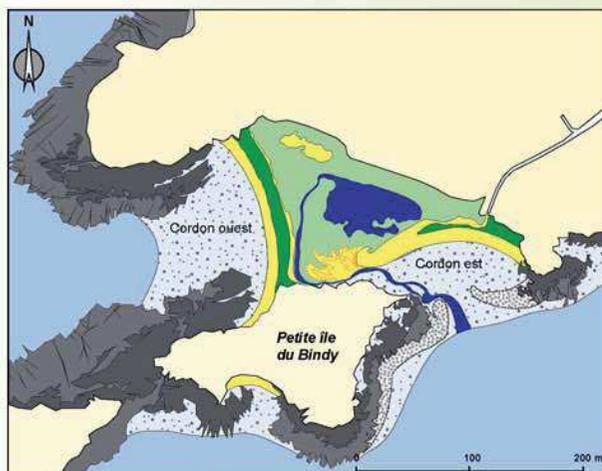
Évolution du marais maritime du Bindy

► Situation en 1952

Le tombolo double du Bindy enserme un marais maritime d'une superficie d'environ 11 400 m² (graphique), occupé par une grande surface de pré-salé. Le marais se vide et se remplit à chaque marée par l'intermédiaire d'une passe dans le cordon oriental. Cette passe tend à se refermer en raison de l'accumulation progressive de sédiments dans ce secteur qui prennent la forme d'un delta de flot. Ce petit delta oblige le chenal à venir saper à leur base les falaises meubles qui occupent la partie nord de la petite île du Bindy.

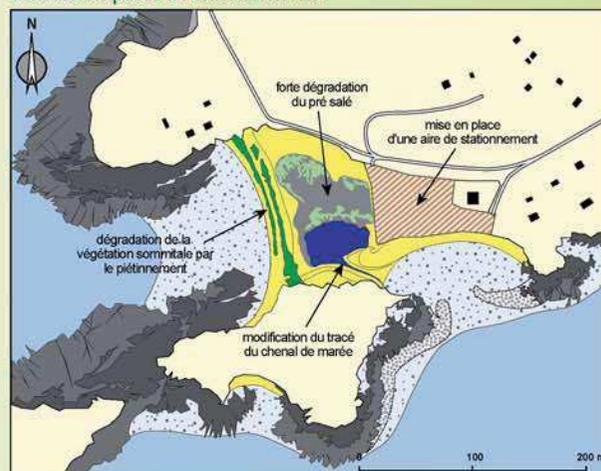
En 1952, une seule route mène à la pointe du Bindy. Elle se divise elle-même en de nombreux chemins d'accès aux parcelles agricoles qui dominent le paysage.

Entre 1961 et 1966, un premier remblais de 450 m² vient combler la partie orientale du marais pour permettre le stationnement des véhicules automobiles à proximité du site.



► Situation en 1978

Dans les années 1970, le premier remblai est prolongé vers l'ouest par un second remblai de 4000 m² pour la mise en place d'une vaste aire de stationnement automobile. La superficie initiale du marais diminue de 40 %. Les travaux de remblaiement causent une dégradation importante du pré salé. Le fonctionnement hydrologique du marais est lui-même modifié puisque le chenal de marée est canalisé afin d'éviter le sapement des falaises situées au nord de l'île du Bindy. Le cordon oriental est presque entièrement artificialisé, son revers reposant sur le remblai. Sur le cordon occidental, la végétation sommitale est également dégradée par le piétinement et le développement d'un large sentier qui permet de rejoindre la petite île du Bindy. A proximité, le paysage connaît d'importantes transformations liées à une fréquentation touristique croissante (aménagement de la voirie, urbanisation). La petite île du Bindy, en revanche, semble en proie à l'enfrichement.



► Situation en 2011

Dans les années 1980, la partie ouest du parking est partiellement déblayée. 650 m² sont rendus au marais maritime.

La végétation se reconstitue progressivement jusqu'à aujourd'hui. A la suite d'un épisode d'érosion causé par une violente tempête en avril 1984, un enrochement est mis en place pour stabiliser la partie sud du cordon et les falaises meubles adjacentes.

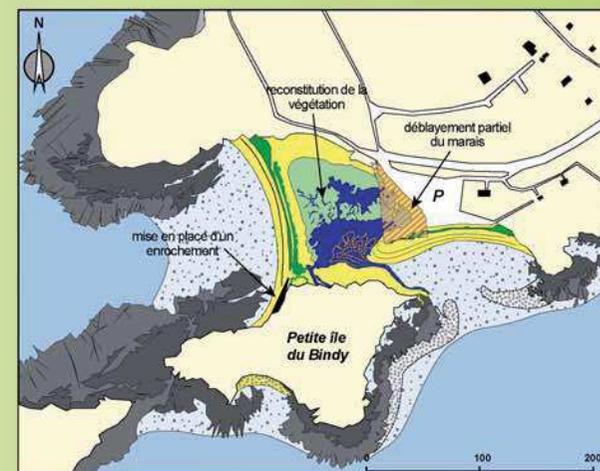


Figure 67 : Remblaiement du marais du Bindy entre 1952 et 2011.

3-DEFINITION DES ENJEUX PATRIMONIAUX

Afin d'identifier les enjeux de gestion sur les sillons de la rade et leurs marais associés, nous avons décliné notre démarche en trois étapes. Dans un premier temps, nous avons réalisé une estimation de la valeur patrimoniale de chacun des sites d'étude. Ce travail a nécessité la définition de critères permettant d'évaluer de manière objective la valeur patrimoniale des sites. Dans un second temps, nous avons identifié les principales menaces qui pèsent sur ce patrimoine et nous les avons localisées sur les différents sites. Dans un troisième temps, le croisement de ces deux approches nous a permis de définir les types d'action à mener et de proposer une liste de sites sur lesquels il convient d'intervenir en priorité. Cet aspect sera abordé dans le quatrième point de ce rapport.

3-1-La valeur patrimoniale des sites d'étude

A- Définition des critères d'évaluation

Le classement des sites d'étude selon leur valeur patrimoniale s'appuie un principe de notation en pourcentage. Selon ce principe, la valeur de 0 % est attribuée aux sites qui ne présentent aucune valeur patrimoniale et la valeur de 100 % aux sites présentant une valeur patrimoniale exceptionnelle. La valeur globale de chacun des sites d'étude s'appuie sur deux critères principaux, d'égale importance (50 % du résultat global). Le premier permet d'estimer la valeur géomorphologique des cordons littoraux et se décline en trois sous-critères. Le second permet d'estimer la valeur écologique des marais maritimes et se décline également en trois sous-critères : la flore, les habitats, la faune. Une notation et un coefficient pondérateur permettent de hiérarchiser l'importance de chacun des sous-critères (tableau 2). Notons que cette approche méthodologique et la définition précise des critères permettant l'évaluation patrimoniale sont le fruit d'un travail collectif, mené au sein d'un groupe de travail réunissant les géomorphologues de l'UBO (B. Fichaut, S. Suanez et P. Stéphan) pour les aspects géomorphologiques et les membres du Parc Naturel Régional d'Armorique (D. Flotté et A. Larzillière), de l'association Bretagne Vivante (D. Marquèz), du Conservatoire Botanique National de Brest (E. Quéré), du Conseil Général du Finistère (M.-F. Pennors), et du Forum des marais atlantiques (A. Magueur) pour les aspects écologiques.

Par ailleurs, un certain nombre d'aspects subjectifs qui pourraient participer de la dimension patrimoniale des sillons et marais de la rade n'ont pas été pris en compte, mais méritent d'être rappelés ici. Certains cordons, tels que le Sillon des Anglais ou celui de l'Auberlac'h constituent des éléments remarquables, voire emblématiques, du paysage littoral de la rade. De nombreux cordons ont également une valeur d'usage en créant des aires d'abri et de mouillage pour les plaisanciers, en protégeant des portions de littoral de l'érosion marine, en constituant des sites de promenade ou de pêche à pied. Ces aspects subjectifs et difficiles à évaluer ont donc été écartés et nous nous limiterons à évaluer un patrimoine naturel, sur des critères objectifs, assez facilement quantifiable.

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal <i>(en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)</i>	de 0 à 3	4	0
A2. Intérêt géomorphologique secondaire <i>(présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)</i>	de 0 à 1	2	0
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	de 0 à 3	3	0
TOTAL			0 <small>sur 27</small> 0%

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée <i>(Limonium humile)</i>	de 0 à 1	2	0
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	de 0 à 1	1	0
TOTAL			0 <small>sur 3</small> 0%

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats <i>(nombre d'habitats d'intérêt communautaire)</i>	de 0 à 3	2	0
B2.2. Richesse des habitats <i>(part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)</i>	de 0 à 3	2	0
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional <i>(mégaphorbiaie, roselière,...) notamment au titre de la protection des zones humides</i>	de 0 à 1	1	0
TOTAL			0 <small>sur 13</small> 0%

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	de 0 à 1	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	de 0 à 1	1	0
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	de 0 à 1	1	0
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	de 0 à 1	1	0
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	de 0 à 1	1	0
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	de 0 à 1	1	0
TOTAL			0 <small>sur 6</small> 0%

Tableau 2 : Critères d'évaluation de la valeur patrimoniale des sites.

Critère A1. L'intérêt géomorphologique principal (figure 68)

Ce critère s'appuie sur la forme générale des sillons, sur la présence éventuelle de morphologies de détail (croissants de plage, bermes, ride d'accrétion, ...), sur la dimension et le volume des cordons et sur leur dynamique. Le classement des sites est détaillé dans l'encart ci-dessous :

Note 0 : sites aujourd'hui anthropisés, dont le marais a été en grande partie (ou totalement) remblayé, dont le cordon a été remplacé par un ouvrage de confortement d'une voie de communication. C'est le cas des sites du Caro, Kereven, Traonliors, Tinduff, Tibidy, Poulmic, Le Fret, Ile Longue, Kerelot Tremet et Kelern.

Note 1 : sites dont le cordon ne présente pas d'intérêt géomorphologique particulier, de faible dimension et de volume réduit, sans morphologie de détail intéressante et dont la dynamique est peu marquée. C'est le cas des sites de (Penn en Toull, Le Gué, Le Pouldu, Kertangui, Porzguen ouest, Pédel est, Kersanton, Kerloziou, Kerneiz, Pennaras, Kernizi) Les queues de comète de la rade ont également été rangées dans cette catégorie (île Ronde, île de Trébéron, île des Morts, île Perdue), ainsi que le tombolo d'Arun, submersible à pleine mer et fortement fréquenté par les automobiles. Les cordons en cours de démantèlement (Mengleuz et le Faou) y sont aussi intégrés.

Note 2 : sites dont le cordon présente un intérêt géomorphologique important mais qui présente un degré d'artificialisation élevé (Bindy, Bourg, Renard) ou une dégradation liée à l'érosion côtière (Le Loc'h) ; cordons présentant un intérêt géomorphologique limité s'ils sont considérés individuellement, mais dont la dynamique présente néanmoins une valeur manifeste dès lors qu'on la considère comme un indicateur du bilan sédimentaire littoral à l'échelle de la rade (Pont-Callec, Porzguen est, Pédel ouest, Saint-Jean, le Roz, Kérroullé, Le Pal).

Note 3 : sites qui présentent un intérêt géomorphologique majeur en raison des dimensions du cordon littoral et du volume sédimentaire qu'il représente, de son caractère paysager remarquable, et/ou en raison de sa dynamique particulièrement intéressante d'un point de vue scientifique et pédagogique (l'Auberlac'h, Rosmélec, Roz, Troaon, Kergo, Sillon des Anglais).

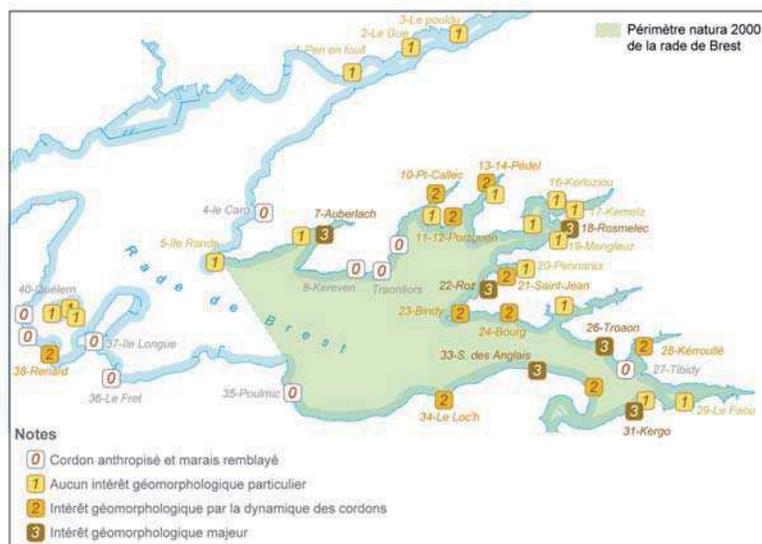


Figure 68 : Classement des sites en fonction de leur intérêt géomorphologique principal.

Critère A2. L'intérêt géomorphologique secondaire (figure 69)

Quelques secteurs littoraux en rade montrent des vestiges d'anciens cordons littoraux aujourd'hui démantelés qui témoignent d'anciennes lignes de rivage et livrent des indications sur l'évolution du littoral sur le temps long. C'est le cas des sites de l'Auberlac'h (Guilcher *et al.*, 1990), de Mengleuz et du Loc'h (Hallégouet et Morel, 1994 ; Stéphane, 2004), de Troaon (Stéphane, 2008). Ces héritages sédimentaires représentent un intérêt géomorphologique secondaire. De même, les marais maritimes constituent parfois de véritables réservoirs sédimentaires dans lesquels se sont accumulés les vases, les tourbes, les sables depuis plusieurs milliers d'années. La succession de ces dépôts sous la forme de stratigraphie est susceptible de nous renseigner sur l'évolution des paysages côtiers, sur l'évolution du niveau marin, sur les changements de végétation et sur les transformations climatiques à une longue échelle de temps. Dans le cadre d'une recherche doctorale, Stéphane (2011) a sondé la plupart des marais maritimes de la rade de Brest à l'aide d'une tarière manuelle afin d'estimer le remplissage sédimentaire et d'évaluer l'intérêt stratigraphique des différents sites. Ces résultats ont été utilisés pour déterminer l'intérêt géomorphologique secondaire des sites d'étude. Trois marais maritimes ont été étudiés en détail par Stéphane (2011) en raison de l'épaisseur et de la variété des dépôts qui y été conservés : Porsguen est, Troaon, Kergo. Deux autres sites présentaient également des dépôts relativement épais qui mériteraient, à l'avenir, d'être étudiés : Rosmélec/Mengleuz, Roz,

Note 0 : sites qui ne présentent pas de stratigraphie intéressante sur le cordon ou dans le marais maritime.

Note 1 : sites qui présentent des dépôts sédimentaires anciens en stratigraphie ou des vestiges d'anciens cordons en arrière du rivage actuel, où le colmatage sédimentaire du marais maritime est important et a conservé des témoins biologiques ou sédimentologiques pouvant servir à la reconstitution des paysages anciens.

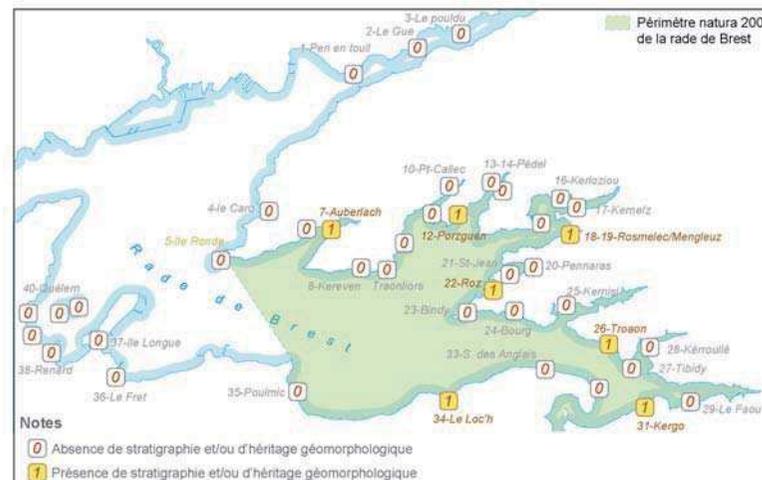


Figure 69 : Classement des sites en fonction de leur intérêt géomorphologique secondaire.

Critère A3. La rareté à l'échelle de la Bretagne (figure 70)

Il n'existe pas véritablement d'inventaire exhaustif des différents types de cordons littoraux que l'on peut rencontrer sur les rivages de Bretagne. Aussi, le critère de rareté régional a-t-il été défini sur la base des connaissances de terrain des géomorphologues de l'UBO auquel on pourrait également ajouter quelques études régionales de référence menées au cours des dernières décennies (Guilcher, 1948 ; Guilcher *et al.*, 1957, 1959 ; Pinot, 1961, 1963 ; Hallégouët, 1971 ; Jussy et Guilcher, 1962 ; Meur, 1993 ; Yoni, 1995 ; Morel, 1997 ; Hénaff, 1998 ; Suanes *et al.*, 2011 ; Stéphan, 2011).

Note 0 : cordons anthropisés.

Note 1 : cordons littoraux présentant des formes très communément rencontrées en Bretagne. C'est le cas des queues de comète, des cordons sub-parallèles au rivage de faible dimension (Penn an Toull, Le Gué, Le Pouldu, Kertangui) et des cordons de barrage (Porsguen ouest, Pennaras).

Note 2 : flèches sub-parallèles au rivage, notamment en contexte estuarien (Pont-Callec, Pédel, Porzguen est, Saint-Jean,...).

Note 3 : cordons présentant une forme unique en Bretagne ou très rare (les doubles tombolos, les flèches en chicane, les flèches de mi-baie).

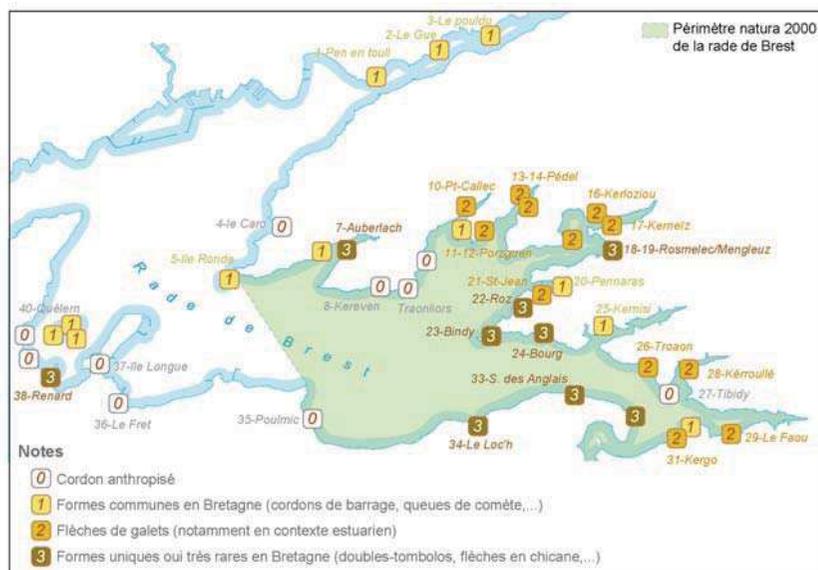


Figure 70 : Classement des sites en fonction de leur rareté à l'échelle de la Bretagne.

Critère B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée (figure 71)

La flore des marais maritimes de la rade de Brest est bien connue grâce aux inventaires et suivis floristiques réalisés depuis plusieurs décennies par le Conservatoire Botanique National de Brest. Les marais maritimes de la rade abritent quatre espèces floristiques protégées à l'échelle nationale et/ou régionale (figure 71). Le petit statice (*Limonium humile* Mill.), est présent sur 14 sites, le séparias à petites fleurs (*Serapias parviflora* Parl.) est présent sur les sites du Bourg et à Traonliors, la parentucelle à large feuille (*Parentucellia latifolia* (L.) Caruel) et le lotier à petites fleurs (*Lotus parviflorus* Desf.) se retrouvent à Traonliors uniquement.

Note 0 : Absence d'une espèce végétale protégée.

Note 1 : Présence d'une espèce végétale protégée.

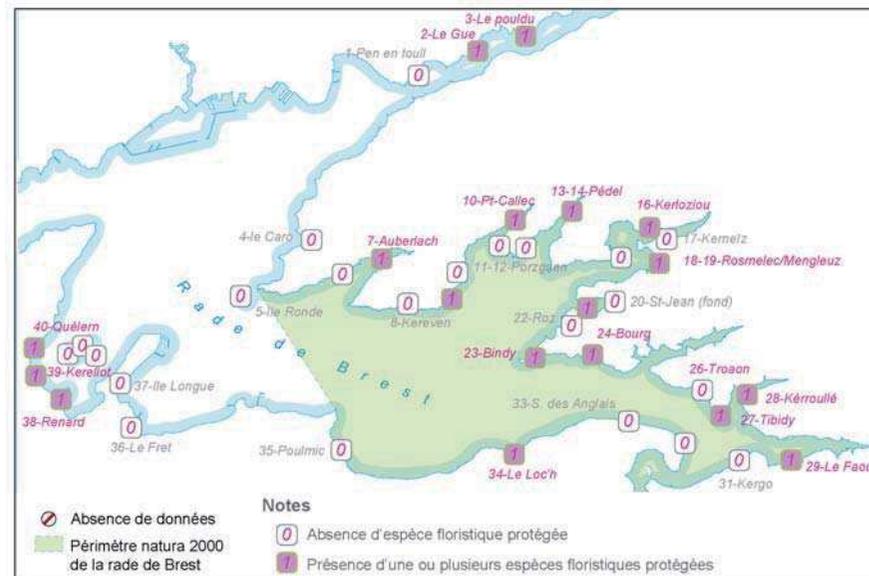


Figure 71 : Classement des sites en fonction de la présence d'une espèce végétale protégée.

Critère B1.2. Présence d'une espèce végétale rare à l'échelle de la Bretagne (figure 72)

Les marais maritimes de la rade de Brest abritent également sept espèces floristiques rares à l'échelle régionale : la Ronce bleuâtre, (*Rubus caesius L.*), le Passerage des champs (*Lepidium campestre (L.) R.Br.*), le Buplèvre grêle ou Buplèvre menu (*Bupleurum tenuissimum L. subsp. Tenuissimum*), la Ruppie maritime (*Ruppia maritima L.*), le Choin noirâtre (*Schoenus nigricans L.*), le Cranson officinal (*Cochlearia officinalis L.*), le Polypogon de Montpellier (*Polypogon monspeliensis (L.) Desf.*). Ces plantes se répartissent sur 9 secteurs en rade : Penn al Lann, l'Auberlac'h, le Pédel, l'anse est de Porzguen, le marais de Rosmélec, l'anse du Bourg, le marais de Troaon, le marais du Loc'h, l'étang du Fret.

Note 0 : Absence d'une espèce végétale rare.

Note 1 : Présence d'une espèce végétale rare.

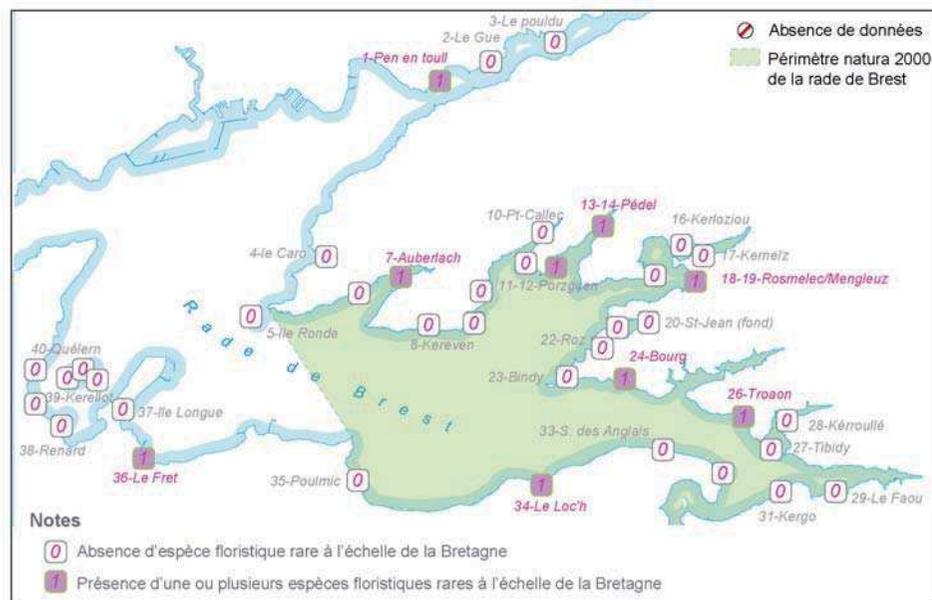


Figure 72 : Classement des sites en fonction de la présence d'une espèce végétale rare à l'échelle régionale.

Critère B2.1. Diversité des habitats d'intérêt communautaire (figure 73)

Ce critère permet de classer les sites en fonction du nombre d'habitats d'intérêt communautaire présents sur les cordons littoraux et marais maritimes. Ces habitats ont été inventoriés et cartographiés par le Conservatoire National Botanique de Brest sur les trois sites Natura 2000 que compte la rade de Brest. Le nombre d'habitats a été recensé sur chacun des sites en tenant compte du code UE qui leur a été attribué lors de la réalisation des inventaires.

Note 0 : Absence d'habitat d'intérêt communautaire.

Note 1 : sites comptant un à deux habitats d'intérêt communautaire.

Note 2 : sites comptant trois à quatre habitats d'intérêt communautaire.

Note 3 : sites comptant plus de quatre habitats d'intérêt communautaire.

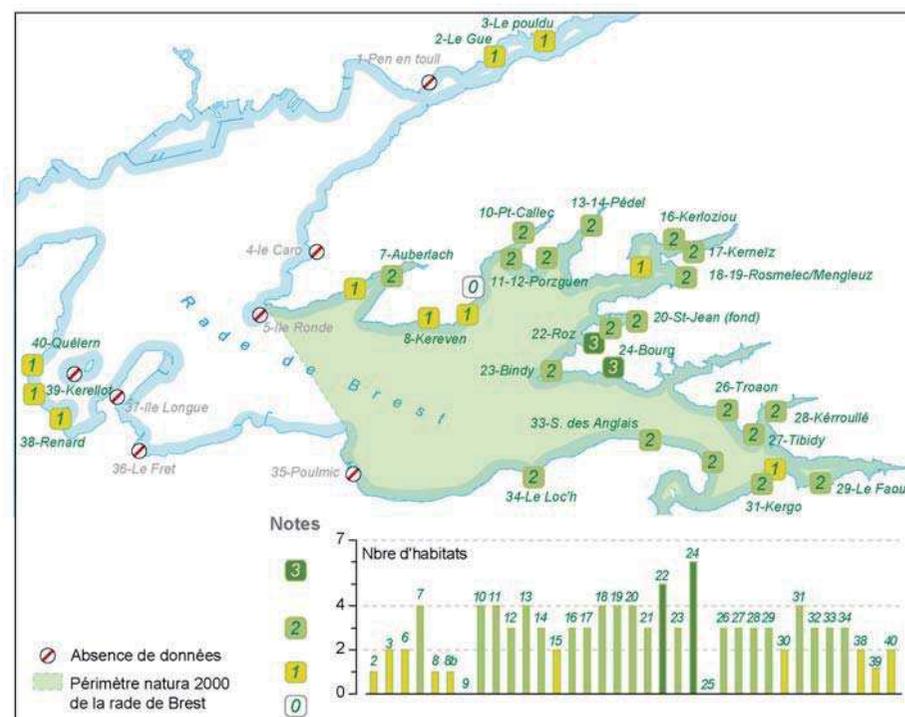


Figure 73 : Classement des sites en fonction de la diversité des habitats d'intérêt communautaire.

Critère B2.2. Richesse des habitats (figure 74)

La proportion des surfaces occupées par les habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des sites a été considérée comme un indicateur de la richesse des habitats. Ces données surfaciques ont été obtenues à partir d'un Système d'Information Géographique.

- Note 0 :** Absence d'habitat d'intérêt communautaire.
- Note 1 :** Surfaces occupées par les habitats d'intérêt communautaire inférieures à 30 % de la superficie totale des sites.
- Note 2 :** Surfaces occupées par les habitats d'intérêt communautaire comprises entre 30 % et 60% de la superficie totale des sites.
- Note 3 :** Surfaces occupées par les habitats d'intérêt communautaire supérieures à 60 % de la superficie totale des sites.

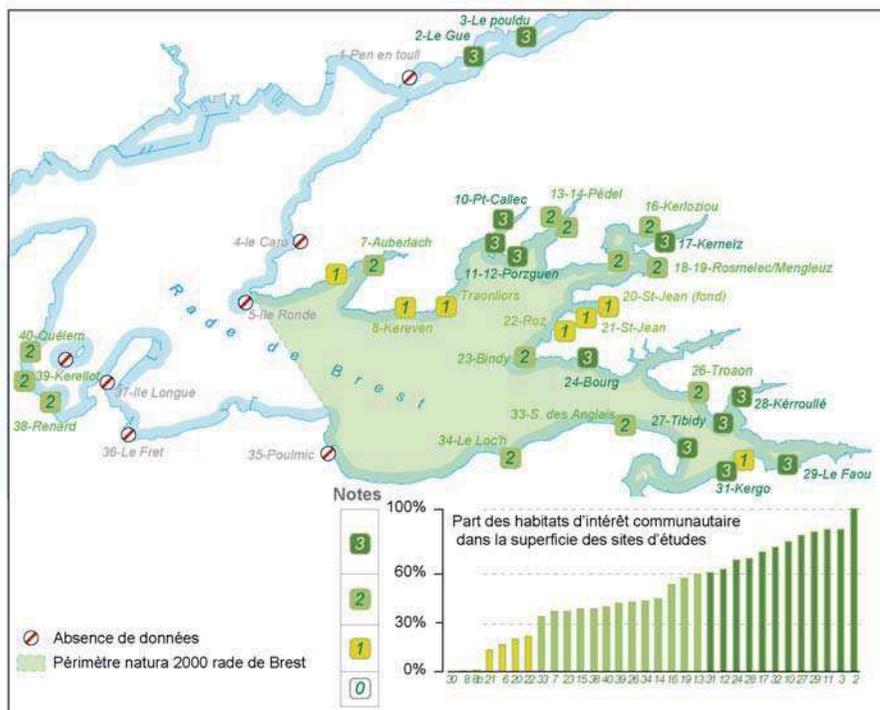


Figure 74 : Classement des sites en fonction de la richesse des habitats d'intérêt communautaire.

Critère B2.3. Présence d'habitat d'intérêt régional (figure 75)

Les roselières à phragmites ou à scirpe maritime et les mégaphorbiaies ne sont pas considérées d'intérêt européen. Toutefois, ces habitats présentent un intérêt régional au titre de la protection des zones humides et abritent bien souvent une flore et une faune riche et diversifiée. Ce critère a donc été intégré à notre classement.

- Note 0 :** Absence d'un habitat d'intérêt régional (roselière et/ou mégaphorbiaie).
- Note 1 :** Présence d'un habitat d'intérêt régional (roselière et/ou mégaphorbiaie).

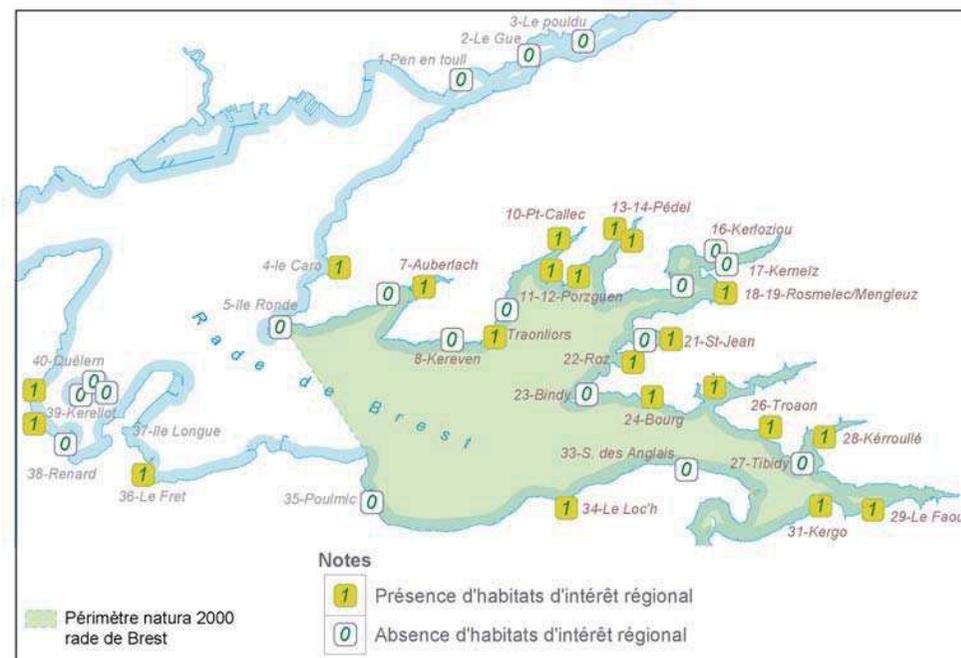


Figure 75 : Classement des sites en fonction de la présence d'habitats d'intérêt régional.

Critères B3. Faune (avifaune) (figure 76)

En l'état actuel des connaissances, il est très difficile de définir l'intérêt faunistique des cordons littoraux et marais maritimes en rade de Brest en raison de l'absence de données sur la biodiversité animales de ces milieux. Les populations d'oiseaux fréquentant la rade restent notre seul indicateur, bien qu'il ne soit pas non plus très détaillé. Les données relatives à l'avifaune sont très éparses et sont le fait d'observations réalisées ponctuellement dans le temps et dans l'espace par quelques ornithologues amateurs. Le seul document synthétique traitant la question à l'échelle de la rade de Brest est le rapport d'évaluation de la ZSP réalisé par l'association Bretagne Vivante en 2005. Ce rapport présente deux cartes de répartition des espèces d'anatidés et de limicoles d'intérêt communautaire en rade. Ces cartes constituent notre seule source de données.

Six critères ont été définis pour évaluer l'intérêt avifaunistique des cordons littoraux/marais maritimes. Un premier sous-critère (B3.1) se réfère aux zones de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire. De ce point de vue, la rade de Brest ne représente pas un secteur d'importance européenne puisque la grande majorité des espèces d'intérêt communautaire sont hivernantes. Seules deux espèces nichent régulièrement en rade : le tadorne de Belon (*Tadorna tadorna*) et la sterne pierregarin (*Sterna hirundo*). Toutefois, leur site de nidification privilégié ne correspond pas aux habitats des cordons littoraux et marais maritimes.

Les deuxième et troisième sous-critères (B3.2 et B3.3) évaluent l'intérêt des cordons littoraux uniquement, en tant que zone de reposoir à marée haute pour les anatidés et les limicoles respectivement.

Les quatrième et cinquième critères (B3.4 et B3.5) concernent cette fois les marais maritimes en tant que zones d'alimentation et de reposoir pour les anatidés et les limicoles respectivement, qui prospectent les chenaux et dépressions inondées à la recherche de crustacés ou viennent s'y alimenter de graines et autres éléments végétaux.

Enfin, un dernier critère se réfère à la présence éventuelle de passereaux paludicoles dans les roselières et mégaphorbiaies en marge des marais (B3.6). Dans ce cas, tous les habitats de ce type sont potentiellement fréquentés par ces oiseaux.

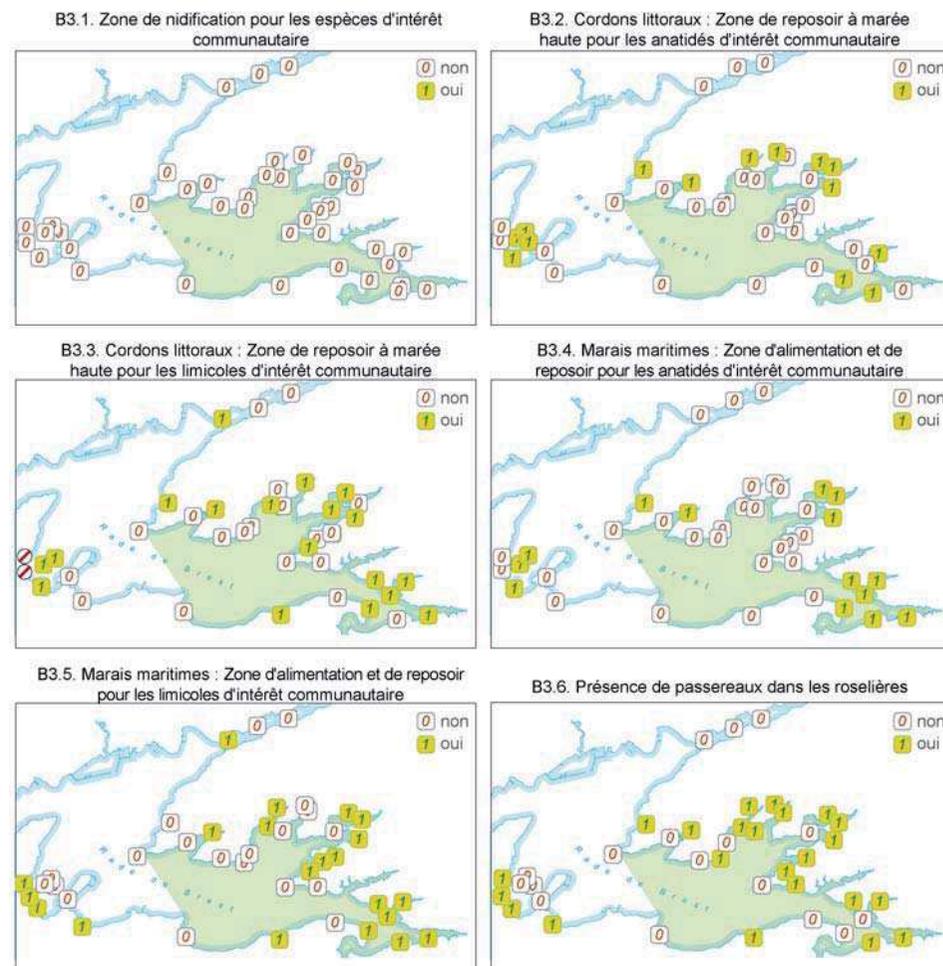


Figure 76 : Classement des sites en fonction de la richesse des habitats d'intérêt communautaire.

B- Le classement des sites d'étude

Le croisement de l'intérêt géomorphologique et écologique des sites d'étude permet d'établir un premier classement et d'identifier les sites d'intérêt patrimonial et les sites de moindre intérêt (figure 77). Chacune de ces catégories compte 21 cordons, soit 50 % de l'effectif total. Ce sont les sites d'intérêt patrimonial qui retiendront notre attention dans la proposition de mesures de gestion.

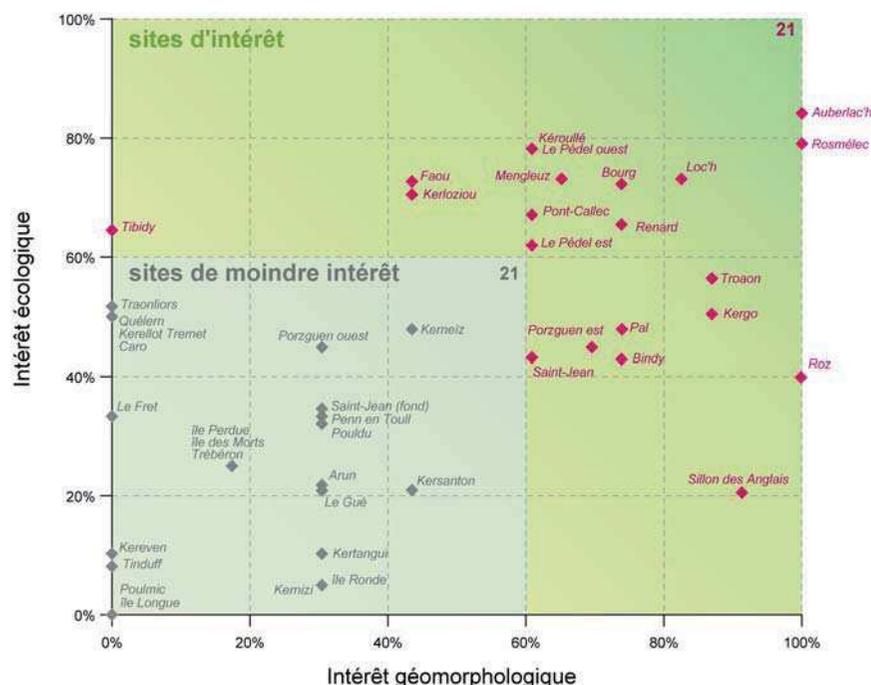


Figure 77 : Le croisement de l'intérêt géomorphologique et de l'intérêt écologique permet de dégager des sites d'intérêt patrimonial et des sites de moindre intérêt.

Un second classement tient compte de la note globale des sites, sans distinguer leur importance écologique et géomorphologique respective (figure 78). Les sites sont rangés par ordre décroissant, du mieux noté au moins bien noté. L'intérêt patrimonial est jugé :

- Très fort, lorsque la note globale dépasse 80 % (5 sites).
- Fort, lorsque la note globale est comprise entre 50 % et 80 % (15 sites).
- Modéré, lorsque la note globale est comprise entre 30 % et 50 % (7 sites).
- Faible lorsque la note globale est inférieure à 30 % (17 sites).

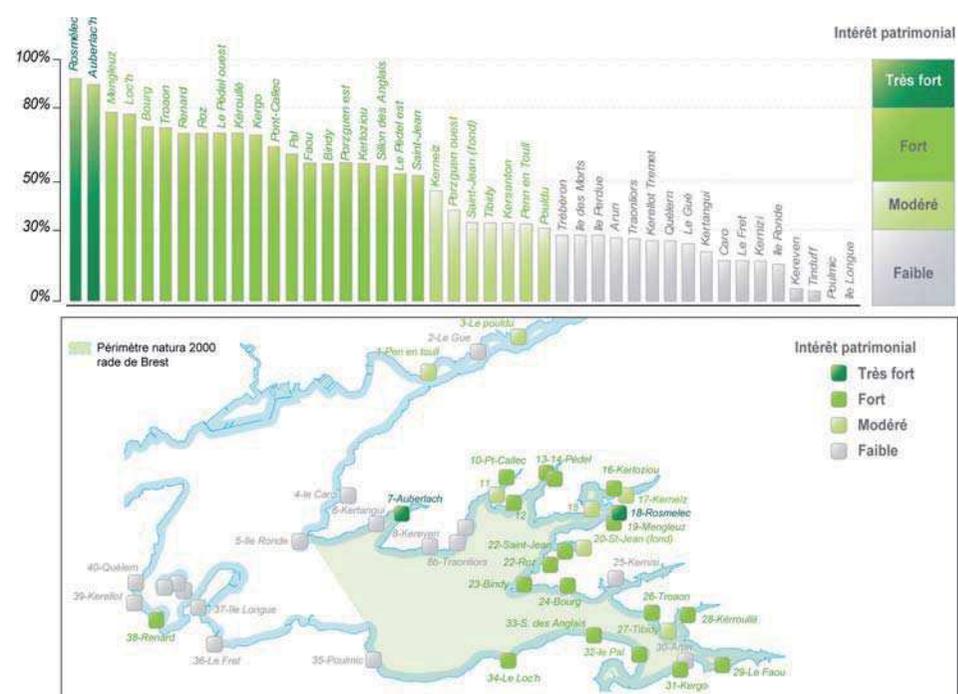


Figure 78 : Valeur patrimoniale globale, intérêts géomorphologique et écologique confondus.

3-2-Les menaces qui pèsent sur ce patrimoine

En rade de Brest, les cordons littoraux et marais maritimes sont exposés à trois catégories de menaces. La première affecte en premier lieu les cordons et correspond à leur érosion et leur démantèlement éventuel par les vagues. La seconde concerne les marais maritimes dont la biodiversité et le patrimoine écologique est mis à mal par la progression de la spartine alterniflore. La troisième menace affecte indifféremment cordons et marais puisqu'elle correspond aux pressions anthropiques qui pèsent actuellement sur certains secteurs côtiers de la rade.

A- L'érosion côtière : dégradation d'un patrimoine écologique et déséquilibre des conditions écologiques des marais maritimes

La plupart des cordons littoraux de la rade joue un rôle de barrière protectrice contre l'agitation des vagues et assure ainsi le maintien d'un certain équilibre écologique au sein des marais maritimes. En outre, certains d'entre eux représentent un véritable patrimoine géomorphologique. Par conséquent, toute dégradation des cordons sous l'effet de l'érosion marine peut entraîner la perte de ce patrimoine et déséquilibrer les conditions écologiques des marais maritimes en modifiant la nature des habitats et en menaçant les espèces animales et végétales dont ils sont les supports. Le cas du Loc'h à Landevennec illustre les effets négatifs de l'ouverture d'une brèche dans le cordon, conduisant à l'assèchement quotidien de l'étang, à la disparition de la ruppie maritime et à la perte d'un habitat prioritaire à l'échelle européenne. L'érosion côtière constitue donc une menace de premier plan.

Dans les pages précédentes de ce rapport, nous avons montré que la mobilité des cordons littoraux reflète localement le bilan sédimentaire côtier, c'est-à-dire le rapport entre les pertes et les gains sédimentaires. Un bilan négatif induit une érosion, un recul, voire un démantèlement des cordons littoraux. Il augmente la sensibilité des édifices aux tempêtes et accroît le risque d'ouverture de brèches et de transformation des marais maritimes situés en arrière. En revanche, un bilan sédimentaire en équilibre ou positif assure le maintien des milieux côtiers.

La figure 79 reprend les tendances d'évolution dressées au cours des 60 dernières années, les modes d'évolution des cordons et l'état du bilan sédimentaire. Ces données permettent de déterminer un niveau de menace (faible, fort, très fort) selon les sites.

B- La progression de la spartine et la perte de biodiversité des marais maritimes

La progression rapide de la spartine alterniflore représente une menace importante pour la biodiversité et le patrimoine écologique des marais maritimes de la rade de Brest. Elle entraîne une homogénéisation des milieux qui se transforment rapidement en prairie monospécifique. Ce phénomène se solde donc par une diminution de la diversité et de la richesse des habitats.

En outre, la dynamique invasive de la spartine menace la flore vulnérable comme le petit statice qui trouve refuge sur des substrats graveleux où la concurrence avec la poacée d'origine américaine est faible. La flore rare est également menacée.

Enfin, cette homogénéisation des milieux pourrait également conduire à une perte de la diversité animale. L'avifaune serait particulièrement vulnérable puisque les aires de nourrissage des limicoles et autres oiseaux d'estrans verraient leur superficie se réduire.

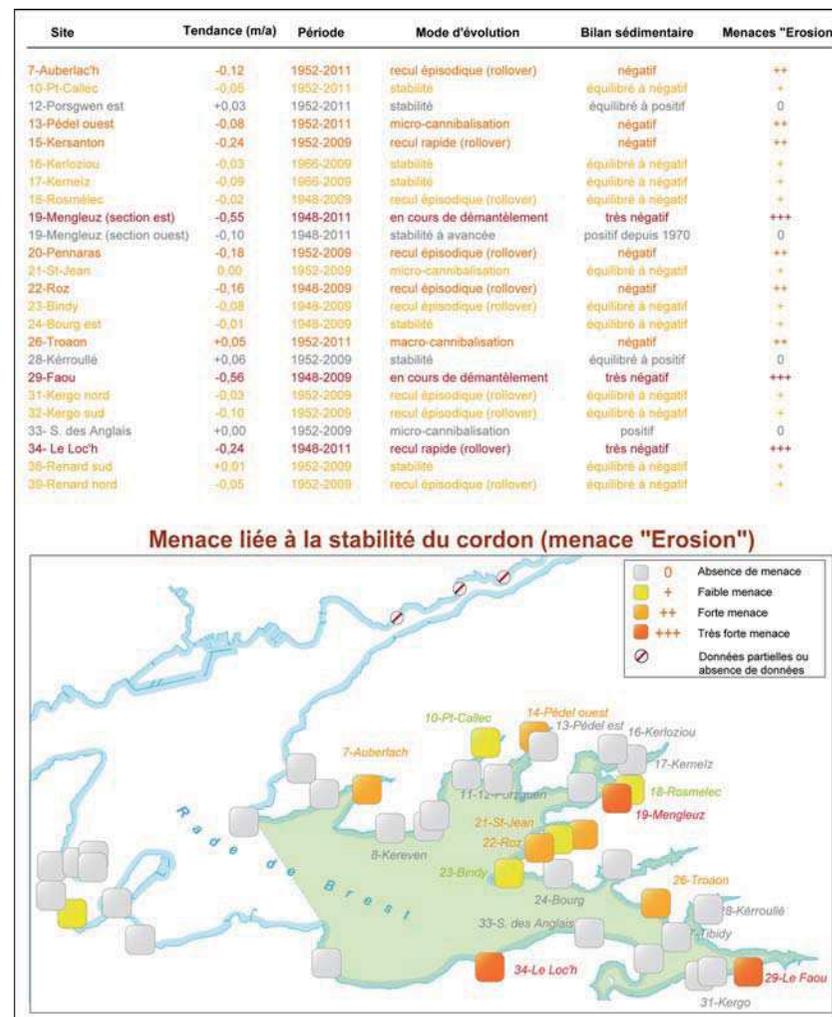


Figure 79 : Tableau et carte représentant la menace « Erosion » sur les cordons littoraux de la rade de Brest.

Spartina alterniflora produit des semences viables mais se multiplie aussi végétativement par boutures des rhizomes. La colonisation des différents marais maritimes par la spartine s'effectue donc soit par dissémination naturelle des semences, transportées de site en site par les courants de marée, soit par échouage de boutures sur de nouvelles zones de slikke ou de schorre. Par conséquent, tous les marais de la rade se trouvent potentiellement sous la menace de la

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

spartine. Les seuls sites sur lesquels la menace est faible sont les marais saumâtres artificiels et les zones abritées par des cordons de barrage, où la connexion avec la mer est limitée et empêche l'échouage de rhizomes ou la dissémination naturelle des semences de spartine. La menace est forte sur les sites où l'invasive est d'ores et déjà installée. Elle est très forte là où elle dispose encore d'une forte marge de progression et où elle menace le petit statice.

La figure 80 présente les superficies occupées par la spartine sur chacun de nos sites d'étude.

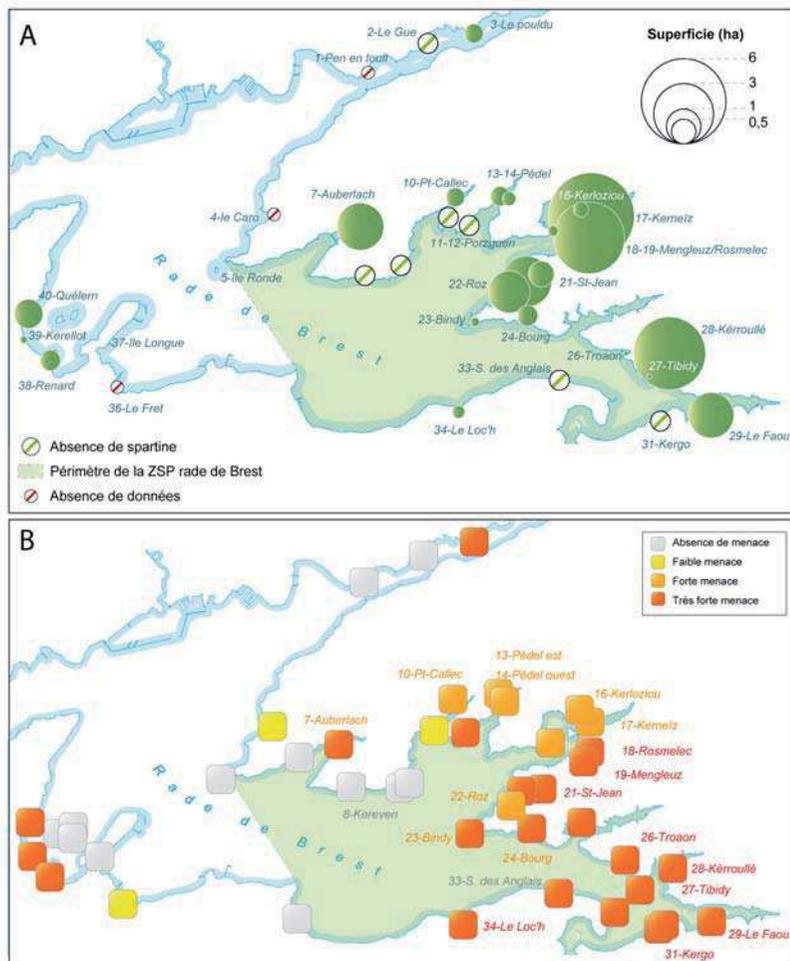


Figure 80 : Superficies ZSP occupées par la spartine alterniflore sur les différents sites d'étude (A) et niveaux de menace par site (B).

C- Les pressions anthropiques

Les pressions anthropiques qui s'exercent sur les cordons littoraux et les marais maritimes de la rade sont nombreuses et variées. Le tableau 3 en dresse une liste non exhaustive.

La fréquentation apparaît comme une pression anthropique forte en rade de Brest. D'une manière générale, elle s'explique par une très grande facilité d'accès aux rivages quels que soient les moyens de transport utilisés. Ainsi, le nombre important de cales ou de voies routières débouchant directement sur l'estran y facilite l'accès par les véhicules automobiles. La multiplication des sentiers côtiers accroît la fréquentation pédestre (ou équestre) de sites jusqu'alors à l'écart de parcours de randonnée. Une surfréquentation des cordons littoraux et des marais maritimes est susceptible d'entraîner une dégradation des habitats, une érosion des cordons, un dérangement de l'avifaune.

L'artificialisation importante des rivages de la rade a également un impact sur le fonctionnement naturel des cellules hydrosédimentaires. La présence d'ouvrages perpendiculaires au trait de côte (cales, épis, digues) entraînent des effets de blocage des sédiments sensés alimenter les cordons littoraux. Les murets et enrochements installés en pied de falaise réduisent les volumes déjà faibles de matériel délivrés à la côte. La présence d'enrochements sur les cordons favorise leur érosion et dégrade les qualités paysagères des sites. Les remblais réduisent la superficie des zones humides littorales.

Les usages du littoral dans le cadre de la plaisance ou d'activités professionnelles se traduisent par des nuisances diffuses, responsables d'une dégradation des habitats, d'un dérangement de la faune, d'une détérioration des qualités paysagères des sites.

Enfin, la pollution des eaux contribue à une dégradation des qualités écologiques des marais maritimes, lorsque ces derniers se situent au débouché de bassins versants urbanisés ou mis en culture.

L'impact des actions humaines défini comme le degré de pression anthropique sur les différents sites d'étude a été considéré comme inexistant dans les secteurs aujourd'hui totalement artificialisés (cordon artificialisé et marais remblayé) (figure 81). L'impact a été considéré comme « faible » sur les sites très peu fréquentés et/ou difficile d'accès, même si la création de nouveaux sentiers côtiers peut accroître les pressions de type « dérangement » dans ces secteurs.

Type de pression	Milieux	Nature des impacts	Degré des impacts
Fréquentation			
Fréquentation pédestre	Cordon	Impact morphologique (abaissement de la crête par tassement, érosion localisée sur le revers ou au sommet des cordons)	Faible
		Piétinement et dégradation des habitats	Faible
		Dérangement éventuel de l'avifaune	Variable
	Marais maritime	Impact sur la faune : Dérangement éventuelle de l'avifaune	Variable
Fréquentation équestre	Cordon	Impact morphologique (abaissement de la crête par tassement, érosion localisée sur le revers ou au sommet des cordons)	Fort
		Piétinement et dégradation des habitats	Fort
		Dérangement éventuel de l'avifaune	Variable
	Marais maritime	Impact sur la faune : Dérangement éventuelle de l'avifaune	Variable
Fréquentation automobile	Cordon	Impact morphologique (abaissement de la crête par tassement, érosion localisée sur le revers ou au sommet des cordons)	Très fort
		Dégradation des habitats	Très fort
		Dérangement éventuel de l'avifaune	Variable
Aménagements côtiers			
Ouvrages perpendiculaires au trait de côte (épis, cales,...)	Cordon	Blocage du transit sédimentaire en direction des flèches responsable de la cannibalisation des cordons	Très fort
Ouvrages parallèles au trait de côte (enrochements, murets)	Cordon	Artificialisation du milieu Dégradation des qualités paysagères Perturbation du fonctionnement naturel des cordons et de leur capacité de récupération après une tempête	Variable
	Falaises voisines	Arrêt de l'alimentation sédimentaire du littoral par stabilisation de la falaise	Variable
Remblaiement	Cordon	Artificialisation du milieu Dégradation des qualités paysagères Diminution des superficies d'habitats Modification du fonctionnement hydro-sédimentaire du marais	Très fort
	Marais maritime	Artificialisation du milieu Diminution des superficies d'habitats Modification du fonctionnement hydro-sédimentaire du marais	Très fort
Usages du littoral			
Plaisance	Marais maritime	Dégradation des habitats par les dispositifs d'ancrage Dégradation des qualités paysagères par la présence de zone de mouillage sauvages, d'aires de dépôt des embarcations	Faible
Ostréiculture	Estran, cordon littoral, marais maritime	Décharge sauvage et macro-déchets Fréquentation des cordons par les engins Déblaiement/remblaiement Prélèvements sédimentaires ? Ouvrages en dur (bassins, cales, ...)	Faible à très fort
Pollutions des eaux			
Rejets urbains dans le bassin-versant	Marais maritime	Dégradation des qualités écologiques, eutrophisation, par la présence de TBT, d'Hydrocarbures (HAP), de détergents, de PCB, de micro-polluants organiques (diuron)	Inconnu
Activités agricoles dans le bassin-versant	Marais maritime	Dégradation des qualités écologiques, eutrophisation et présence de micro-polluants organiques (atrazine, DEA) liée à l'utilisation de produits phytosanitaires	Inconnu
Pollutions des eaux côtières	Marais maritime	Dégradation des qualités écologiques par la présence de TBT, d'Hydrocarbures (HAP), de détergents, de PCB, de micro-polluants organiques (atrazine, DEA, diuron)	Inconnu

Tableau 3 : Pressions anthropiques sur les cordons littoraux et les marais maritimes de la rade de Brest.

En revanche, cet impact est « fort » sur les sites où l'un des éléments du couple cordon/marais est potentiellement soumis à une pression anthropique. Enfin, il est considéré « très fort » sur les secteurs où les actions humaines ont un impact sensible sur le fonctionnement actuel des milieux.

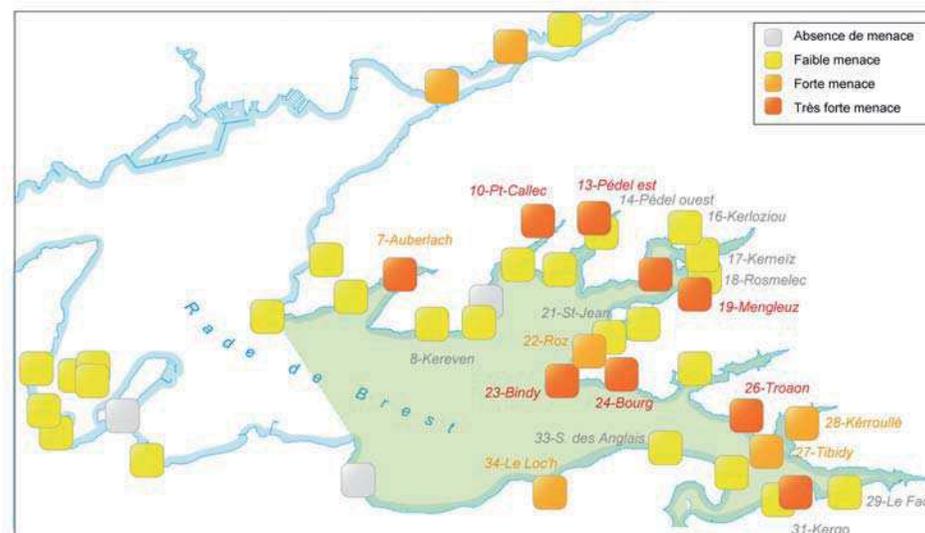


Figure 81 : Degré de menace anthropique sur les sites d'étude.

4-DEFINITION DES PLAN D'ACTION

4-1-Les priorités d'action

A- Lutter contre l'érosion des cordons littoraux

Là où l'érosion est essentiellement d'origine naturelle, elle résulte d'une situation de pénurie sédimentaire qui peut être résolue par des **rechargements** ponctuels de matériel sur l'estran (exemple de la plage de Sainte-Anne-du-Portzic). Ce type d'opération est courant sur les rivages français, mais suppose une bonne définition des volumes, de la granulométrie et de la nature du matériel à apporter à la côte. Des rechargements peuvent également être envisagés dans les secteurs ayant fait l'objet de prélèvements massifs dans le passé.

L'impact érosif des tempêtes peut lui aussi être atténué par des techniques de **reprofilage** des cordons et un apport de matériel en haut des édifices. Ces opérations limitent la fréquence des

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

épisodes de franchissement des cordons par les vagues et empêche le cordon de reculer vers l'intérieur des terres. Ce type d'opération peut également être mené ponctuellement suite à l'ouverture éventuelle d'une brèche dans les accumulations, ou lorsqu'une fréquentation excessive des cordons a entraîné un abaissement de la crête.

Là où l'érosion des cordons littoraux est liée à un blocage des transits sédimentaires par des ouvrages côtiers de type cale, plusieurs solutions peuvent être envisagées. L'effet de blocage peut être atténué en :

- 1- assurant artificiellement des transferts de sédiments d'un côté à l'autre de l'ouvrage. Ce type d'opération ponctuelle devrait s'avérer peu coûteux au vu des faibles volumes à déplacer. Dans la plupart des secteurs de la rade, le transfert annuel de quelques dizaines de mètres cube en aval des ouvrages devrait être suffisant pour contrer leurs effets négatifs.
- 2- remplaçant les ouvrages existants par des structures *by-pass* (perméables), assurant la continuité du transit sédimentaire. Des cales sur pilotis assurent, par exemple, un accès facile à l'éstran sans perturber le transit sédimentaire côtier (exemple de la cale d'appontage de l'île de Quéménès). La mise en place de ce type d'ouvrage devra être préconisé à l'avenir.

Enfin, il convient de limiter au maximum l'artificialisation des rivages de la rade et la construction de murets et enrochements au pied des falaises meubles. En effet, ces ouvrages privent les cordons littoraux d'apports sédimentaires et sont localement responsable de leur érosion.

B- Lutter contre la progression de la spartine

Les solutions possibles

Sparfel *et al.* (2005) ont récemment mené une réflexion sur les moyens de lutte contre la progression de la spartine dans les marais maritimes de la rade de Brest. De cette étude, il ressort que de nombreuses techniques ont été d'ores et déjà mises en œuvre en France et à l'étranger.

Le traitement par herbicide, généralement à base de glyphosate, est le plus répandu. Cette méthode a été utilisée dans le parc naturel de Northumberland en Grande-Bretagne (Garnett *et al.*, 1992), mais également aux États-Unis et en Australie. Si elle s'avère efficace, elle présente un coût économique important et a des impacts écologiques qui restent à déterminer précisément (Davey, 1993).

Les techniques visant à la **destruction par fauchage** (Daehler, 1996), ou par enfouissement, peuvent être très efficaces. Le labourage au rotolabour, suivi d'épandage de chaux a également été utilisé en baie de Somme (Sournia *et al.*, 2000).

Rappelons enfin les techniques reposant sur la lutte biologique par **introduction d'insectes phytophages** tels que *Prokelisia marginata*. Cette méthode vient d'être mise en œuvre dans la baie de Willapa (Washington) sur des prairies de *Spartina alterniflora* (Grevstad *et al.*, 2003).

Inconvénients

Quel que soit le type de traitement envisagé, toutes les études montrent qu'une fois la plante installée sur de grandes superficies, son éradication est impossible ou indésirable, puisqu'elle risquerait d'avoir des conséquences néfastes sur les autres composantes des milieux estuariens.

Les méthodes mécaniques à grande échelle impliquent une circulation d'engins difficile à mettre en œuvre sur les vases de la rade de Brest. Quant à l'emploi d'herbicides, au-delà même de ses réglementations environnementales interdisant leur utilisation, leur efficacité s'avère faible à partir du moment où le but de l'intervention se veut sélectif et vise à préserver au moins une espèce végétale.

Localement, des solutions à grande échelle ou de type préventif peuvent toutefois donner des résultats. C. Daehler et D. Strong (1996) citent le cas du Puget Sound (côte ouest des États-Unis) où *Spartina alterniflora* ne parvient pas à se répandre, car dès leur apparition, les touffes sont systématiquement recouvertes de bâches de plastique noir et s'en trouvent étouffées. En rade de Brest, le Conservatoire Botanique National de Brest a testé cette méthode, ou celle qui consiste à entourer les secteurs colonisés par le *Limonium humile* de plaques de PVC profondément enfoncées dans la vase, de manière à empêcher la propagation de la Spartine par extension des rhizomes (Quéré et Magnanon, 1998 ; Quéré et Magnanon, 2000). Les résultats sont satisfaisants, mais exigent un suivi et des interventions réguliers et ne peuvent concerner que de petites superficies.

Mesures à préconiser

L'étude de Sparfel *et al.* (2005) montre que dans certains secteurs, l'hydrodynamisme, et par voie de conséquence la nature grossière du substrat, freinent l'implantation massive de la Spartine. C'est d'ailleurs sur ce type de substrat que Quéré (2009) a mis en évidence une progression significative du *Limonium humile* ces dernières années. Toutefois les quelques touffes présentes sont appelées à s'étendre ne serait-ce que parce qu'elles vont favoriser l'atterrissement de vase. En ces lieux, une mesure conservatoire simple consisterait à détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de Spartines présentes et à évacuer les poches de vase qui les supportent.

Une première mesure à préconiser reviendrait à identifier tous les secteurs où l'hydrodynamisme et d'autres facteurs limitants s'opposent à la colonisation inéluctable par la Spartine, et à y appliquer les mesures préconisées ci-dessus.

C- Maîtriser la fréquentation et ses nuisances

Une fréquentation excessive des cordons et des marais peut entraîner une érosion des sillons, une dégradation des habitats, un dérangement de la faune, et la disparition d'espèces animales ou végétales à plus ou moins long terme sur les sites.

Limiter l'accès des sites aux véhicules automobiles constitue l'une des actions à mener en priorité. Pour cela, il conviendrait, dans un premier temps, d'identifier les secteurs les plus fréquentés et de mettre en place des installations adaptées (plots, barrières, signalétique) pour réduire l'accès de l'estran.

Limiter le dérangement de l'avifaune constitue également une action prioritaire. Si les vasières et les prés salés des marais maritimes ne sont pas des lieux très fréquentés, le passage de promeneurs à quelques centaines de mètres de ces milieux suffit à déranger les oiseaux hivernants. A ce titre, la création de sentiers côtiers dans les secteurs de Kérroullé est-elle problématique. On peut s'interroger sur la menace potentielle que représentent ces nouveaux sentiers sur l'avifaune, à plus forte raison lorsqu'ils sont créés dans des secteurs restés jusqu'à présent à l'écart des grands itinéraires de randonnée et qui constitue des sites de refuge pour certaines populations d'oiseaux. L'une des mesures à préconiser serait la révision de certains sentiers et le contournement des espaces les plus fréquentés par l'avifaune. Au préalable, il serait également nécessaire d'engager des études sur la répartition des limicoles et anatidés sur les sites littoraux de la rade, ainsi que d'estimer les flux de promeneurs sur les sentiers qui jouxtent les secteurs d'importance avifaunistique.

4-2-Les sites d'intervention prioritaire

En croisant la valeur patrimoniale des sites avec les diverses menaces pesant sur ce patrimoine, il est possible de définir les secteurs sur lesquels apparaissent des enjeux de gestion forts et sur lesquels il convient d'intervenir en priorité (figure 82).

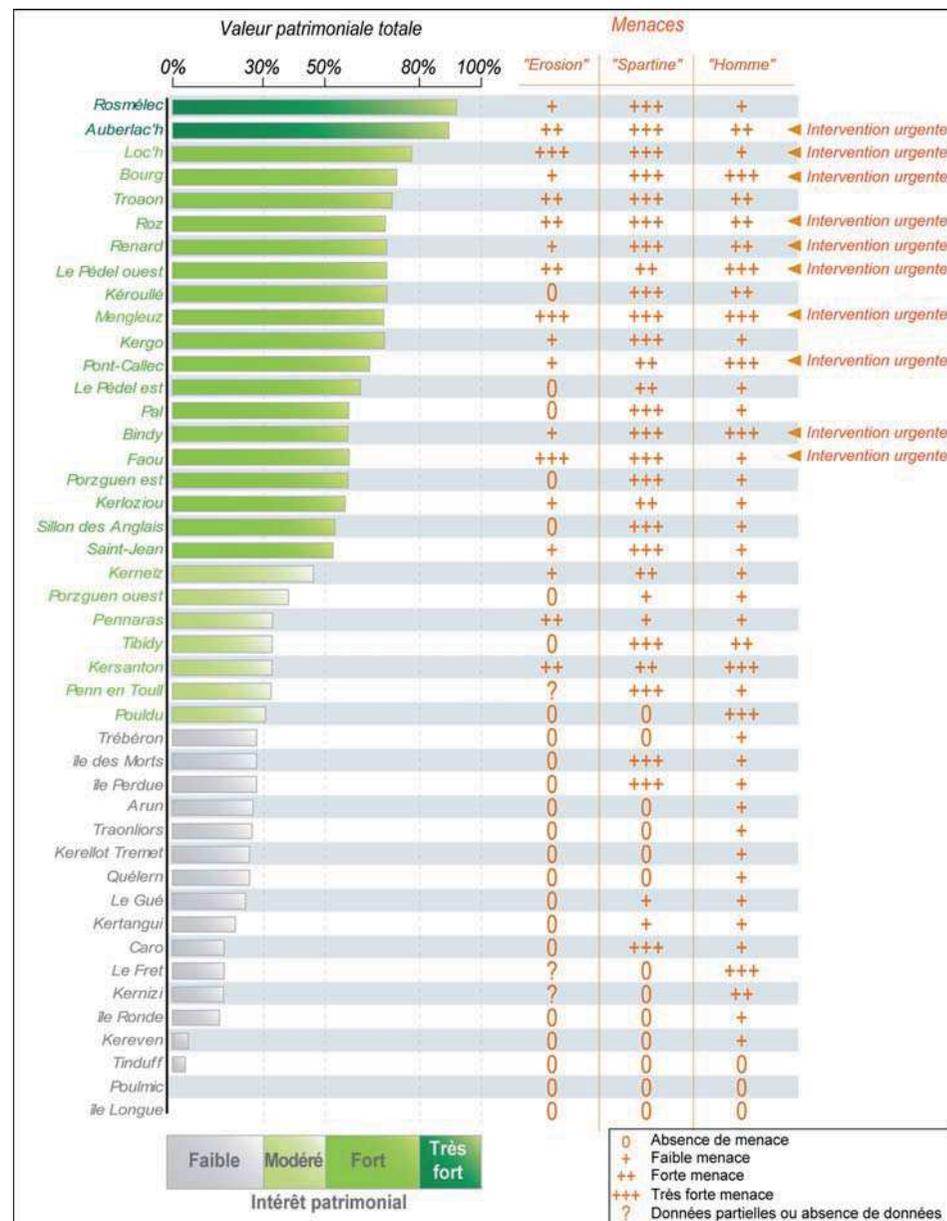


Figure 82 : Croisement de la valeur patrimoniale et des menaces sur les sites d'étude.

Dix sites nécessiteraient des interventions urgentes :

- L'Auberlac'h
- Mengleuz
- Le Loc'h
- L'anse du Bourg
- Le double tombolo du Renard
- L'anse du Roz
- Le Pédel ouest
- Le Faou
- Le Bindy
- Pont-Callec

Le tome 2 de cette étude sera consacré à la description détaillée des sites d'étude, à une présentation des dynamiques récente et actuelle des cordons littoraux et des marais maritimes, à une évaluation patrimoniale individuelle et à une analyse des enjeux de gestion et des mesures de sensibilisation, conservation et/ou restauration à préconiser.

4-3-La maîtrise foncière et les opérateurs locaux

En rade de Brest, les opérateurs locaux sont nombreux (figure 83). La maîtrise foncière sera présentée sous la forme de cartes détaillées pour chacun des sites nécessitant une intervention urgente.

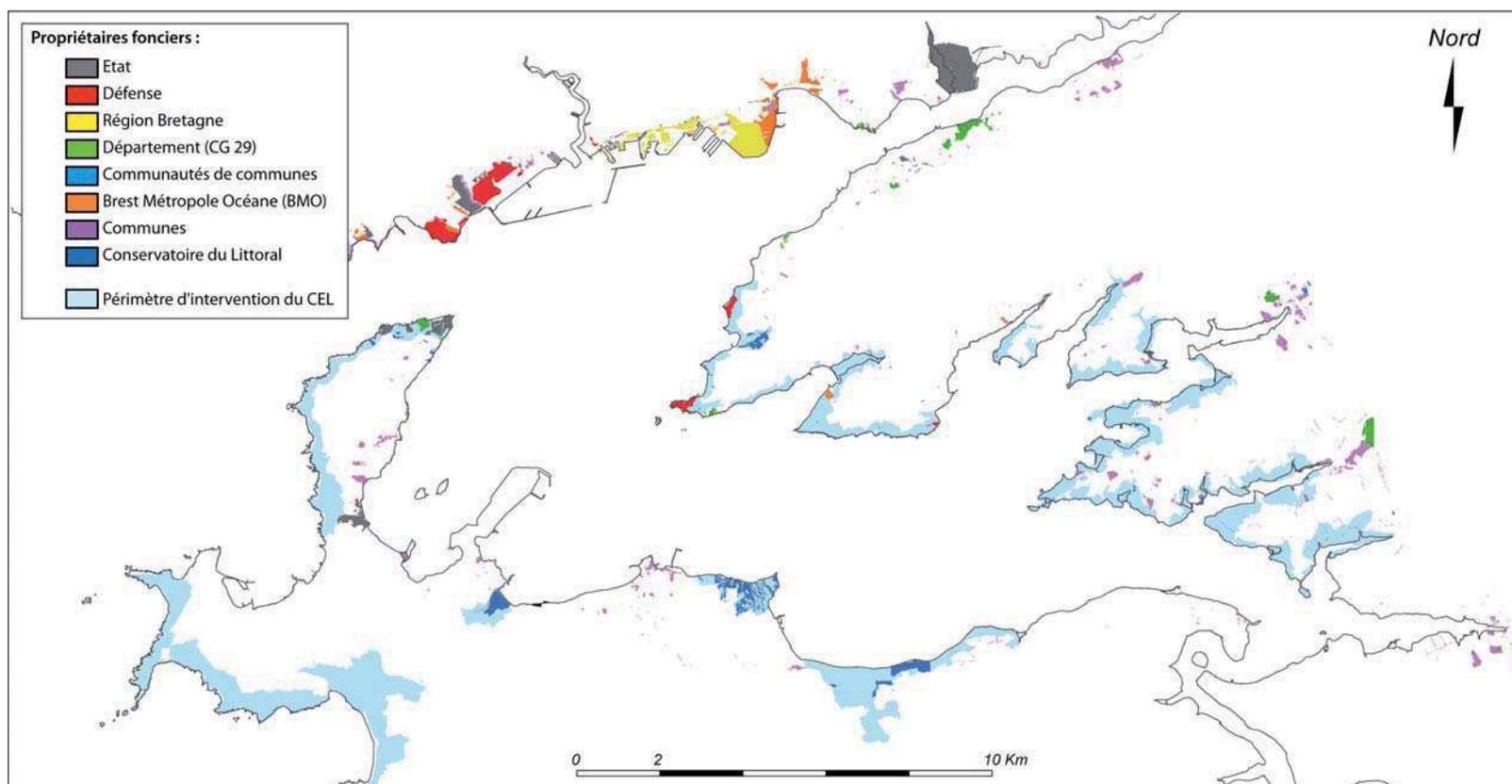


Figure 83 : Opérateurs locaux sur le littoral de la rade de Brest

REFERENCES

- Anras L., Blachier P., Hussenot J., Lagardère J.-P., Lapouyade P., Massé J., Poitevin B., Rigaud C. (2004) – *Les marais salés atlantiques, mieux connaître pour mieux gérer*, Cahier technique, Forum des marais atlantiques, Rochefort, juillet 2004, 76p.
- Auffret G. (1983) - *Dynamique sédimentaire de la marge continentale celtique*, Thèse de doctorat d'Etat en Géographie, Université de Bordeaux I, Bordeaux, 335 p.
- Berthois L., Auffret G., (1969) - Contribution à l'étude des conditions de sédimentation dans la rade de Brest. Chapitre 2. Dynamique des dépôts littoraux, *Cahiers Océanographiques.*, 5, 469-485.
- Bougault C., Hardegen M., Quéré E., (2004) – *Site Natura 2000 n°46. Rade de Brest, Estuaire de l'Aulne. Inventaire et cartographie des habitats terrestres et des espèces végétales d'intérêt communautaire*, Conservatoire Botanique National de Brest, Direction Régionale de l'Environnement, 177 p.
- Costa S. (2005) - *Falaises à recul rapide et plages de galets : de la quantification des dynamiques d'un système complexe à la caractérisation des risques induits*, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Département de Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 310 p.
- Daehler C., Strong D. (1996) – Status, prediction and prevention of introduced cordgrass *Spartina* spp. Invasions in Pacific estuaries, USA, *Biological Conservation*, vol. 78, p. 51-58.
- Daehler C. (1996) – *Spartina invasions in Pacific estuaries : biology, impact, and management, Proceedings of Symposium on non-indigenous Species in Western Aquatic Ecosystems*, Portland State Univ. Lakes and Reservoirs Prog. 96, Systema editor, 8 p.
- Davey P. (1993) – *Spartina : eliminating the root of the problem*, *Enact, Managing land for the wildlife*, vol. 1, n° 3, p. 7.
- Donelan M.A. (1992) - A simple method for calculating the velocity field beneath irregular waves, *Coastal Engineering*, 16, 4, 399-424.
- Fichaut B. (1984) - *Réactualisation de la sédimentologie de la rade de Brest*, Thèse de doctorat en Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 215 p.
- Garnett R. P., Hiron G., Evans C., O'Connor D. 1992. – The control of *Spartina* (cord-grass) using glyphosate, *Aspects of Applied Biology*, vol. 29, p. 359-364.
- Goodfellow, B.W., Stephenson, W.J. (2005) - Beachmorphodynamics in a strong-wind bay: a low-energy environment?, *Marine Geology*, 214, 101-116.
- Grevstad F. S., Strong D. R., Garcia-Rossi D., Switzer R. W., Wecker M. S. (2003) – Biological control of *Spartina alterniflora* in Willapa Bay, Washington using the planthopper *Prokelisia marginata* : agent specificity and early results, *Biological Control*, n° 27, p. 32-42
- Guilcher A., Vallantin P., Angrand J.P., Galloy P. (1957) - Les cordons littoraux de la rade de Brest, *Cahiers Océanographiques*, 1, 21-54.
- Guilcher A., Berthois L. (1957) - Cinq années d'observations sédimentologiques dans quatre estuaires-témoins de l'ouest de la Bretagne, *Revue de Géomorphologie Dynamique*, 8, 67-86.
- Guilcher A., Adrian B., Blanquart A. (1959) - Les "queues de comète" de galets et de blocs derrière des roches isolées sur les côtes Nord-Ouest et Ouest de la Bretagne, *Norois*, 22, 125-145.
- Guilcher A. (1948) – *Le relief de Bretagne méridionale de la Baie de Douarnenez à la Vilaine*, Thèse de doctorat, Université de Paris, La Roche-sur-Yon, Ed. H. Potier, 682 p.
- Guilcher A., Bodéré J.-C., Hallégouët B. (1990) - Coastal evolution in western, southeastern and northern Brittany as a regional test of impact of sea level rise, *Journal of Coastal Research*, SI 9, 67-90.
- Hallégouët B., Morel V. (1994) - Flèches en chicanes, évolution du complexe du Loc'h en rade de Brest, *Penn ar Bed*, 152, 20-31.
- Hallégouët B. (1971) - *Le Bas-Léon. Etude géomorphologique*, Thèse de doctorat en Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 347 p.
- Hardegen M., Brindejone O., Mady M., Quéré E., Ragot R., (2009) – *Liste rouge régionale des plantes vasculaires rares et en régression en Bretagne*. Rapport CBN de Brest - DIREN – Région (à paraître)
- Hénaff A., Le Berre I. (2003) - Fonctionnement hydro-sédimentaire et artificialisation du littoral. Le cas de la côte occidentale du Finistère, *Cahiers Nantais*, 59, 75-88.
- Hénaff A. (1998) - *Morphologie dynamique et budget sédimentaire des estrans meubles de la façade occidentale de la Presqu'île de Crozon, de l'anse de Combrit et de l'anse du Pouldu*, Thèse de doctorant en Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest,
- Jackson N.L., Nordstrom K.F., Eliot I., Masselink G. (2002) - Low energy" sandy beaches in marine and estuarine environments: a review, *Geomorphology*, 48, 147-162.
- Jussy M., Guilcher A. (1962) - Les cordons littoraux entre la presqu'île de Quiberon et l'estuaire de la Vilaine (Golfe du Morbihan exclu), *Cahiers Océanographiques*, 14, 543-572.

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

Magnanon S., 1993 – Liste rouge des espèces végétales rares et menacées du Massif armoricain. *E.R.I.C.A.*, n° 4, pp. 1-22.

Morel V. (1993) - *Méthode d'étude de protection naturelle du littoral par les cordons de galets en rade de Brest, l'exemple de quatre flèches de galets en rade de Brest (le Loc'h de Landévennec, le sillon des Anglais, le Pal, le sillon de l'Auberlac'h)*, Mémoire de D.E.A. de Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 80 p.

Morel V. (1997) - *De la géomorphologie à la gestion des cordons de galets littoraux de bassin de la Manche et de ses abords : études de cas (Bretagne, Haute-Normandie, sud Angleterre) et réflexions générales*, Thèse de doctorat en géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 386 p.

Nordstrom K.F. (1989) - Erosion control strategies for bay and estuarine beaches, *Coastal Management*, 17, 25-35.

Orford J.D., Carter R.W.G., Jennings C.S. (1996) - Control domains and morphological phases in gravel-dominated barriers of Nova Scotia, *Journal of Coastal Research*, 12, 3, 589-604.

Pinot J-P. (1961) - *Les accumulations littorales entre la rade de Perros-Guirec et la rivière de Tréguier*, thèse de 3e cycle, Université de Paris, 233 p.

Pinot J-P. (1963) - Quelques accumulations de galets de la côte trégoroise, *Annales de Géographie*, 389, 17-31.

Quéré E., magnanon S. (1998) – *Étude des populations de Limonium humile en rade de Brest – bilan des trois années de suivi, proposition de mesures de gestion*, Conservatoire Botanique National de Brest, Rapport pour la CUB – Cellule Rade, non publié, 18 p.

Quéré E., Magnanon S. (2004) – *Les population de Limonium humile de la rade de Brest*, Conservatoire Botanique National de Brest, Communauté Urbaine de Brest, 79 p.

Quéré E., Magnanon S., Ragot R., Gager L., Hardy F. (2008) – *Atlas de la flore du Finistère. Flore vasculaire*, Ed. Siloë, coll. Atlas floristique, Nantes, 693 p.

Quéré E. (2009) – *Vingt ans de suivi et de conservation du Limonium humile Miller en rade de Brest. Bilan 2009*, Conservatoire Botanique National de Brest, Brest Métropole Océane, 96 p.

Quéré E., Magnanon S., (2000) – *La sauvegarde des populations de Limonium humile en rade de Brest*, Conservatoire Botanique National de Brest, Rapport pour la CUB, non publié, 14 p.

SAUM (1977) - *Schéma d'Aptitude et d'Utilisation de la Mer, étude analytique et méthodologique*, Département du Finistère, DDE, 169 p.

Sournia A., Fagot C., Triplet P., Desprez M. (2000) – *Contrôle de la Spartine en baie de Somme : contribution à la réflexion*, Syndicat mixte pour l'aménagement de la côte picarde/GEMEL Picardie/RAMSAR/Réserve naturelle de la baie de Somme, 89 p.

Sparfel L. (2004) – *Progression de la Spartine (Spartina alterniflora) et dynamique sédimentaire en rade de Brest (Finistère) : de la mesure à la réponse gestionnaire. Ces des sites de Pont-Callec, le Pédel et Mengleuz*, Mémoire de Maîtrise, Université de Bretagne Occidentale, 217 p.

Sparfel L., Fichaut B., Suanez S. (2005) – Progression de la Spartine (Spartina alterniflora Loisel) en rade de Brest (Finistère) entre 1952 et 2004 : de la mesure à la réponse gestionnaire, *Noroi*, 196, 109-123.

Stéphan P., Suanez S., Fichaut B. (2005a) – Impacts de l'anthropisation sur l'évolution morphosédimentaire d'un système littoral de flèches en chicane, le Sillon de Mengleuz à Logonna-Daoulas en rade de Brest (Finistère), in : *Milieux littoraux, Nouvelles perspectives d'étude*, Ed. L'Harmattan, Paris, 95-114.

Stéphan P. (2004) - *Quelques données nouvelles sur la dynamique morphosédimentaire des cordons littoraux de la rade de Brest, les sillons d'Aod ar Mengleuz (Logonna-Daoulas) et du Loc'h (Landévennec)*, Mémoire de D.E.A. de Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 274 p.

Stéphan P. (2007) - Mobilité des cordons littoraux en rade de Brest, *Penn Ar Bed*, 199/200, 25-38.

Stéphan P. (2008) - Mobilité des cordons littoraux et submersions marines. Les flèches de galets de la rade de Brest (Bretagne, France), *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 12, 1-2, 161-178.

Stéphan P. (2008) – *Les flèches de galets de Bretagne : morphodynamiques passée, présente et prévisible*, Thèse de doctorat de Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 558 p.

Stéphan P. (2011) – *Les flèches de galets de Bretagne : évolution passée, présente et future*, Ed. L'Harmattan, Coll. Milieux naturels et Sociétés, Paris, 263 p.

Suanez S., Fichaut B., Magne R., Arduin F., Corman D., Stéphan P., Cariolet J.-M. (2011) – Changements morphologique et bilan sédimentaire des formes fuyantes en queues de comète de l'archipel de Molène (Bretagne France), *Géomorphologie : Relief. Processus. Environnement*, n° 2, 187-204

Wöppelmann G., Pouvreau N., Simon B. (2006) - Brest sea level record: a time series construction back to the early eighteenth century, *Ocean Dynamics*, 56, 487-497.

Yoni C. 1995 - *Dynamique des flèches dunaires à point libre de Bretagne*, Thèse de doctorant en Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 348 p.



ueb

université
de Bretagne
occidentale

Pierre STÉPHAN
Bernard FICHAUT
Serge SUANEZ

Les sillons de la rade de Brest et les marais maritimes associés

Tome 2

Janvier 2012



INSTITUT
UNIVERSITAIRE
EUROPÉEN
DE LA MER



Site n°7 – Auberlac'h



Figure 7A : Localisation du secteur de l'Auberlac'h.

1- Présentation du site

Le sillon de l'Auberlac'h barre presque intégralement l'anse de l'Auberlac'h, située sur la côte sud de la presqu'île de Plougastel-Daoulas (figures 7A et 7B). Il se situe à mi-distance entre l'extrémité est et ouest de l'anse. Cette configuration nous permet de parler de flèche de mi-baie.

Cette flèche est longue de 370 m. Sa mise en place est liée à la présence d'un petit saillant sur la rive nord qui contraint la dérive littorale à s'orienter vers le sud-est. En arrière du cordon s'étend l'étang de Saint-Adrien, dans lequel se jette le ruisseau Saint-Adrien. Cet étang se remplit et se vide à chaque cycle de marée par l'intermédiaire d'une passe très étroite, de 30 m de large environ. Le rétrécissement progressif de ce goulet de marée s'est effectué progressivement, en lien avec la progression de flèche vers le sud. Cette évolution a donné naissance à de puissants courants qui sont venus saper la rive sud de l'anse. Ces courants empêchent désormais l'allongement de la flèche vers le sud. Les galets transportés par la dérive littorale le long du sillon finissent par être emportés par ces courants. Ils viennent nourrir un vaste delta de jusant en bas de l'estran. Enfin, on peut observer un petit musoir, très aplati, ancré sur la rive sud de l'anse.



Figure 7B : Photographie du Sillon de l'Auberlac'h.

2-Evolution du site

A- Evolution récente et actuelle

Au cours des cinq dernières décennies, le Sillon de l'Auberlac'h a connu de longues périodes de stabilité se soldant par une avancée de la végétation au sommet du cordon, entrecoupées de quelques phases érosives marquées par le recul de l'édifice en direction de l'étang de Saint-Adrien. Ainsi, le recul moyen est estimé à 6 m entre 1952 et 2011 (figure 7C).

Sur le cordon, les déplacements sédimentaires s'effectuent le plus souvent entre la base et le sommet du cordon. En effet, les vagues arrivent de façon perpendiculaire à la côte, ce qui minimise les transits le long du Sillon.

L'évolution du sillon sur la période actuelle (2006-2011) se caractérise par de très faibles évolutions. Le dernier épisode tempétueux majeur (tempête cyclomoteur du 10 mars 2008) n'a eu qu'un impact limité sur le cordon (érosion du haut de plage). Les principaux mouvements sédimentaires sont enregistrés à la pointe de la flèche où les forts courants de flot et de jusant sont particulièrement rapides.

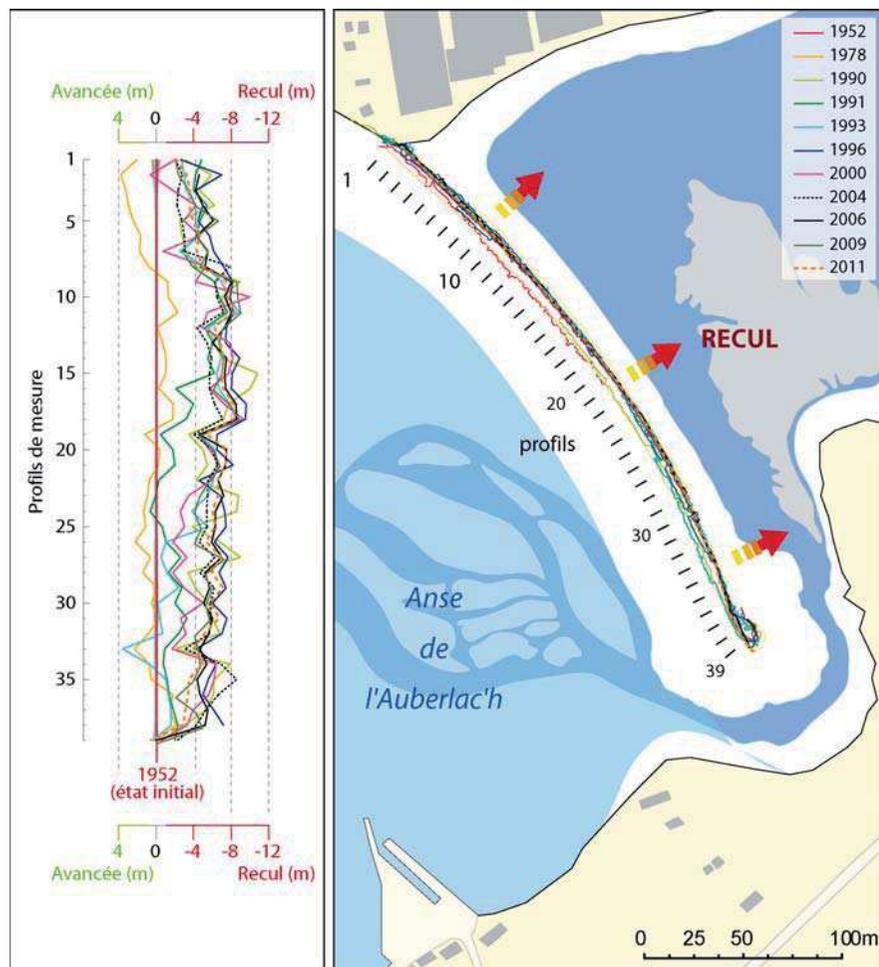


Figure 7C : Evolution récente du Sillon de l'Auberlac'h.

B- Chronologie des épisodes érosifs

Le Sillon de l'Auberlac'h a été affecté par un nombre réduit d'épisode de franchissement au cours des dernières décennies (figure 7D). Néanmoins, la forte tempête d'avril 1984 a ouvert une brèche dans la partie nord du Sillon. Cette brèche a été artificiellement colmatée par les services municipaux.

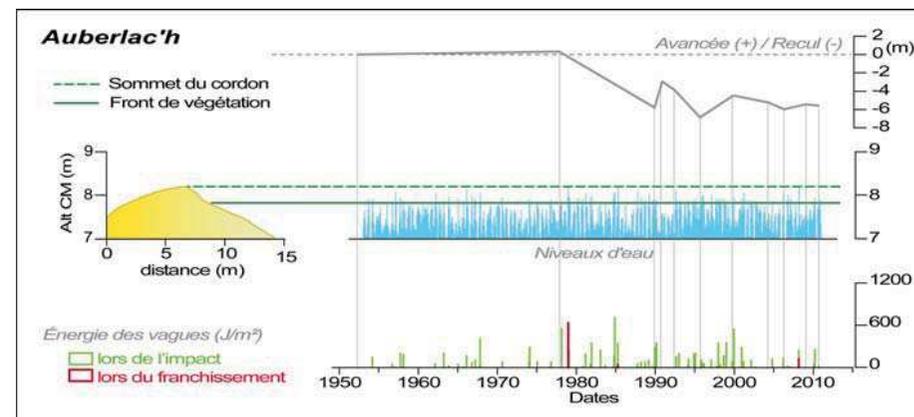


Figure 7D : Chronologie des épisodes érosifs sur le Sillon de l'Auberlac'h entre 1950 et 2011.

C- Impacts anthropiques passés

Le recul et l'ouverture d'une brèche reflète une situation de pénurie sédimentaire causée par les ouvrages côtiers, notamment le môle de l'Auberlac'h (figure 7E). Depuis sa construction en 1872, la jetée du port de l'Auberlac'h bloque les sédiments sensés rejoindre le Sillon. Ce blocage des sédiments a entraîné la formation naturelle d'une plage en amont de l'ouvrage. En aval, le manque de matériel s'est traduit par un recul du trait de côte et la mise en place d'enrochements pour protéger de l'érosion les terrains urbanisés. Voici plus d'un siècle et demi que la flèche de l'Auberlac'h est privée de son alimentation sédimentaire.

3-Les enjeux patrimoniaux

Le secteur de l'Auberlac'h présente la plus forte valeur patrimoniale des sites d'étude, avec une note globale de 90 % (figure 7F). Le site de l'Auberlac'h possède à la fois

A- Valeur géomorphologique

Le Sillon de l'Auberlac'h est l'un des cordons les plus massifs de la rade de Brest. Exceptionnelle à l'échelle des côtes bretonnes, cette flèche de mi-baie présente également un intérêt pédagogique manifeste, permettant d'apprécier les mécanismes de formation et d'évolution des cordons de galets en général. En arrière du Sillon, un vieux cordon très aplati s'étire du sud vers le nord. Il est le témoin d'un haut niveau marin passé et d'une ancienne ligne de rivage.

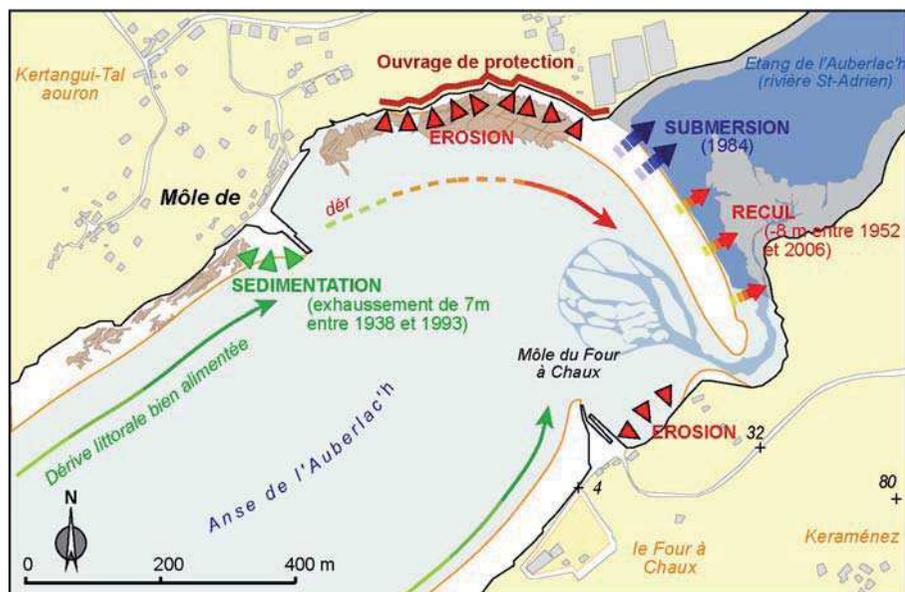


Figure 7E : Impact des ouvrages côtiers sur le fonctionnement hydrosédimentaire dans le secteur du Sillon de l'Auberlac'h.

B- Valeur écologique

L'étang de Saint-Adrien correspond à la zone abritée des vagues par le Sillon de l'Auberlac'h. Elle est l'une des zones d'arrière-cordon les plus vastes de la rade et couvre une superficie d'environ 30 ha. Cette zone humide présente une très forte valeur écologique.

D'un point de vue floristique, les rives de l'étang comptent plusieurs stations de *Limonium humile* regroupant chacune un nombre élevé de pieds. On y rencontre également la passerage des champs, une espèce rare à l'échelle de la Bretagne.

En terme d'habitat, quatre habitats d'intérêt communautaire différents sont rencontrés et représentent 37 % de la surface totale du secteur (figures 7H et 7I). En marge de l'étang, s'étendent quelques prairies mésophiles, rarement inondées où se retrouve la passerage des champs.

Enfin, ce secteur présente un grand intérêt avifaunistique. Le cordon littoral et le marais maritime constituent des zones de reposoir et d'alimentation pour les anatidés et les limicoles d'intérêt européen.

7- AUBERLAC'H (90 %)

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal (en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)	3	4	12
A2. Intérêt géomorphologique secondaire (présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)	1	2	2
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	3	3	9
TOTAL			23 <small>Sur 23</small>
			100%

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée (<i>Limonium humile</i>)	1	2	2
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	1	1	1
TOTAL			3 <small>Sur 3</small>
			100%

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats (nombre d'habitats d'intérêt communautaire)	2	2	4
B2.2. Richesse des habitats (part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)	1	2	2
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional (mégaphorbiaie, roselière,...) notamment au titre de la protection des zones humides	1	1	1
TOTAL			7 <small>Sur 13</small>
			54%

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	1	1	1
TOTAL			5 <small>Sur 6</small>
			83%

Figure 7F : Evaluation du patrimoine géomorphologique et écologique du secteur de l'Auberlac'h.

C- Autre

Le secteur de l'Auberlac'h présente des qualités paysagères remarquables. Le Sillon est l'un des plus connus de la rade de Brest. Il est le support à différentes activités de loisirs (baignade estivale, pêche à pied, pêche à la ligne, randonnée et promenade). Il est parfois utilisé comme une aire d'échouage de bateaux de plaisance.

4-Les principales menaces

A- Erosion côtière

L'érosion du Sillon de l'Auberlac'h est une menace d'autant plus importante qu'une brèche s'est d'ores et déjà ouverte dans le cordon en 1984 à l'occasion d'une forte tempête. Jusqu'à présent, le recul de cette flèche s'effectue de manière épisodique. Toutefois, l'absence d'apports sédimentaires frais entraîne une fragilisation progressive du cordon. On peut donc craindre l'ouverture d'une nouvelle brèche à l'avenir. Si cette barrière protectrice venait à disparaître, l'étang de Saint-Adrien connaîtrait d'importantes transformations écologiques (dégradation des habitats,...). L'origine de cette érosion remonte à la construction du môle de l'Auberlac'h qui bloque les sédiments en transit vers la flèche.

B- Spartine

La spartine est présente dans le secteur de l'Auberlac'h et couvre une superficie d'environ 1,8 ha. Elle constitue une menace potentielle d'autant plus forte qu'elle est susceptible de progresser sur les stations à *Limonium humile*. Jusqu'à présent, l'invasive est restée cantonnée aux parties les plus internes de l'étang de Saint-Adrien où le substrat est plus vaseux, ce qui a été propice à sa progression. Toutefois, l'espèce pourrait s'étendre à l'ensemble des rives à plus ou moins long terme.

C- Pressions anthropiques sur le site

L'effet de blocage des sédiments causé par le môle de l'Auberlac'h constitue la plus forte pression anthropique sur le fonctionnement naturel de ce secteur.

Actuellement, le Sillon de l'Auberlac'h fait l'objet d'une fréquentation pédestre relativement importante. Accessoirement, le secteur fait également l'objet d'une fréquentation équestre. Sur la crête, la végétation est dégradée par le piétinement. Le passage des randonneurs peut induire, très localement, un abaissement topographique du cordon. Toutefois, il ne représente pas une menace forte.

Une partie de la rive nord de l'étang de Saint-Adrien est bordée par un sentier côtier pouvant induire un dérangement de l'avifaune en hiver.

5-Plan d'action

A- Maîtrise foncière et opérateurs locaux (figures 7J et 7K)

B- Types d'action à mener

Mesures de sensibilisation

- 1-Mener des actions de sensibilisation et de mise en valeur du patrimoine géomorphologique et écologique auprès des riverains, des randonneurs, des baigneurs.
- 2-Réaliser des panneaux d'information à visée pédagogique sur la formation et la dynamique du Sillon de l'Auberlac'h.
- 3-Sensibiliser les randonneurs et le personnel des centres équestres sur la dégradation éventuelle des cordons par le piétinement.

Mesures de conservation

Menace érosion

- 1-Assurer artificiellement des transferts de sédiments d'un côté à l'autre du môle de l'Auberlac'h. Il s'agira de prélever ponctuellement un volume sédimentaire accumulé à l'ouest de l'ouvrage et de le déverser en haut de plage en aval de l'ouvrage. Une attention devra être portée sur le volume et la fréquence de ces transferts, sur l'emplacement exact du dépôt en aval de l'ouvrage (position sur l'estran, localisation). Ces opérations aboutiront à la disparition de la plage située en amont de l'ouvrage.
- 2-Assurer un suivi post-tempête du Sillon pour surveiller l'apparition de points de faiblesse au sommet du cordon susceptible d'évoluer en brèche.
- 3-Colmater les brèches artificiellement à l'occasion d'épisode érosif extrême à partir du matériel déversé sur le revers et/ou transféré en bas de plage.

Menace spartine

1- Surveiller l'apparition de nouvelles tâches de spartine le long des rives de l'étang de Saint-Adrien.

2-Détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de spartine présentes localement sur les substrats gravo-vaseux.
3-Evacuer les poches de vase qui supportent les spartines.

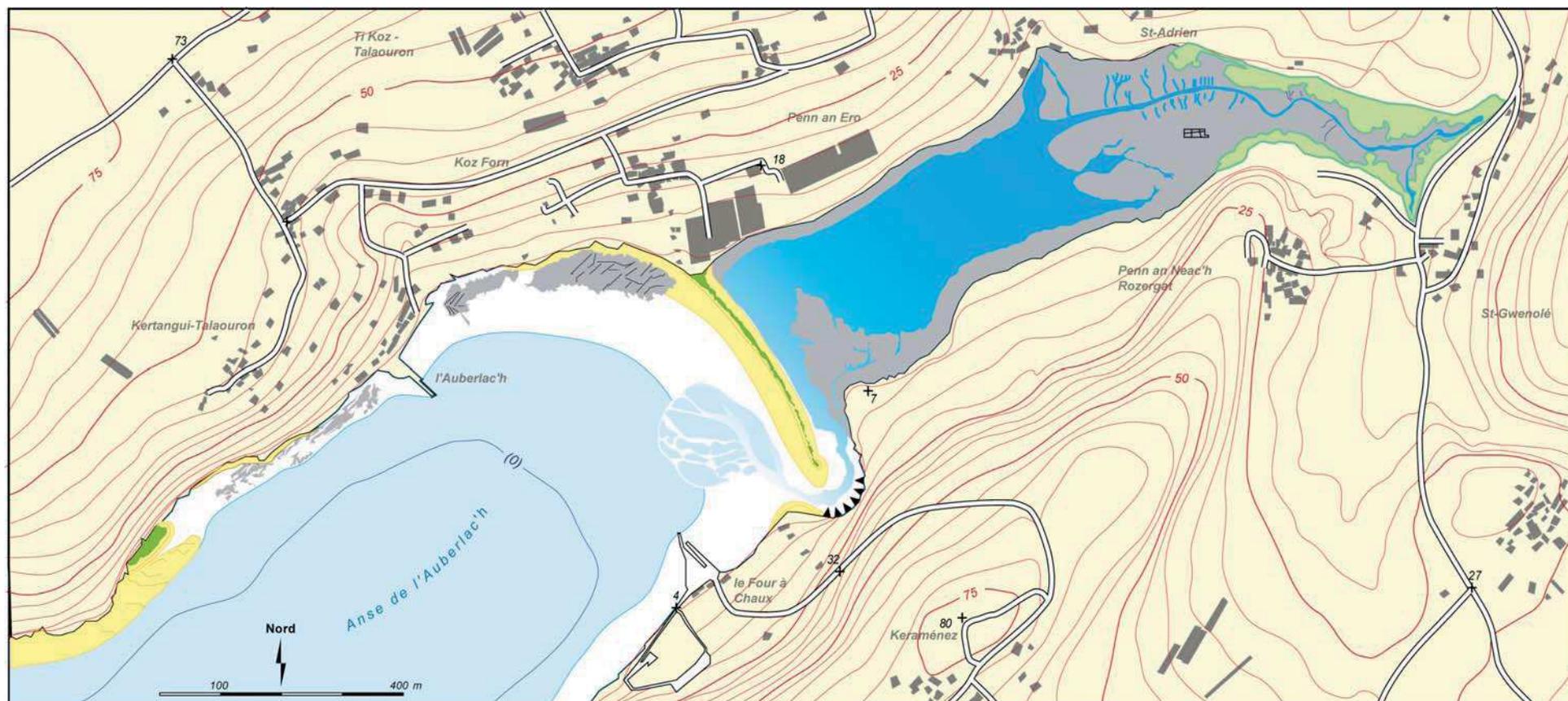


Figure 7G : Carte de l'anse de l'Auberlac'h.

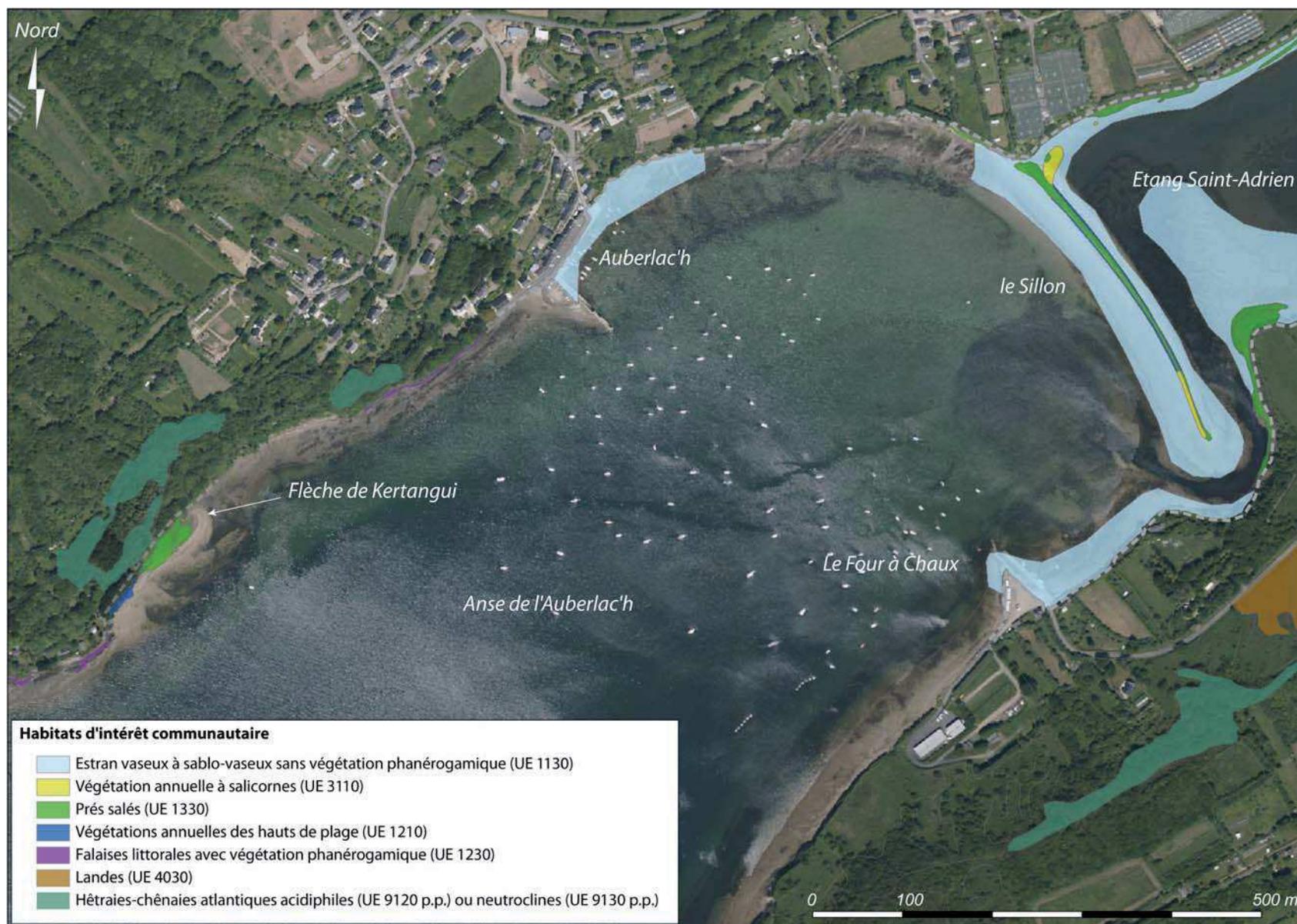


Figure 7H : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur de Kertangui et du Sillon de l'Auberlac'h.

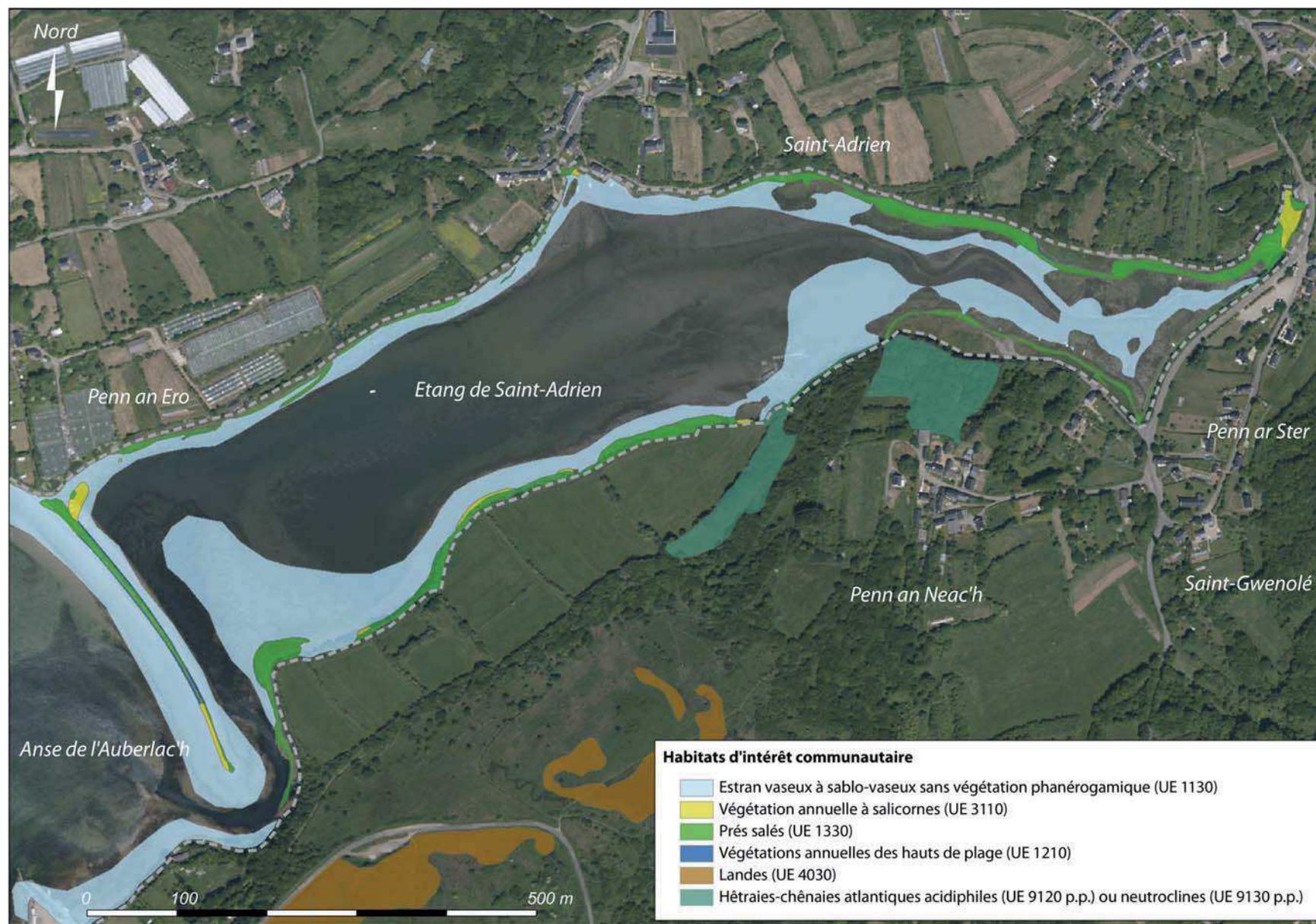


Figure 71 : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur de l'étang de Saint-Adrien.

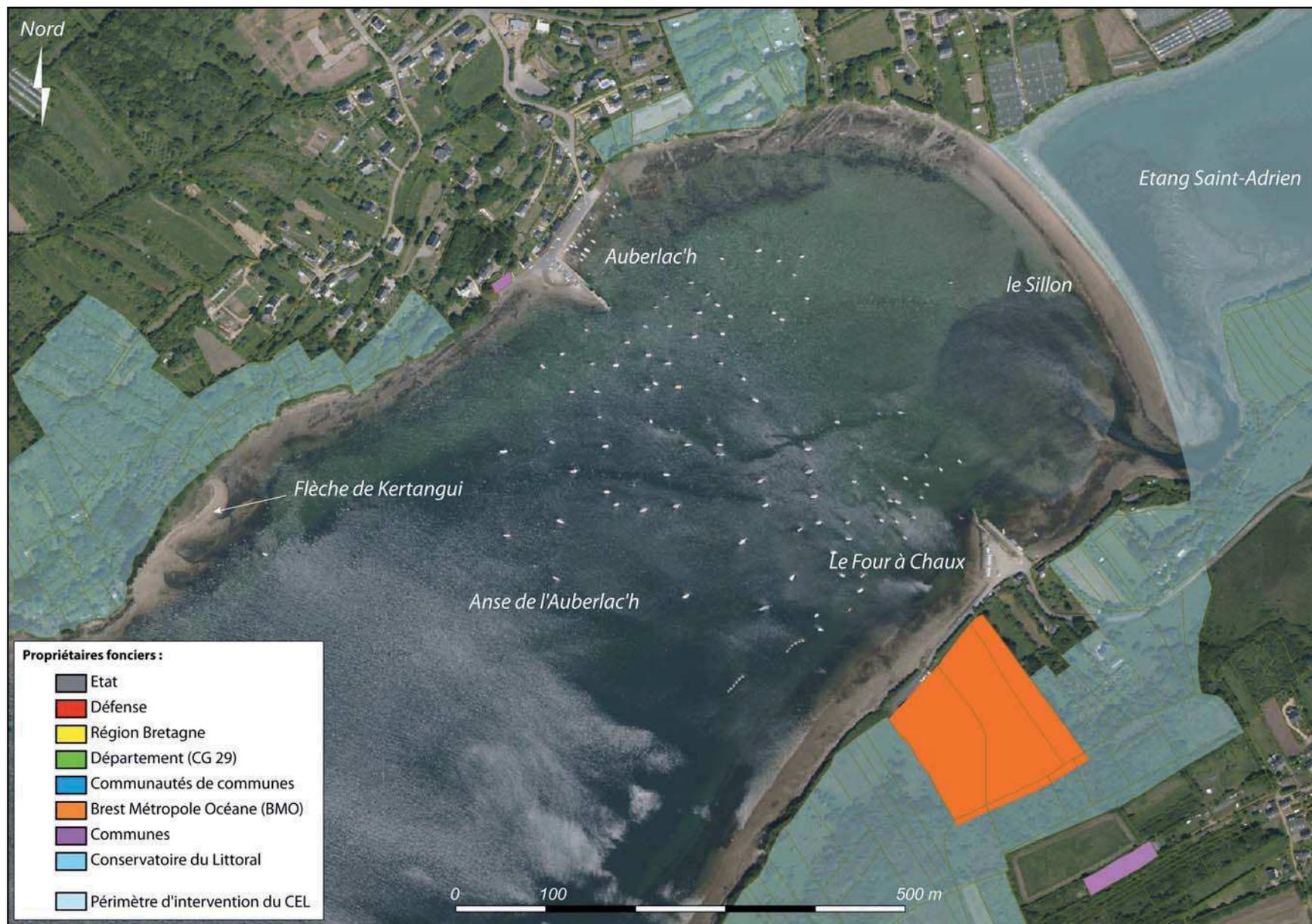


Figure 7J : Opérateurs locaux dans le secteur du Sillon de l'Auberlac'h.

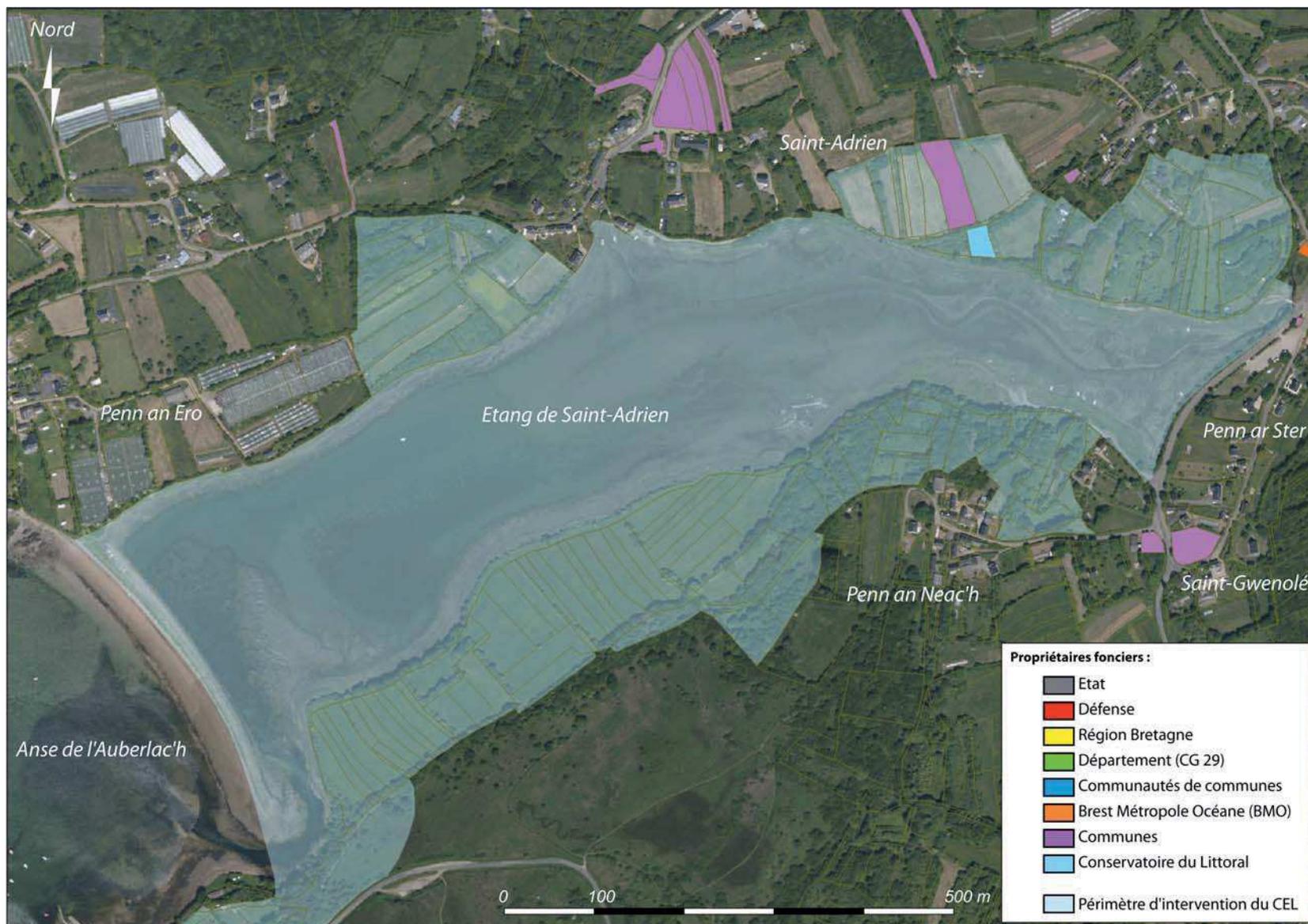


Figure 7K : Opérateurs locaux dans le secteur de l'étang de Saint-Adrien.

Site n°10 – Pont-Callec

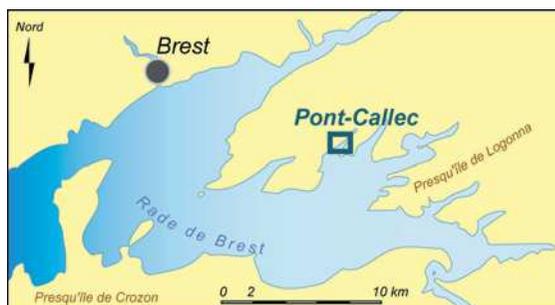


Figure 10A : Localisation du secteur de Pont-Callec en rade de Brest.

1- Présentation du site

Le sillon de Pont-Callec est une flèche sub-parallèle à la côte, située sur la rive nord de l'anse du Moulin Neuf (figures 10A et 10B). Elle isole un petit marais maritime de forme curieusement allongé dont la superficie ne dépasse pas 0,22 ha (figure 10C). Elle s'allonge vers le nord-est sur près de 330 m et oblige alors le chenal de marée à s'écouler vers le nord pour rejoindre le chenal principal de l'estuaire.



Cliché : S. Le Berre, 2005.

Figure 10B : Photographie aérienne de l'anse du Moulin Neuf (cliché : S. Le Berre, 2005).

Sa partie distale est colonisée par un schorre à spartine et à obione. Il est fréquent que des véhicules agricoles circulent sur le sillon. En effet, une chaussée a été aménagée pour permettre aux agriculteurs de passer rapidement d'un côté à l'autre du marais.

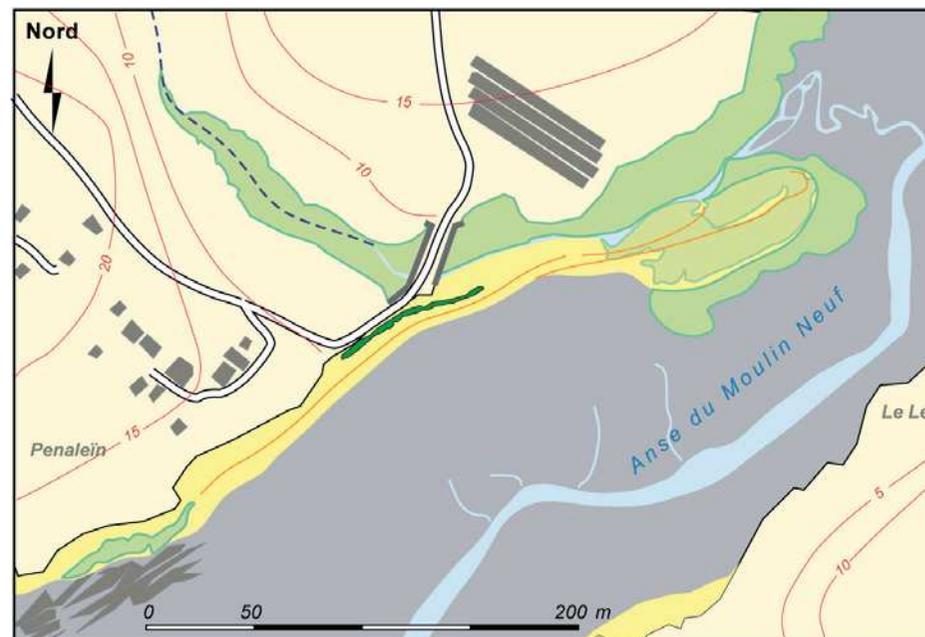


Figure 10C : Carte du sillon de Pont-Callec.

2-Evolution du site

A- Evolution récente (1952-2011)

Entre 1952 et 2011, le sillon de Pont-Callec a connu un recul de -3 m en moyenne (figure 10D). Ce recul s'est effectué de manière progressive au cours des six dernières décennies. La pointe de la flèche a enregistré une avancée de quelques mètres, peut-être liée à des apports sédimentaires en provenance de la partie proximale.

Actuellement, la plateforme vaseuse qui s'étend en avant de la flèche sur l'estran est en cours de végétalisation par la spartine. La progression de l'invasive vers le haut de l'estran est ralentie par la nature grossière des sédiments qui constitue le sillon.

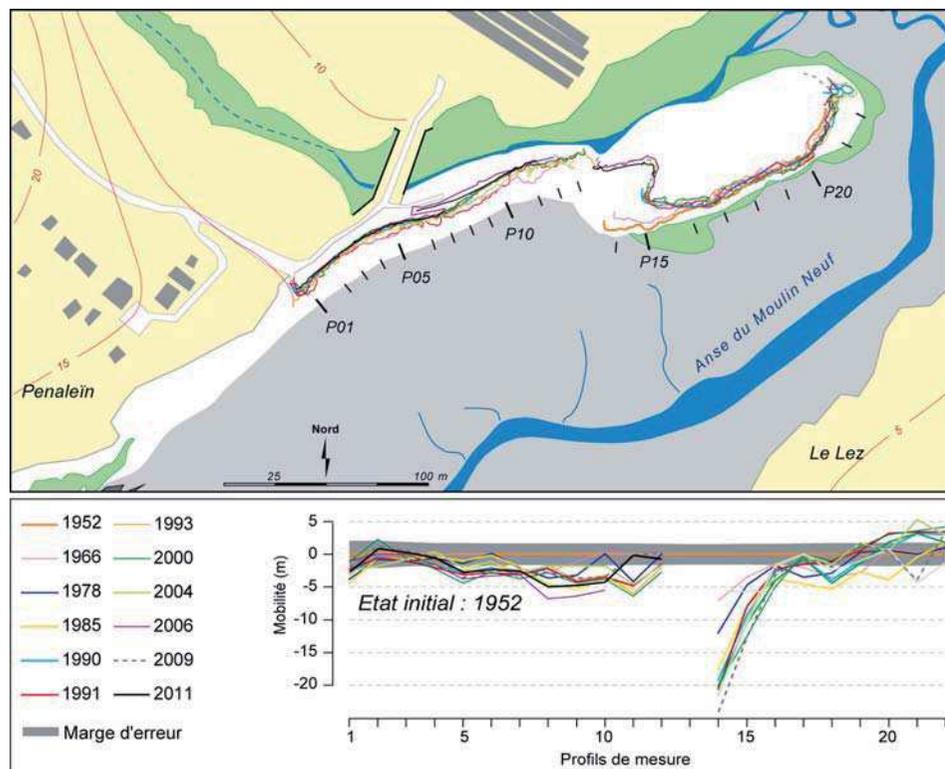


Figure 10D : Evolution récente de la flèche de Pont-Callec.

B- Chronologie des épisodes érosifs

Le sillon de Pont-Callec a été affecté par un nombre relativement important d'épisodes de franchissement au cours des dernières décennies. Toutefois, l'énergie des vagues est faible dans ce secteur abrité de la rade. Le recul de la flèche ne semble pas causé par l'action érosive des tempêtes, mais par un manque de sédiments en provenance des falaises situées plus à l'ouest, en amont-dérive du cordon littoral.

C- Impacts anthropiques passés

Le sillon de Pont-Callec subit fréquemment une fréquentation par les engins agricoles qui s'en servent comme voie de circulation pour passer d'une rive à l'autre du marais maritime. Dans ce

but, une chaussée a été aménagée et modifie les échanges d'eau entre le marais et la mer. L'estran est également fréquenté pour y ramasser les algues d'échouage (figure 10F).

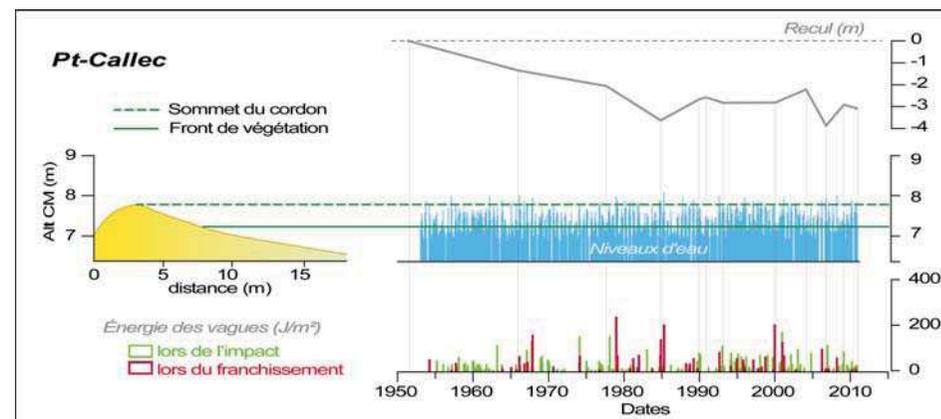


Figure 10E : Chronologie des épisodes érosifs sur la flèche de Pont-Callec entre 1950 et 2011.

Par ailleurs, les principaux impacts anthropiques du secteur se sont portés sur le marais maritime. Ce dernier a vu sa superficie divisée par 5 entre 1952 et 1985, passant de 0,96 ha à 0,22 ha à la suite d'importants remblaiements (figure 10F). Ces remblais n'ont pas été réalisés dans un but d'aménagement. Jusqu'à une date récente, les terrains remblayés étaient toujours en friche.



Figure 10F : Ramassage d'algues sur le sillon de Pont-Callec.

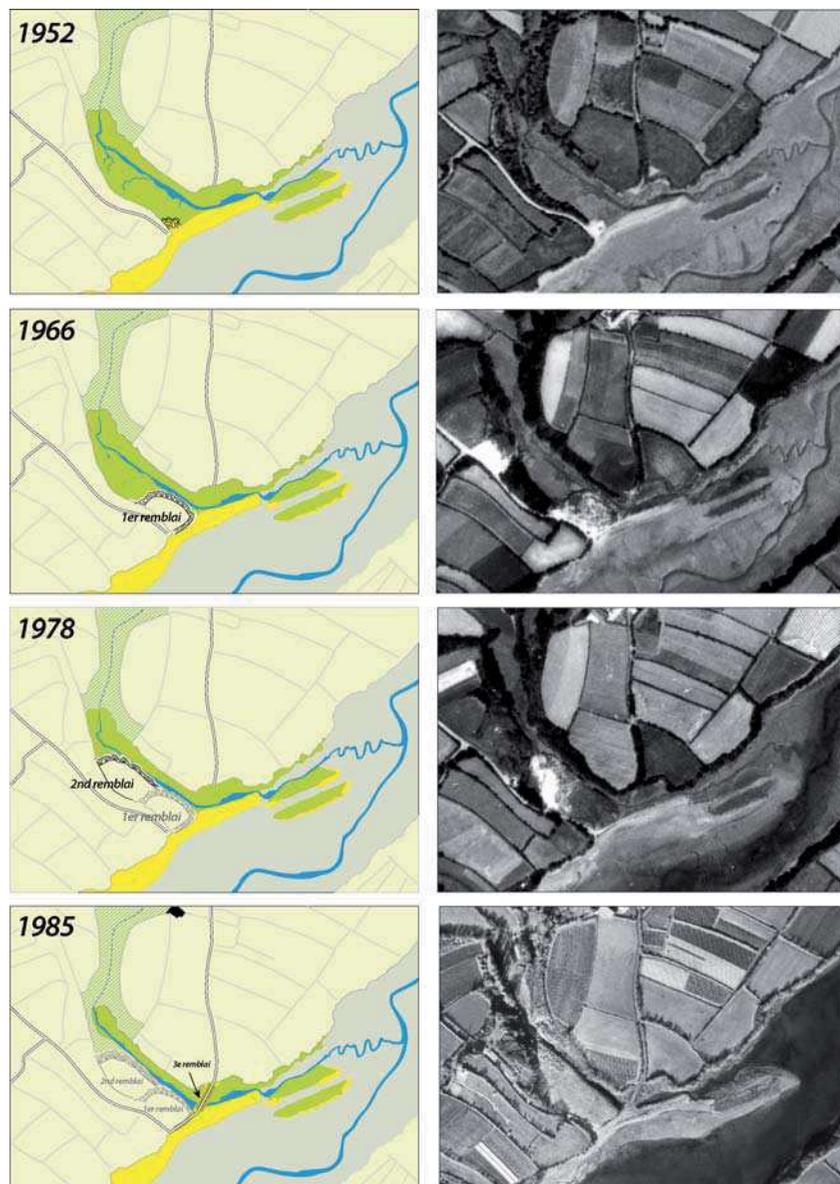


Figure 10G : Evolution du marais maritime de Pont-Callec entre 1952 et 1985.

3-Les enjeux patrimoniaux

A- Valeur géomorphologique

D'un point de vue géomorphologique, le sillon de Pont-Callec ne présente pas de caractère exceptionnel à l'échelle des côtes bretonnes. Néanmoins, l'évolution de cette flèche sub-parallèle à la côte constitue un bon indicateur du bilan sédimentaire côtier de la rade.

B- Valeur écologique

La partie terminale de la flèche de Pont-Callec abrite une station de *Limonium humile* de 820 m² qui compte un millier de pieds environ (Quéré, 2009). La zone occupée par le petit statice se situe à un niveau intermédiaire, entre le schorre à obione et la slikke à salicorne, sur un substrat gravelo-vaseux qui limite, pour le moment, le développement de la spartine. L'invasive est toutefois présente dans le secteur et forme avec l'obione, une mosaïque végétale.

Le site compte quatre habitats d'intérêt communautaire différents, qui représentent 80 % de la surface totale du secteur (figure 10J). Ces habitats se situent principalement en avant du cordon littoral sur l'estran. Le marais situé en arrière ayant vu sa superficie se réduire considérablement du fait d'un remblaiement important dans les années 1960 et 1970, il ne présente pas d'intérêt écologique fort. Le fond de la vallée qui débouche sur le marais est occupé par une saulaie alluviale qui présente un intérêt régional, en tant que zone humide.

Enfin, le cordon littoral est fréquenté par les anatidés d'intérêt communautaire qui viennent s'y reposer. Le marais constitue également une zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire. La présence de passereaux paludicoles est probable dans la saulaie.

10- PONT-CALLEC (64 %)

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal <i>(en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)</i>	2	4	8
A2. Intérêt géomorphologique secondaire <i>(présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)</i>	0	2	0
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	2	3	6
TOTAL			14 <small>Sur 23</small> 61 %

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée <i>(Limonium humile)</i>	1	2	2
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	0	1	0
TOTAL			2 <small>Sur 3</small> 67 %

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats <i>(nombre d'habitats d'intérêt communautaire)</i>	2	2	4
B2.2. Richesse des habitats <i>(part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)</i>	3	2	6
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional <i>(mégaphorbiaie, roselière...) notamment au titre de la protection des zones humides</i>	1	1	1
TOTAL			11 <small>Sur 13</small> 85 %

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	1	1	1
TOTAL			3 <small>Sur 6</small> 50 %

Figure 10H : Evaluation du patrimoine géomorphologique et écologique du secteur de Pont-Callec.

4-Les principales menaces

A- Erosion côtière

Le cordon littoral de Pont-Callec a montré une tendance au recul au cours des dernières décennies. Toutefois, les vitesses d'évolution sont faibles et l'érosion côtière ne constitue pas une menace sérieuse à plus ou moins long terme, dans un environnement aussi abrité que celui de Pont-Callec.

B- Spartine

La spartine est présente dans le secteur de Pont-Callec. Elle couvre une superficie de 0,3 ha environ. Elle constitue une menace potentielle d'autant plus forte qu'elle se présente sous la forme d'une mosaïque végétale en association avec l'obione qu'elle est susceptible de supplanter progressivement. La station à *Limonium humile* est également menacée. L'espèce pourrait donc s'étendre et gagner la partie haute de l'estran, où l'on rencontre un substrat gravelo-vaseux qui limite sa progression pour le moment.

C- Pressions anthropiques sur le site

Actuellement, le site fait l'objet d'une fréquentation par les engins agricoles. Une chaussée a d'ailleurs été aménagée à cet effet. Cette chaussée perturbe les échanges d'eau entre les parties les plus internes du marais maritime et la mer. Cette fréquentation dégrade les qualités paysagères du site et les habitats. En outre, elle favorise le dérangement de l'avifaune en période d'hivernage.

5-Plan d'action

A- Maîtrise foncière et opérateurs locaux (figure 10K)

B- Types d'action à mener

Des mesures de conservation sont à préconiser face à la menace qui représente la progression de la spartine, notamment sur la zone à *Limonium humile*. Il convient donc de surveiller l'apparition de nouvelles taches de spartine sur la flèche littorale, de détruire systématiquement,

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

éventuellement par arrachage, les quelques taches de spartine présentes localement sur les substrats gravo-vaseux, d'évacuer les poches de vase qui supportent les spartines (figure 10I).

Une seconde mesure conservatoire devrait porter sur la maîtrise de la fréquentation par les engins agricoles. A ce jour, il existe deux voies d'accès à l'estran qu'il serait facile de condamner par la pose de barrières ou de plots en bois.

Dans une optique de restauration du milieu, la chaussée qui assure la liaison entre les côtés ouest et est du marais pourrait être détruite. En revanche, le déblaiement complet du marais en vu d'un retour à un état initial du site constituerait une opération beaucoup plus difficile à mettre en œuvre compte tenu des volumes très importants de matériel qu'il conviendrait de déplacer.

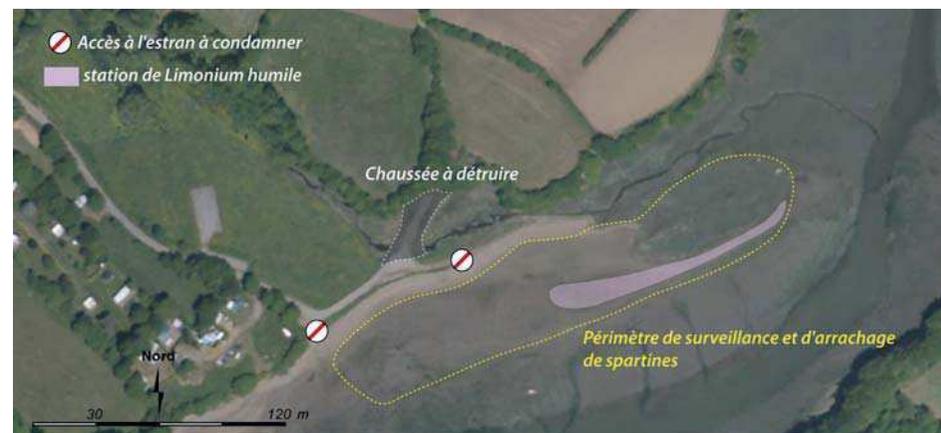


Figure 10I : Type d'action de conservation ou restauration à réaliser sur le site de Pont-Callec.

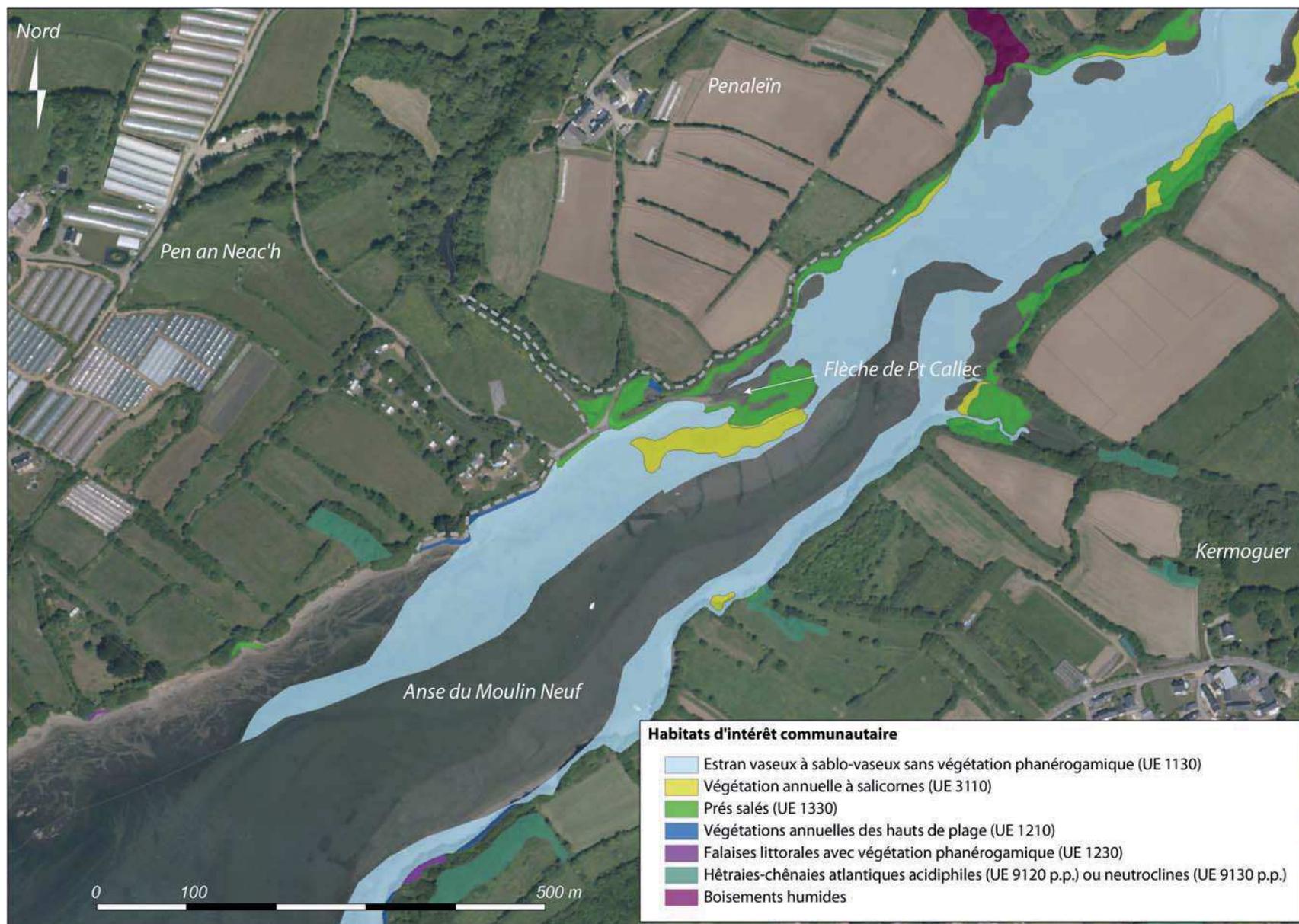


Figure 10J : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur de Pont-Callec.

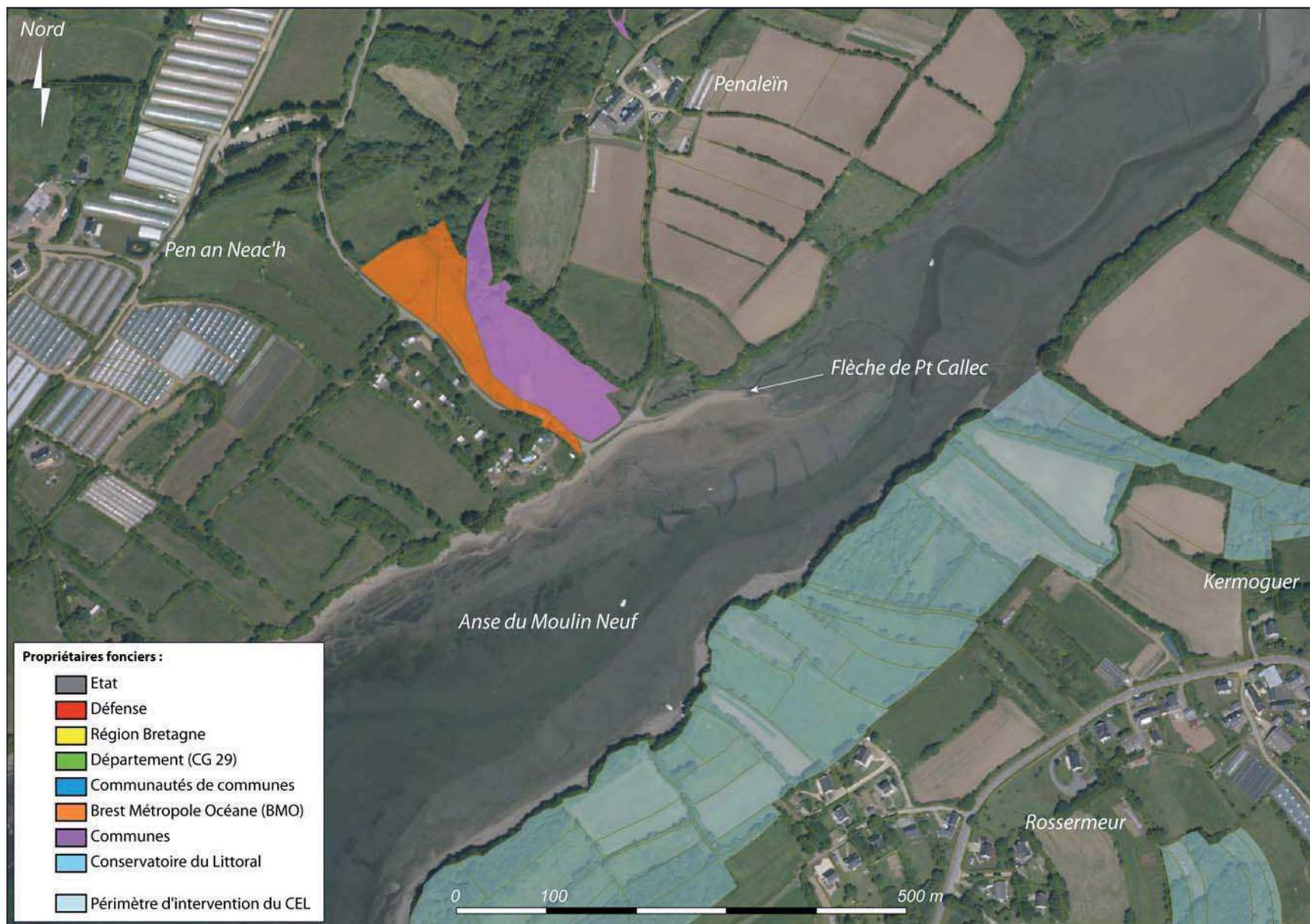


Figure 10K : Opérateurs locaux dans le secteur de Pont-Callec.

Site n°13 – Pédel ouest

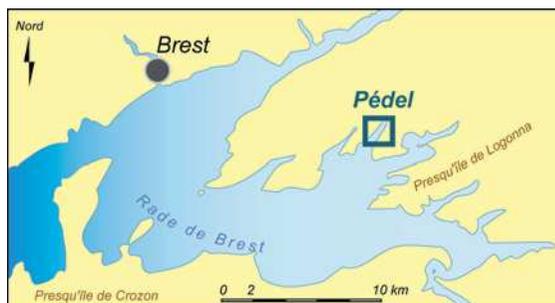


Figure 13A : Localisation du secteur du Pédel.

1- Présentation du site

Les rives ouest et est de l'anse de Penfoul en baie de Daoulas sont chacune marquées par la présence d'une flèche très allongée qui s'ancre dans la partie aval de l'estuaire et s'étire vers l'amont (figures 13A et 13B).

La flèche située sur la rive ouest est la plus grande. Elle mesure 650 m de long et 40 m de large à son enracinement. Elle est constituée d'un matériel sédimentaire relativement fin. Ce cordon barre deux petits rentrants de la côte et individualise ainsi deux petits marais maritimes d'une superficie totale de 2 ha. Deux cours d'eaux intermittents viennent se jeter dans ces rentrants et sectionnent légèrement la flèche dans sa partie distale et proximale. Actuellement, le cordon littoral est utilisé par les agriculteurs du hameau du Pédel qui l'empruntent pour accéder plus directement aux parcelles voisines. Des engins agricoles y circulent régulièrement, ce qui entraîne une certaine dégradation de l'édifice. Une chaussée similaire à celle de Pont-Callec a également été aménagée dans le marais maritime.

La seconde flèche est ancrée à la rive orientale de l'anse de Penfoul. Elle s'étire sur plus de 400 m et reste partiellement masquée par un important couvert végétal. Elle présente une multitude d'anciens crochets qui ne sont plus fonctionnels aujourd'hui, mais traduisent l'allongement progressif de la flèche vers le nord-est.

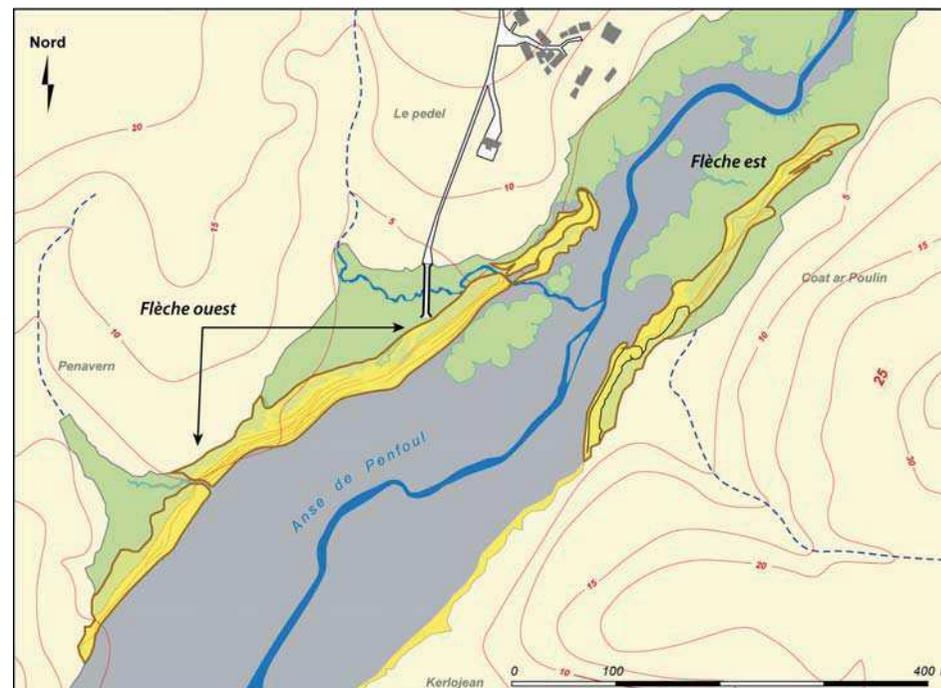


Figure 13B : Carte des deux flèches du Pédel.

2-Evolution du site

A- Evolution récente et actuelle

Au cours des cinq dernières décennies, les parties proximales (sud) et distale (nord) de la flèche occidentale du Pédel ont connu des évolutions contrastées (figure 13C).

La partie proximale a enregistré une avancée de 20 m par endroits. Cette progradation ne semble pas liée à des apports sédimentaires massifs en provenance du sud, bien au contraire. Elle traduit la colonisation progressive du cordon littoral par les phragmites. En réalité, le matériel sablo-graveleux qui constituait le cordon a progressivement disparu dans ce secteur, laissant place à un substrat plus vaseux qui a favorisé la progression de la roselière et son avancée vers la mer (figure 13D). Ce déficit sédimentaire est lié à un départ de matériel vers le nord de la flèche sous l'action de la dérive de plage. Ainsi, toute la partie terminale du sillon du Pédel a bénéficié, dans le même temps, d'apports sédimentaires importants. La flèche s'est allongée, déviant vers le nord le chenal de marée qui assure la connexion entre le marais

maritime et la mer. Entre 1991 et 1993, une brèche s’est ouverte et le chenal a adopté un tracé plus direct pour rejoindre l’estuaire de Penfoul. Nous ne savons pas si cette brèche est d’origine naturelle ou anthropique.

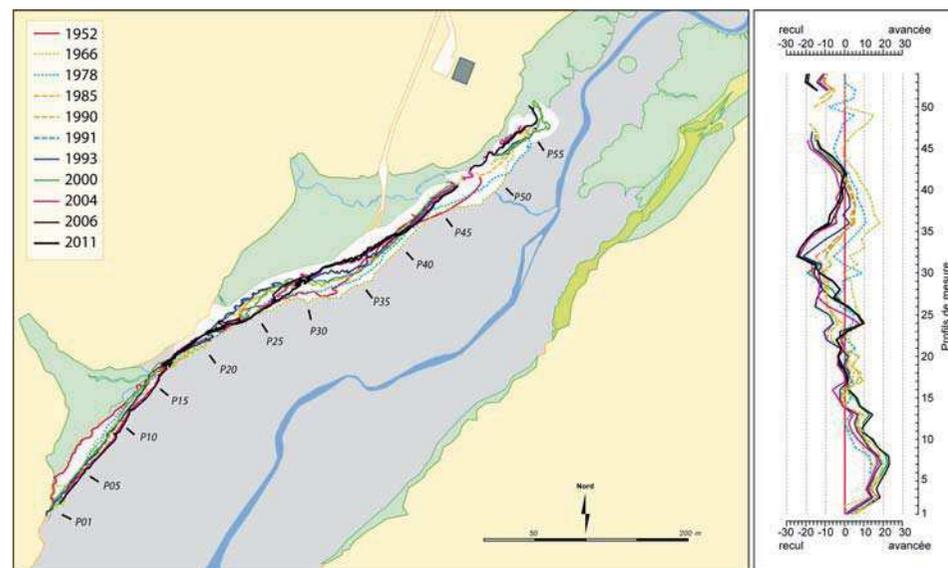


Figure 13C : Evolution récente de la flèche ouest du Pédel.

L’évolution de la végétation dans l’anse de Penfoul a également été retracée par Sparfel *et al.* (2005). Une progression très rapide de la spartine a été mise en évidence dans toute la ria entre 1970 et 2004 (figure 13E). Les parties les plus internes de l’estuaire ont été les premières touchées par le phénomène qui s’est progressivement étendu vers l’embouchure de l’anse de Penfoul, sur les zones de slikke et de schorre qui la bordent. Aujourd’hui la spartine a colonisé les marais situés en arrière des cordons littoraux. La flèche orientale du Pédel abrite ainsi une superficie à spartine d’environ 0,3 ha.

B- Chronologie des épisodes érosifs

La flèche occidentale du Pédel est située dans un secteur relativement abrité et les vagues ne disposent pas d’un pouvoir érosif très important. Dans la partie médiane de la flèche, les vagues ont taillé la crête en micro-falaise (figure 13D, cliché B) qu’elles atteignent assez régulièrement et contribuent à faire reculer (figure 13F).



Figure 13D : A. Partie sud de la flèche occidentale du Pédel où l’estran est désormais appauvri en matériel sédimentaire et où les phragmites tendent à coloniser le haut de plage. B. Partie médiane de la flèche dont le sommet est taillé en micro-falaise d’érosion marine. C. Crochet terminal de la flèche où s’accumulent les sédiments provenant du sud. D. Partie distale de la flèche où s’observe la brèche empruntée par le chenal de marée.

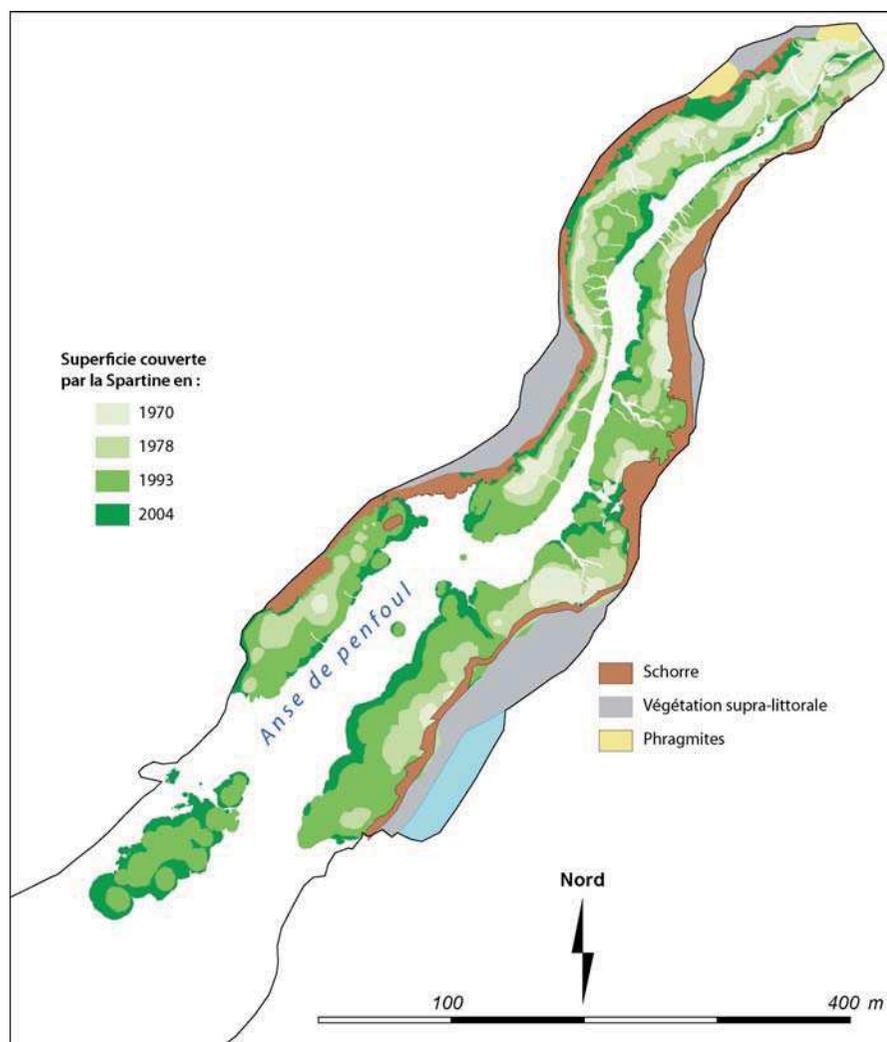


Figure 13E : Progression de la spartine dans l'anse de Penfoul entre 1970 et 2004.

C- Impacts anthropiques passés

En amont de la flèche, il n'existe pas d'ouvrages susceptibles d'empêcher les falaises de livrer du matériel sédimentaire à la côte. De même, aucune cale ou épis ne vient perturber les transits le long du rivage. Les prélèvements de galets ne sont pas non plus avérés sur le site, même si ils

ont pu exister par le passé. La pénurie sédimentaire dont semble souffrir le cordon littoral a donc une origine naturelle.

Les pressions anthropiques sur ce site ne sont pourtant pas inexistantes et résultent essentiellement d'une fréquentation excessive du cordon littoral par les véhicules agricoles. En effet, la flèche du Pédel est utilisée depuis très longtemps par les agriculteurs du hameau voisin comme une voie de circulation naturelle permettant un accès plus direct à leurs parcelles. Le passage répété des engins agricoles a probablement conduit à un tassement des sédiments et un abaissement progressif du cordon. Dans les années 1970, une chaussée similaire à celle rencontrée à Pont-Callec a été aménagée dans le marais maritime. Cet aménagement a modifié le fonctionnement hydrologique du marais maritime en perturbant les échanges d'eau entre la mer et le marais. Cette surfréquentation est source de dérangement pour l'avifaune et de très forte dégradation des habitats naturels.

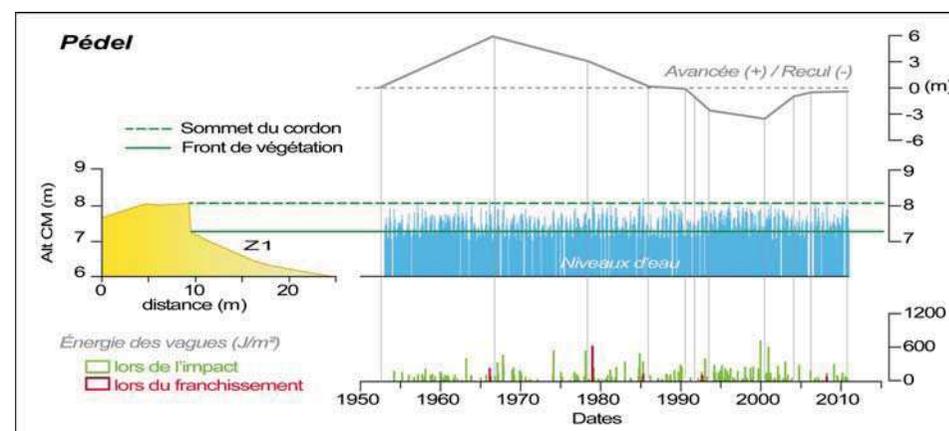


Figure 13F : Chronologie des épisodes érosifs sur la flèche ouest du Pédel entre 1950 et 2011.

3-Les enjeux patrimoniaux

A- Valeur géomorphologique

D'un point de vue géomorphologique, la flèche occidentale du Pédel ne présente pas de caractère exceptionnel à l'échelle des côtes bretonnes. Néanmoins, l'évolution de cette flèche sub-parallèle à la côte constitue un bon indicateur du bilan sédimentaire côtier de la rade.

B- Valeur écologique

D'un point de vue floristique, le site du Pédel abrite une petite station à *Limonium humile*. On y rencontre également la ruppie maritime, une espèce rare à l'échelle régionale.

En terme d'habitat, quatre habitats d'intérêt communautaire différents sont rencontrés et représentent 60 % de la surface totale du secteur. Les marais compte également de grandes superficies de roselière à phragmites et à scirpe maritime.

Enfin, le cordon littoral est utilisé comme reposoir à marée haute pour les espèces d'anatidés et de limicoles hivernants en rade. Le marais maritime, en revanche, semble déserté par ces populations. Enfin, des passereaux paludicoles sont susceptibles de fréquenter les roselières.

4-Les principales menaces

A- Erosion côtière

La flèche du Pédel souffre d'une pénurie sédimentaire d'origine essentiellement naturelle. Une grande partie du cordon bénéficie de bonnes conditions d'abri qui limite les phénomènes d'érosion. Toutefois, la partie médiane de la flèche est taillée en micro-falaise dont le pied est atteint assez fréquemment. Le cordon menace de se rompre à plus ou moins longue échéance.

B- Spartine

La spartine est présente à la fois en avant de la flèche du Pédel, sur les rives de l'estuaire, mais également au sein d'un des deux marais protégés par le cordon littoral. Sparfel *et al.* (2005) ont montré une progression très rapide de l'invasive dans l'estuaire au cours des quatre dernières décennies, à un rythme toujours soutenu ces dernières années. Sa marge de progression est encore grande sur les rives de l'estuaire.

C- Pressions anthropiques sur le site

La surfréquentation de la flèche par les véhicules agricoles est la première cause de dégradation des habitats naturels. Cette fréquentation a aggravé considérablement l'érosion du cordon littoral là où la circulation est la plus fréquente, faisant disparaître totalement la végétation sommitale. Elle est également source de dérangement des populations d'anatidés et de limicoles au repos sur la plage à marée haute. La chaussée aménagée pour circuler dans le marais modifie également le fonctionnement hydrologique du marais.

13- PEDEL OUEST (70 %)

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal <i>(en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)</i>	2	4	8
A2. Intérêt géomorphologique secondaire <i>(présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)</i>	0	2	0
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	2	3	6
TOTAL			14 <small>sur 21</small> 61 %

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée <i>(Limonium humile)</i>	1	2	2
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	1	1	1
TOTAL			3 <small>sur 3</small> 100 %

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats <i>(nombre d'habitats d'intérêt communautaire)</i>	2	2	4
B2.2. Richesse des habitats <i>(part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)</i>	3	2	6
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional <i>(mégaphorbiaie, roselière,...) notamment au titre de la protection des zones humides</i>	1	1	1
TOTAL			11 <small>sur 13</small> 85 %

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	1	1	1
TOTAL			3 <small>sur 6</small> 50 %

Figure 13G : Evaluation du patrimoine géomorphologique et écologique du secteur ouest du Pédel.

5-Plan d'action

A- Maîtrise foncière et opérateurs locaux (figures 13J)

B- Types d'action à mener

Une première mesure conservatoire devrait porter sur la maîtrise de la fréquentation du cordon littoral par les engins agricoles. Les accès à l'estran devraient être condamnés et de nouveaux itinéraires devraient être proposés aux agriculteurs pour rejoindre leurs parcelles et éviter de circuler au sommet du cordon. La chaussée devrait également être détruite pour restaurer le bon fonctionnement hydrologique du marais. Le cordon littoral devrait également faire l'objet d'un rechargement sédimentaire et d'un reprofilage dans la partie les plus dégradée par le passage des véhicules.

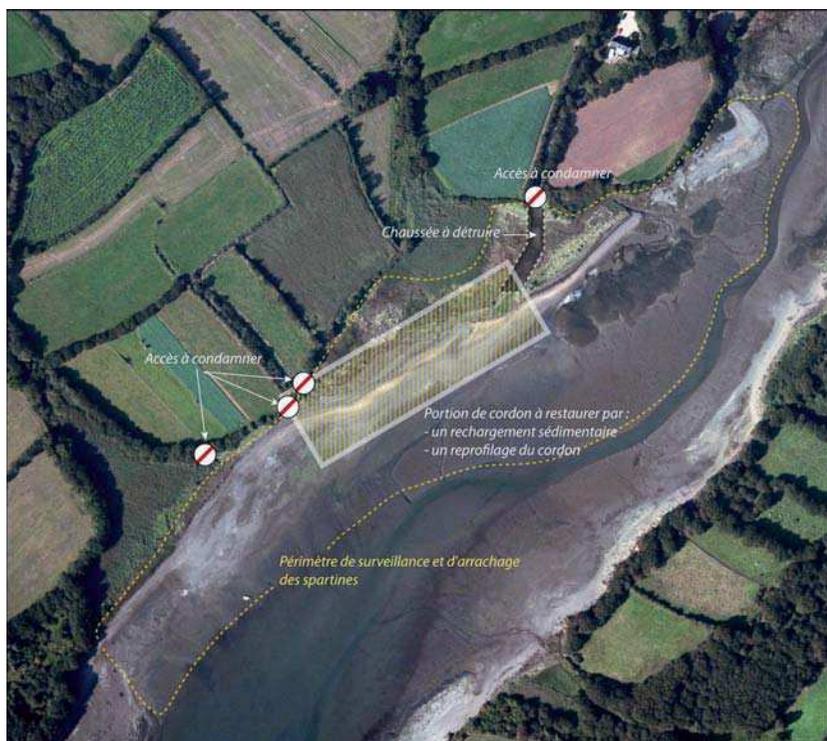


Figure 13H : Actions à mener sur le secteur du Pédel dans une optique de conservation et restauration des caractères géomorphologiques et écologiques.

Des mesures de conservation sont à préconiser face à la menace qui représente la progression de la spartine. Il conviendrait donc de surveiller l'apparition de nouvelles taches de spartine dans le secteur, de détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de spartine présentes localement sur les substrats gravo-vaseux, d'évacuer les poches de vase qui supportent les spartines (figure 13H).

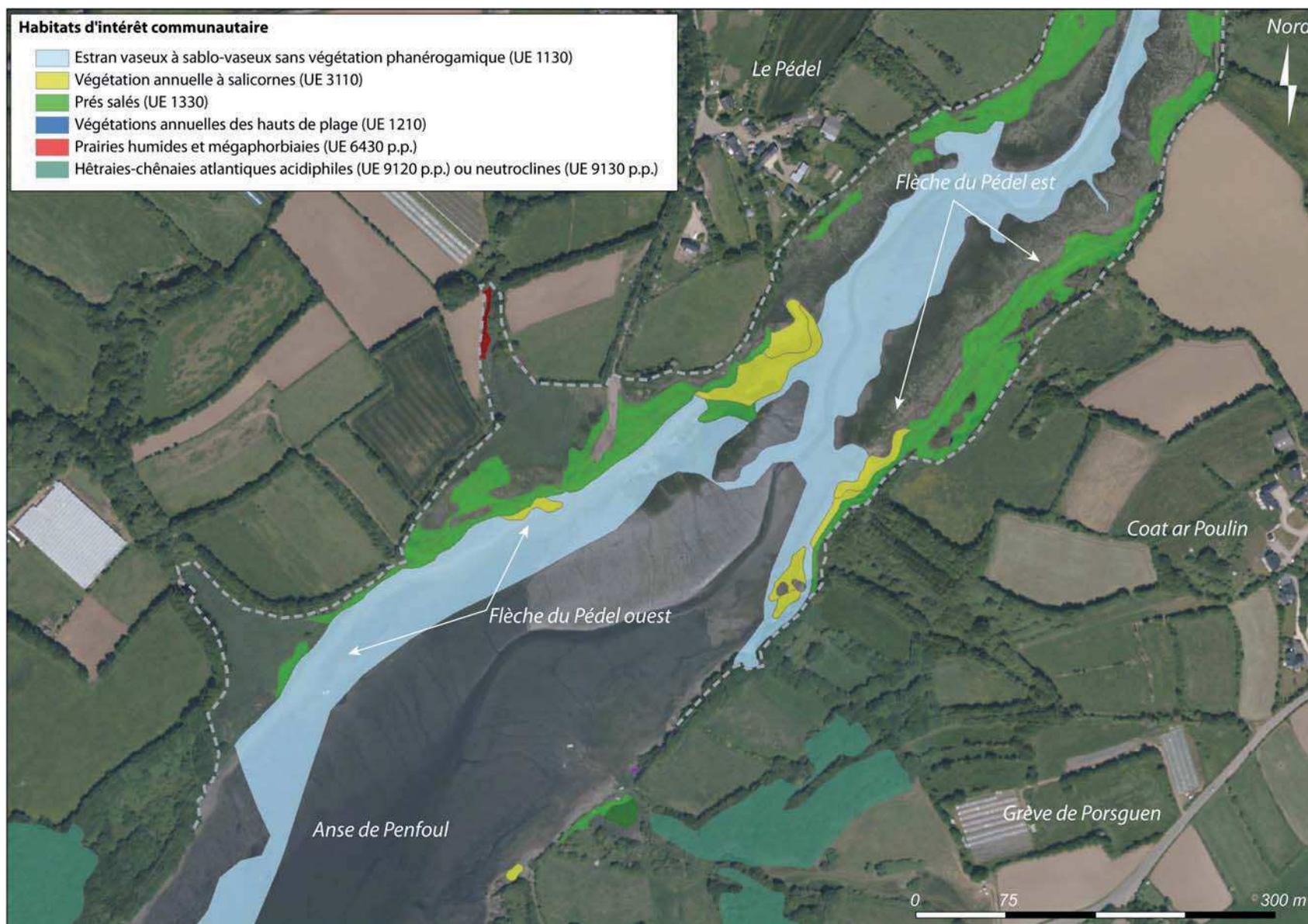


Figure 13I : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur du Pédel.



Figure 13J : Opérateurs locaux dans le secteur du Pédel.

Site n°19 – Mengleuz

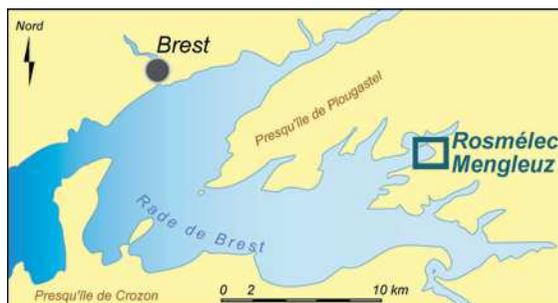


Figure 19A : Localisation de la flèche de Mengleuz.

1-Localisation et présentation du site

La flèche de Mengleuz est située dans le fond de l'anse du Moulin du Pont, en presqu'île de Logonna-Daoulas (figure 19A). Elle forme, avec la flèche de Rosmélec, l'un des plus beaux couples de flèches en chicane de Bretagne (figure 19B).



Figure 19B : Photographie des flèches de Rosmélec (1^{er} plan) et de Mengleuz (2nd plan).

Initialement, le cordon de Mengleuz s'allongeait sans discontinuer vers le nord sur 270 m avant de se recourber brusquement vers l'est en un crochet terminal long de 75 m. Désormais, la flèche est coupée en deux sections (orientale et occidentale) séparées par une brèche (figure 19C). La section occidentale se présente sous la forme d'un cordon massif dont le sommet est végétalisé. Elle est toujours connectée aux plages situées à l'ouest de l'anse sur lesquelles transitent encore du matériel sédimentaire provenant des falaises de schistes tendre du Dévonien. La section orientale montre un cordon très surbaissé, submergé à chaque pleine mer

de vive eau sur lequel ne pousse aucune végétation. Cette section est déconnectée de ses sources sédimentaires. En arrière s'étend un marais maritime d'environ 7 ha.

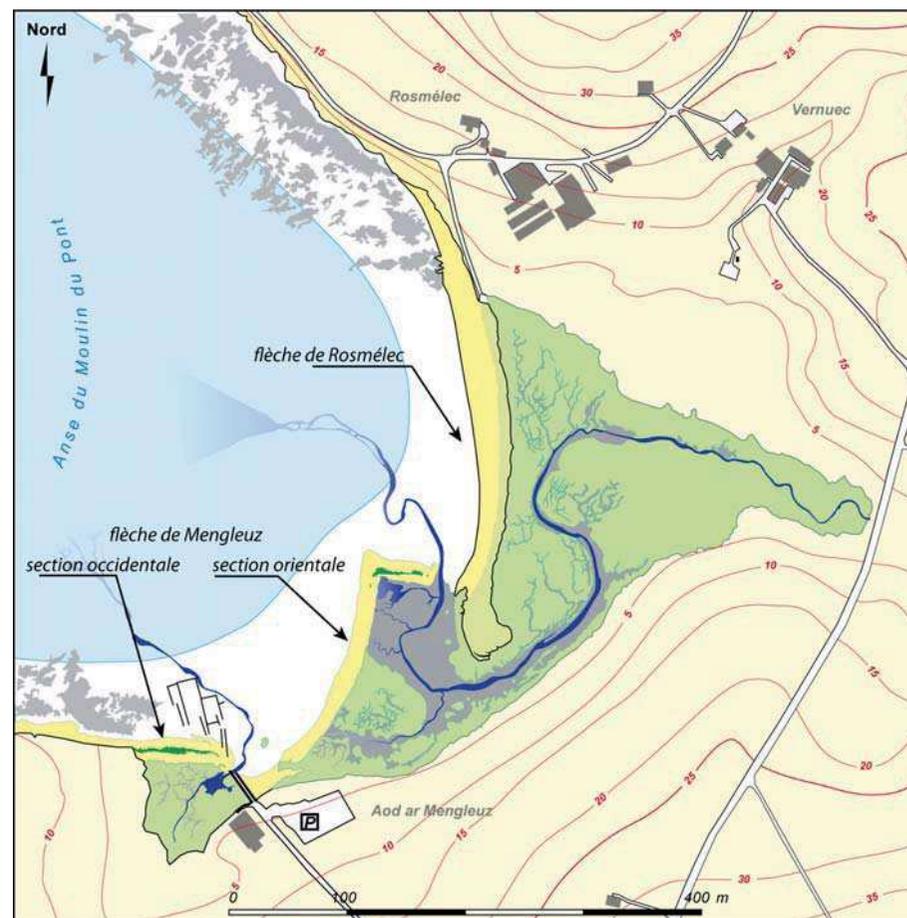


Figure 19C : Les flèches en chicane de Mengleuz et de Rosmélec.

2-Evolution du site

A- Evolution récente et actuelle

L'évolution récente de la flèche de Mengleuz entre 1948 et 2011 se décline en deux phases (figure 19D). La première phase s'étend de 1948 à 1978. Elle est marquée, dès 1966, par

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

l'ouverture d'une brèche dans la flèche, à une centaine de mètres de son point d'enracinement. Jusqu'en 1978, cette brèche ne cesse de s'élargir, individualisant deux sections dans le cordon. La section est restée connectée à la dérive littorale, tandis que la section occidentale évolue dès lors sans apports sédimentaires. De part et d'autre de cette rupture, le cordon connaît un recul d'une dizaine de mètres, comme nous le montrent les profils P4 à P7. Parallèlement, on constate qu'entre 1952 et 1966, la partie distale de cette flèche se raccourcit de façon importante et perd plus de la moitié de sa longueur (retrait d'environ 48 m).

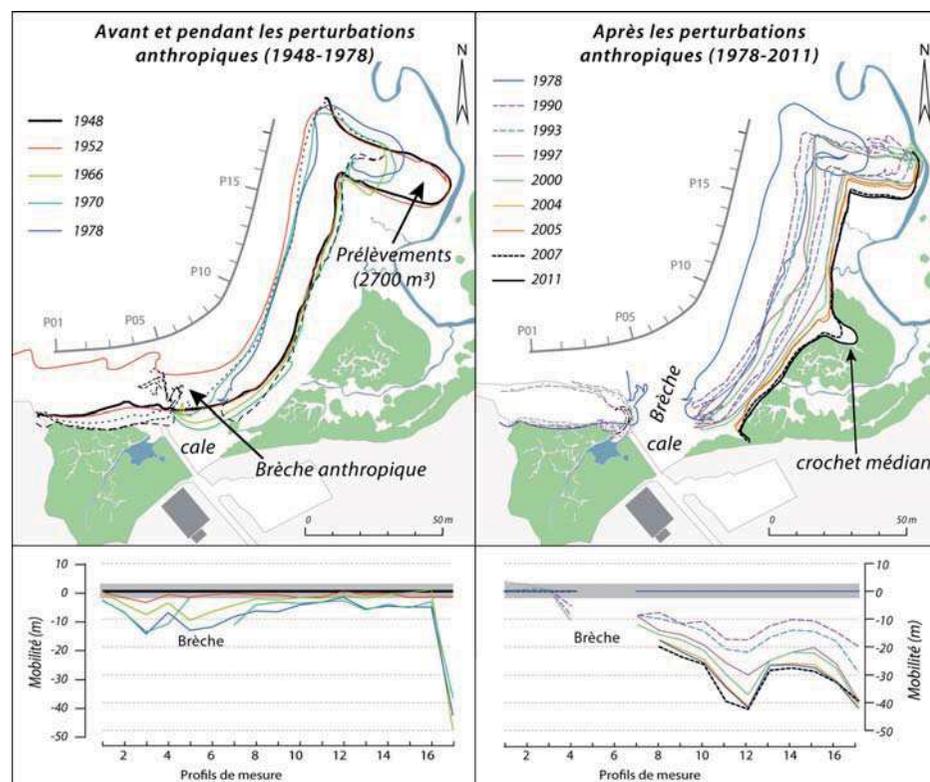


Figure 19D : Evolution récente de la flèche de Mengleuz, avant et après les perturbations anthropiques scindant la flèche en deux sections.

Les changements observés durant cette première phase d'évolution sont directement liés aux fortes pressions anthropiques exercées sur le site au début des années 1960 (Stéphan *et al.*, 2005a ; 2005b ; 2007). Les diverses interventions humaines ont pour effet d'amoindrir le stock de sédiments et de déconnecter la flèche de Mengleuz de ses sources d'alimentation. Leurs répercussions se font sentir dès 1978 et marquent la seconde phase d'évolution qui se poursuit

encore aujourd'hui. On assiste alors au recul de toute la portion orientale de la flèche de Mengleuz vers le fond de l'anse, à une vitesse moyenne de 1 m/an. N'étant plus alimentée par la dérive littorale, cette partie de la flèche connaît une pénurie en sédiment qui la fragilise et la rend plus sensible aux épisodes de franchissement par les vagues. Au rythme des submersions, les sédiments sont déversés sur le revers du cordon lequel se met à rouler sur lui-même.

Les relevés topographiques effectués entre 2004 et 2011 sur la flèche confirment la poursuite de ces tendances à l'heure actuelle. La section orientale est toujours en recul et risque de se rompre prochainement. Le développement d'un crochet médian est le signe de cette rupture.

B- Chronologie des épisodes érosifs

La section orientale de la flèche de Mengleuz est soumise à des épisodes de franchissement très fréquents (figure 19E). La flèche est submergée par les vagues à chaque pleine mer de vive-eau. Les vagues qui accompagnent ces franchissements sont parfois violentes et explique la rapidité du recul du cordon par rollover.

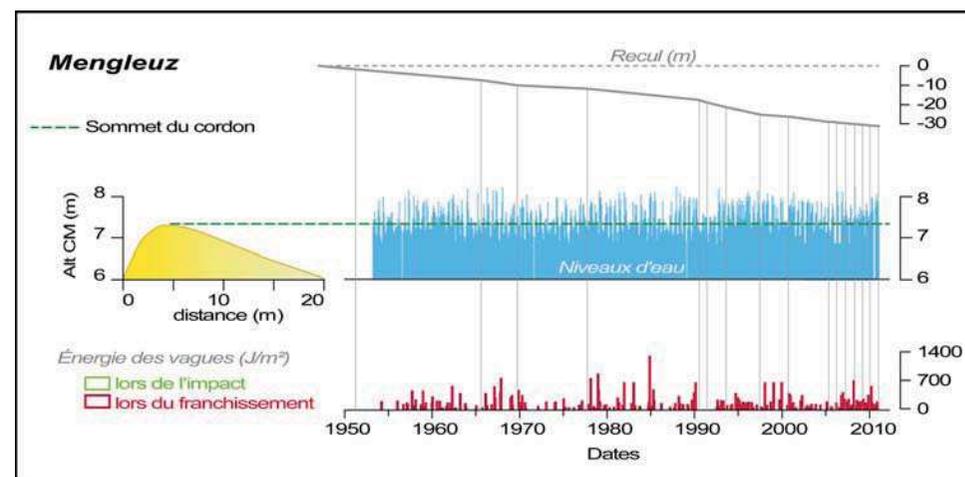


Figure 19E : Chronologie des épisodes érosifs sur la flèche de Mengleuz.

C- Impacts anthropiques passés

Les observations réalisées par Guilcher *et al.* (1957) sur le terrain durant l'été 1956 font état d'un secteur « en équilibre avec les forces en action ». Le cliché de l'IGN pris en 1952 montre une série de rides obliques successives en avant de la flèche sur l'estran qui témoigne d'une bonne alimentation sédimentaire.

Cette configuration initiale est profondément modifiée lorsqu'au début des années 1960, une activité ostréicole s'installe en bordure sud de l'anse du Moulin du Pont. L'accès à l'estran est rendu difficile par la présence du cordon de galets qui empêche également le mouillage des embarcations au plus près du bâtiment ostréicole. Le cordon est alors éventré et une cale en béton est installée à l'endroit de la brèche (figure 19F). Cette ouverture dans le cordon est entretenue durant deux décennies et les galets venant recouvrir régulièrement la cale sont prélevés pour servir de matériau de construction. A cette époque, les besoins en gravats sont très importants. L'essor de l'ostréiculture nécessite l'édification d'environ 3 km de murets entourant les bassins de rétention d'eau dans l'Anse du Moulin du Pont. Les petits chemins de terre menant au littoral doivent être goudronnés. Ces constructions exigent donc d'importantes quantités de matériaux dont une grande partie a été prélevée sur la flèche de Mengleuz. Le crochet terminal de la flèche devient le lieu privilégié des prélèvements, ce qui explique son raccourcissement entre 1952 et 1966.

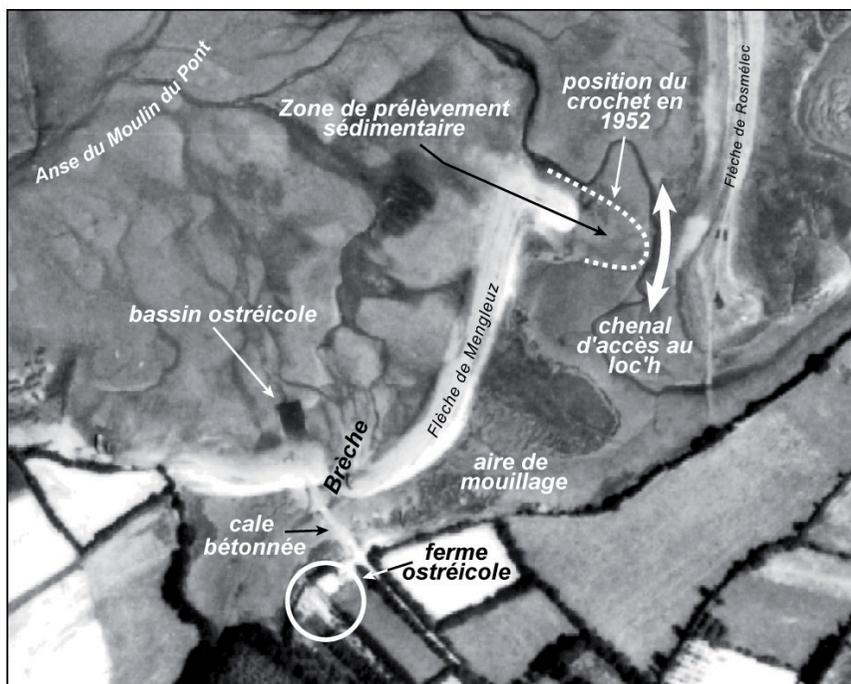


Figure 19F : Pressions anthropiques à proximité de la flèche de Mengleuz dans les années 1960.

L'ouverture intentionnelle d'une brèche a eu pour effet de déconnecter une partie de la flèche de ses sources d'alimentation tandis que les prélèvements sédimentaires ont amoindri le stock

de matériel en présence. Ces deux perturbations anthropiques sont conjointement responsables du recul de la section orientale à partir des années 1970 et de son démantèlement actuel.

3-Les enjeux patrimoniaux

A- Valeur géomorphologique

Les flèches de Mengleuz et de Rosmélec présentent une très forte valeur géomorphologique (figure 19G). Ce couple de flèche en chicane est l'un des plus beaux de la région et ne se retrouve nulle part ailleurs en Bretagne. D'un point de vue pédagogique, la disposition des flèches illustre merveilleusement les mécanismes qui contrôlent la dynamique des cordons littoraux en rade de Brest : sens des transits sédimentaires, rôle des vagues dans la disposition des cordons, impact des interventions anthropiques. Enfin, la présence de stratigraphies intéressantes dans le marais permettrait, si elles étaient étudiées en détail, de retracer en partie la longue histoire de ce secteur côtier.

B- Valeur écologique

Le marais maritime qu'abrite le couple de flèches de Mengleuz et Rosmélec présente une forte valeur écologique. D'un point de vue floristique, on y recense plusieurs stations de *Limonium humile* situées directement en arrière de la flèche de Mengleuz qui occupent une superficie de 710 m² et comptent un nombre très important de pieds. Ce marais maritime abrite également une espèce rare à l'échelle de la Bretagne, le buplèvre grêle ou buplèvre menu.

Ce secteur compte quatre habitats d'intérêt communautaire différents qui représente 57 % de la superficie total du site (figure 19H). La présence d'une roselière dans la partie la plus interne du marais accroît l'intérêt du secteur en terme d'habitats.

D'un point de vue de l'avifaune, l'ensemble cordons/marais maritime représente une zone d'importance européenne puisqu'il constitue une zone de reposoir et d'alimentation pour les différents limicoles et anatidés d'intérêt communautaire.

19- MENGLEUZ (69 %)

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal <i>(en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)</i>	1	4	4
A2. Intérêt géomorphologique secondaire <i>(présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)</i>	1	2	2
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	3	3	9
TOTAL			15 <small>Sur 23</small> 65 %

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée <i>(Limonium humile)</i>	1	2	2
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	0	1	0
TOTAL			2 <small>Sur 3</small> 67 %

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats <i>(nombre d'habitats d'intérêt communautaire)</i>	2	2	4
B2.2. Richesse des habitats <i>(part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)</i>	2	2	4
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional <i>(mégaphorbiaie, roselière,...) notamment au titre de la protection des zones humides</i>	1	1	1
TOTAL			9 <small>Sur 13</small> 69 %

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	1	1	1
TOTAL			5 <small>Sur 6</small> 83 %

Figure 19G : Evaluation du patrimoine géomorphologique et écologique du secteur de Mengleuz.

4-Les principales menaces

A- Erosion côtière

Le démantèlement actuel de la section orientale de la flèche de Mengleuz par les vagues représente la principale menace dans ce secteur. Les vitesses très rapides de recul sont le signe d'une grave crise sédimentaire. Progressivement, le cordon s'étale dans la zone d'arrière-cordon et perd de sa hauteur. Il est donc de plus en plus sensible au franchissement par les vagues et au mécanisme de *rollover*, c'est-à-dire de roulement de la forme sur elle-même.

B- Spartine

Comme l'on montré Sparfel *et al.* (2005), la spartine était absente du marais en 1952. La date de son implantation est inconnue, mais en 1970 elle couvre 9 400 m². À partir de cette date, l'envahissement du marais par la graminée est continu. En l'espace de 34 ans, la superficie colonisée par la plante a presque été multipliée par quatre, avec un taux de croissance annuel équivalent de 4 % entre 1970 et 2004.

Actuellement, la spartine constitue une très forte menace dans ce secteur. Au total, elle couvre une superficie d'environ 4,3 ha. Elle a envahi presque intégralement le petit marais qu'abrite la section ouest de la flèche. L'invasive couvre également une grande partie du marais principal. Certes, sa marge de progression est désormais très faible, mais la graminée tend à coloniser les zones d'estran, en avant du cordon de Mengleuz. Là, elles se sont implantées sur un substrat gravo-vaseux et tendent à progresser par tâche circulaire.

C- Pressions anthropiques sur le site

Actuellement, le site ne subit qu'une faible pression anthropique, liée au passage d'un engin agricole. Ce dernier emprunte l'ancienne cale ostréicole et gravit la section ouest de la flèche de Mengleuz pour accéder plus rapidement à une parcelle située à proximité. Toutefois, l'impact morphologique de ce passage n'est pas considérable.

5-Plan d'action

A- Maîtrise foncière et opérateurs locaux (figure 19I)

B- Types d'action à mener

Conservation

Cordon littoral

Le démantèlement de la flèche de Mengleuz est trop avancé pour que l'on envisage des mesures de conservation sur le cordon littoral. A mieux, on pourrait espérer ralentir le recul en prélevant ponctuellement une partie du matériel venant engraisser la section occidentale de la flèche pour la transférer sur la section orientale. Les volumes à déplacer seraient d'environ 40 m³/an correspondant aux apports sédimentaire en provenance des plages adjacentes. Toutefois, il est peu probable que ce volume soit suffisant pour stopper le retrait du cordon.

Marais maritime

1-Eradiquer les nouvelles taches de spartine qui apparaissent en avant du cordon littoral sur l'estran est encore possible. Ces taches se développent sur un substrat vaso-graveleux qui ne leur est pas optimal. Toutefois, les quelques touffes présentes sont appelées à s'étendre ne serait ce que parce qu'elles vont favoriser l'atterrissement de la vase. En ces lieux, une mesure conservatoire simple consisterait à détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de Spartines présentes et à évacuer les poches de vase qui les supportent.

Restauration

Cordon littoral

1-Reconstruire le cordon initial à l'identique, c'est-à-dire à l'endroit qu'il occupait avant les interventions anthropiques (soit une cinquantaine de mètres en avant de sa position actuelle). Les volumes à mobiliser seraient de l'ordre de 25000 m³. Il conviendrait alors de reconnecter l'édifice nouvellement construit à la section occidentale afin que l'ensemble bénéficie des apports de la dérive de plage.

2-Détruire les bassins ostréicoles désormais inutilisés qui altèrent les qualités paysagères du site sur l'estran.

3-Détruire la cale d'accès à l'estran qui n'a plus aucune utilité.

4-Redonner au cours d'eau son tracé d'origine sur l'estran.

Marais maritime

1-Eradiquer la spartine dans le marais est désormais impossible au vu de son développement actuel.

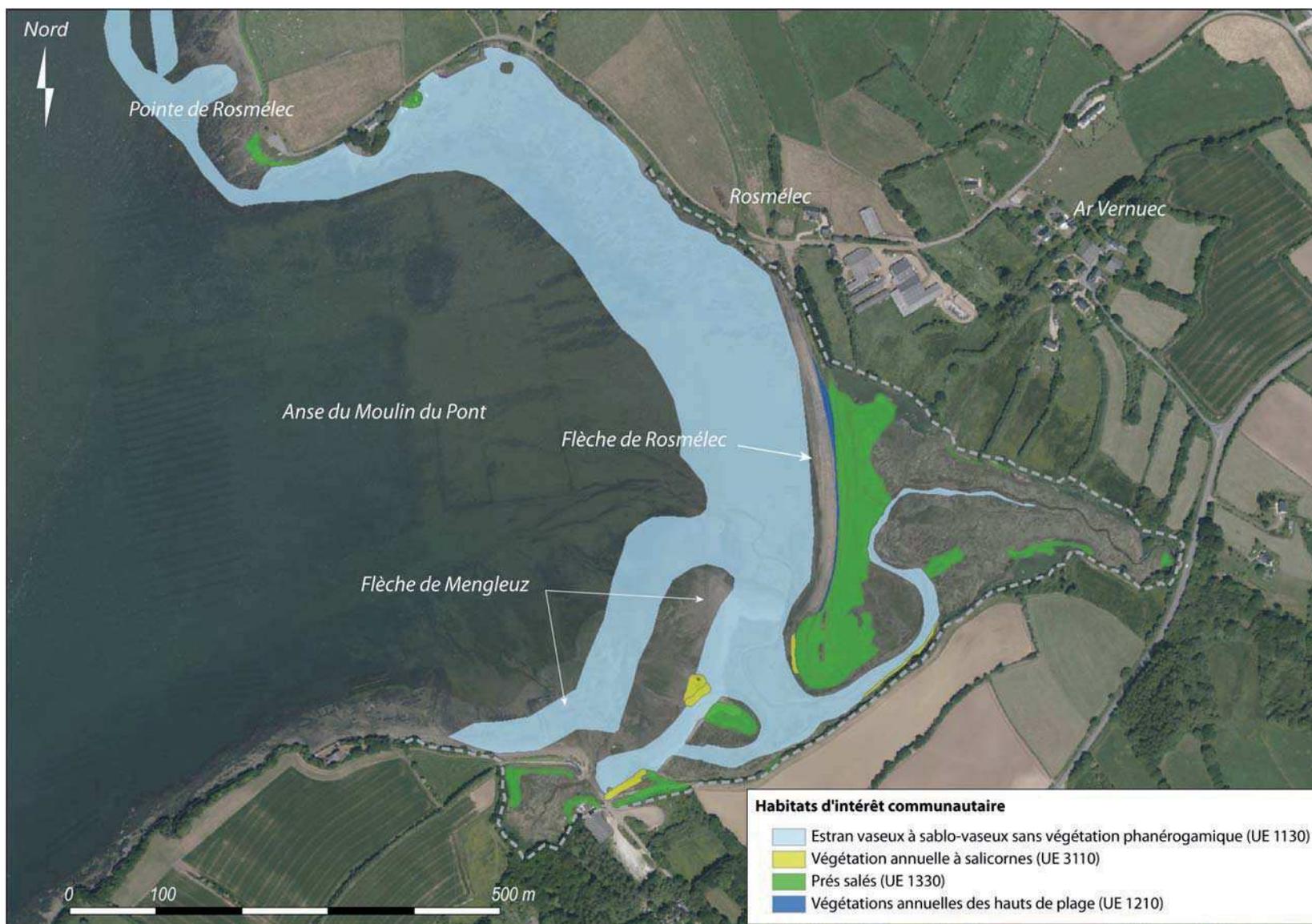


Figure 19H : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur de Mengleuz.

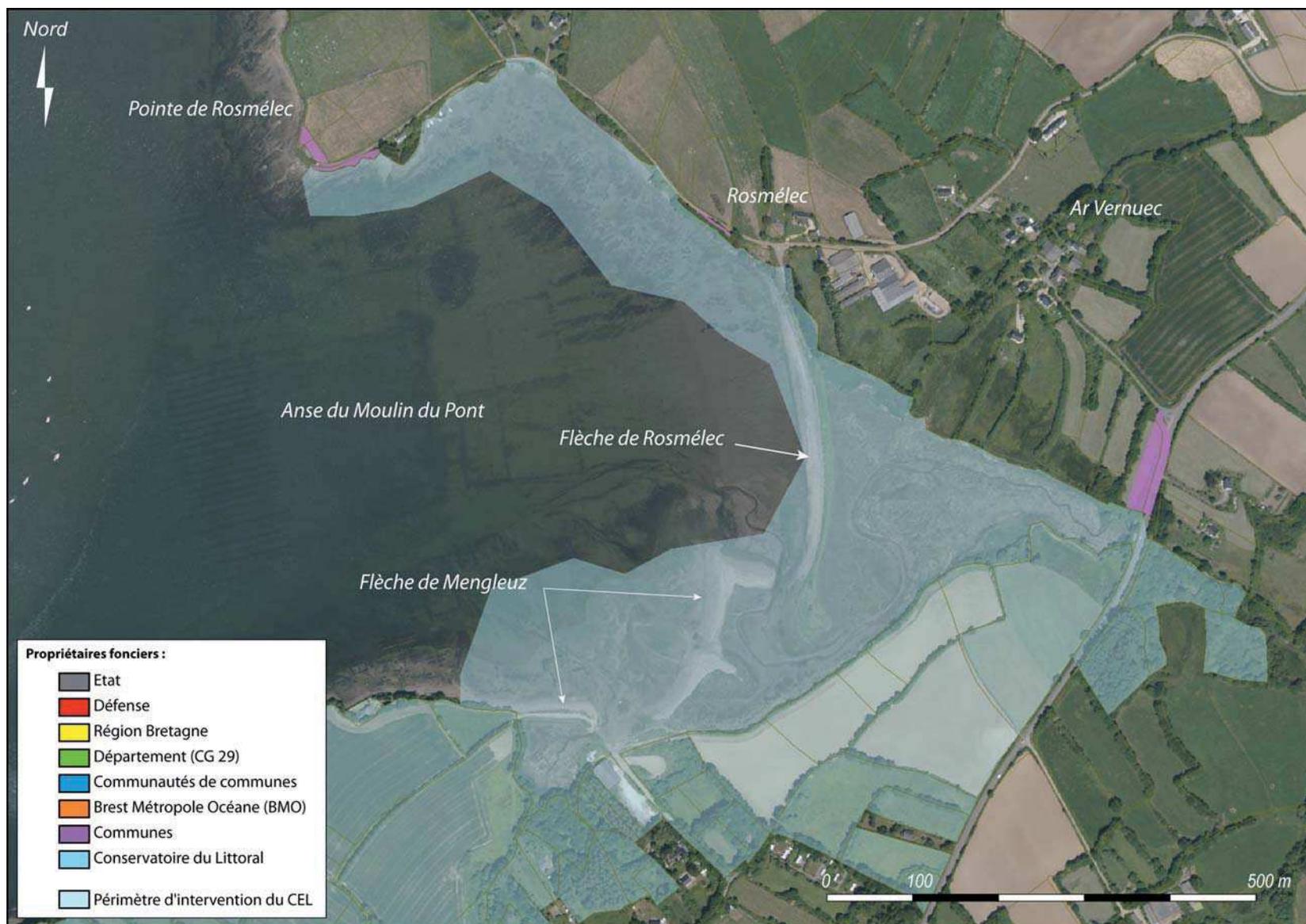


Figure 19I : Opérateurs locaux dans le secteur de Mengleuz.

Site n°22 – Le Roz



Figure 22A : Localisation du secteur de l'Auberlac'h.

1- Présentation du site

L'anse du Roz se situe en presqu'île de Logonna-Daoulas (figure 22A). Elle est barrée presque intégralement par un large cordon de galets qui s'étire du nord au sud sur près de 450 m (figures 22B et 22C).



Figure 22B : Photographie aérienne de l'anse du Roz.

Cette flèche est directement alimentée par le recul des falaises de schistes Fasnien qui se trouvent dans le nord de l'anse. Cette roche, qui a connu les processus de gélifraction au Quaternaire, est très friable. Comme nous avons pu nous en rendre compte sur le terrain, elle se délite facilement et livre d'importantes quantités de matériel au sillon. Aussi, ce dernier est-il particulièrement massif. Sa largeur moyenne est de 45 m. Sur les deux tiers de sa longueur, le sommet du cordon est recouvert par une végétation herbacée non halophile qui indique que le sillon est peu sensible à la submersion marine. A ce niveau toutefois, la crête est taillée en microfalaise de quelques décimètres de hauteur. L'action des fortes vagues sur ce poulcier est donc toujours active. Cette flèche protège un marais maritime de 5 ha qu'une passe étroite relie à la mer. Ce marais est partiellement végétalisé dans sa partie nord par un schorre à spartine.

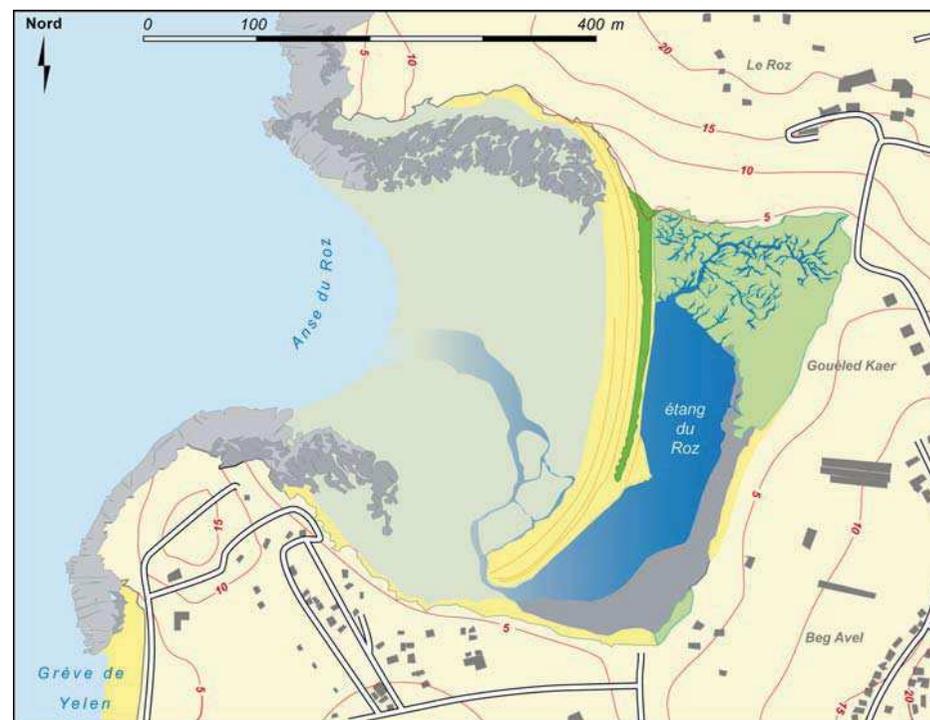


Figure 22C : Carte de l'anse du Roz.

2-Evolution du site

A- Evolution récente (1948-2009)

Au cours des cinq dernières décennies, la flèche du Roz a connu de longues périodes de stabilité se soldant par une avancée de la végétation au sommet du cordon, entrecoupées de quelques phases érosives marquées par le recul de l'édifice en direction du marais maritime. Ainsi, le recul moyen est estimé à -8 m entre 1948 et 2009 (figure 22D).

Sur le cordon, les déplacements sédimentaires s'effectuent le plus souvent entre la base et le sommet du cordon. En effet, les vagues arrivent de façon perpendiculaire à la côte, ce qui minimise les transits le long du sillon.

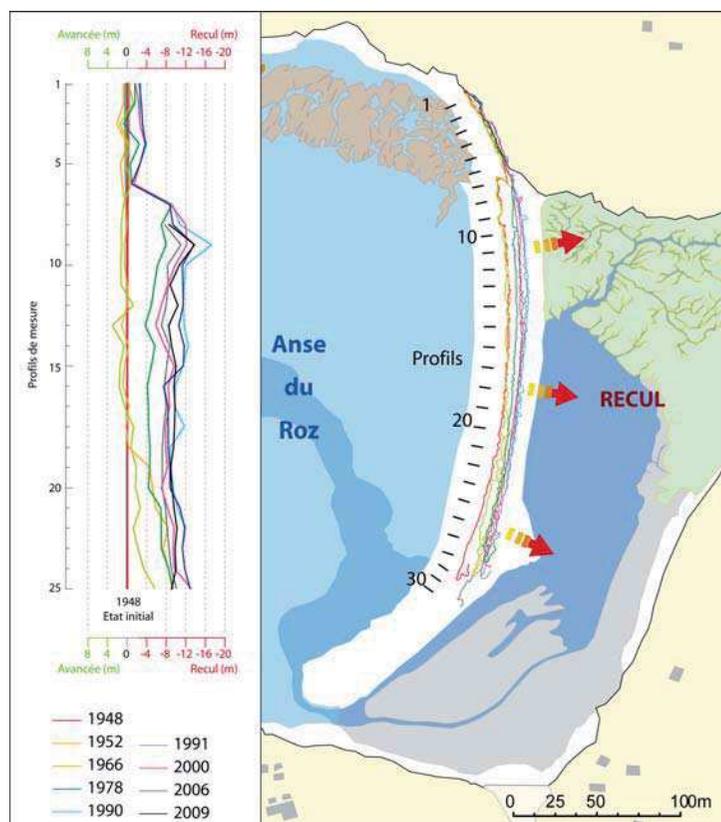


Figure 22D : Evolution récente du Sillon du Roz.

B- Chronologie des épisodes érosifs

La flèche du Roz a été affectée par un nombre réduit d'épisodes de franchissement au cours des dernières décennies. Les épisodes érosifs les plus importants ont eu lieu entre 1970 et 1990 (figure 22E).

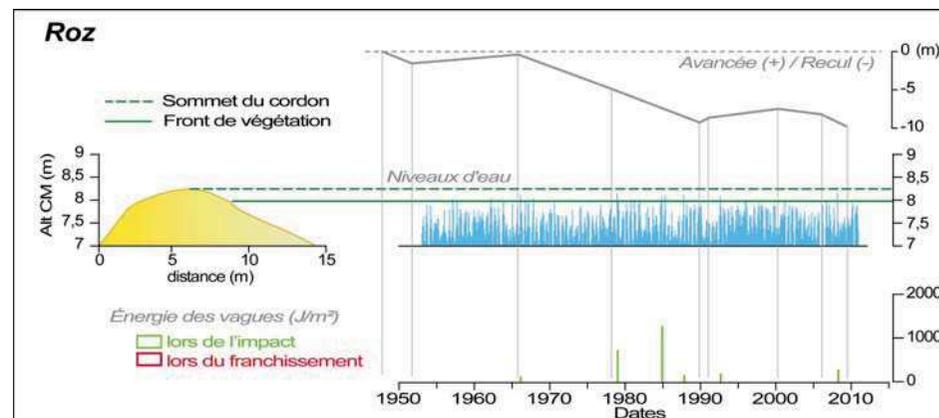


Figure 22E : Chronologie des épisodes érosifs sur le sillon du Roz entre 1950 et 2011.

C- Impacts anthropiques passés

La flèche du Roz n'a jamais fait l'objet de fortes pressions anthropiques. En revanche, le marais maritime est actuellement une zone très fréquentée. Il représente une zone de mouillage et d'hivernage pour un nombre important de bateaux de plaisance.

3-Les enjeux patrimoniaux

A- Valeur géomorphologique

Si la morphologie d'ensemble de la flèche du Roz ne présente aucun caractère exceptionnel, cette flèche barrant une ria constitue néanmoins une rareté à l'échelle régionale. Le marais qui s'est développé à l'abri du cordon présente également une stratigraphie intéressante qui permettrait de retracer l'histoire de ce secteur côtier.

B- Valeur écologique

D'un point de vue floristique, l'anse du Roz ne compte actuellement aucune espèce protégée ou rare à l'échelle de la Bretagne. Elle présente néanmoins une grande diversité d'habitats puisqu'on y recense cinq habitats d'intérêt communautaire différents (figure 22I). Ces habitats ne représentent qu'une faible superficie du secteur d'étude (22% seulement). Dans la partie la plus interne du marais, une roselière saumâtre à phragmites constitue également un habitat d'intérêt régional.

Enfin, ce secteur n'est fréquenté que par les limicoles d'intérêt européen. Le cordon sert de reposoir à marée haute, tandis que le marais constitue également une aire de nourrissage pour ces populations d'oiseaux. La présence de passereaux paludicoles n'est pas à exclure dans la roselière.

C- Autre

Le sillon du Roz est le support à différentes activités récréatives (baignade estivale, pêche à pied, pêche à la ligne, randonnée et promenade). Le marais maritime constitue une aire d'hivernage d'un grand nombre de bateaux de plaisance (figure 22G).

4-Les principales menaces

A- Erosion côtière

Le sillon du Roz ne présente aucune fragilité morphologique. Sa crête est rarement atteinte par les vagues de tempête. Néanmoins, le recul de la végétation sommitale a été estimé à -8 m entre 1948 et 2009. La menace d'érosion du sillon n'est donc pas à exclure.

B- Spartine

La spartine occupe actuellement une superficie de 1,4 ha dans le marais maritime. Elle a colonisé la quasi-totalité du pré salé au cours des dernières décennies, entraînant peut-être la disparition des espèces floristiques rares ou vulnérables comme le *Limonium humile*. Sa marge de progression est désormais très faible. Elle pourrait toutefois gagner les rives orientale et méridionale de l'anse du Roz où subsiste encore des fourrés à obione, des pelouses à lepture raide et à salicorne.

22- ROZ (70 %)

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal <i>(en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)</i>	3	4	12
A2. Intérêt géomorphologique secondaire <i>(présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)</i>	1	2	2
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	3	3	9
TOTAL			23 <small>Sur 23</small> 100 %

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée <i>(Limonium humile)</i>	0	2	0
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	0	1	0
TOTAL			0 <small>Sur 3</small> 0 %

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats <i>(nombre d'habitats d'intérêt communautaire)</i>	3	2	6
B2.2. Richesse des habitats <i>(part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)</i>	1	2	2
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional <i>(Mégaphorbiaie, roselière...) notamment au titre de la protection des zones humides</i>	1	1	1
TOTAL			9 <small>Sur 13</small> 69 %

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	1	1	1
TOTAL			3 <small>Sur 6</small> 50 %

Figure 22F : Evaluation du patrimoine géomorphologique et écologique du secteur du Roz.

C- Pressions anthropiques sur le site

Les principales pressions anthropiques sur le site du Roz résultent d'une fréquentation importante de l'estran par les véhicules automobiles. L'anse constitue une zone d'abri facilement accessible à marée haute par les bateaux de plaisance qui viennent y mouiller et y séjourner durant l'hiver. Leur mise à l'eau par les engins mécanisés cause une dégradation des habitats. En outre, l'activité de plaisance génère un certain dérangement de l'avifaune.



Cliché : S. Le Berre, 2005.

Figure 22G : Mouillage et hivernage des bateaux de plaisance dans l'anse du Roz.

5-Plan d'action

A- Maîtrise foncière et opérateurs locaux (figure 22J)

B- Types d'action à mener

Mesures de sensibilisation

- 1-Mener des actions de sensibilisation et de mise en valeur du patrimoine géomorphologique et écologique auprès des riverains et des plaisanciers.
- 2-Réaliser des panneaux d'information à visée pédagogique sur la formation et la dynamique du sillon du Roz.

Mesures de conservation

Menace érosion

- 1-Surveiller l'évolution du cordon littoral.

Menace spartine

- 1- Surveiller l'apparition de nouvelles taches de spartine dans les parties orientale et méridionales de l'anse du Roz.
- 2-Détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de spartine présentes localement sur les substrats gravo-vaseux.
- 3-Evacuer les poches de vase qui supportent les spartines.

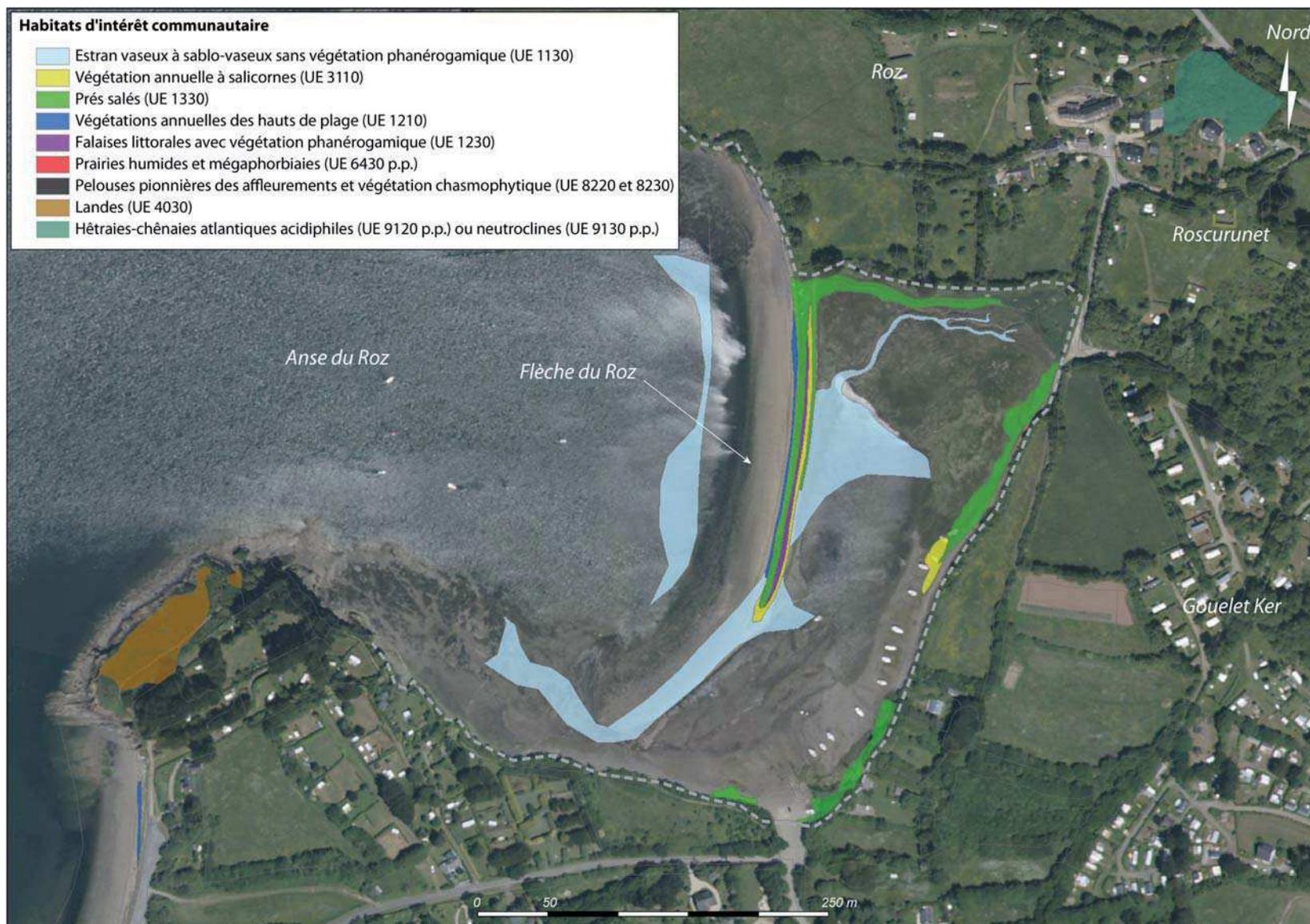


Figure 221 : Habitats d'intérêt communautaire dans l'anse du Roz.



Figure 22J : Opérateurs locaux dans l'anse du Roz.

Site n°23 – Bindy



Figure 23A : Localisation du secteur de l'Auberlac'h.

1- Présentation du site

L'île du Bindy se trouve à la pointe de la presqu'île de Logonna-Daoulas, dans la partie orientale de la rade de Brest (figure 23A). Elle est rattachée à la terre par un tombolo double assez complexe. La branche ouest du tombolo est très massive et son sommet est largement végétalisé (figures 23B et 23C). Elle est longue de 130 m et présente un tracé légèrement arqué, tourné vers l'ouest et exposé à de grande longueur de fetch. Comme le tombolo de Tibidy, ce cordon ne s'est pas construit à l'abri de l'île. Il s'est mis en place de façon à faire front aux vagues venant de l'ouest. Il a également un profil transversal très dissymétrique. La pente du revers est plus accusée que celle du front. D'après Guilcher *et al.* (1957), ce sillón était déjà en place avant que ne s'édifie le deuxième cordon de galets.

La deuxième branche du tombolo s'allonge également sur près de 130 m. Sa construction n'est pas liée à la situation d'abri que lui offre l'île du Bindy. Guilcher *et al.* (1957) ont montré qu'elle résulte d'une dérive littorale circulant d'est en ouest. Cette flèche est moins élevée que la précédente bien que son sommet soit également recouvert de végétation. A mesure de sa construction, la pointe de ce cordon est parvenue en position telle qu'elle est abritée de toutes les directions. A ce niveau, il n'y a plus réellement de transit sédimentaire. Aussi, la flèche ne parvient pas à atteindre l'île du Bindy. Ceci a permis le maintien d'une passe qui assure le remplissage et la vidange d'un marais maritime de 0,9 ha à l'intérieur duquel on observe aujourd'hui un petit delta de flot.



Figure 23B : Photographie du tombolo double du Bindy.

Au pied de la seconde branche du tombolo, on note également la présence de deux petites flèches de galets émergeant à basse mer. Elles sont en position de vis-à-vis et traduisent une migration des galets dans deux directions opposées. Le cordon est donc alimenté par les sédiments venant de l'ouest et par ceux venant de l'est.

Notons enfin que depuis l'étude de Guilcher *et al.* (1957), ce tombolo a fait l'objet d'aménagements. Un parking de 2000 m² a été construit sur le marais.

2-Evolution du site

A- Evolution récente (1948-2009)

Entre 1948 et 2009, le tombolo ouest du Bindy a connu un recul moyen d'environ -5 m (figure 23D). La mobilité de ce cordon s'est caractérisée par de longues périodes de stabilité se soldant par une avancée de la végétation au sommet du cordon, entrecoupées de quelques phases érosives marquées par le recul de l'édifice en direction du marais maritime.

Sur le cordon, les déplacements sédimentaires se sont principalement effectués entre la base et le sommet du cordon, les vagues arrivant de façon perpendiculaire à la côte.

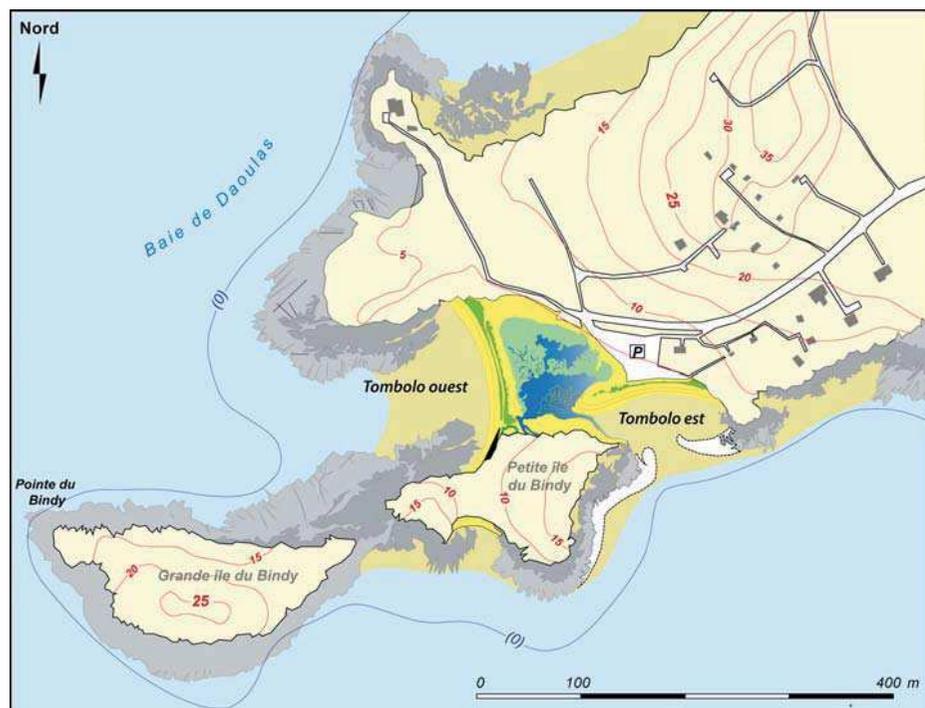


Figure 23C : Carte du tombolo double du Bindy.

B- Chronologie des épisodes érosifs

La fréquence des épisodes de franchissement du cordon du Bindy a été très faible au cours des dernières décennies. La forte tempête d'avril 1984 apparaît comme l'événement le plus érosif, ayant causé un recul important du tombolo en quelques heures seulement (figure 23E).

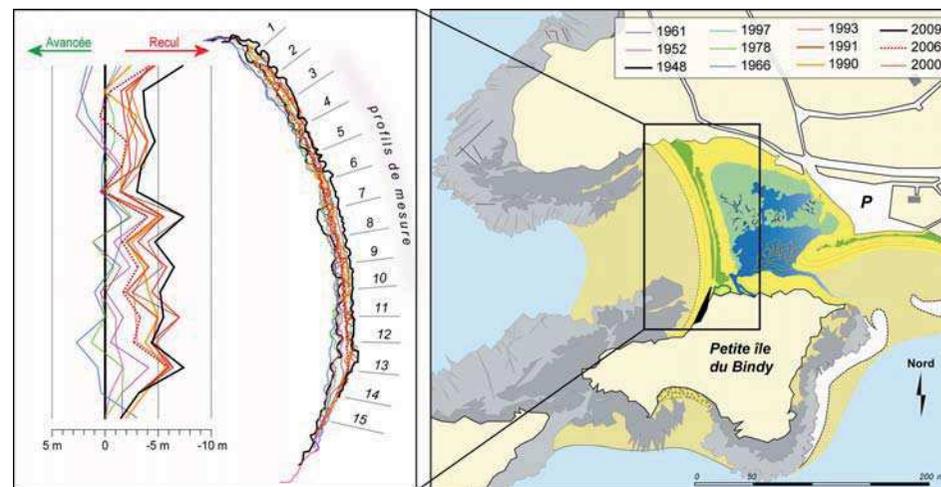


Figure 23D : Evolution récente du tombolo ouest du Bindy.

C- Impacts anthropiques passés

Les principales pressions anthropiques sur le site du Bindy ont concerné le marais maritime et sont détaillées dans la figure.

3-Les enjeux patrimoniaux

A- Valeur géomorphologique

D'un point de vue géomorphologique, le double tombolo du Bindy est exceptionnel à l'échelle des côtes bretonnes. Ce couple de cordons littoraux présente également un intérêt pédagogique manifeste, permettant d'apprécier les mécanismes complexes qui concourent à la formation et à l'évolution des cordons de galets.

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

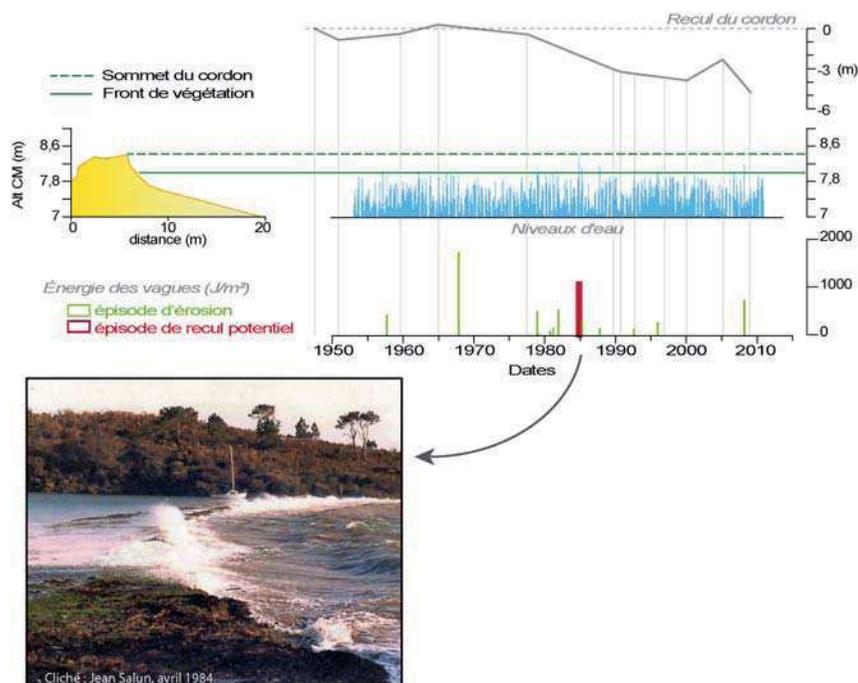


Figure 23F : Chronologie des épisodes érosifs sur la flèche ouest du Pédel entre 1950 et 2011.

B- Valeur écologique

Le marais maritime du Bindy occupe une superficie d'environ 11 400 m² et compte une station de *Limonium humile* qui s'étend sur 590 m². En 2009, E. Quéré (2009) y recense un millier de pieds. En revanche, aucune espèce rare à l'échelle de la Bretagne n'est présente dans cette zone humide. Trois habitats d'intérêt communautaire différents y sont rencontrés (figure 23J) et représentent 37 % de la surface totale du secteur, cordons littoraux compris. D'un point de vue avifaunistique, le site du Bindy ne présente pas un grand intérêt et n'accueille aucune population d'anatidés et limicoles d'intérêt européen.

C- Autre

Le secteur du Bindy est le support à différentes activités récréatives (baignade estivale, pêche à pied, promenade, ...).

23- BINDY (58 %)

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal (en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)	2	4	8
A2. Intérêt géomorphologique secondaire (présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)	0	2	0
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	3	3	9
TOTAL			17 <small>Sur 23</small> 74 %

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée (<i>Limonium humile</i>)	1	2	2
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	0	1	0
TOTAL			2 <small>Sur 3</small> 67 %

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats (nombre d'habitats d'intérêt communautaire)	2	2	4
B2.2. Richesse des habitats (part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)	2	2	4
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional (mégaphorbiaie, roselière...) notamment au titre de la protection des zones humides	0	1	0
TOTAL			8 <small>Sur 13</small> 62 %

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	0	1	0
TOTAL			0 <small>Sur 6</small> 0 %

Figure 23G : Evaluation du patrimoine géomorphologique et écologique du secteur du Bindy.

4-Les principales menaces

A- Erosion côtière

Les deux cordons littoraux du Bindy ne présentent aucune fragilité morphologique à l'heure actuelle. Leur crête est rarement atteinte par les vagues de tempête. Néanmoins, le recul de la végétation sommitale mesuré sur le cordon ouest a été estimé à -5 m entre 1948 et 2009. Ce recul a été causé par l'épisode de tempête du mois d'avril 1984. Bien qu'il soit exceptionnel, ce type d'événement est susceptible de se reproduire à l'avenir et la menace d'érosion n'est pas à exclure.

B- Spartine

La progression de la spartine dans le marais maritime du Bindy représente la principale menace qui pèse sur le patrimoine écologique de ce secteur littoral. L'espèce invasive couvre actuellement une superficie d'environ 660 m². Elle est présente sous la forme de trois tâches distinctes dans le pré salé. Elle constitue une menace potentielle d'autant plus forte qu'elle est susceptible de progresser sur les stations à *Limonium humile* qu'elle jouxte dans le marais.

C- Pressions anthropiques sur le site

Le site du Bindy fait l'objet d'une forte fréquentation humaine. Les vélos et cyclomoteurs circulent fréquemment sur le cordon occidental (figure 23H). Le cordon oriental, quant à lui, s'appuie sur un remblai aménagé en aire de stationnement. Sa végétation sommitale est fortement dégradée par les véhicules en stationnement et le piétinement des promeneurs.



Figure 23H : Circulation d'un cyclomoteur au sommet du cordon ouest du Bindy.

5-Plan d'action

A- Maîtrise foncière et opérateurs locaux (figure 23K)

B- Types d'action à mener (figure 23I)

Mesures de sensibilisation

- 1-Mener des actions de sensibilisation et de mise en valeur du patrimoine géomorphologique et écologique auprès des riverains, des randonneurs, des baigneurs.
- 2-Réaliser des panneaux d'information à visée pédagogique sur la formation et la dynamique littorale de ce double tombolo.

Mesures de conservation

Menace liée à l'érosion des cordons littoraux

- 1-Surveiller l'évolution du cordon ouest.

Menace liée à la progression de la spartine

- 1- Surveiller l'apparition de nouvelles tâches de spartine dans le marais maritime.
- 2-Détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, toutes les tâches de spartine existantes.

Menace liée aux pressions anthropiques

- 1-Restreindre l'accès du cordon ouest aux piétons et interdire la circulation de véhicules motorisés et de vélos sur la crête et le revers du tombolo.

Mesures de restauration

La restauration du site dans son état initial nécessiterait le déblaiement d'une grande partie de l'aire de stationnement sur une surface d'environ 2300 m². L'agrandissement du marais maritime pourrait favoriser la fréquentation du site par les populations de limicoles et d'anatidés à condition de contrôler la progression de la spartine et d'éviter l'homogénéisation du milieu. Par ailleurs, la suppression du parking réduirait la fréquentation humaine du site et limiterait le dérangement de l'avifaune.



Figure 23I : Actions de conservation et de restauration proposées sur le site du Bindy.

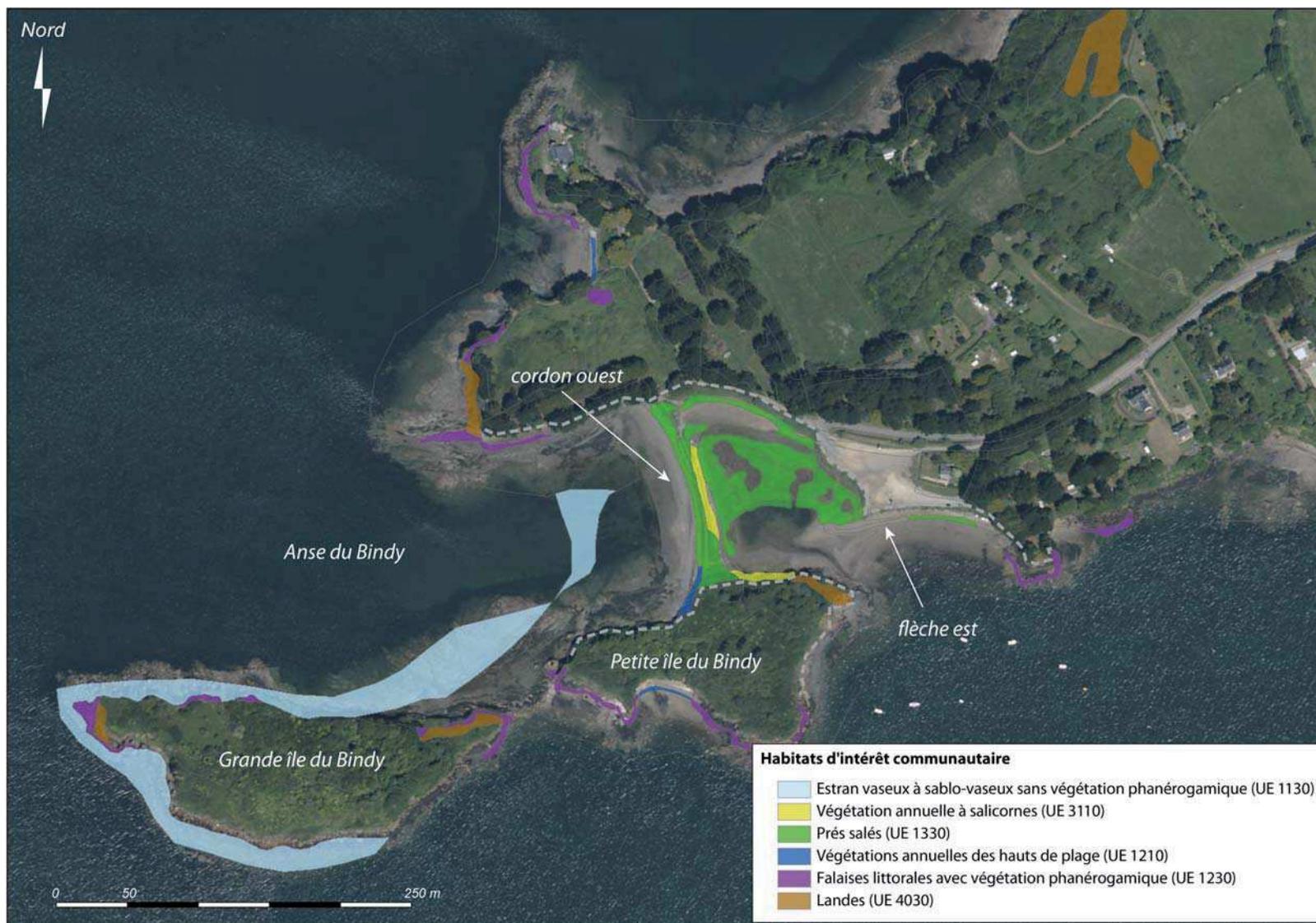


Figure 23J : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur du Bindy.

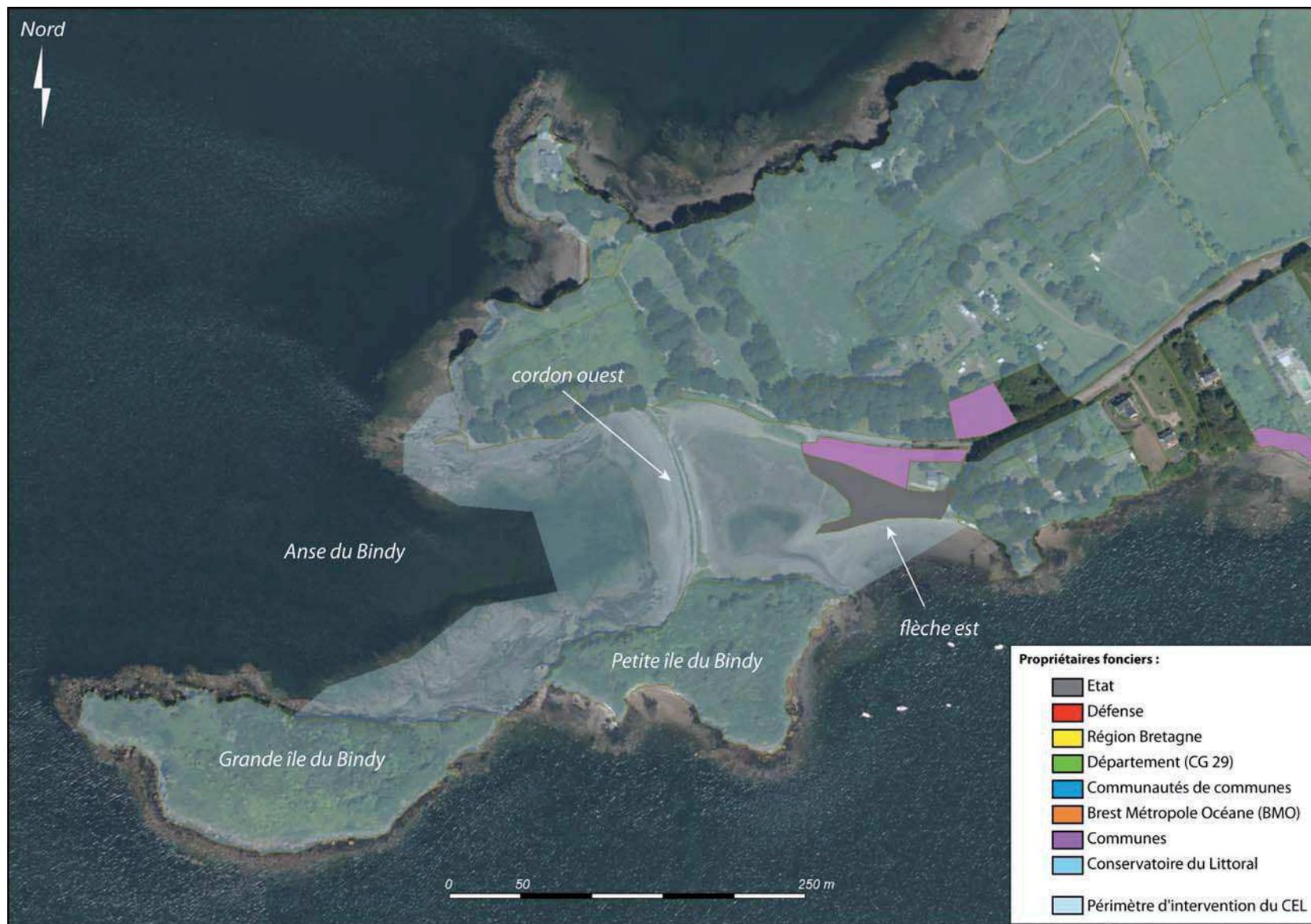


Figure 23K : Opérateurs locaux dans le secteur du Bindy.

Site n°24 – Les flèches du Bourg



Figure 24A : Localisation du secteur du Bourg.

1- Présentation du site

L'anse du bourg, située au sud de la presqu'île de Logonna-Daoulas (figure 24A), est partiellement barrée par deux flèches d'inégale longueur qui se disposent en vis-à-vis (figures 24B et 24C). La flèche principale s'étire d'est en ouest sur près de 170 m. La flèche secondaire est de taille plus modeste, longue de seulement 80 m. Elle s'allonge vers le nord-ouest. Ce poulier s'appuie vraisemblablement sur un ancien cordon qui peut être d'âge holocène. Il est aujourd'hui étalé à l'intérieur de la lagune est ne forme plus qu'un mince plaquage de galets sur lequel se dépose progressivement de la vase. Le marais maritime qui s'est formé dans l'anse du Bourg couvre une superficie de 4,5 ha.



Figure 24B : Photographie des flèches en vis-à-vis du Bourg.

Ce marais ne communique avec la mer qu'au moment des pleines mers à travers une passe large de 15 m environ. Il faut signaler que la flèche orientale est aujourd'hui aménagée en aire de stationnement à son sommet.

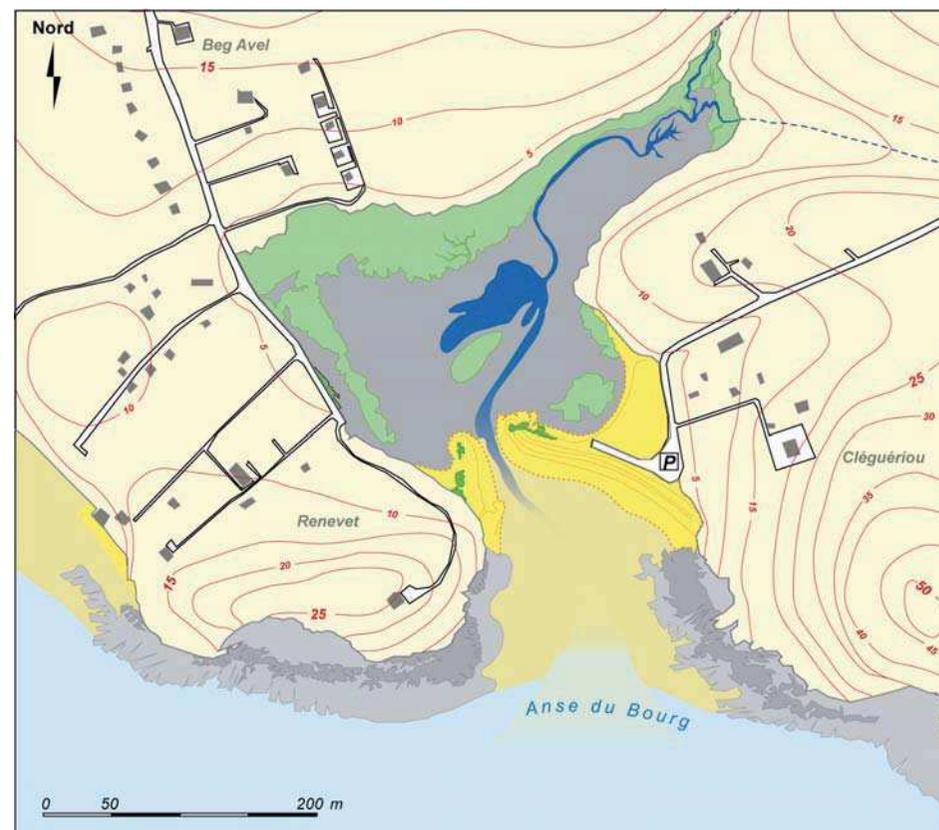


Figure 24C : Carte du couple de flèches en vis-à-vis du Bourg.

2-Evolution du site

A- Evolution récente (1952-2009)

Entre 1952 et 2009, la flèche orientale a montré une grande stabilité (figure 24D). La végétation sommitale a connu un recul moyen inférieur à 4 m. La flèche occidentale a

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

enregistré des changements morphologiques plus importants. L'orientation du cordon s'est modifiée et cette petite flèche tend à s'accoler à la côte, induisant un recul d'environ -4 m au cours des 6 dernières décennies.

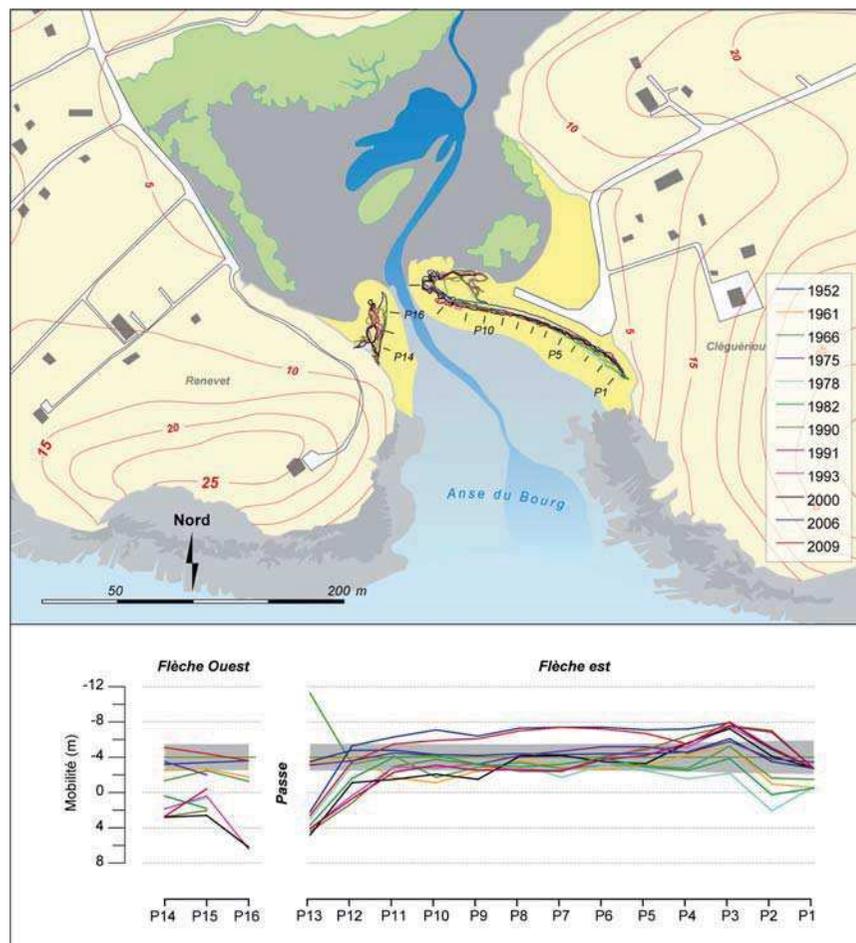


Figure 24D : Evolution récente des flèches du Bourg.

B- Chronologie des épisodes érosifs

La chronologie des épisodes érosifs a été dressée sur la flèche principale (figure 24E). Cette flèche a été artificiellement exhauscée lors de la mise en place de l'aire de stationnement afin

de ne jamais être inondée par la mer. Par conséquent, ce cordon n'a connu aucun franchissement par les vagues de tempête au cours des dernières décennies. En revanche, le front de végétation a été attaqué par les vagues à plusieurs reprises. Toutefois, ces vagues n'ont pas causé d'érosion majeure sur le cordon compte tenu des faibles longueurs de fetch dont elles disposent dans ce secteur.

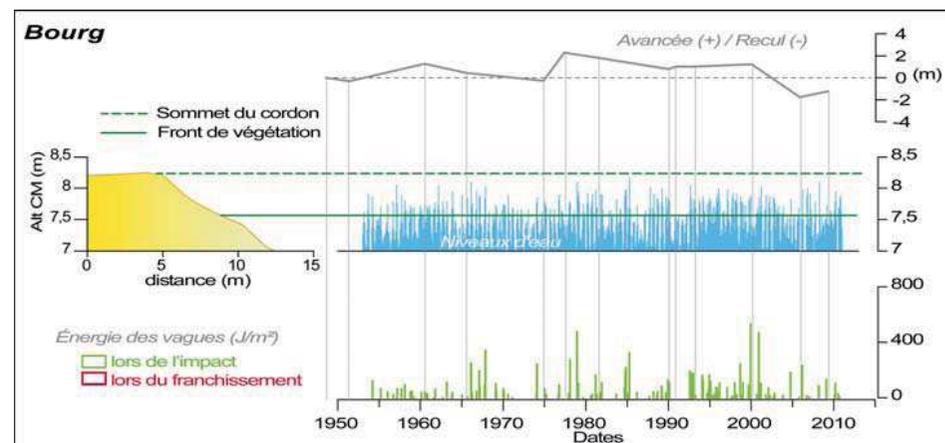


Figure 24E : Chronologie des épisodes érosifs entre 1950 et 2011.

C- Impacts anthropiques passés

L'aménagement d'une aire de stationnement en arrière du cordon principal constitue la plus forte pression anthropique qu'a connue ce secteur au cours du siècle passé. Il s'est traduit par un remblaiement partiel du marais maritime et une stabilisation du cordon littoral.

3-Les enjeux patrimoniaux

L'anse du Bourg présente une forte valeur patrimoniale, avec une note globale de 82 % (figure 24F). Si le site n'est pas fréquenté par des populations importantes de limicoles et d'anatidés 'intérêt européen, il reste un site d'importance floristique. Ce couple de cordons en vis-à-vis abrite également des habitats d'une grande richesse et d'une grande diversité.

A- Valeur géomorphologique

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

Le couple de flèches en vis-à-vis qui abrite l'anse du Bourg constitue l'un des plus beaux exemples de ce type en Bretagne et présente donc un fort intérêt géomorphologique, malgré l'artificialisation partielle d'un des cordons. Aucune stratigraphie intéressante n'a été observée dans le marais où sur l'estran.

B- Valeur écologique

L'anse du Bourg présente un intérêt floristique important à l'échelle de la rade de Brest. Elle abrite deux espèces végétales protégées : le petit statice (*Limonium humile*) et le séparias à petites fleurs (*Separias parviflora* Parl.). On y recense également le Polypogon de Montpellier (*Polypogon monspeliensis* (L.) Desf.), une espèce rare à l'échelle de la Bretagne, inscrit sur la liste rouge armoricaine (Magnanon *et al.*, 1993).

Ce secteur compte la plus grande diversité d'habitats d'intérêt communautaire de nos sites d'étude. Au total, sept habitats de ce type se retrouve dans ce secteur, cordons littoraux et marais confondu. Ils couvrent une superficie totale de 4,8 ha, soit 69 % de la surface du site. En marge des prés salés s'étendent quelques roselières saumâtres, prairies humides et mégaphorbiaies dans les parties internes de l'anse. Le fond de vallée qui constitue le prolongement terrestre de l'anse, abrite également un boisement humide. Ces habitats présentent un intérêt régional au titre de la protection des zones humides.

D'un point de vue avifaunistique, le site du Bourg ne présente pas d'intérêt particulier. Il ne semble pas fréquenté par les anatidés et limicoles d'intérêt européen, peut-être en raison d'une trop grande fréquentation du site. Néanmoins, les roselières qui occupent par endroit les rives de l'anse sont susceptibles d'héberger une population d'oiseaux paludicoles.

4-Les principales menaces

A- Erosion côtière

Sur ce site, l'érosion ne représente pas une menace.

B- Spartine

La spartine est présente dans l'anse du Bourg et couvre à ce jour une superficie relativement modeste d'environ 1500 m². Elle reste pour le moment cantonnée aux zones les plus internes du marais maritime. Sa progression est probablement freinée par la nature du substrat, essentiellement gravelo-vaseux, sur lequel l'herbacée peine à s'implanter durablement. Toutefois, elle constitue une menace potentielle d'autant plus forte qu'elle pourrait gagner sur les stations à *Limonium humile*, appauvrir la diversité des habitats et réduire la biodiversité.

24- BOURG (73 %)

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal <i>(en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)</i>	2	4	8
A2. Intérêt géomorphologique secondaire <i>(présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)</i>	0	2	0
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	3	3	9
TOTAL			17 <small>Sur 23</small> 74 %

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée <i>(Limonium humile)</i>	1	2	2
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	1	1	1
TOTAL			3 <small>Sur 3</small> 100 %

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats <i>(nombre d'habitats d'intérêt communautaire)</i>	3	2	6
B2.2. Richesse des habitats <i>(part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)</i>	3	2	6
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional <i>(mégaphorbiaie, roselière,...) notamment au titre de la protection des zones humides</i>	1	1	1
TOTAL			13 <small>Sur 13</small> 100 %

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	1	1	1
TOTAL			1 <small>Sur 6</small> 17 %

Figure 24F : Evaluation du patrimoine géomorphologique et écologique du secteur du Bourg.

C- Pressions anthropiques sur le site

Comme son nom l'indique, l'anse du Bourg est située à proximité du bourg de Logonna-Daoulas. La fréquentation du site est relativement importante quelque soit la saison puisque la zone est utilisée comme aire de mouillage par les plaisanciers. En été, le site se transforme également en lieu de baignade et la fréquentation s'accroît. C'est probablement pour cette raison que le site est peu fréquenté par les populations d'oiseaux hivernants de la rade.

L'artificialisation du cordon constitue également une pression anthropique passée qui altère considérablement les qualités paysagères et la dynamique du cordon.

5-Plan d'action

A- Maîtrise foncière et opérateurs locaux (figure 24I)

B- Types d'action à mener

Mesures de sensibilisation

- 1-Mener des actions de sensibilisation et de mise en valeur du patrimoine géomorphologique et écologique auprès des riverains, des randonneurs, des baigneurs.
- 2-Réaliser des panneaux d'information à visée pédagogique sur la formation et la dynamique de ce couple de cordons littoraux.

Mesures de conservation

Compte tenu de la menace que représente la progression de la spartine ans l'anse du Bourg, il conviendrait de :

- 1- Surveiller l'apparition de nouvelles taches de spartine le long des rives de l'anse du Bourg.
- 2-Détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de spartine présentes localement sur les substrats gravo-vaseux.

L'absence de populations significatives d'oiseaux hivernants dans l'anse du Bourg malgré la richesse et la diversité des habitats est manifestement liée à une forte fréquentation humaine

du site. La maîtrise de cette fréquentation est donc une mesure conservatoire qui permettrait d'accroître la valeur écologique de ce secteur. Il conviendrait alors de :

- 1-Maîtriser la fréquentation automobile en limitant les accès Est et Ouest aux seuls riverains, notamment durant la période hivernale où la rade de Brest accueille une population significative d'oiseaux d'intérêt européen, par la mise en place de barrières ou de plots en bois. Il conviendrait, dans le même temps, de proposer des aires de stationnement à proximité pour accueillir les estivants et ne pas affecter le rôle récréatif de ce secteur durant l'été.
- 2-Réduire le dérangement de l'avifaune et la dégradation des habitats liés au mouillage et à l'hivernage des bateaux de plaisance en limitant la zone de mouillage à la partie centrale de l'anse.

Dans le cadre d'opérations plus lourdes de restauration du site, l'aire de stationnement automobile aménagée sur le revers du cordon oriental pourrait être déblayée.

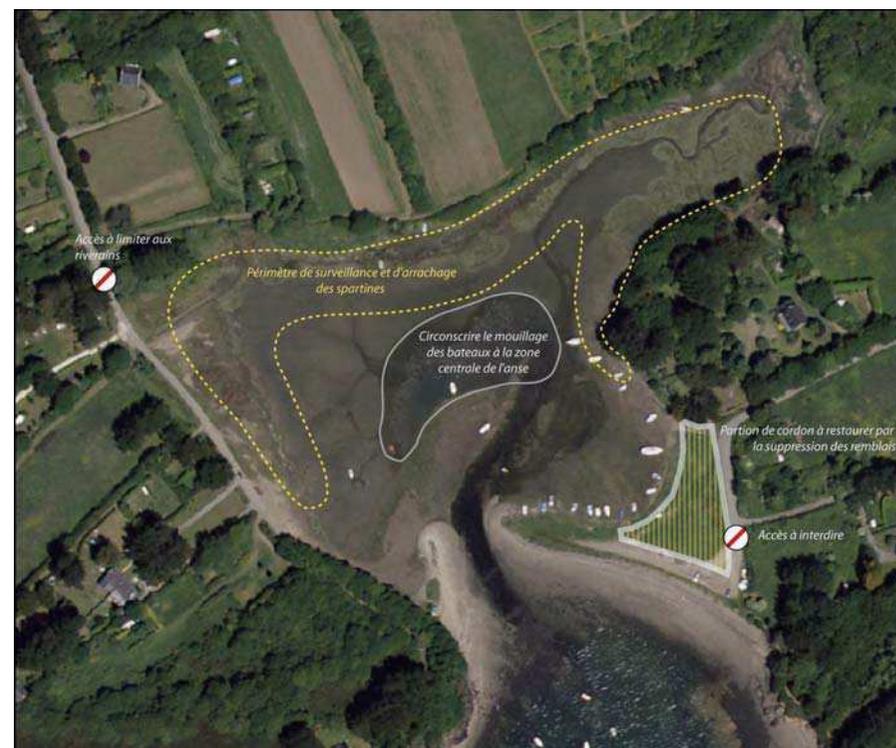


Figure 24G : Actions de conservation et restauration préconisées dans l'anse du Bourg.

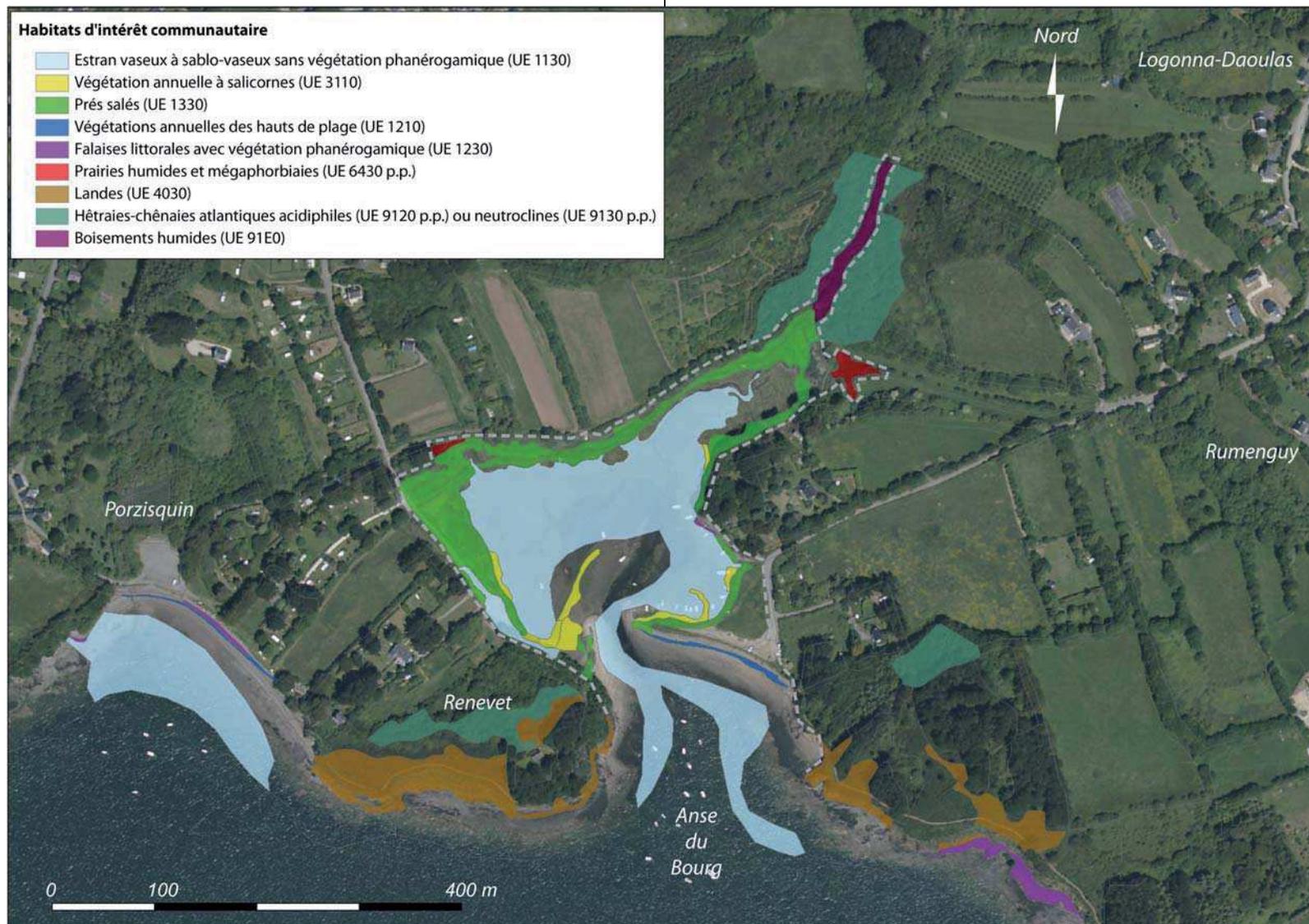


Figure 24H : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur de l'anse du Bourg.



Figure 24I : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur de l'anse du Bourg.

Site n°29 – La flèche du Faou



Figure 29A : Localisation du secteur du Faou.

1- Présentation du site

La flèche du Faou est située dans la partie la plus orientale de la rade de Brest (figure 29A). Avant qu'elle ne soit détruite par une forte tempête en 1973, le sillon venait barrer la rivière du Faou sur les deux tiers de sa largeur (figure 29B). Ce cordon de galets était alors long de près de 700 m et constituait, par sa taille, le plus important sillon de la rade de Brest. Aujourd'hui, la flèche du Faou est longue de 500 m, de son point d'enracinement à son extrémité distale. De l'ancien cordon, il reste toujours son crochet terminal, adoptant désormais une forme de croissant dont les pointes s'allongent vers l'est. Une brèche, large de 100 m, le sépare du reste de la flèche.



Figure 29B : La flèche du Faou sur la photographie aérienne de l'IGN prise en 1948.

Le sillon du Faou présente un tracé en arc brisé. Sur la première moitié de sa longueur, il s'étire vers le nord et préserve grossièrement son ancienne position. A ce niveau, la flèche est protégée par un platier rocheux en avant sur l'estran. Puis, elle change brusquement d'orientation pour s'étirer vers l'est où elle se termine en une multitude de petits crochets recourbés vers le sud.

2-Evolution du site

A- Evolution récente (1948-2009)

De 1948 à 2009, la flèche du Faou n'a cessé de reculer vers l'est sur une distance de 70 m par endroits (figure 29C). Le recul s'est produit principalement dans la partie nord de la flèche qui ne bénéficie d'aucun ados et qui fait face aux vagues générées par des vents de nord-ouest dont le fetch atteint 25 km dans cette partie de la rade de Brest. Entre 1948 et 2006, les vitesses moyennes de recul avoisinent 70 cm/an.

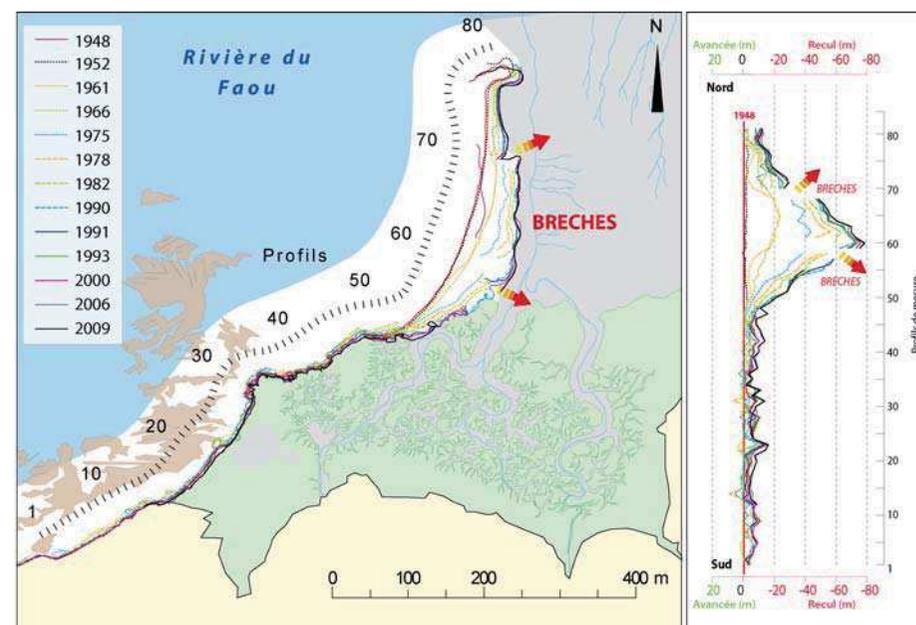


Figure 29C : Evolution récente de la flèche du Faou entre 1948 et 2009.

A l'occasion d'une violente tempête au cours de l'hiver 1974 (Guilcher *et al.*, 1990), cette partie de la flèche a été éventrée en deux endroits. Le manque de sédiments n'a pas permis le comblement naturel de ces brèches qui se sont pérennisées et se sont élargies progressivement. Le cordon s'est étalé peu à peu, après chaque submersion marine, et a perdu de sa hauteur.

Entre 1948 et 2009, la partie sud de la flèche a connu un recul plus limité que la partie nord et a préservé grossièrement son ancienne position. Cette faible mobilité cache toutefois une diminution considérable du stock sédimentaire car, aujourd'hui, il ne reste plus rien des galets constituant le cordon d'origine. Les sédiments ont peu à peu migré vers le nord, et la flèche a démaigri jusqu'au point de disparaître. Ici, le recul a été freiné par la présence d'un vaste marais maritime hiérarchisé à méandres en arrière de la flèche, constituant une sorte d'ados pour l'accumulation. Désormais, une microfalaise avec graviers de cordon au sommet et head argileux quaternaire à la base témoigne de l'attaque de cette portion de côte par les vagues (figure 29D). La mobilité littorale mesurée du profil P1 au profil P45 correspond donc à l'érosion de cette microfalaise.



Figure 29D : Partie sud de la flèche du Faou où le cordon littoral a disparu et où le schorre est désormais taillé en falaise.

B- Chronologie des épisodes érosifs

La flèche du Faou présente aujourd'hui un profil tellement surbaissé qu'elle est submergée par les vagues à chaque pleine mer (figure 29E). Les submersions sont donc extrêmement fréquentes. Puisque le secteur est exposé à de grandes longueurs de fetch, les vagues sont suffisamment puissantes pour faire reculer rapidement le cordon.

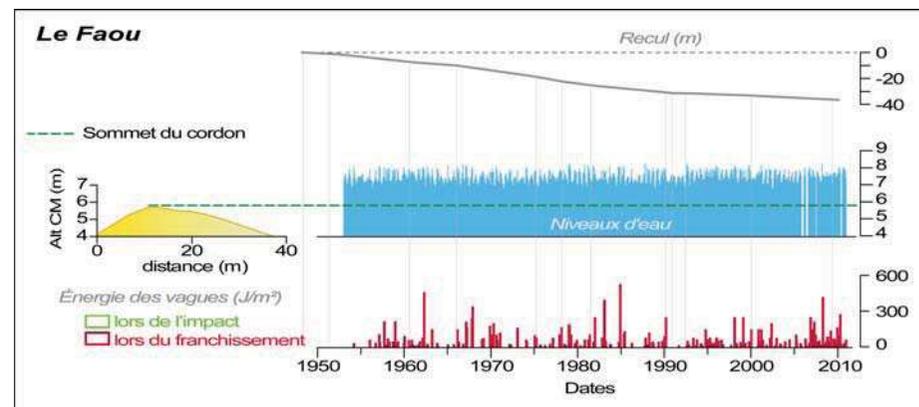


Figure 29E : Chronologie des épisodes érosifs dans la partie nord de la flèche du Faou.

C- Impacts anthropiques passés

Pour Guilcher *et al.* (1990), l'érosion du sillon serait en partie le résultat de prélèvements massifs de matériel sédimentaire opéré au cours des 19^e et 20^e siècles.

3-Les enjeux patrimoniaux

A- Valeur géomorphologique (figure 29F)

Malgré son démantèlement progression au cours des dernières décennies, la flèche du Faou reste un site d'intérêt géomorphologique majeur, en raison de la dynamique de ce cordon qui a valeur d'illustration. En outre, le marais maritime du Faou est également l'un des plus beaux marais à chenaux hiérarchisés de la région.

B- Valeur écologique (figure 29F)

Le marais maritime de Bolast forme l'une des zones d'arrière-cordon les plus vastes de la rade et couvre une superficie d'environ 16 ha. Cette zone humide présente une forte valeur écologique.

D'un point de vue floristique, les rives de l'étang comptent plusieurs stations de *Limonium humile* regroupant chacune un nombre élevé de pieds.

En terme d'habitat, trois habitats d'intérêt communautaire différents sont rencontrés et représentent 86 % de la surface totale du secteur (figure 29J). En marge des prés salés s'étendent quelques prairies mésophiles, mais également des roselières à phragmites qui constituent un habitat intéressant au niveau régional, notamment au titre de la protection des zones humides.

Enfin, ce secteur présente un grand intérêt avifaunistique. Le cordon littoral et le marais maritime constituent des zones de reposoir et d'alimentation pour les anatidés et les limicoles d'intérêt européen.

4-Les principales menaces

A- Erosion côtière +++

L'érosion est évidemment une menace sur ce cordon en cours de démantèlement. La réduction progressive du volume sédimentaire de la flèche liée à l'étalement du cordon vers le marais maritime expose désormais le schorre à une forte érosion. Ce dernier, qui s'était vraisemblablement développé à l'abri du cordon est désormais taillé en micro-falaise.

B- Spartine +++

La spartine constitue la seconde menace dans le secteur du Faou. Elle couvre une superficie d'environ 1,7 ha. Elle a connu un développement très rapide au cours des années 1990 et 2000 (figures 29G et 29I). Sa marge de progression est encore importante et elle est encore susceptible de progresser sur les stations à *Limonium humile*. Jusqu'à présent, l'invasive s'est implantée dans les parties inférieures du schorre et tend à progresser vers le haut schorre où se trouvent les stations de *Limonium*.

29- FAOU (58 %)

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal <i>(en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)</i>	1	4	4
A2. Intérêt géomorphologique secondaire <i>(présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)</i>	0	2	0
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	2	3	6
TOTAL			10 <small>sur 23</small> 43 %

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée <i>(Limonium humile)</i>	1	2	2
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	0	1	0
TOTAL			2 <small>sur 3</small> 67 %

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats <i>(nombre d'habitats d'intérêt communautaire)</i>	2	2	4
B2.2. Richesse des habitats <i>(part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)</i>	3	2	6
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional <i>(mégaphorbiaie, roselière,...) notamment au titre de la protection des zones humides</i>	1	1	1
TOTAL			11 <small>sur 13</small> 85 %

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	1	1	1
TOTAL			4 <small>sur 6</small> 67 %

Figure 29F : Evaluation du patrimoine géomorphologique et écologique du secteur du Faou.

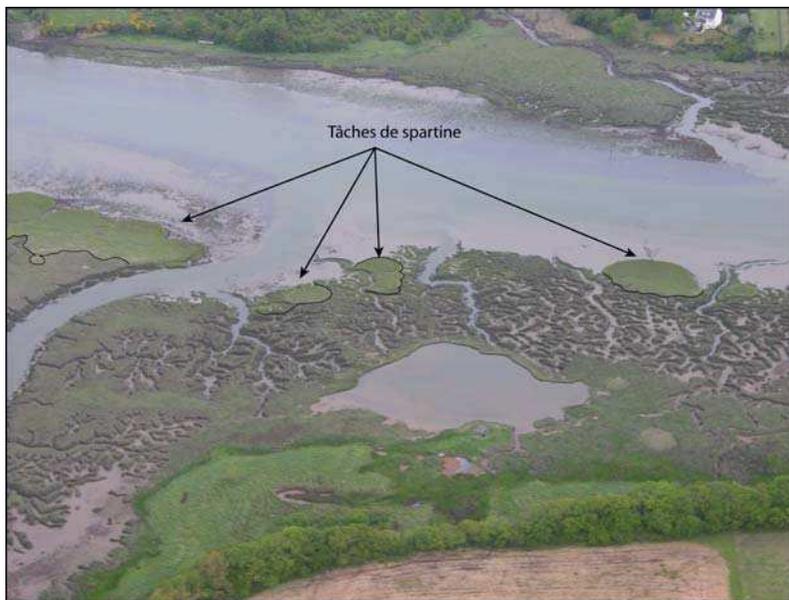


Figure 29G : Tâches de spartine en cours de progression vers la partie haute du schorre dans le marais de Bolast, en arrière de la flèche du Faou.

C- Pressions anthropiques sur le site

Les pressions anthropiques qui s'exercent sur le site sont assez faibles et se résument à la circulation de véhicules automobiles sur la plage (figure 29H), ayant pour conséquences éventuelles une dégradation des habitats et un dérangement de l'avifaune.



Figure 29H : Véhicule automobile en circulation sur la plage (partie sud de la flèche du Faou).

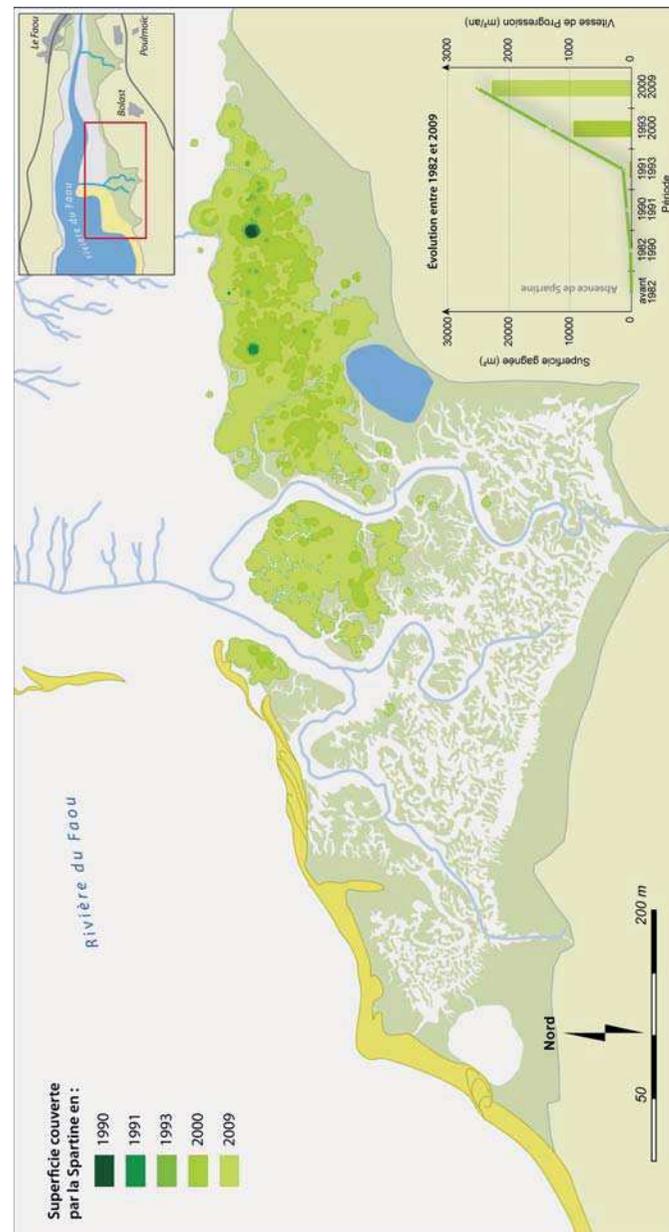


Figure 29I : Evolution de la spartine dans le marais de Bolast, en arrière de la flèche du Faou, entre 1990 et 2009.

5-Plan d'action

A- Maîtrise foncière et opérateurs locaux (figure 29L)

B- Types d'action à mener

Mesures de sensibilisation

- 1-Mener des actions de sensibilisation et de mise en valeur du patrimoine géomorphologique et écologique auprès des riverains, des randonneurs, des baigneurs.
- 2-Réaliser des panneaux d'information à visée pédagogique sur la formation et la dynamique de démantèlement de la flèche du Faou.
- 3-Sensibiliser les randonneurs et le personnel des centres équestres sur la dégradation éventuelle des cordons par le piétinement.

Mesures de conservation et de restauration (figure 29J)

Menace érosion

- 1- Rechargements sédimentaires sur l'estran, dans la partie sud de la flèche où le schorre est taillé en micro-falaise d'érosion marine. Ce rechargement assurera une meilleure protection au marais maritime face à l'action érosive des vagues, notamment lors des forts coups de vent d'ouest.

Menace spartine

- 1- Surveiller l'apparition de nouvelles taches de spartine dans le marais maritime de Bolast. Une attention particulière devra être portée à la partie orientale du marais où s'étend une importante station de *Limonium humile*.
- 2-Détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de spartine présentes localement. Là encore, l'arrachage devra être réalisé systématiquement dans les secteurs à *Limonium humile*.

Menaces anthropiques

- 1-Interdire la circulation des véhicules automobiles sur la plage en condamnant les accès situés à proximité par la mise en place de barrières ou de plots en bois.



Figure 29J : Actions de conservation et de restauration préconisées sur la flèche du Faou et dans le marais de Bolast.

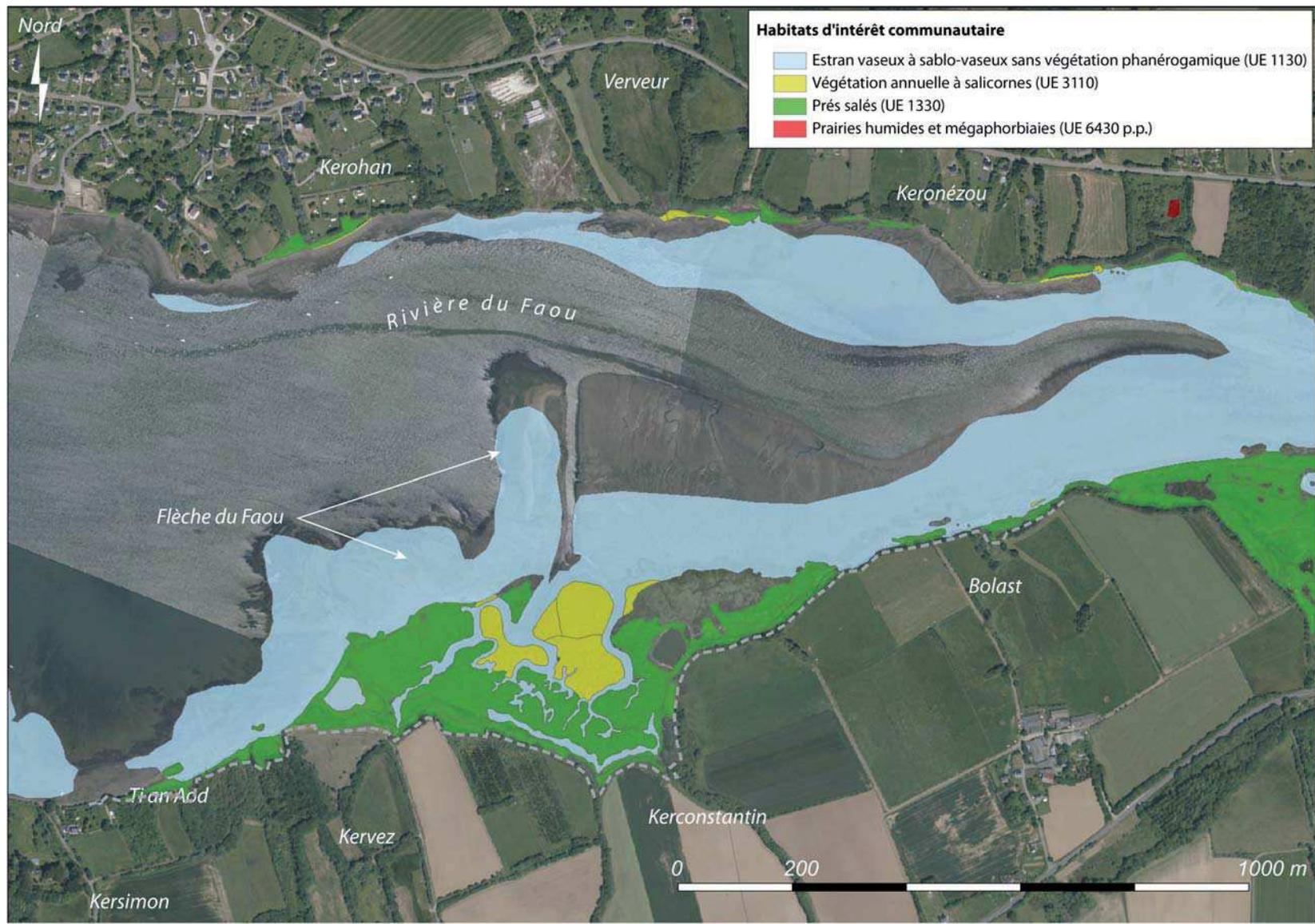


Figure 29K : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur de la flèche du Faou.

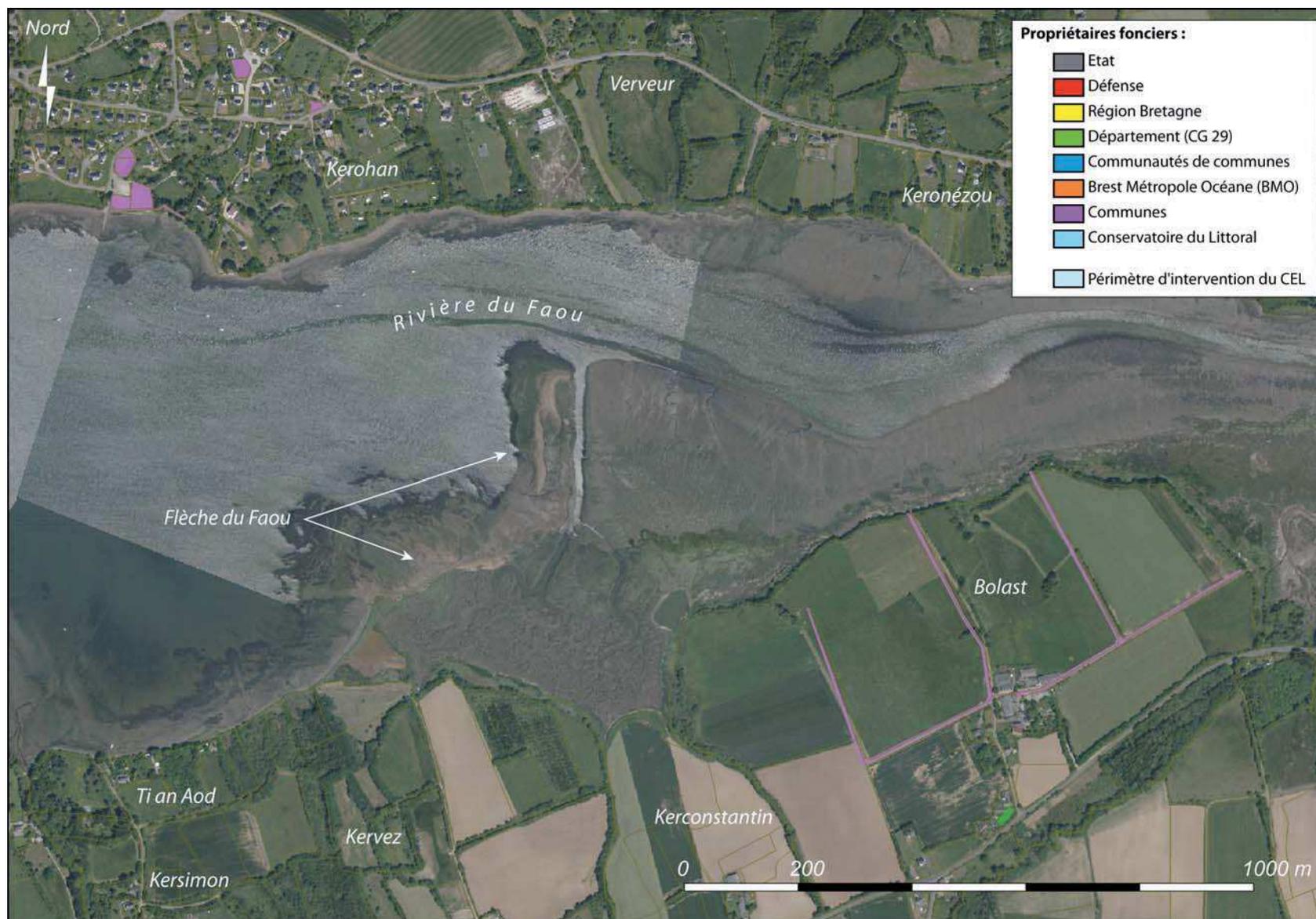


Figure 29L : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur de la flèche du Faou.

Site n°34 – Loc'h



Figure 34A : Localisation du site du Loc'h.

1-Localisation et présentation du site

Le site du Loc'h à Landévennec se situe dans la partie sud-est de la rade de Brest (figure 34A) et compte deux sillons en chicane d'âge différent. La flèche externe est exposée aux vagues de la rade et s'étire d'ouest en est sur 250 m de long. Elle est située en avant d'un sillon plus ancien (flèche interne), s'allongeant dans le sens contraire sur une distance de 200 m. Cette deuxième flèche est totalement recouverte par la végétation (figures 34B, 34C). Entre ces deux cordons, un étroit chenal assurait la vidange partielle de l'étang du Loc'h à basse mer. Ce dernier s'étend sur environ 2 ha et se compose en majorité de vase nue, en cours de végétalisation, et de prés salés sur ses marges. Depuis décembre 2003, l'étang s'assèche totalement lors du jusant, les échanges entre la mer et l'étang étant rendus plus faciles par l'ouverture d'une brèche dans la flèche interne.

Le terme de « flèches en chicane » pour caractériser ces deux cordons n'est pas très adapté et peut conduire à une mauvaise interprétation sur la mise en place de ce couple de cordons littoraux. En effet, les flèches en chicane se forment dans les secteurs où convergent deux dérives de plage de sens opposé. C'est d'ailleurs l'hypothèse qu'avaient formulé en leur temps Guilcher *et al.* (1957). Or, Hallégouët et Morel (1993) ont bien montré que ce n'est pas le cas au Loc'h où les transits sédimentaires s'effectuent toujours vers l'est. En réalité, la flèche externe s'apparente bien plus à un cordon de barrage, venu s'accoler progressivement à une accumulation plus ancienne.



Figure 34B : Photographie du site du Loc'h.

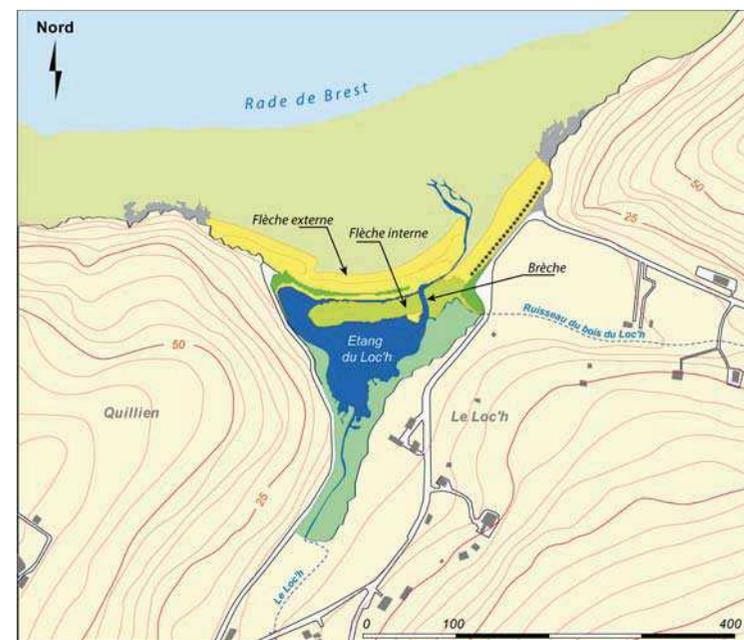


Figure 34C : Carte du Loc'h de Landévennec.

2-Evolution du site

A- Evolution récente et actuelle

Lors des observations effectuées durant l'été 1956, Guilcher *et al.* (1957) ont pu constater une bonne alimentation sédimentaire du secteur et une flèche externe en bonne santé. Le sommet du cordon présente une topographie plane et surélevée qui autorise le développement d'une large ceinture de végétation.

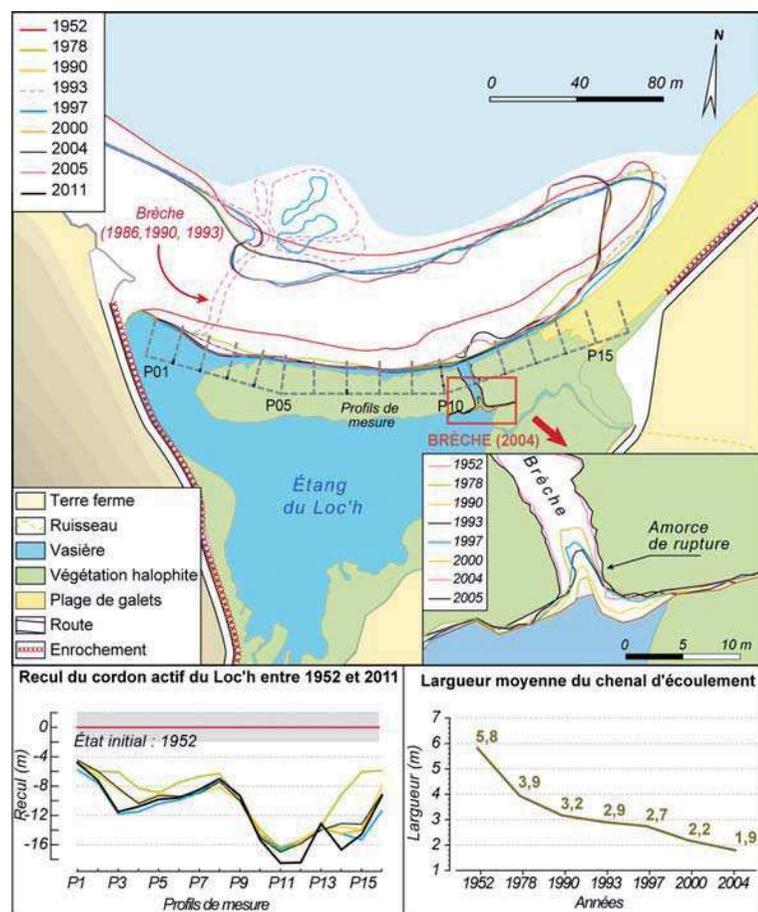


Figure 34D : Evolution récente du Loc'h de Landévennec.

Pourtant, entre 1952 et 1978, la flèche montre un recul moyen de -9 m vers l'intérieur de l'étang du Loc'h (figure 34D). Ce recul est causé par une succession d'événements tempétueux très violents qui surviennent au cours de l'hiver 1966/1967 et coïncident avec des marées de vive-eau (Berthois et Auffret, 1968). A partir de 1978, le recul de la flèche externe se ralentit. Toutefois, la flèche est désormais fragilisée et des brèches s'ouvrent successivement en avril 1986, en février 1990 et en mars 1993. Ces brèches sont rapidement colmatées par les services municipaux de Landévennec et le cordon fait l'objet d'un reprofilage en janvier 1994. Le cordon est rehaussé et n'est plus franchissable par les vagues de tempête. Toutefois, ces dernières entaillent occasionnellement la crête en micro-falaise qu'elles font peu à peu reculer. En mars 2008, la tempête Johanna vient à bout de cette micro-falaise et une amorce de brèche se crée au sommet du cordon.

Par ailleurs, le recul du cordon externe lors des tempêtes de 1967 a entraîné le rétrécissement progressif du chenal qui assure la communication entre l'étang du Loc'h et la mer. A marée montante, ce chenal n'est plus suffisamment large pour assurer à lui seul le remplissage de l'étang. Le flot submerge alors la partie orientale du cordon ancien, située à une cote plus basse que son extrémité occidentale. Ce courant forme une amorce de rupture dans la flèche interne. Evoluant ensuite par érosion régressive, cette encoche se transforme en brèche en décembre 2003. Dès lors, cette brèche canalise et renforce les courants de marée à son voisinage. Le cordon externe connaît une érosion sur son revers, une profonde gorge se creuse sur l'estran et un delta de jusant se met en place en bas de plage à partir des galets enlevés au cordon. Le suivi topo-morphologique réalisé entre février 2004 et mai 2011 met en évidence un abaissement progressif de la crête du cordon externe au droit de la brèche et une érosion de la vasière dans laquelle se créent de nouveaux chenaux qui favorisent l'assèchement de l'étang à basse mer.

B- Chronologie des épisodes érosifs

La flèche externe du Loc'h est exposée à de grandes longueurs de fetch et, même si les épisodes de franchissement du cordon sont relativement rares, ils s'accompagnent généralement de vagues violentes, capables de mobiliser les galets (figure 34E). L'épisode le plus érosif des 60 dernières années s'est produit au mois de novembre 1967 et a entraîné un recul brutal de la flèche. Par la suite, le cordon a connu plusieurs épisodes érosifs de moindre intensité ayant contribué à l'érosion de la crête. L'un des derniers en date est la tempête cyclonoteur du 10 mars 2008 qui, localement, a fait disparaître la micro-falaise sommitale et causé un recul du cordon.

C- Impacts anthropiques passés

Le site du Loc'h n'a jamais fait l'objet de très fortes pressions anthropiques dans le passé. Certes, Morel (1993) fait état de quelques prélèvements sédimentaires effectués sur la plage par les riverains au cours du 19^e et au début du 20^e siècle pour répondre à des besoins en matériaux de

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

construction. Jusqu'à la fin des années 1990, le cordon interne était également utilisé comme aire de stationnement automobile, entraînant une dégradation de la végétation halophile. L'installation de plots en bois par la municipalité est venue interdire l'accès de cette zone aux véhicules.

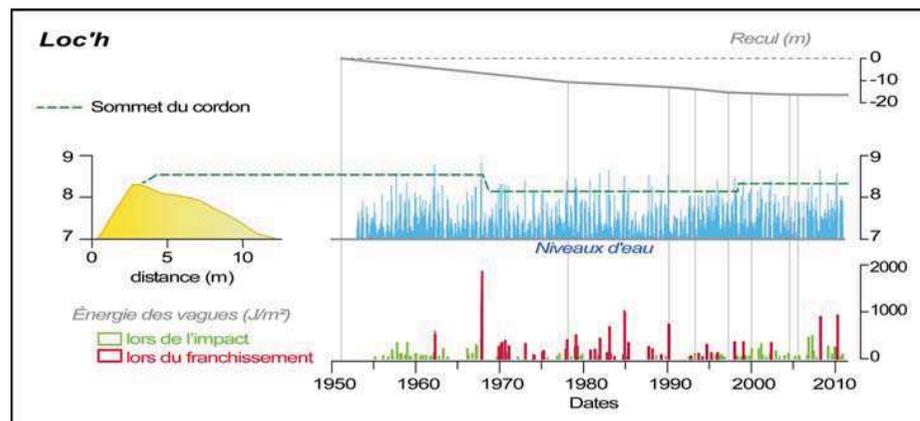


Figure 34E : Chronologie des épisodes érosifs sur le Sillon de l'Auberlac'h entre 1950 et 2011.

3-Les enjeux patrimoniaux

A- Valeur géomorphologique

Le site d'un Loc'h présente une très forte valeur géomorphologique (figure 34F). La disposition des deux cordons littoraux d'âge différent et disposés en chicane forme un ensemble remarquable à l'échelle de la Bretagne. L'érosion récente de ce secteur a mis au jour une stratigraphie très intéressante de dépôts sédimentaires dont l'âge reste à déterminer. Leur étude détaillée permettrait d'éclairer la mise en place des cordons littoraux dans ce secteur.

B- Valeur écologique

Le site du Loc'h présente également un fort patrimoine écologique. D'un point de vue floristique, on y recense une petite station à *Limonium humile*, couvrant à peine une dizaine de m² et comptant seulement quelques pieds. On retrouve également une espèce rare à l'échelle de la Bretagne : le cranson officinal, inscrit sur la liste rouge armoricaine.

34- LOC'H (78 %)

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal (en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)	2	4	8
A2. Intérêt géomorphologique secondaire (présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)	1	2	2
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	3	3	9
TOTAL			19 <small>Sur 23</small>
			83 %

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée (<i>Limonium humile</i>)	1	2	2
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	1	1	1
TOTAL			3 <small>Sur 3</small>
			100 %

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats (nombre d'habitats d'intérêt communautaire)	2	2	4
B2.2. Richesse des habitats (part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)	2	2	4
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional (mégaphorbiaie, roselière...) notamment au titre de la protection des zones humides	1	1	1
TOTAL			9 <small>Sur 13</small>
			69 %

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	1	1	1
TOTAL			3 <small>Sur 6</small>
			50 %

Figure 34F : Evaluation du patrimoine géomorphologique et écologique du secteur du Loc'h.

Lors de l'inventaire de la flore terrestre et de la cartographie des habitats réalisés par le CBNB au début des années 2000, l'étang du Loc'h comptait 3 habitats d'intérêt communautaire différents, dont un habitat d'intérêt prioritaire (lagune côtière), couvrant une superficie totale de 1,9 ha et situés en intégralité dans la zone d'arrière-cordon. Ces habitats représentent 44% de la surface du secteur (cordons littoraux compris). Enfin, à ces habitats d'intérêt européen s'ajoutent également les prairies mésophiles et mégaphorbiaies qui occupent la partie la plus interne du marais et qui présentent un intérêt régional au titre de la protection des zones humides.

D'un point de vue de la faune, en revanche, le site du Loc'h n'accueille aucun anatidé d'intérêt européen. Seuls les limicoles viennent se reposer sur le cordon littoral ou s'alimenter sur la vasière.

4-Les principales menaces

A- Erosion côtière

L'érosion côtière représente la plus forte menace qui pèse sur l'équilibre de ce secteur littoral. Le suivi topographique mené entre 2004 et 2011 a montré la formation d'une amorce de brèche au sommet de la flèche externe. A cet endroit, le cordon est désormais plus vulnérable aux épisodes de franchissement et au recul.

Une érosion importante de la vasière a également été mesurée, liée à une modification des écoulements d'eau entre la mer et d'étang. L'encaissement naturel de chenaux de marée dans la vase nue et la canalisation des flux d'eau favorisent l'assèchement de la vasière, la disparition d'un habitat d'intérêt prioritaire. La ruppie maritime, une espèce floristique rare à l'échelle régionale, a été remplacée par la salicorne.

Par ailleurs, le revers de la flèche externe est actuellement sapé par les courants de marée au débouché immédiat de la brèche. Dans ce secteur, le cordon perd de la hauteur et les volumes fréquemment déversés sur le revers sont immédiatement exportés vers le bas de plage par les courants de marée. A moyen terme, une brèche devrait s'ouvrir dans cette partie du cordon externe. Cela fragilisera l'ensemble du cordon et accélérera son démantèlement à plus long terme. Sur le site du Loc'h, les priorités d'action devront donc porter sur la conservation, voire la restauration, des deux cordons littoraux.

B- Spartine

La spartine occupait une superficie de 1315 m² dans le marais maritime du Loc'h. Jusqu'à présent, son développement s'était limité aux prés salés qui bordent l'étang du Loc'h puisque le reste de la zone était le plus souvent baignée d'eau. Toutefois, depuis l'ouverture de la brèche

en décembre 2003, l'assèchement de l'étang à chaque basse mer favorise la colonisation des zones de vase nue par une végétation halophile, composée essentiellement de salicorne pour le moment. Toutefois, la spartine pourrait trouver dans toute cette zone les conditions favorables à son développement et envahir très rapidement l'ensemble du secteur. Le progression a d'ores et déjà commencé à partir de bastions où l'invasive est installée depuis longtemps.

C- Pressions anthropiques sur le site

La fréquentation pédestre et, accessoirement, équestre du site est à l'origine des plus graves dégradations et résulte d'une difficulté d'accès à l'estran.

Il existe deux accès permettant de rejoindre la plage. L'accès ouest débouche directement sur l'estran et ne pose pas de problème. Toutefois, l'aire de stationnement automobile est réduite, ce qui limite les capacités d'accueil. En revanche, l'accès oriental ne permet pas de rejoindre directement la plus grande partie de la plage. A mi-marée, il est nécessaire de circuler sur le cordon interne, de traverser le chenal de marée et de gravir le revers du cordon externe. Même si la fréquentation du site n'est jamais excessive, le passage répété des promeneurs sur le revers du cordon externe entraîne un glissement des galets vers le bas et le développement progressif d'une brèche.

5-Plan d'action

A- Maîtrise foncière et opérateurs locaux (figure 34J)

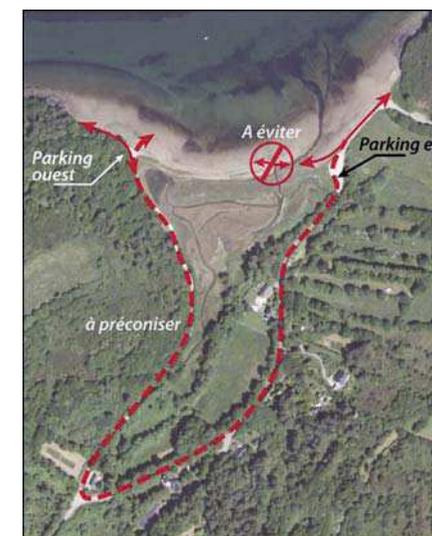
B- Types d'action à mener

Sensibilisation

1-Limiter l'érosion du revers par le piétinement en incitant les promeneurs et randonneurs à contourner l'anse par la route.

2-Mettre en place une signalétique incitant les promeneur et randonneurs à suivre ce nouvel itinéraire.

3-Mettre en place un panneau de sensibilisation à l'érosion côtière, à la richesse du patrimoine géomorphologique, à l'intérêt écologique du site du Loc'h et aux menaces qui pèsent sur ce secteur.



Conservation

Menace Erosion

1-Limiter le recul du cordon externe et l'érosion de la crête par un rechargement sédimentaire et un reprofilage. Le matériel accumulé en bas d'estran dans le delta de jusant pourrait être utilisé dans ce but, ce qui éviterait d'avoir recours à du matériel exogène.

2-Limiter l'érosion du cordon externe au débouché de la brèche par un comblement de la gorge creusée sur l'estran par les courants de marée à l'aide de gros blocs situés dans la partie orientale de l'anse du Loc'h. Ce comblement permettrait de réduire la pente du chenal de marée sur une partie de sa longueur. En rétablissant une pente régulière jusqu'au bas de l'estran, il serait possible de stopper l'ensablement du lit fluvial et réduire la vitesse des courants au débouché de la brèche. Le comblement nécessiterait un volume sédimentaire estimé à 300 m³. Ce matériel serait prélevé dans la partie orientale de l'anse du Loc'h où une série de gros blocs jonchent l'estran. Ce pavage de blocs ne pourrait plus être érodé par les courants. Il serait recouvert d'un certain volume de galets prélevé sur le delta de jusant dont la fonction serait de limiter les turbulences. En revanche, la brèche ouverte dans la flèche interne ne serait pas comblée.

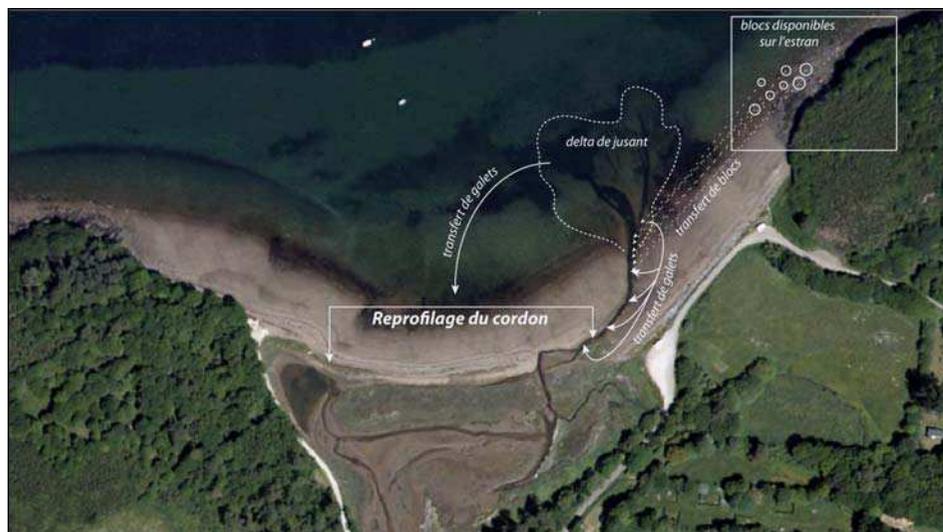


Figure 34G : Actions de restauration à mener sur le site du Loc'h.

Menace spartine

1- Surveiller l'apparition de tâches de spartine dans l'étang du Loc'h.

2-Détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de spartine en développement dans la vasière.

Restauration

Compte tenu de l'état de dégradation du site par l'érosion côtière, il serait vain de tenter une restauration du site dans son état initial (avant 2003 et l'ouverture de la brèche dans le cordon interne).

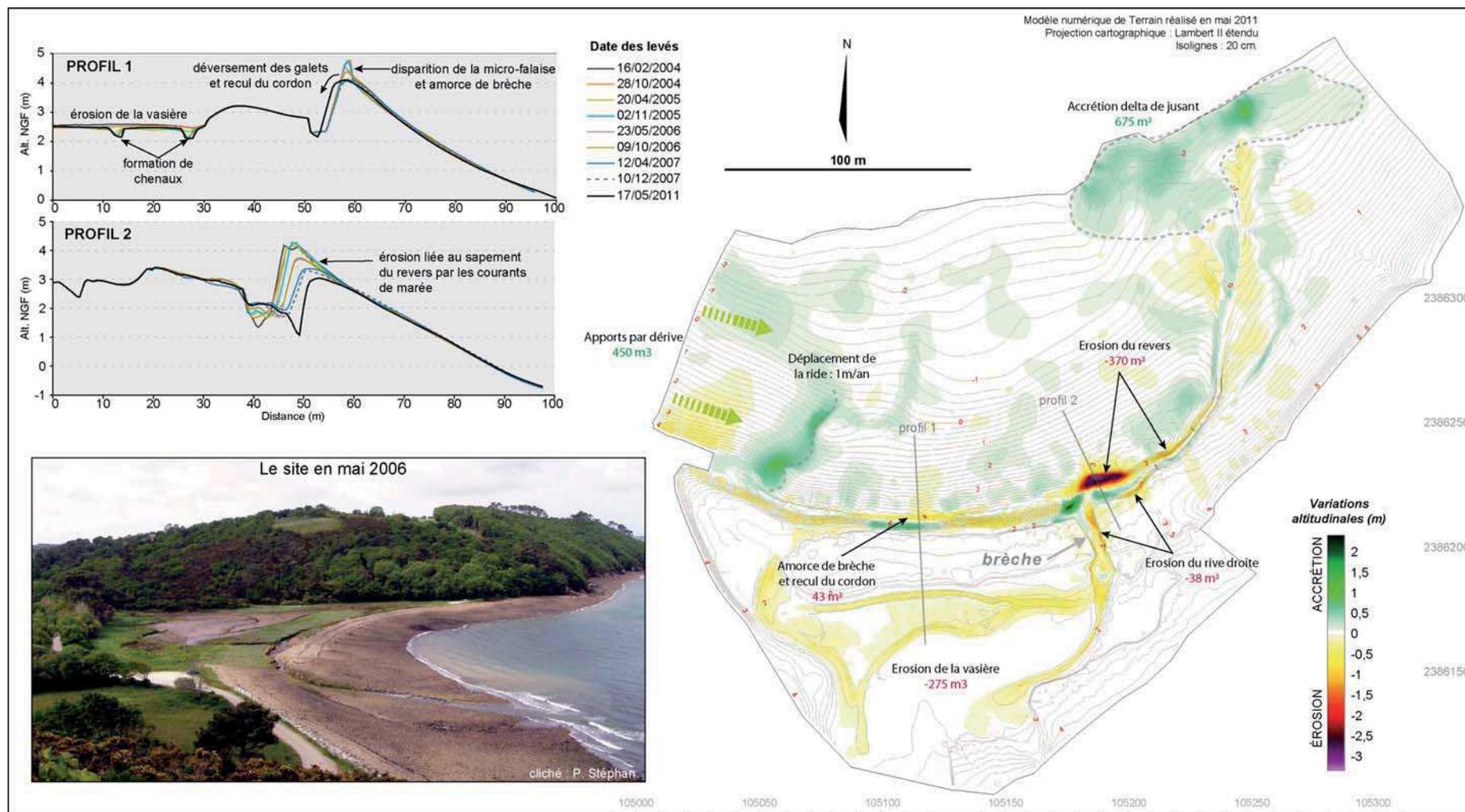


Figure 34 H : Evolution topo-morphologique du site du Loc'h à Landévennec entre février 2004 et mai 2011.

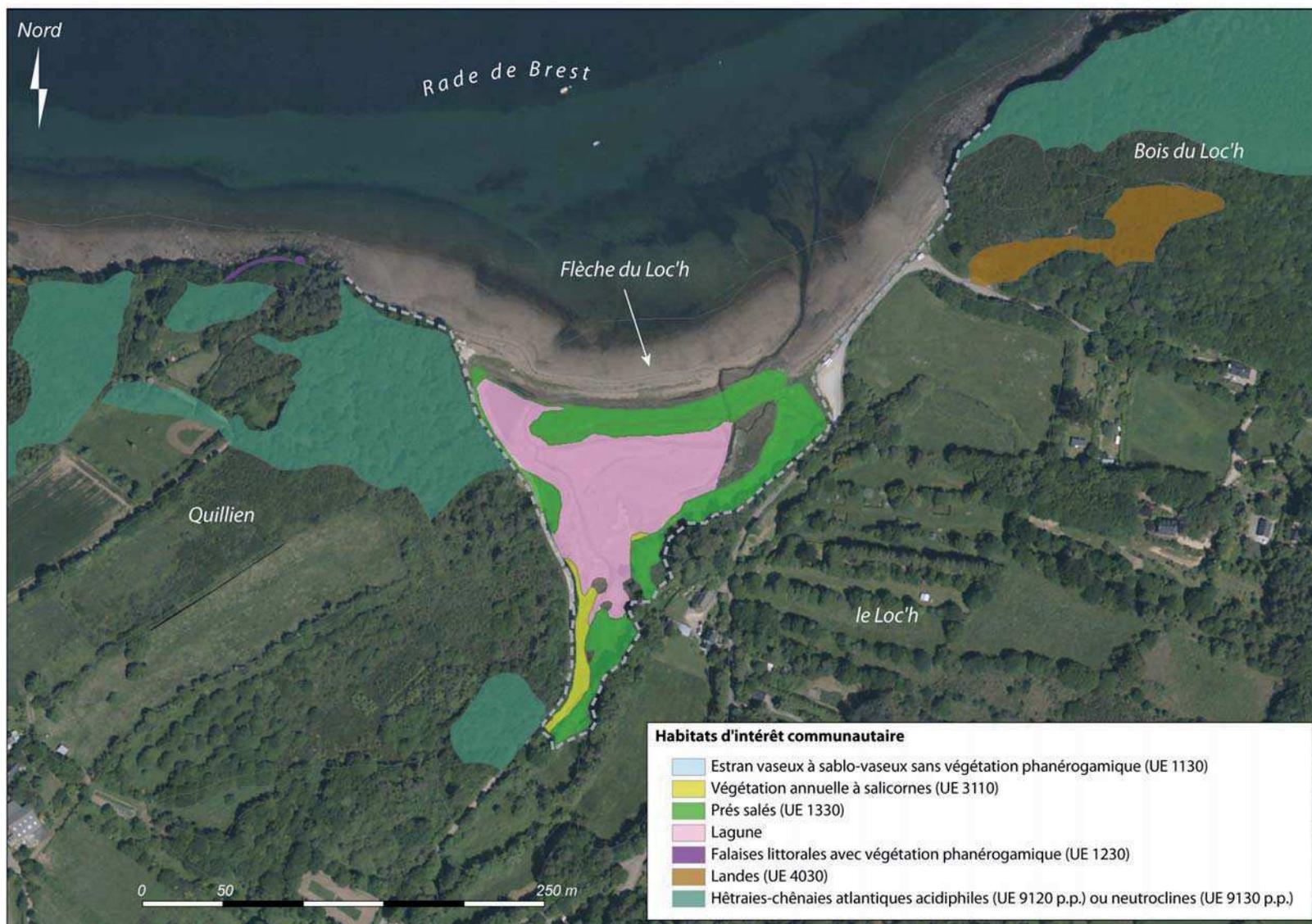


Figure 341: Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur du Loc'h.

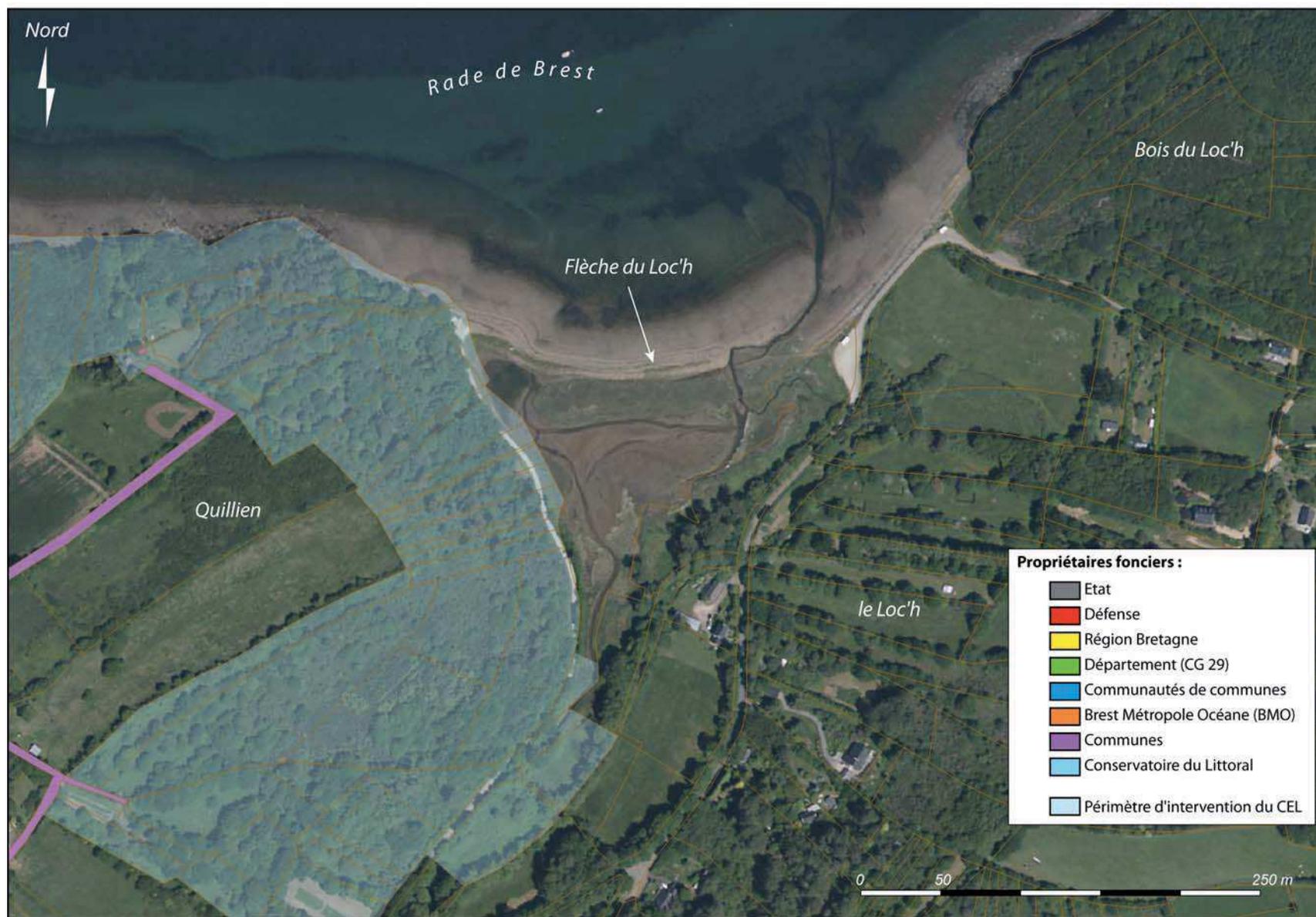


Figure 34J : Opérateurs locaux dans le secteur du Loc'h.

Site n°38 – Tombolo double du Renard



Figure 38A : Localisation du secteur de l'Auberlac'h.

1- Présentation du site

Le tombolo de l'île du Renard est double. Les cordons de galets qui le composent sont les rares constructions littorales encore présentes dans la partie occidentale de la rade, le reste ayant été totalement artificialisé. Ces deux sillons sont longs de 200 m et ils enserrant un marais maritime de 1,7 ha. Le cordon nord est continu et s'apparente à un cordon de barrage, tandis que le cordon sud est interrompu par une passe du côté du continent par laquelle s'effectue le remplissage et la vidange du marais maritime. Il s'agit donc d'une flèche littorale.

Ces deux cordons de galets sont relativement massifs et semblent stables. Leur crête est végétalisée et leur revers est en voie de colonisation par la végétation halophile qui occupe le marais. Ces deux cordons montrent toutefois un degré d'artificialisation élevé. Le cordon nord supporte une chaussée qui permet la circulation automobile entre l'île et le continent. Il est probable que le cordon ait été rehaussé artificiellement pour éviter que la route ne soit inondée lors des très hauts niveaux de marée. La flèche sud est en partie protégée par un muret qui l'empêche de reculer davantage. Les fondations de trois bâtiments abandonnés sont toujours présentes sur le sommet du cordon.

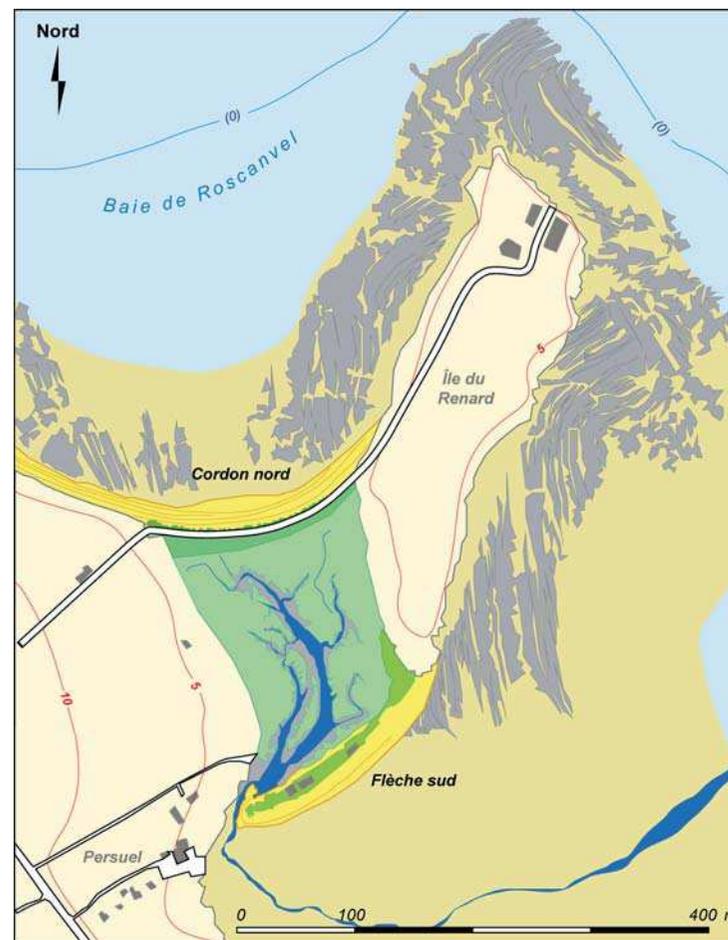


Figure 38B : Le double tombolo du Renard.

2-Evolution du site

A- Evolution récente (1952-2009)

Entre 1952 et 2009, les deux cordons littoraux du Renard ont connu des évolutions sensiblement différentes (figure 38C). La végétation située au sommet du cordon nord a reculé de 5 m en moyenne. La flèche sud a connu un processus de macro-cannibalisation. La pointe s'est

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

engraissée et a connu une avancée d'environ 15 m, au détriment de la racine de la flèche qui a reculé de 5 m en moyenne au cours des 6 dernières décennies. L'essentiel de ce recul a eu lieu entre 1952 et 1966. Après cette date, un muret protège toute la moitié nord de la flèche et empêche son recul.

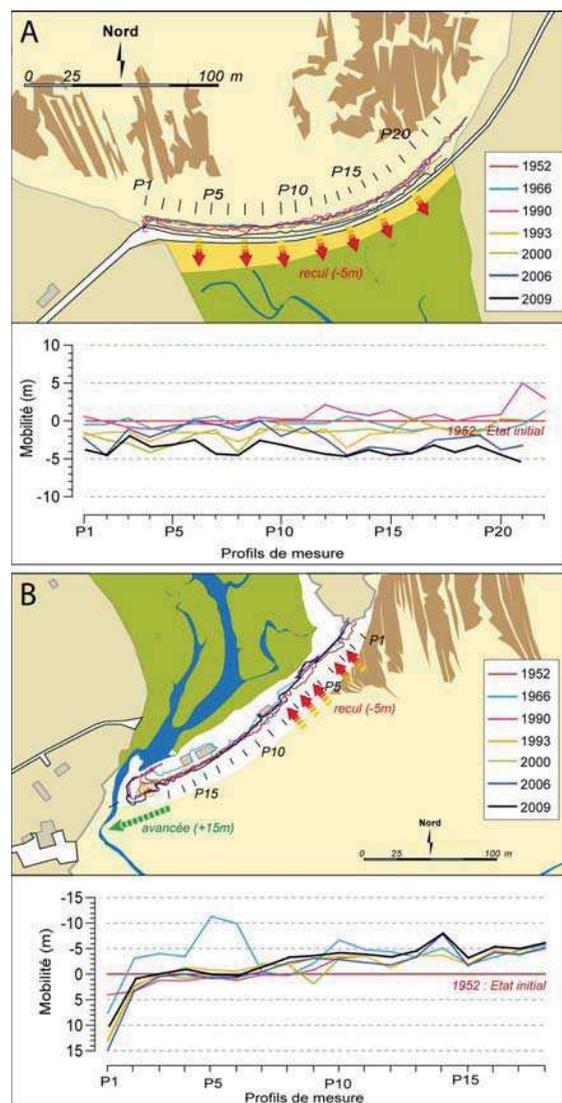


Figure 38C : Evolution récente des deux tombolos du Renard.

B- Chronologie des épisodes érosifs

Le cordon nord est trop élevé pour être franchi par les vagues quel que soit les conditions de marée et de vent en rade. Aucun épisode de franchissement n'est recensé entre 1952 et 2011. La flèche sud, en revanche, a connu plusieurs épisodes de franchissement durant cette période, sans grandes conséquences, puisque la flèche a poursuivi son engraissement.

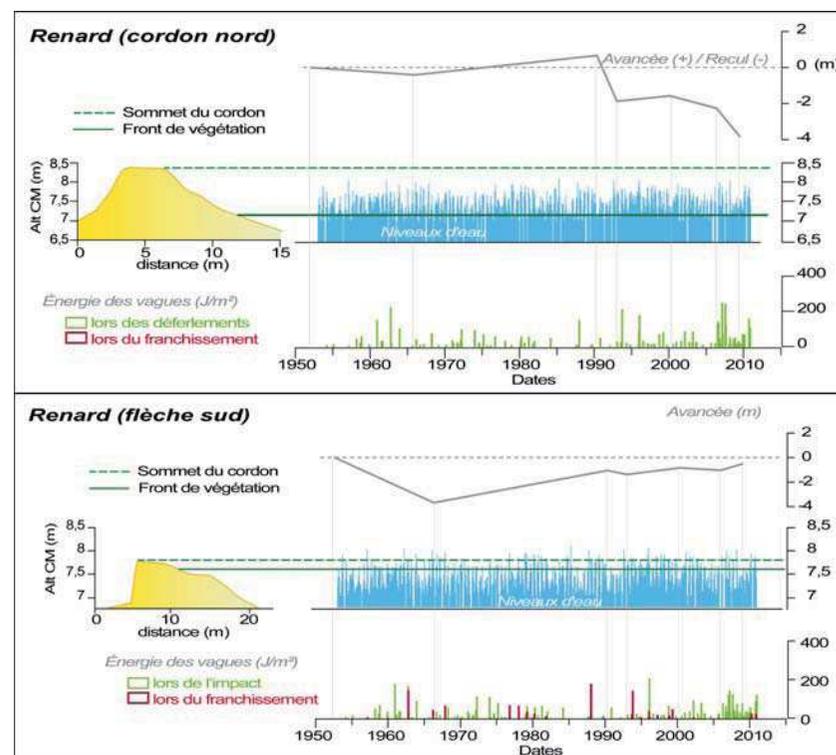


Figure 38D : Chronologie des épisodes érosifs sur les deux tombolos du Renard.

C- Impacts anthropiques passés

Jusqu'au années 1950, l'île du Renard était uniquement constituée de parcelles agricoles. Une voie charretière marquait la crête du tombolo nord tandis que la flèche sud était totalement laissée à l'état naturel. Durant les années 1960, l'île a changé de fonction. Les terres agricoles ont été transformées en un vaste parc entouré de résineux et plusieurs habitations ont été construites au nord de l'île. Les résidents ont alors construit une chaussée goudronnée au

Etude FRAC GPN – Les « sillons » de la rade de Brest

sommet du tombolo nord pour faciliter l'accès à l'île en voiture. L'activité ostréicole s'est également développée dans le hameau de Persuel. Trois bâtiments ostréicoles ont été construits au sommet de la flèche sud, ainsi que des bassins ostréicoles à la base du cordon. Un muret a été mis en place pour protéger le cordon de l'érosion (figure 38E).

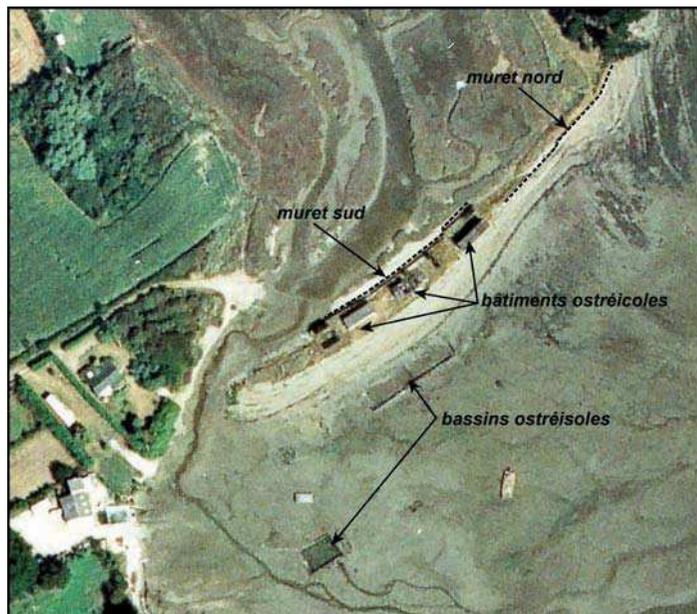


Figure 38E : Artificialisation du tombolo sud du Renard.

Une construction similaire a été réalisée sur le revers afin d'assurer les fondations des bâtiments ostréicoles. Aujourd'hui, les bâtiments ont été rasés, mais leurs fondations sont toujours en place (figure 38F). Ces aménagements ont considérablement artificialisé le couple de cordons littoraux.

3-Les enjeux patrimoniaux

A- Valeur géomorphologique

D'un point de vue géomorphologique, le double tombolo du Renard est exceptionnel à l'échelle des côtes bretonnes. Ce couple de cordons littoraux présente également un intérêt pédagogique manifeste, permettant d'apprécier les mécanismes complexes qui concourent à la formation et à l'évolution des cordons de galets.



Figure 38F : A. Chaussée goudronnée au sommet du tombolo nord. B. Fondation des bâtiments ostréicoles encore présentes au sommet du tombolo sud.

B- Valeur écologique

D'un point de vue floristique, le marais maritime du Renard compte une station très importante de *Limonium humile* qui couvre une superficie de 9 300 m² et compte plus d'un millier de pieds. C'est donc un site d'importance nationale pour la conservation de cette espèce floristique. En

terme d'habitat, le site est relativement pauvre puisqu'il ne compte que deux habitats d'intérêt communautaire différents, représentant 39 % de la surface totale du secteur. Enfin, le site présente un grand intérêt avifaunistique. Les cordons littoraux et le marais maritime constituent des zones de reposoir et d'alimentation pour les anatidés et les limicoles d'intérêt européen.

4-Les principales menaces

A- Erosion côtière

L'érosion de ce couple de cordons littoraux ne représente pas une menace sérieuse. Il convient toutefois d'être vigilant. La végétation a reculé de -4 m en moyenne au sommet du cordon nord. Une érosion importante de la plage a également été enregistrée dans la partie proximale de la flèche sud.

B- Spartine

Le développement de la spartine dans le marais maritime est problématique car elle menace de supplanter progressivement le *Limonium humile* dans les prés salés. Actuellement, elle occupe une superficie de 4000 m² et sa marge de progression est importante.

C- Pressions anthropiques sur le site

Les divers aménagements construits sur la flèche sud dans les années 1960 dégradent considérablement les qualités paysagères du site. Les murets ont probablement un effet négatif. Même si ils empêchent la flèche de se rompre, ils favorisent l'érosion de la plage. Les fondations présentes sur la crête empêchent également le cordon d'évoluer librement. Toutefois, depuis l'abandon de l'activité ostréicole dans ce secteur, le site ne connaît plus une fréquentation importante. Le dérangement de l'avifaune reste faible. Les habitats sont peu dégradés.

5-Plan d'action

A- Maîtrise foncière et opérateurs locaux (figure 38J)

38- RENARD (70 %)

A-Valeur géomorphologique (50 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
A1. Intérêt géomorphologique principal <i>(en terme de morphologie générale et de détail, de dimensions, de dynamique)</i>	2	4	8
A2. Intérêt géomorphologique secondaire <i>(présence de stratigraphies, de dépôts ou de formes fossiles utiles à la connaissance des paléo-environnements côtiers)</i>	0	2	0
A3. Rareté à l'échelle de la Bretagne	3	3	9
TOTAL			17 <small>Sur 23</small> 74 %

B-Valeur écologique (50 %)

B1. Flore (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B1.1. Présence d'une espèce végétale protégée <i>(<i>Limonium humile</i>)</i>	1	2	2
B1.2. Présence d'une espèce floristique rare à l'échelle de la Bretagne	0	1	0
TOTAL			2 <small>Sur 3</small> 67 %

B2. Habitats (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B2.1. Diversité des habitats <i>(nombre d'habitats d'intérêt communautaire)</i>	1	2	2
B2.2. Richesse des habitats <i>(part des habitats d'intérêt communautaire dans la superficie totale des marais maritimes et cordons littoraux)</i>	2	2	4
B2.3. Présence d'habitats d'intérêt régional <i>(mégaphorbiaie, roselière...) notamment au titre de la protection des zones humides</i>	0	1	0
TOTAL			6 <small>Sur 13</small> 46 %

B3. Faune (avifaune) (33,3 %)

Critères	Note	Coefficient	Résultat
B3.1. Cordon littoral : zone de nidification pour les espèces d'intérêt communautaire	0	1	0
B3.2. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les anatidés d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.3. Cordon littoral : zone de reposoir à marée haute pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.4. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les anatidés d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.5. Marais maritime : zone d'alimentation et de reposoir pour les limicoles d'intérêt communautaire	1	1	1
B3.6. Présence de passereaux dans les roselières et mégaphorbiaies des marais maritimes	1	1	1
TOTAL			5 <small>Sur 6</small> 83 %

Figure 38G : Evaluation du patrimoine géomorphologique et écologique du secteur du Renard.

B- Types d'action à mener (figure 38H)

Mesures de sensibilisation

- 1-Mener des actions de sensibilisation et de mise en valeur du patrimoine géomorphologique et écologique auprès des usagers.
- 2-Réaliser des panneaux d'information à visée pédagogique sur la formation et la dynamique de ce couple de cordons littoraux.

Mesures de conservation

Menace liée à la progression de la spartine

- 1- Surveiller l'apparition de nouvelles tâches de spartine dans le marais maritime.
- 2-Détruire systématiquement, éventuellement par arrachage, les quelques taches de spartine naissantes.

Menace liée à la fréquentation

- 1-Restreindre l'accès à l'estran dans la partie sud du marais.

Mesures de Restauration

Les mesures de restauration devraient porter sur la flèche sud. Elles seront destinées à réduire le degré d'artificialisation du site. Il s'agirait de :

- 1-Détruire les murets situés dans la partie proximale de la flèche.
- 2-Détruire complètement les fondations des anciens bâtiments ostréicoles.
- 3-Effectuer un rechargement sédimentaire et un reprofilage du cordon, là où les murets auront été détruits afin d'éviter l'ouverture d'une brèche.



Figure 38H : Actions de conservation et de restauration préconisées sur le site du Renard.



Figure 38I : Habitats d'intérêt communautaire dans le secteur du Renard.



Figure 38J : Opérateurs locaux dans le secteur du Renard.