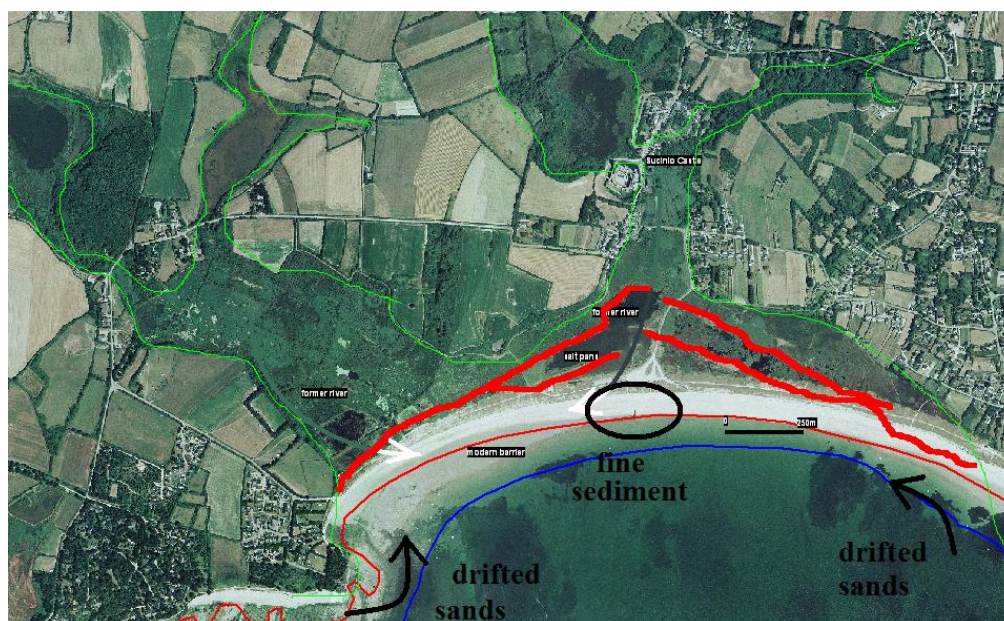


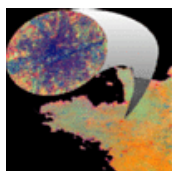
Observatoire Départemental de l'Environnement du Morbihan



Les impacts de l'élévation du niveau marin sur le littoral du département du Morbihan (Novembre 2005)

Hervé Regnauld, Sarah Tapia-Duchesne et Soazig Pian
Laboratoire COSTEL, UMR 6554 CNRS LETG et I.F.R. CAREN.
Université de Rennes 2
Place du recteur H.Le Moal, 35043 Rennes cedex.

Mai 2006



Préambule

Cette étude a été réalisée à la demande de l'Observatoire Départemental de l'Environnement du Morbihan (ODEM) et avait pour objectif de répondre aux questions que se posaient les élus quant à l'évolution du littoral Morbihannais dans un contexte d'élévation du niveau des mers. Ainsi, les recherches entreprises ont tenté d'une part, de définir de manière assez précise les différents risques susceptibles d'affecter le littoral morbihannais dans l'avenir et d'autre part de synthétiser les différentes informations disponibles quand au fonctionnement et l'évolution des systèmes côtiers dans ce secteur. Par ailleurs, une grille de vulnérabilité a été réalisée, permettant d'appréhender et d'évaluer, de manière qualitative, les menaces pesant sur les littoraux et les changements qu'une élévation significative des mers pourraient entraîner dans le fonctionnement de ces systèmes côtiers. De manière générale, c'est essentiellement l'évolution de la position du trait de côte, et ses conséquences sur les aménagements et installations humaines qui ont été étudiées. Ensuite, une approche morpho dynamique a été adoptée et l'analyse a tenté, pour chaque site étudié, de mettre en avant les principaux processus dominant les dynamiques littorales et les transports de matériaux sédimentaires. Il en résulte que ce sont essentiellement les phénomènes d'érosion marine qui ont été abordés ici, soit qu'ils résultent directement de l'action des vagues et des courants, soit qu'ils soient plus indirects et naissent de complexes phénomènes de rétroactions entre divers éléments des systèmes côtiers. Cependant, l'étude détaillée de certains sites a révélée que les phénomènes d'érosion subaériens, parfois amplifiés par les pressions anthropiques, pouvaient également jouer un rôle essentiel dans l'évolution du trait de côte. Dans ces cas, ces phénomènes ont été évoqués rapidement.

Les analyses du comportement des systèmes littoraux et du contexte géomorphologique où ces derniers évoluent ont été soutenues par un certain nombre de données obtenues grâce à de mesures effectuées *in situ* ainsi que via l'interprétation d'un d'orthophotoplan fourni par l'ODEM (© ortholittorale 2000).

Cette étude a été réalisée au sein du laboratoire CNRS Costel (Université de Rennes 2), sous la direction d'Hervé Regnaud et avec l'aide de deux étudiantes : Sarah Tapia Duchesne et Soazig Pian. Le travail de Sarah Tapia Duchesne a essentiellement consisté à digitaliser et géoréférencer les zéros marins et terrestres et à interpréter l'orthophotoplan. Le travail de Soazig Pian a été de définir une grille de vulnérabilité littorale intégrant des paramètres spécifiques au littoral morbihannais et de l'appliquer aux sites étudiés.

Enfin, les résultats obtenus par cette étude ont été présentés oralement devant le conseil scientifique de l'ODEM le 2 Décembre 2005.

Table des matières :

Préambule	1
L'état des connaissances au sujet des variations actuelles du niveau marin.	
<i>L'élévation globale</i>	3
<i>L'élévation en Bretagne et pour le Morbihan : les données géologiques et les mesures actuelles.</i>	4
<i>Le risque météorologique, tempêtes et surcote</i>	6
<i>Conclusion partielle : quelles sont les valeurs plausibles sur les quelles fonder un scénario d'élévation du niveau marin pour le littoral du Morbihan ?</i>	7
Les réactions du littoral face à la remontée du niveau marin	7
<i>Une loi théorique, Bruun's rule</i>	7
<i>Vérification sur place de la règle de Bruun, à échelle millénaire de temps</i>	9
<i>La variabilité des comportements à l'échelle centennale</i>	9
Réponse et effet de seuil	10
La définition de la vulnérabilité	10
<i>Aspects naturalistes</i>	10
<i>Aspects sociaux et enjeux d'aménagement</i>	11
<i>Le Morbihan comme cas particulier</i>	12
Une méthodologie spécifique pour ce type de côte et ce type d'étude	14
<i>Travail de cartographie</i>	14
<i>Données</i>	14
<i>Méthode</i>	14
<i>Limites</i>	16
<i>Travail de Terrain</i>	16
Exemples et types localisés de vulnérabilité	18
<i>Fiches par site :</i>	19 à 46
<i>Sources :</i>	47
Les causes de la vulnérabilité	48
<i>Vulnérabilité forte</i>	48
<i>Vulnérabilité moyenne</i>	49
<i>Vulnérabilité faible</i>	50
L'évolution de la vulnérabilité	51
Quelles éventuelles mesures ?	51
Bibliographie	54
Annexes	57
<i>Annexe 1 : règle de Bruun</i>	58
<i>Annexe 2 : Critères standardisés de vulnérabilité</i>	59
<i>Annexe 3 : index général pour la mesure de la vulnérabilité face à l'élévation du niveau marin</i>	61
Liste des sites	62
Table des figures	64

Remarque liminaire : ce rapport fait état des connaissances au 18 Novembre 2005.

L'état des connaissances au sujet des variations actuelles du niveau marin.

L'élévation globale

Le niveau de la mer n'est pas constant dans le temps et il change de position en quasi permanence. Ces changements sont essentiellement déterminés par des paramètres astronomiques, tels que la distance terre-soleil (excentricité de l'orbite), l'obliquité de l'axe de rotation et la précession des équinoxes. Ces paramètres jouent sur la quantité de lumière arrivant dans chaque hémisphère, donc sur la quantité de chaleur, donc sur le climat. A l'échelle des temps géologiques, cela se traduit par une amplitude altitudinale importante. Le niveau marin oscille entre +5m et -105m environ, sur une période proche de 120 000 ans.

Il est remarquable de constater que cette oscillation du plan d'eau est dissymétrique : le niveau met environ 100 000 ans à descendre pendant que le climat refroidit, mais il ne met que 20 000 ans à remonter alors que le climat se réchauffe.

Nous sommes actuellement dans une période naturelle de réchauffement, avec une remontée du niveau marin qui a atteint, au cours des 20 000 dernières années une vitesse moyenne de 0,5mm par an. Ceci est indépendant de toute activité humaine. Le niveau de la mer monte parce que la masse d'eau réchauffée se dilate et parce que les glaces fondent.

Un enjeu actuel de l'aménagement littoral est de prendre en compte le fait qu'actuellement la vitesse de remontée du niveau des mers est plus élevée qu'au cours des 20 000 dernières années. En effet, entre 1994 et 2004 elle a été de 2,8 +/- 0,4 mm/an, en moyenne pour l'océan global. Il faut en plus accepter l'idée que cette « accélération » doit beaucoup à un effet de serre anthropique. Les prévisions au sujet de l'évolution de cette élévation ont été l'objet de discussions infinies (un résumé actualisé est disponible dans O'Hare, 2005). Une instance scientifique internationale, le Intergovernmental Panel on Climatic Change est en charge, depuis 1991 de fournir des études et des avis (ou des recommandations) au sujet de l'évolution du climat. Depuis la mise en service des satellites franco-américains Topex-Poséidon puis Jason des mesures en temps quasi réel sont faites de la surface de l'océan global. Toute la documentation est accessible sur le site

<http://www.ipcc.ch>

qui est le site officiel hébergeant les documents élaborés dans ce cadre. Les données globales concernant la hausse actuelle de niveau marin peuvent être résumées par la figure suivante, qui provient d'une compilation de données de Topex et de Jason .

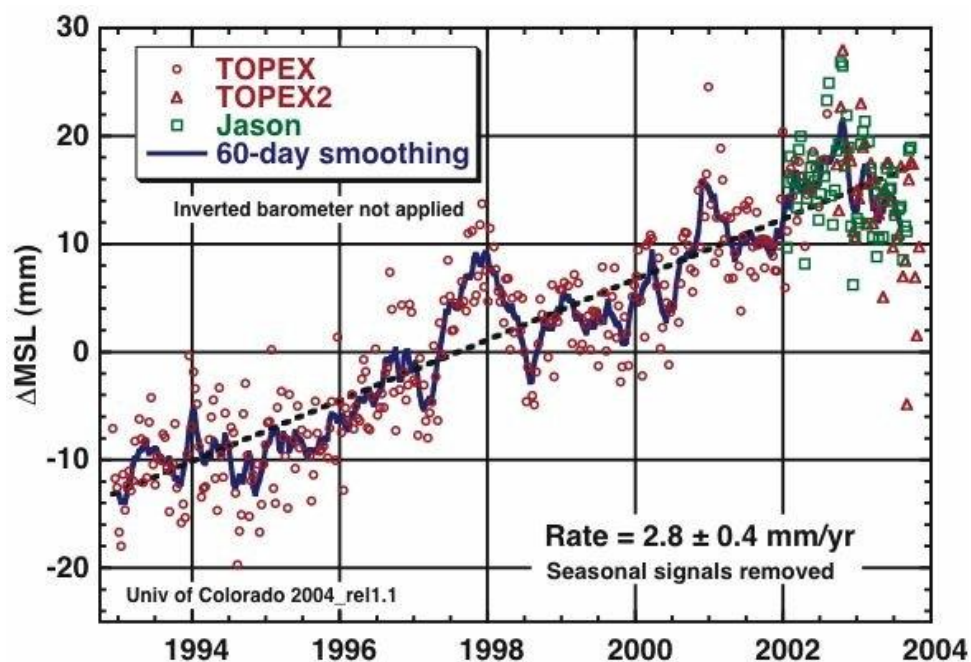


Figure 1 : élévation mesurée par satellite du niveau moyen de l'océan global : **tendance générale** (Université du Colorado, données Topex et Jason, 1994-2004).

Dans ce rapport d'étude deux positions scientifiques sont affirmées.

- 1) l'inertie thermique de la masse d'eau est telle que si, aujourd'hui, le réchauffement cessait, la mer continuerait à se dilater et à monter. Les glaces continueraient aussi à fondre.
- 2) Il en résulte qu'à l'échelle de temps des deux à trois prochaines décennies le niveau de la mer continuera à monter au minimum aussi vite qu'aujourd'hui.

Ces positions, qui sont d'une prudence non alarmiste, nous amènent à considérer que le niveau marin global peut s'élever au rythme actuel, soit $2,8 \pm 0,4$ mm/an pendant encore un demi siècle.

L'élévation en Bretagne et pour le Morbihan : les données géologiques et les mesures actuelles.

En Bretagne l'histoire de l'élévation du niveau marin est relativement bien connue. Il y a environ 25-20 000 ans la mer était (environ) 105 m plus basse que l'actuelle. Elle est remontée assez rapidement, jusqu'à occuper un niveau proche de -7m vers environ 7000ans BP (Morzadec-Kerfourn, 1990, 1995, 1999). Au début de l'ère chrétienne la mer était à son niveau actuel. Depuis, le comportement du plan d'eau est discuté. Certains, prenant appui sur des études réalisées en Flandres ont longtemps pensé qu'il y aurait eu des oscillations (série de transgressions/régressions) et que vers le début de l'ère chrétienne la mer aurait pu être légèrement plus haute que l'actuelle. Ce point n'est plus soutenable aujourd'hui et les termes scientifiques qui désignaient ce « haut niveau » (transgressions flandrienne et dunkerquienne) sont abandonnés. Il n'est pas rigoureusement possible d'affirmer que le niveau marin est resté stable entre 0 et 1850 (sans légères régressions) mais les scientifiques pensent, dans leur très grande majorité, qu'il s'agirait alors de phénomènes de très faible ampleur (quelques

centimètres) qui s'expliqueraient par les caractéristiques locales de la géologie et de la morphologie d'un estuaire, d'un marais, d'une ria et non par des causes climatiques. Un seul point fait débat : lors du refroidissement dit « le petit âge glaciaire », surtout marqué durant la fin du règne de Louis XIV, il est possible que le niveau ait baissé de quelques centimètres. Il est par contre exclu que la mer ait durablement occupé une position plus haute que l'actuelle au cours des temps historiques en Bretagne.

Des données actuelles sur le niveau marin peuvent être trouvées dans deux sources principales. L'une est française et s'appelle SONEL. Elle fournit des données horaires. L'autre est britannique et fournit des données mensuelles ou annuelles. Il s'agit du Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL, localisé à Proudman Oceanographic Laboratory, Merseyside, United Kingdom), qui depuis 1933 est en charge de la réunion, de la publication, de l'analyse et de l'interprétation des données marégraphiques de niveau marin, partout dans le monde. Toutes ces données sont accessibles en ligne gratuitement sur

<http://www.nbi.ac.uk/psmsl/datainfo/>

Ces données présentent un niveau marin mesuré au marégraphe et rectifié de façon à pouvoir être comparé avec celui des marégraphes voisins (RLR ou revised local reference). Le port de Brest (figure 2) abrite le marégraphe qui fonctionne en continu depuis la plus grande durée en Atlantique (près de 200 ans). Les informations qu'il délivre sont, statistiquement, les plus fiables possibles. Elles indiquent formellement, depuis la fin du 19^{ème} siècle une vitesse moyenne de remontée qui varie entre 1 et 1,4 mm/an. Pour les trente dernières années les vitesses sont plus élevées, voisines de 2,6 à 3mm/an, ce qui est parfaitement compatible avec les mesures faites par satellite.

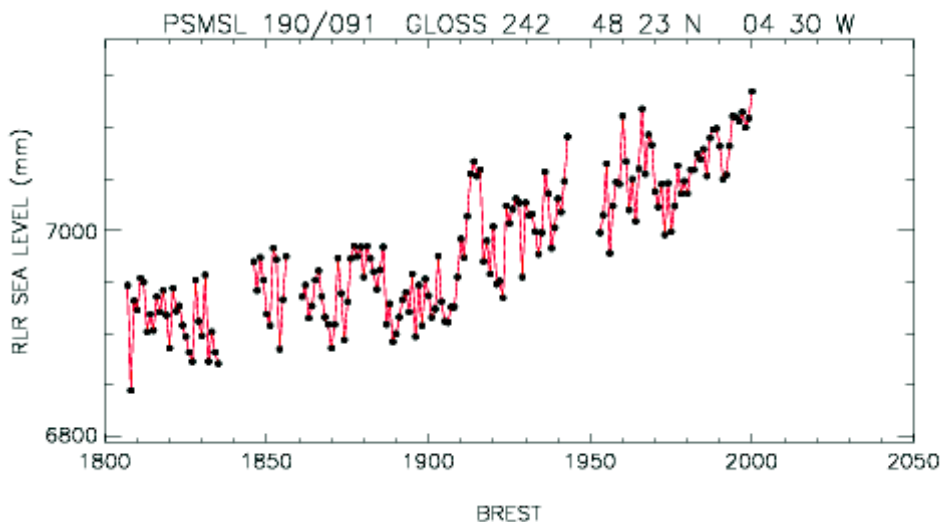


Figure 2 : le niveau marin à Brest, données marégraphiques traitées par le PSMSL.

Les données marégraphiques spécifiques au Morbihan peuvent être trouvées (toujours par le PSMSL) avec le marégraphe de Port Tudy. Il fonctionne sur une durée courte (comparativement à Brest) et avec une très forte variabilité interannuelle, qui est, à ce jour inexpliquée.

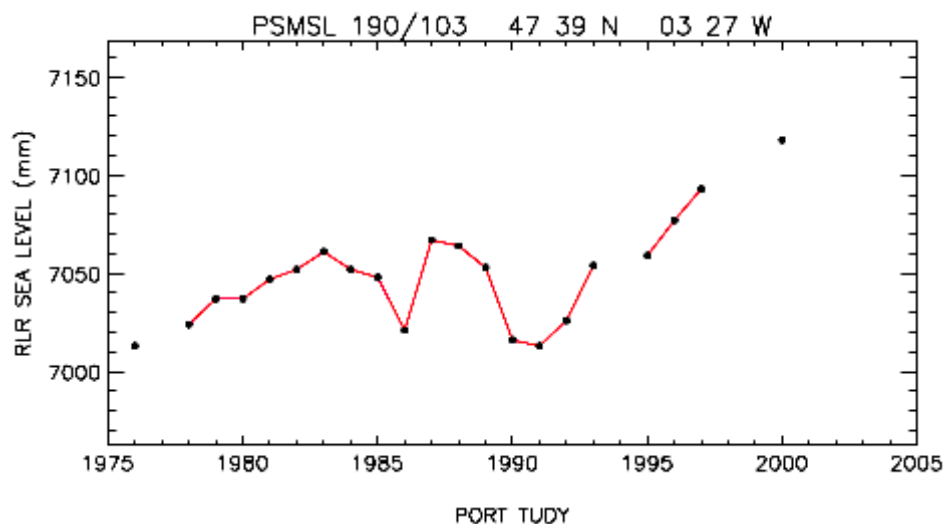


Figure 3 : Le niveau marin à Groix, Port Tudy, données marégraphiques traitées par le PSML.

Il est remarquable de calculer que la vitesse de remontée est proche, sur cet enregistrement et avec les réserves faites auparavant, de 10cm en 25 ans soit 4mm/an, ce qui la rend plus élevée qu'à Brest !!!

Le risque météorologique, tempêtes et surcote

L'élévation du niveau marin se fait dans un contexte de réchauffement climatique qui concerne aussi bien les masses d'eau que les masses d'air. S'il y a plus de chaleur dans un système physique, il en résulte qu'il peut y avoir plus de mouvement.

Des études ont été menées depuis le début des années 1990 au sujet des changements d'intensité, de direction des vents forts en Bretagne. Ces études ont été prolongées par d'autres, portant sur les surcotes impliquées par les situations de dépression. La synthèse la plus récente qui aborde la Bretagne Sud est dans Pirazzoli et al, 2004. Elle établit deux résultats qui sont délicats à interpréter ensemble parce qu'ils sont, en terme de prévision, contradictoires.

Les surcotes sont provoquées par une baisse de pression (qui élève le niveau du plan d'eau) et par un vent qui pousse vers la terre cette masse d'eau en « excès ». Une surcote est qualifiée de sévère lorsqu'elle atteint ou dépasse 0,6 m et ceci est arrivé 90 fois à Brest entre 1950 et 1992. A Saint Gildas de Rhuis la surcote maximale enregistrée entre 1962 et 1991 est survenue à marée basse et a atteint la cote 1,4 alors que la surcote théorique de fréquence séculaire, survenant à marée haute de vives eaux maximale atteindrait la cote 5,80m. Toutes ces valeurs doivent être lues dans la perspective d'un climat en évolution.

Au cours du dernier demi siècle deux phénomènes ont lieu. D'une part les vents générateurs d'afflux d'eau diminuent en fréquence relative (le risque est minimisé), d'autre part la vitesse moyenne de ces vents, augmente (de 20 à 24m/s pour les 5% de vents d'Ouest les plus forts à Belle Île). De surcroît jamais une surcote n'a eu lieu lors d'un pic de marée haute de vives

eaux. Il en résulte que statistiquement le risque est de plus en plus en plus faible mais que, néanmoins, le risque maximal correspond à une submersion plus forte qu'aucune de celles qui ont déjà été mesurées.

Conclusion partielle : quelles sont les valeurs plausibles sur lesquelles fonder un scénario d'élévation du niveau marin pour le littoral du Morbihan ?

La prolongation des valeurs actuelles de mobilité du niveau, de surcote et d'évolution des vitesses et directions du vent sur deux décennies donne des valeurs a minima que l'on peut considérer comme « très probables » c'est-à-dire qu'elles ont une probabilité supérieure à 0,9. Cette probabilité est définie selon les critères de l'IPCC.

Sur le littoral du Morbihan, une élévation du niveau marin moyen de 3 à 4 cm par 10 ans est très probable. Cette élévation est, très probablement, accompagnée d'une réduction de la fréquence relative des vents créateurs de surcote (-10%) et d'une augmentation de la vitesse des plus forts d'entre eux (+ 20%). De ce fait des surcotes, de fréquence annuelle à décennales, peuvent être majorées de 0,20 à 0,30m.

Enfin le risque d'une surcote pendant une étale de haute mer de vives eaux exceptionnelles doit être pris en compte en même temps que le risque d'inondation : c'est en effet le même type de situation météorologique (succession d'épisodes dépressionnaires) qui est à l'origine des deux phénomènes. On ne dispose pas, à ce jour, d'études complètes sur ces éventualités.

Les réactions du littoral face à la remontée du niveau marin

Le comportement du littoral face à une élévation du niveau marin a été étudié par de nombreux chercheurs dès les années cinquante et a été simulé par de très nombreux modèles (Cowell et al, 1992, 1994, Dubois,1995) . Tous les modèles reposent sur une règle, empiriquement établie à partir de la variation de niveau des grands lacs américains et de la réaction induite sur leur littoral. C'est la règle dite de Bruun (voir annexe 1). L'union européenne a financé plusieurs programmes pour établir un état des lieux et une méthodologie pour l'étude de la réaction des littoraux à l'élévation. La dernière synthèse est publiée dans Smith et al, 2000.

Une loi théorique, Bruun's rule

Si l'on considère le continent comme un plan incliné intersecté par un plan horizontal (qui est la surface du plan d'eau) toute élévation de ce dernier se traduit par une migration latérale du littoral.

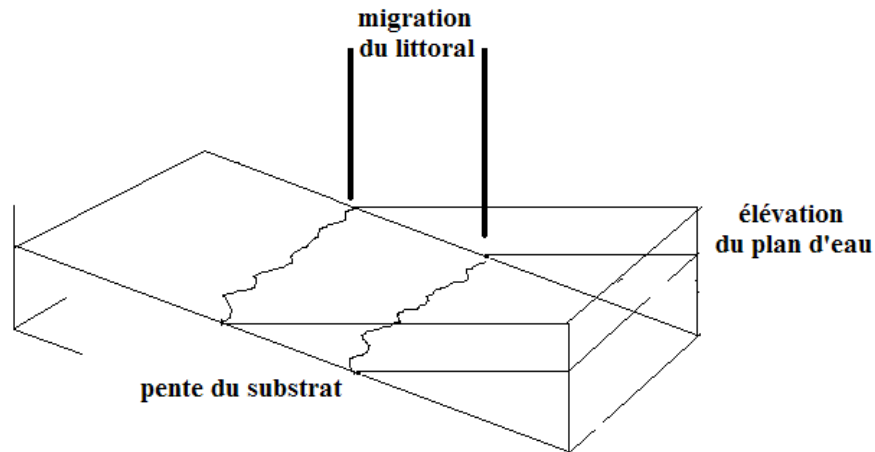


Figure 4 : Principaux paramètres contrôlant la mobilité du littoral en cas d'élévation du plan d'eau, d'après Bruun.

La migration est contrôlée par plusieurs facteurs, dont la vitesse d'élévation, et la pente du substrat sur laquelle elle porte. Il est évident que ce mécanisme simple, et exact, doit être complété par d'autres éléments, que la figure 5 présente.

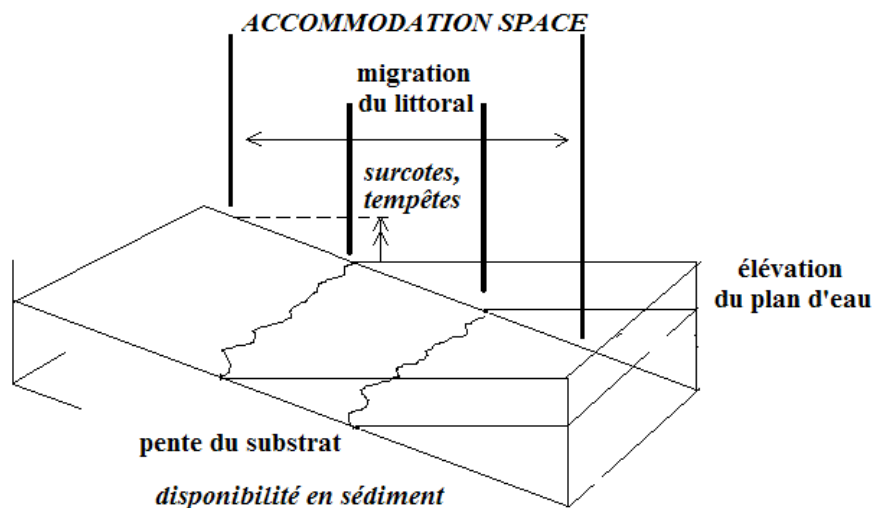


Figure 5 : Energie, espace et matériel sédimentaire nécessaires au fonctionnement de la règle de Bruun.

Pour qu'un littoral existe il faut que soit disponible du sédiment pour le construire. Il est exact que l'érosion marine actuelle arrache du matériel au continent et fabrique ainsi du sédiment, rendu ensuite disponible par les courants de dérive pour construire des plages, des dunes, des vasières... Il est aussi exact que l'âge du matériel des dunes (datés indirectement par le C14 ou directement par l'OSL) est souvent de plusieurs milliers d'années. En conséquence le littoral actuel est, en grande partie, constitué, non pas par du matériel actuel mais par du matériel ancien ou fossile.

De ce fait la règle de Bruun pose un problème délicat : elle impose que ce ne soit pas seulement le contact plan d'eau/substrat qui migre, elle demande que ce soit la masse sédimentaire littorale toute entière qui se déplace. C'est l'ensemble plage dune qui doit

glisser sur le substrat et s'établir à l'emplacement du nouveau littoral. La figure indique cela avec les termes « *disponibilité du sédiment* ».

Ce transfert n'est possible que si une grande quantité d'énergie est présente. Si le plan d'eau monte lentement, imperceptiblement, sans agitation de 1cm par an, il ennoie le littoral et ne le déplace pas. Si cette remontée est accompagnée de tempêtes, d'évènements à haute énergie, alors le sédiment du littoral bouge et migre avec le niveau marin. La figure indique cela avec les termes « *surcotes et tempêtes* ».

Si le matériel est déplacé par des évènements aussi irréguliers que des tempêtes, on conçoit que son déplacement ne soit pas linéaire, ni régulier (Southgate et al, 2003, Cooper et Pilkey 2004). L'ensemble des processus prend place dans un espace qui déborde le littoral, vers la terre comme au large et que l'on appelle « *accommodation space* ».

Le bon fonctionnement de la règle de Bruun inclut les tempêtes (ou du moins les périodes de mer agitée avec des houles, ou des vagues, brisant sur la plage) comme processus essentiel. Elle présuppose également une quantité de sédiment disponible.

Vérification sur place de la règle de Bruun, à échelle millénaire de temps.

Cette règle a été critiquée parce qu'elle est fondamentalement simple et qu'elle ne tient pas compte de toutes les particularités locales. Cette critique (on le verra par la suite) n'est pas sans fondement. Il n'en reste pas moins vrai que la règle est exacte et qu'elle a été vérifiée en de très nombreux lieux par de très nombreux chercheurs différents. Une littérature riche expose comment les tempêtes, en arrachant du matériel sur une plage, et en le déversant sur la dune, voire derrière la dune, participent à cette migration du littoral vers la terre. Les articles de Donnelly et al, 2004 ou de Dougherty et al, 2004 en sont des exemples récents, publiés dans un numéro spécial de Marine Geology consacré à l'impact des tempêtes et au niveau marin. Un article de Orford et al, 2002 en donne une approche synthétique et théorique pour les littoraux en galets.

En Bretagne des travaux ont démontré que la règle de Bruun fonctionne bien (Regnauld et al, 1996) et qu'à chaque élévation de 1mm du niveau marin, était associé, sur une échelle de temps millénaire, un recul du littoral qui varie entre 10 et 15mm (Regnauld, 1999).

La variabilité des comportements à l'échelle centennale

A des échelles de temps plus courtes, la réponse du littoral aux variations du niveau marin n'est pas clairement linéaire et ne semble pas obéir strictement à la règle de Bruun. Ce qui est le plus fréquemment observé est un type de réponse anormalement intense, c'est-à-dire un recul exagéré ou, au contraire minimal, par rapport à l'intensité de l'élévation temporaire du niveau durant la tempête. En février 1991 à Saint Malo une tempête avec une surcote de 0,7 à 1,2 m a localement fait reculer le littoral de 1 à 2 mètres, ce qui est beaucoup moins que ne le voudrait la règle, et beaucoup cependant du point de vue des gestionnaires de la côte.

Le comportement, au jour le jour, du littoral est marqué par une variabilité très forte, pas toujours explicable. Dans de nombreux cas, cependant, la variabilité peut – en partie – s'expliquer par la variabilité des houles incidentes, inégalement réfractées dans le temps au fur et à mesure que le plan d'eau varie avec la marée. En un sens la variabilité est liée au marnage, qui fait changer la profondeur, donc l'angle d'incidence des houles réfractées (Regnauld et al, 2004).

Il en résulte que la tempête qui – potentiellement - risque le plus de faire de dégâts est celle qui se déroule durant une marée de vives-eaux et au cours de la marée montante, même si la force du vent et l'amplitude des houles sont relativement peu intenses.

Réponse et effet de seuil

Les réponses du littoral à de tels événements (élévation, surcote et tempêtes...) sont caractérisées par la non linéarité.

On peut comprendre facilement ce phénomène en considérant que l'énergie des houles, des marées, d'une surcote, du vent... s'additionnent, lorsqu'elles surviennent ensemble, au même moment et dans le même lieu. Si chacune de ces énergies est quantifiée, on arrive à une somme qui représente un certain potentiel. Jusqu'à une certaine quantité d'énergie le littoral encaisse en se déformant, à partir d'un certain seuil, il se brise.

Dans des conditions d'énergie fortes, mais non exceptionnelles, une plage encaisse le déferlement en creusant son profil. Dans des circonstances identiques, la dune, derrière la plage, encaisse le jet de rive des houles (et des vagues) en laissant éroder l'avant dune, ou la base de la dune principale. Sur une vasière c'est, par exemple, la micro falaise du schorre¹ qui recule. Il y a donc modification de la forme préexistante et la forme nouvelle ainsi obtenue a une géométrie telle qu'elle répond à deux contraintes : elle minimise l'énergie incidente, elle comporte une quantité différente (souvent moindre) de sédiment. On parle de résilience. Le matériel érodé est, en général, dispersé sur l'estran et est disponible pour que dans la période calme qui suit, il puisse être réincorporé à la plage ou à la dune...

Il arrive que l'énergie mise en jeu soit exceptionnelle et que le seuil de résilience soit dépassé : au lieu d'être seulement érodée à sa base, la dune est rompue et l'eau s'infiltré au travers de la brèche.

On considère habituellement qu'une élévation du niveau marin est dynamiquement équivalente à un abaissement du seuil de résilience. En conséquence une approche possible des impacts d'une élévation du niveau est de simuler des tempêtes plus fortes (ou plus fréquentes) à niveau constant. Cette équivalence n'est cependant pas spatialement valable et il est entendu que pour étudier les aires inondables on considère bien un plan d'eau à altitude modifiée. C'est cette idée qui a servi de base à la définition de la vulnérabilité.

La définition de la vulnérabilité

La vulnérabilité est définie comme la réaction d'un site à une contrainte, dès lors que cette réaction met en péril la pérennité du site. Cette pérennité est dépendante du seuil de résilience : quand il est franchi, elle est en péril.

Aspects naturalistes :

Dans le cas d'une falaise, qui est par nature une forme érodée par la mer (et perdant de la matière), on ne considère pas qu'il y ait une vulnérabilité face à une tempête, même exceptionnelle. Par nature une falaise recule et son rôle –morphologique- est de fournir du sédiment au système littoral. C'est un site « source » (Bray et Hooke, 1997).

¹ Schorre : partie de la grève qui est recouverte seulement en hautes mers de vives eaux.

Un système dunaire, tout au contraire, est un site « puit », c'est-à-dire un lieu d'accumulation. C'est parce qu'il arrive du sédiment qu'il peut s'empiler et constituer un massif dunaire. Un tel site est « vulnérable » si son alimentation connaît un déficit.

Entre les sites source et les sites puits il existe des sites de transit qui reçoivent du sédiment et qui en exportent et dont, en conséquence, l'apparence, la morphologie est très variable, sans que l'on puisse interpréter ces variations en termes d'érosion ou de gain.

La notion de vulnérabilité est, pour les raisons précédentes, étroitement liée à la morphologie et au bilan sédimentaire

Il en existe donc, sur ces bases, une approche générale, qui fait référence et peut être résumée sous la forme du tableau reproduit ci-dessous. Elle provient du travail que le service américain de surveillance côtière (une branche de United States Geological Survey) a effectué après avoir étudié tous les sites littoraux concernés sur le territoire fédéral, et avoir construit une problématique synthétique. Davantage de détails sont donnés en annexe 2.

VARIABLE	Ranking of coastal vulnerability index				
	Very low	Low	Moderate	High	Very high
	1	2	3	4	5
Geomorphology	Rocky, cliffed coasts Fiords Fiards	Medium cliffs Indented coasts	Low cliffs Glacial drift Alluvial plains	Cobble beaches Estuary Lagoon	Barrier beaches Sand Beaches Salt marsh Mud flats Deltas Mangrove Coral reefs
Coastal Slope (%)	> .2	.2 – .07	.07 – .04	.04 – .025	< .025
Relative sea-level change (mm/yr)	< 1.8	1.8 – 2.5	2.5 – 2.95	2.95 – 3.16	> 3.16
Shoreline erosion/ accretion (m/yr)	>2.0 Accretion	1.0 – 2.0	-1.0 – +1.0 Stable	-1.1 – -2.0	< - 2.0 Erosion
Mean tide range (m)	> 6.0	4.1 – 6.0	2.0 – 4.0	1.0 – 1.9	< 1.0
Mean wave height (m)	<.55	.55 – .85	.85 – 1.05	1.05 – 1.25	>1.25

Figure 6 : Un index général pour la mesure de la vulnérabilité (<http://pubs.usgs.gov/of/of99-593/pages/figpage/table.html>) face à l'élévation du niveau marin. Traduction en annexe.

Ce tableau indique que la vulnérabilité dépend d'abord de la morphologie, que l'on doit entendre comme décrivant la nature du littoral et la géométrie de l'avant côte (coastal slope). Elle dépend ensuite de la vitesse de remontée de la mer, puis du bilan sédimentaire, considéré ici uniquement dans son aspect positif (accrétion). Le marnage et l'amplitude moyenne des houles jouent ensuite. Chaque case peut être remplie par une valeur quantifiée. La valeur totale de vulnérabilité est la racine carrée de la moyenne des valeurs propres à un site précis, ou la racine carrée du produit des variables, divisée par le nombre de variables, soit 6.

Ce tableau a le mérite d'être très synthétique et de donner une grille de lecture qui est souvent très pertinente. Il a pour limite qu'il ne peut pas être transposé tel quel à n'importe quel environnement. Ainsi, il décrit des côtes micro tidales et quantifie le marnage en utilisant des intervalles assez grossiers (par exemple pas de distinction entre 6 et 8 m de marnage). Dans le cas du Morbihan, qui est entièrement macro tidal, ce tableau affecterait la même valeur à tous les sites, ce qui reviendrait à annuler le facteur marée et le facteur courant de marée.

Aspects sociaux et enjeux d'aménagement.

Une transposition est donc nécessaire pour tenir compte des caractéristiques du Morbihan. Cette transposition doit modifier certains paramètres naturalistes, en relation avec la spécificité du milieu. Elle doit surtout tenir compte d'un fait que le tableau américain ne prend pas en compte : la vulnérabilité ne concerne pas un espace « vierge » mais un espace profondément anthropisé.

En Morbihan (comme ailleurs en France) il est indispensable de considérer que le littoral, tout aussi naturel qu'il paraisse, est modifié par les sociétés depuis longtemps (le néolithique en Morbihan). Ces modifications touchent non seulement les paysages, mais aussi les mécanismes et les processus morphologiques : il suffit de mentionner le rôle d'un barrage sur les flux sédimentaires...ou des concessions conchylicoles sur le transit des particules fines. L'élément anthropique apparaît donc, pour de tels sites, particulièrement important à considérer, et ceci pour deux raisons. D'une part la pression anthropique peut affecter les processus physiques contrôlant le système côtier et diminuer par exemple le seuil de résilience. D'autre part elle implique souvent la construction d'aménagements ou d'infrastructures statiques, inadaptés à la mobilité du littoral et incapables de migrer avec l'ensemble du système. Dans un tel contexte, la vulnérabilité résulte souvent plus de l'impossibilité du littoral à migrer sans endommager ces infrastructures que d'un dysfonctionnement strictement sédimentologique. Dans ce cas la vulnérabilité concerne plus les constructions que le littoral en lui-même, en tant qu'entité géomorphologique. Cette prise en compte de la profondeur historique du paysage et de la dimension sociale de l'aménagement amène à établir un tableau nouveau. Il reprend les principes, excellents et éprouvés, de la démarche américaine et il comporte des compléments et des précisions qui aident à tenir compte des caractéristiques locales.

Ainsi, dans le Morbihan, afin d'évaluer la vulnérabilité d'un site face à la montée du niveau de la mer, il convient de définir les principaux facteurs géomorphologiques et courantologiques locaux contrôlant son fonctionnement, leur évolution possible dans un contexte d'élévation du niveau de la mer rapide et importante ainsi que l'importance de la pression anthropique exercée sur le site. Par ailleurs, une telle étude doit s'inscrire dans un cadre spatial de référence, représentant une unité fonctionnelle et géomorphologique de base, permettant d'appréhender l'ensemble des mouvements de sédiments d'une portion donnée du littoral. Le concept de cellule sédimentaire répond parfaitement à ces exigences. Très schématiquement, la cellule sédimentaire correspond à une portion du littoral dans laquelle s'inscrit un jeu complexe d'échanges sédimentaires, contribuant à créer des zones d'accrétion ou d'érosion, plus ou moins durables, et d'une extension spatiale variable.

Le Morbihan comme cas particulier

Le tableau suivant récapitule un certain nombre de paramètres paraissant essentiels à prendre en compte afin d'évaluer la vulnérabilité d'un site. Trois situations ont été envisagées, correspondant chacune à un degré de vulnérabilité plus ou moins élevé.

Parmi les paramètres pris en compte figurent :

- Résistance du matériau (géologique) prédominant sur le site
- Rôle du site dans la cellule sédimentaire
- Exposition locale, par rapport aux vents et houles dominantes ou secondaires. En Bretagne Sud, les houles les plus énergiques proviennent de l'Ouest et du Sud Ouest.

- La vitesse de recul permet d'appréhender l'importance des phénomènes d'érosion par rapport aux apports sédimentaires.
- Type morphologique des systèmes côtiers mettant en évidence la relation entre les formes observées et les paramètres décrits précédemment.

Ces premiers éléments permettent de décrire grossièrement le fonctionnement du système considéré.

- Par ailleurs, la présence ou l'absence de végétation est également importante à considérer car cette dernière est susceptible de jouer un rôle non négligeable dans le système côtier et en terme de protection et de migration du littoral. Elle permet notamment de fixer les sédiments et dans certain cas elle agit comme un tampon dissipant l'énergie des vagues incidentes (marais dans les estuaires).

- Enfin, la pression anthropique exercée sur le site constitue le dernier (mais pas le moindre) paramètre à prendre en compte. Plusieurs aspects sont importants à considérer : le type d'activité, l'intensité de la pression exercée ; mais aussi la présence d'infrastructures et/ou d'aménagements statiques (routes côtières, digues, camping, zones résidentielles, parcs ostréicoles ...), contrastant avec la variabilité et la dynamique naturelle du littoral. La présence de tels aménagements accentue la vulnérabilité d'un site : soit ils se trouvent être directement menacés par la hausse du niveau marin, soit ils entravent les processus naturels permettant au littoral de répondre à une telle évolution. C'est, par exemple, le cas d'une digue qui empêche le littoral de migrer vers l'intérieur des terres.

Figure 7 : Tableau de vulnérabilité pour le littoral du Morbihan

	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Matériau résistant (++)	Matériau faiblement résistant (+)	Matériau tendre (-)
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puit	Transit	Source
Exposition locale	Bien abrité Nord	Faiblement abrité Est	Forte exposition Ouest / Sud Ouest
Type de système de côtier	Par exemple une plage de fond de baie	Par exemple une flèche	Par exemple une falaise
Vitesse de recul	Faible	Moyenne	Rapide
Végétation	Absence de végétation	Végétation halophile dominante	Végétation non halophile présente
Activités anthropiques et Aménagements	Pression anthropique non destructrice	Agriculture Degré d'anthropisation moyen	Tourisme Forte pression anthropique
Vulnérabilité	Faible	Moyenne	Forte

Les informations contenues dans le tableau se lisent en colonne. Chaque colonne correspond à une situation différente et chaque ligne à un paramètre différent. Sur la figure on a représenté des sites fictifs simplement pour expliquer le mode de lecture.

Dans le cas de la situation 1, la vulnérabilité apparaît relativement faible. En effet, le site correspond à une zone d'accrétion assez bien abritée, constituée de matériaux assez résistants. Par conséquent, certaines évolutions climatiques allant de pair avec la montée du niveau des mers, comme l'augmentation de la vitesse moyenne des vents générateurs d'afflux d'eau, ne risquent pas de l'affecter directement. De plus les effets de la pression anthropique sur la plage sont faibles et ne jouent pas de rôle important dans ce système, aussi ces composants ne risquent ni d'être affectés par une montée du niveau de la mer de manière significative, ni d'affecter en retour le fonctionnement du système. Enfin, il n'y a pas d'impact négatif à craindre sur des aménagements humains.

Le cas de situation 2 est un peu plus complexe. Bien que le système ne présente pas une vulnérabilité très élevée, il risque plus d'être affecté par une élévation du niveau de la mer. En effet, le degré d'anthropisation est plus élevé, même si le type d'activité (agriculture) n'implique pas une intensité trop importante. De plus, le site apparaît plus sensible au phénomène d'érosion : il est moins abrité et les matériaux qui le constituent moins résistants.

Enfin, la situation 3 représente le cas d'un site beaucoup plus vulnérable. La pression anthropique y est très forte. Il s'agit d'un site voué au tourisme. Or les aménagements liés à ce type d'activité engendrent généralement de profondes perturbations dans le fonctionnement du système côtier réduisant d'autant sa capacité à s'adapter à des changements environnementaux, tel que l'élévation du niveau de la mer. De plus, ce site apparaît particulièrement sensible au phénomène d'érosion puisqu'il est composé de matériaux tendres constituant une source privilégiée de sédiment au sein d'une cellule sédimentaire. Enfin, le site est très exposé aux vents et houles dominants, et leur impact sur la côte risque de s'amplifier dans un contexte d'élévation du niveau de la mer, rendant ainsi le site encore plus vulnérable.

Une méthodologie spécifique pour ce type de côte et ce type d'étude

Pour répondre aux exigences de la commande et donner le maximum d'information sur le maximum de sites précis notre travail a comporté une part importante de cartographie et un temps important de travail in situ.

Travail de cartographie :

3 étapes :

Numérisation des cartes topo 1/50000 à partir de fichier scannés

Géoréférencement

Digitalisation

Données :

Ortophotoplan du littoral du Morbihan, (C) ortholittorale 2000, fourni par l'ODEM, daté de 2000 et géoréférencé.

Cartes papiers IGN au 1/50000

- Auray n°821, 1981
- Belle-Île n°823, 1982
- Île de Groix n°721, 1981
- Quiberon n°822, 1981
- Lorient n°720, 1981
- La Roche Bernard n°1022, 1965
- St Gildas de Rhuys n°922, 1971
- Vannes n°921, 1984

Méthode :

La première étape du travail cartographique a été de digitaliser certains éléments pertinents pour évaluer la vulnérabilité des espaces concernés :

- Trait du zéro marin (*zéro hydrologique : niveau atteint par la plus basse marée astronomique, sert de zéro pour les cartes marines*)
- Trait du zéro terrestre (*niveau moyen de la mer à Marseille. Il n'a pas de véritable sens géomorphologique et est souvent inexact. Il sert de référence pour calculer les altitudes des cartes IGN*)
- Zones basses à l'arrière du zéro terrestre
- Côtes à falaise (*dans ce rapport, les côtes à falaises correspondent simplement aux zones sub-verticales où les zéros marin et terrestre se superposent*)

Ces informations sont très facilement lisibles sur les cartes topographiques. Nous avons choisi de travailler avec des cartes IGN au 1/50000 pour bénéficier de l'étendue du secteur cartographié tout en conservant une précision convenable. Huit cartes ont été nécessaires pour couvrir le littoral du Morbihan. Il a d'abord fallu scanner les cartes afin de les numériser.

Les cartes numérisées ont alors été géoréférencées. Il s'agit de les inscrire dans un système de projection cartographique, de les référencer spatialement afin de les rendre exploitables. Ici c'est la projection Lambert II étendu qui a été utilisée. Concrètement on attribue des coordonnées (x ; y) aux données numérisées en ligne/colonne. Des points précis sont repérés sur la carte scannée (intersection de routes, bâtiments, points d'amers...) puis sur l'orthophotoplan fourni par l'ODEM (déjà géoréférencé) ou sur la carte papier. Les coordonnées lues sont alors attribuées aux points relevés sur la carte numérisée. Cette étape du calage a été réalisée grâce aux logiciels Idrisi et MapInfo qui ont permis un calage précis des cartes topographiques.

Puis la digitalisation en elle-même a pu commencer : le logiciel MapInfo permet de créer des couches vectorisées, c'est-à-dire des fichiers de lignes, de polygones... Les tracés des zéros marin et terrestre et des côtes à falaises ont donc été « repassés » par des traits de vectorisation et les zones basses à l'arrière du zéro terrestre (souvent des vasières) ont été représentées par des polygones jaunes.

Enfin la carte ainsi obtenue du trait côtier a pu être superposée à l'orthophotoplan et elle a été considérée dans l'étape de la photo-interprétation.

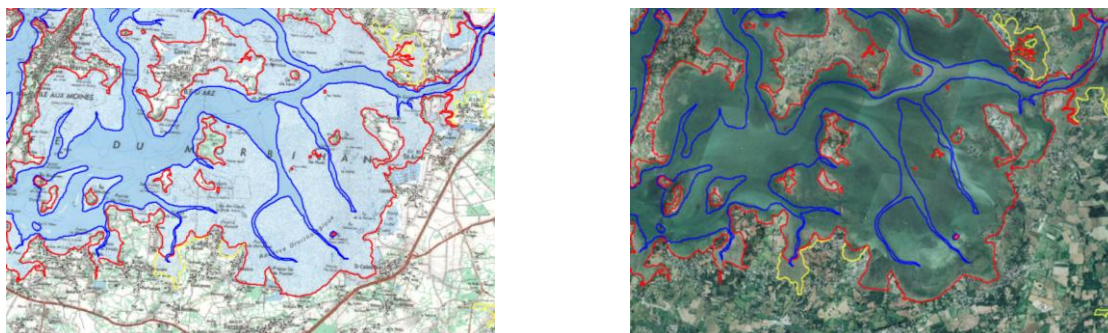


Figure 8 : En bleu a été digitalisé le zéro marin, en rouge le zéro terrestre, en jaune les zones basses situées à l'arrière du zéro terrestre.

Limites :

Malgré tous les efforts consacrés à obtenir un géoréférencement aussi précis que possible, des écarts sont observés entre l'orthophotoplan et les fonds topographiques numérisés. La conséquence est que les couches vectorisées se superposent parfois à l'orthophotoplan avec un décalage. Ce décalage peut être dû à un manque de précision lié à l'échelle des cartes. Il est cependant probable qu'il s'explique par l'âge des cartes. Celles-ci n'étant pas toutes datées de 2000, mais correspondent à une période s'échelonnant entre 1965 et 1984, des décalages importants apparaissent parfois dans les dessins des chenaux de marées, ou d'autres formes évolutives à courte échelle temporelle.

Des modifications manuelles ont été effectuées pour pallier ce manque de précision.

Travail de terrain :

Il se fonde essentiellement sur l'examen des formes et propose une tentative d'estimation des comportements sédimentaires. Les sites observés en priorité sont ceux dans lesquels la vulnérabilité est explicite. Un exemple est traité ci après.

Figure 9 : A partir de la pointe du Bile, vue vers le Nord (commune d'Asserac).



Cette photo est prise à marée haute par un jour calme. La falaise est taillée dans des roches peu résistantes, recouvertes de formations du tertiaire, d'un head périglaciaire avec, localement, de fortes lentilles de loess éolien. Les sols qui sont par dessus datent du milieu et de la fin de l'Holocène (3000 à 1500 ans BP) et sont souvent dunaires. Le matériel n'est donc pas du tout résistant.

Au sens strict, comme il s'agit d'une falaise qui recule depuis plusieurs siècles, il n'y a pas de vulnérabilité. Cependant des constructions, situées au sommet sont en péril et des dispositions (temporaires et pas très efficaces) ont été prises pour atténuer la vitesse de recul : il s'agit

d'enrochements qui atténuent un peu les houles et limitent la décompaction gravitaire de la falaise. On remarque que là où il n'y a pas de construction au sommet, les falaises ne sont pas enrochées.

A court terme la solution mise en œuvre a une pertinence relative. A long terme (30-40 ans), ou avec une élévation rapide du niveau marin, il est aventureux de freiner le recul à certains endroits et de le laisser fonctionner rapidement à d'autres endroits. Il y a alors un différentiel de vitesse de recul qui, sur ce site peut être estimé à minima à 1m/an. Cela risque de transformer le tracé de la côte, en laissant en saillie les lieux protégés tandis que des baies, ou des rentrants se formeront dans les espaces non protégés.

Le tracé de la cote devenant de plus en plus indenté, le transit sédimentaire se modifie. Si la côte est (plus ou moins) rectiligne, le sédiment enlevé à un site source se répartit plus ou moins également à l'aval et dérive parce qu'il ne rencontre aucun obstacle. La plage au pied des falaises en recul est (plus ou moins) uniformément alimentée et fait effet d'espace tampon pour toutes les marées de mortes eaux ou de faibles vives eaux. Si la côte, indentée par des caps et des baies, se divise en multiples petites cellules locales, le sédiment ne se répartit plus et chaque micro baie locale abrite sa plage de poche dans laquelle, s'il se produit un excès de sédiment, il y a accumulation sur place sans redistribution sur un espace adjacent. Il n'y a plus de plage jouant uniformément le rôle d'espace tampon.

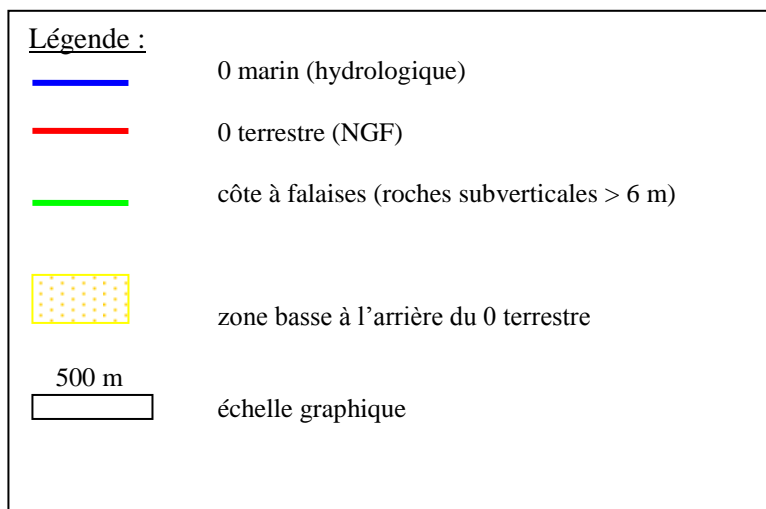
Dans ce cas il convient de dépasser les considérations strictement géomorphologiques et il paraît utile de considérer que toute la falaise est vulnérable, et pas seulement la portion qui localise un bâtiment.

Travail d'archive : l'histoire récente du trait de côte, accrétion, recul, transferts latéraux devrait être reconstituée en détail. La durée courte de ce contrat ne nous a pas permis de nous livrer à ce travail de façon satisfaisante.

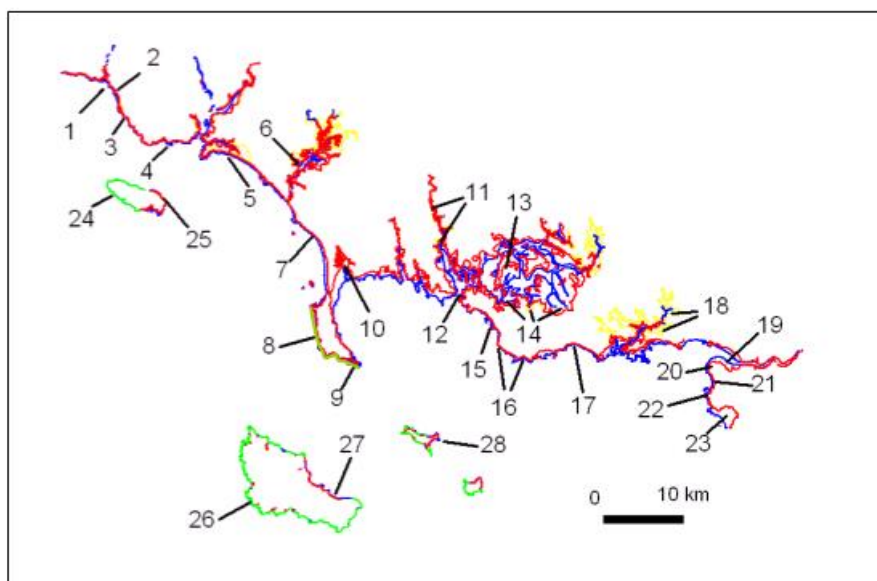
Exemples et types localisés de vulnérabilité :

Les sites choisis pour exemples ont été sélectionnés en fonction de deux exigences : il s'agissait d'avoir des sites répartis de façon homogène sur le littoral du Morbihan et de répertorier les types de vulnérabilité les plus fréquents. Cependant cette liste d'exemples n'est pas exhaustive et un travail de terrain systématique allié à un important travail d'archive auraient été nécessaires pour une plus grande précision de l'étude.

Les fiches présentent, pour chaque secteur choisi, un extrait de l'orthophotoplan et un extrait de la carte topographique concernée auxquels ont été superposés les couches digitalisées, ainsi qu'une grille d'analyse de la vulnérabilité et un petit commentaire adapté à chaque secteur. La légende distingue les deux zéros et, sur les falaises où ils sont superposés, utilise une autre couleur.

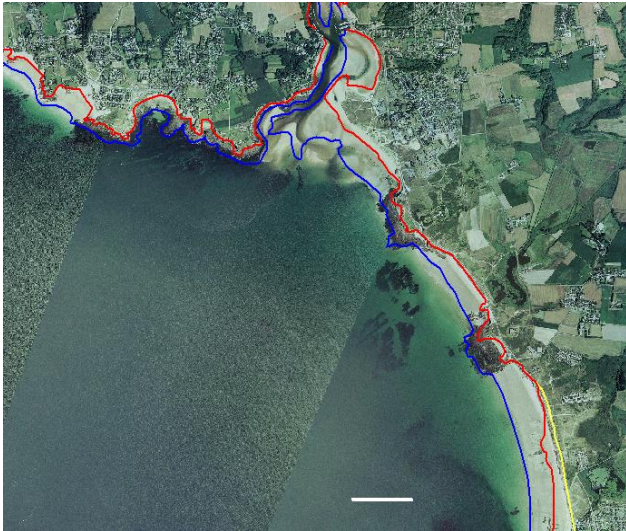


LOCALISATION GENERALE



ANSE DU POULDU

Communes de Clohars-Carnoët, Guidel et Ploemeur



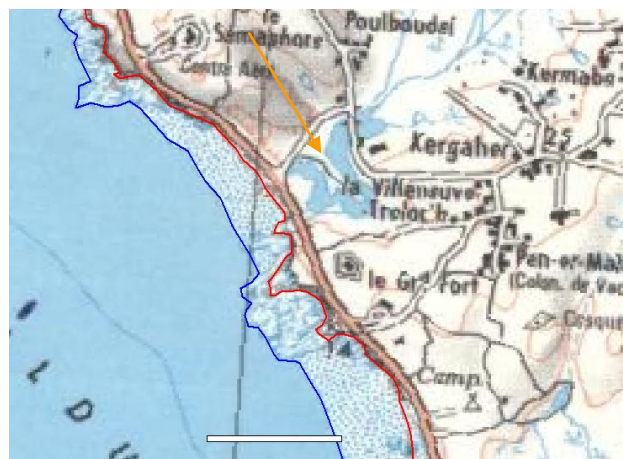
	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau			Assez tendre (micaschistes et dunes)
Rôle dans la cellule sédimentaire		Transit	
Exposition locale			Forte exposition Ouest /Sud Ouest
Type de système de côtier		Barrière sableuse	
Vitesse de recul			Assez rapide
Végétation		Végétation halophile sur dunes	
Activités anthropiques et aménagements			Forte pression anthropique tourisme
Vulnérabilité			forte

Barrière sableuse bien fournie (bénéficie des matériaux transportés par la Laïta), qui pourrait se renforcer avec l'érosion des appointements rocheux. Mais il faut prendre en compte la forte exposition du secteur face aux courants et houles dominants et la pression touristique sur le système dunaire (milieu instable par nature). Un bon apport en sédiments pourrait limiter le niveau de vulnérabilité.

Fiche n°1

LA VILLENEUVE-TROLOC'H

Commune de Guidel



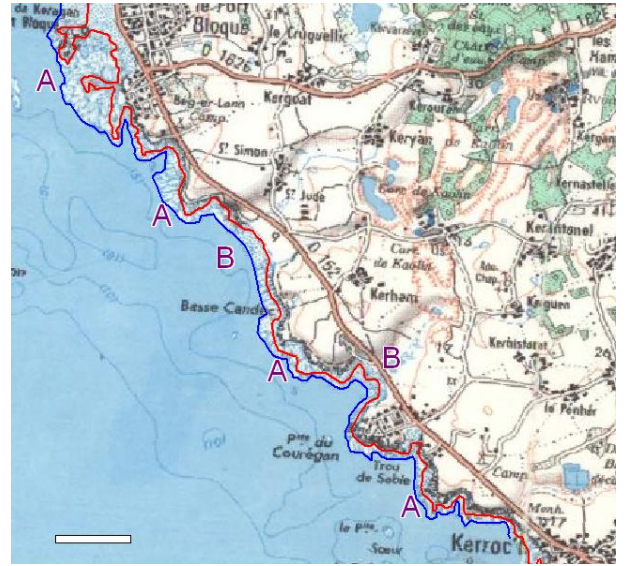
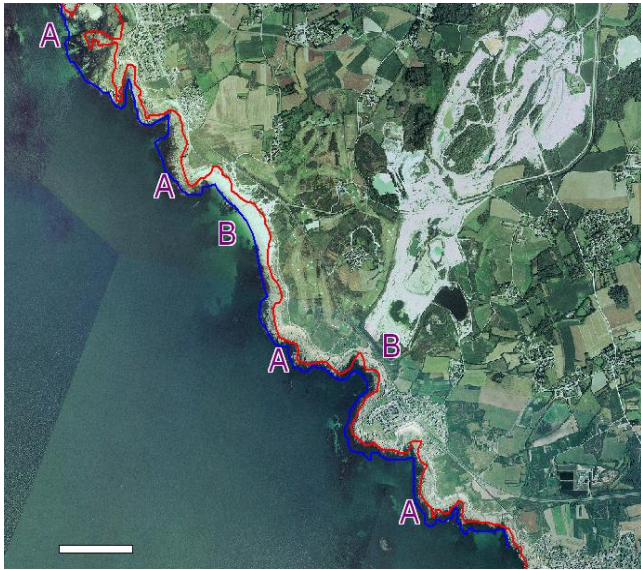
	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau			Tendre (dunes)
Rôle dans la cellule sédimentaire	puits		
Exposition locale			Forte exposition Ouest /Sud Ouest
Type de système de côtier	Marais		
Vitesse de recul	Lente		
Végétation			Végétation non halophile présente
Activités anthropiques et Aménagements		Agriculture à l'arrière du marais	Route
Vulnérabilité			Forte

Secteur proche du niveau de la mer (moins de 3 m de dénivelé), exposé aux houles dominantes : en cas de tempêtes ou de surcote, la submersion temporaire de la route (D 152) est possible, comme l'engorgement du marais en eau salée (flèche orange), ce qui nécessite un ajustement des cultures (non exposées directement mais vulnérabilité possible).

Fiche n°2

LE FORT BLOQUE – KERROC'H

Commune de Ploemeur



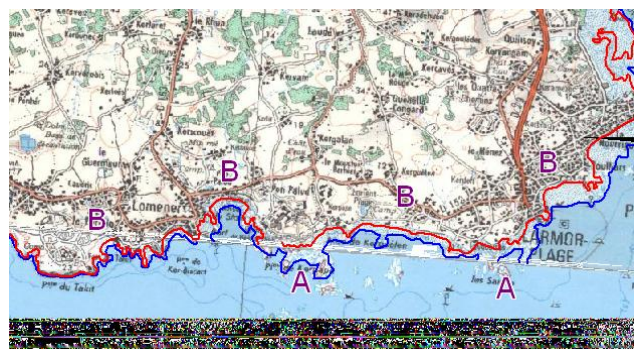
	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Matériau résistant (leucogranite)		
Rôle dans la cellule sédimentaire	Source (A)	Transit, voire Puit (B)	
Exposition locale			Forte exposition Ouest / Sud Ouest
Type de système de côtier	Platiers rocheux (A)	Plages de poche (B)	
Vitesse de recul		Moyenne	
Végétation		Végétation halophile présente	
Activités anthropiques et Aménagements			Secteur résidentiel
Vulnérabilité		Moyenne	

Bien que l'érosion soit efficace (peu de dépôts, exposition aux houles dominantes), les zones d'habitation ne sont que moyennement vulnérables car elles sont situées en hauteur (altitude environ 10 m) et à l'abri des platiers rocheux (A, en granite résistant). Ces platiers rocheux pourront cependant être décapés de leurs matériaux fins, tout comme les secteurs d'accumulation (B), peu fournis et peu protégés. Ce sédiment en transfert risque d'être dispersé par la dérive littorale, vers l'anse du Pouldu par exemple.

Fiche n°3

ANSE DU STOLE – ANSE DU KERGUELEN

Communes de Ploemeur et Larmor-Plage

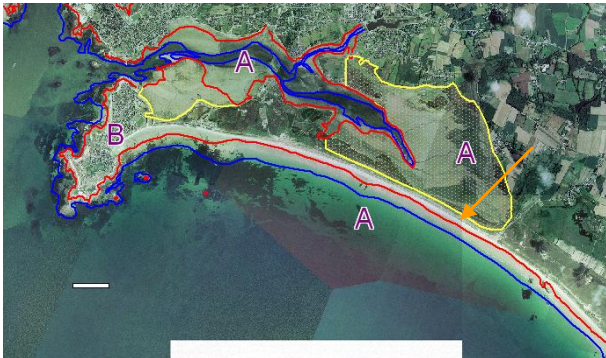


	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Matériau résistant (leucogranite)		
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puits (B)	Source (A)	
Exposition locale		Peu exposé Sud	
Type de système de côtier	Plages de fonds de baies (B)	Platiers rocheux (A)	
Vitesse de recul	Lente		
Végétation		Végétation halophile dominante	
Activités anthropiques et Aménagements	Pression anthropique non destructrice		
Vulnérabilité	Faible		

Secteur protégé, petites baies (B) qui peuvent gagner du sédiment grâce à l'érosion des platiers rocheux (A) à proximité et par l'apport des matériaux transportés par le Scorff et le Blavet.

BAIE DE LOCMALO – POINTE DE GÂVRES

Communes de Riantec et Gâvres



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Matériau résistant (leucogranite -B)		Matériau tendre (sable, vase -A)
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puits (A)	Source (B)	
Exposition locale	Secteur abrité		
Type de système de côtier	Vasières, barrière sableuse (A)	Platiers rocheux (B)	
Vitesse de recul	Lente		
Végétation		Végétation halophile dominante	
Activités anthropiques et Aménagements			Habitations, route
Vulnérabilité		Moyenne	

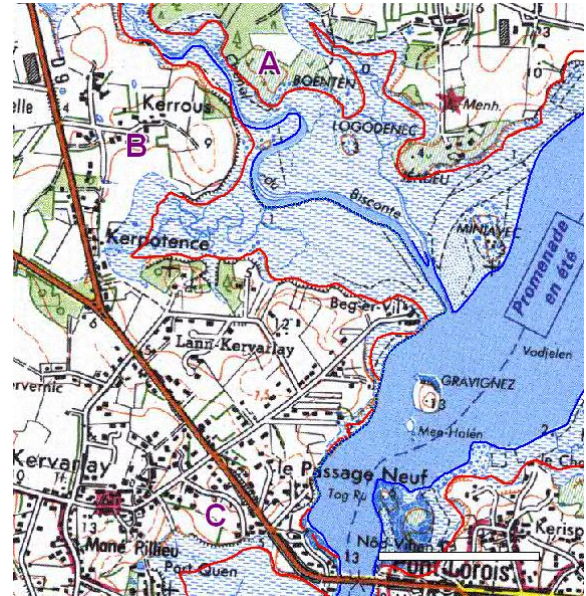
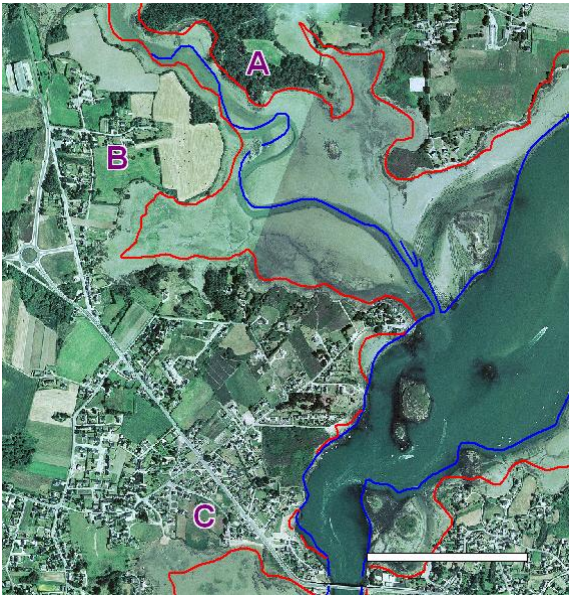
Pointe de Gâvres (B) en elle-même peu vulnérable (en hauteur, matériau résistant) ; secteurs d'accumulation (A), abrités des houles (Baie de Locmalo presque fermée et longue barrière sableuse assez abritée par l'Île de Groix, qui casse les houles venant du large) et bien fournis en sédiments.

Cependant, entre la baie et la plage, la route (indiquée par la flèche orange) qui dessert Gâvres est proche du niveau de la mer. En situation de tempête ou de surcote, elle pourrait être submergée temporairement (engorgement de la baie, rupture de la plage). Mais la vulnérabilité reste moyenne, en raison de la bonne fourniture en sédiments.

Fiche n°5

RIA D'ETEL

Communes de Plouhinec et Belz



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Variable, souvent vaseux		
Rôle dans la cellule sédimentaire	puit		
Exposition locale	Abritée		
Type de système de côtier	Ria, zones de vasières		
Vitesse de recul			
Végétation			Végétation non halophile
Activités anthropiques et aménagements		Agriculture, pâturages, bois	
Vulnérabilité		moyenne	

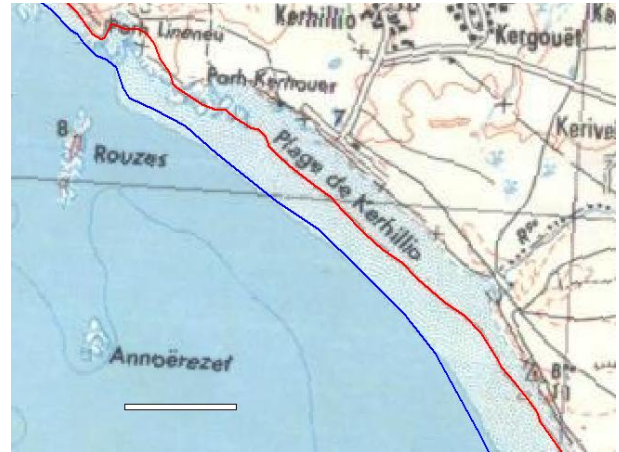
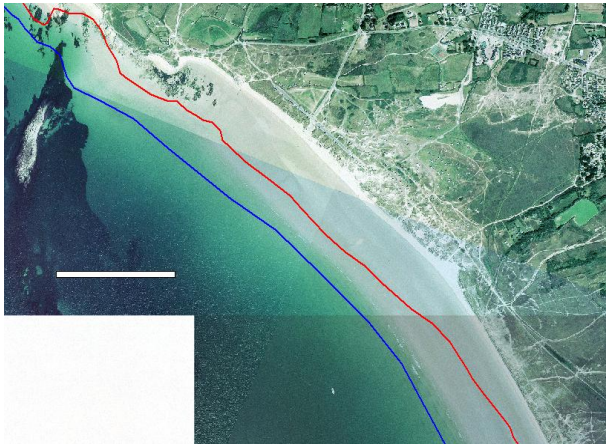
Secteur d'accumulation sédimentaire, très abrité des houles mais exposé aux courants de marée (effet chasse d'eau).

Exemple d'une parcelle de bois (A), de pâturage (B) et d'une parcelle cultivée (C) qui pourraient subir une salinisation de leur sol : les arbres en bordure du bois ne sont pas protégés par une zone tampon, inadaptables à un changement de salinité, ils meurent et dans leur chute entraînent le sol et provoquent une érosion de la côte par chablis. On peut prévoir une perte de terre cultivable (bordure) et une évolution de la végétation sur les zones de pâturages.

Fiche n°6

PLAGE DE KERHILLIO

Communes d'Erdeven et Plouharnel



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau			Matériau tendre (dunes)
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puits		
Exposition locale			Forte exposition Ouest
Type de système de côtier	Barrière sableuse		
Vitesse de recul		Moyenne	
Végétation		Végétation halophile dominante	
Activités anthropiques et Aménagements		Pression touristique	
Vulnérabilité		Moyenne	

Barrière sableuse bien fournie en sédiments (qui arrivent de la Ria d'Étel et des bassins versants d'Erdeven), bien qu'exposée aux houles dominantes. Dunes stabilisées par la végétation. Cependant le cordon sableux est sensible : la pression anthropique doit rester faible pour ne pas augmenter la vulnérabilité du secteur. La montée du niveau marin peut entraîner le ravinement des dunes (par temps de tempête).

Fiche n°7

CÔTE SAUVAGE DE QUIBERON

Commune de Quiberon



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Matériau résistant mais fracturé		
Rôle dans la cellule sédimentaire			Source
Exposition locale			Forte exposition Ouest
Type de système de côtier			Falaises
Vitesse de recul	Lente		
Végétation	Absence de végétation		
Activités anthropiques et Aménagements			Route côtière
Vulnérabilité	Faible		

Côte exposée aux houles dominantes, roches résistantes mais diaclasées. Ces diaclases pourraient être élargies par l'érosion (vitesse de recul accélérée ?) mais la route côtière reste protégée (altitude supérieure à 20 m) sauf localement. Par ailleurs, le surpiétement pourrait entraîner un phénomène par le haut des falaises.

Fiche n°8

POINTE DU CONGUEL

Commune de Quiberon



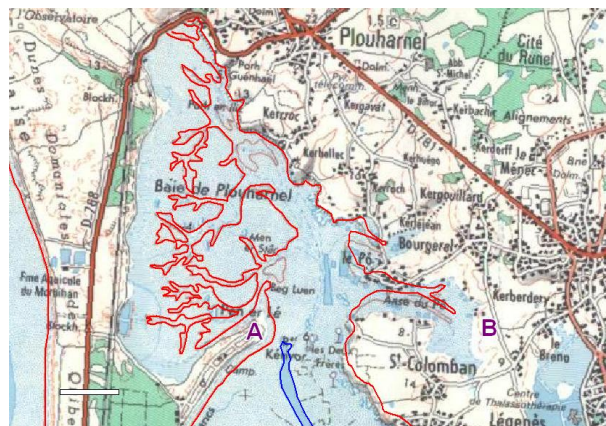
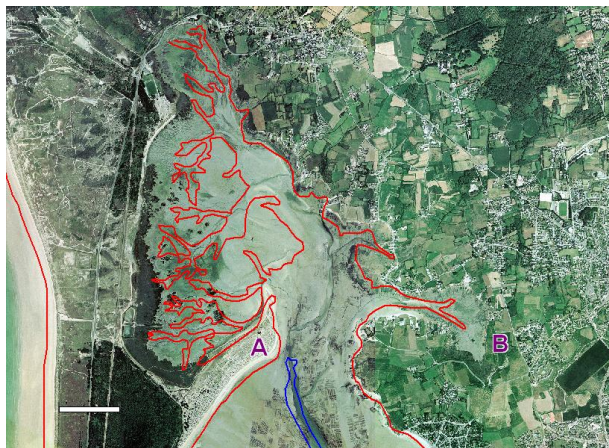
	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau			
Rôle dans la cellule sédimentaire		Transit/Source	
Exposition locale			Forte exposition Ouest
Type de système de côtier		Tombolo/Flèche	
Vitesse de recul			Forte
Végétation	Peu de végétation (piétinement)		
Activités anthropiques et Aménagements		Pression touristique forte (sans aménagement)	
Vulnérabilité			Forte

Flèche exposée de plein fouet aux houles du large, les platiers rocheux restent une assez bonne protection contre l'érosion. Il n'y a pas d'aménagements, donc pas de vulnérabilité si ce n'est une possible évolution du paysage : la migration du littoral peut entraîner une évolution dans la forme de la flèche/tombolo. La route est vulnérable.

Fiche n°9

BAIE DE PLOUHARNEL

Communes de Plouharnel et Carnac



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau			Matériel tendre (vase)
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puits	Transit (A)	
Exposition locale	Très abrité		
Type de système de côtier	Baie	Flèche	
Vitesse de recul	Lente		
Végétation		Végétation halophile	Végétation non halophile
Activités anthropiques et Aménagements		Agriculture (B)	Camping (A)
Vulnérabilité		Moyenne (B)	Forte (A)

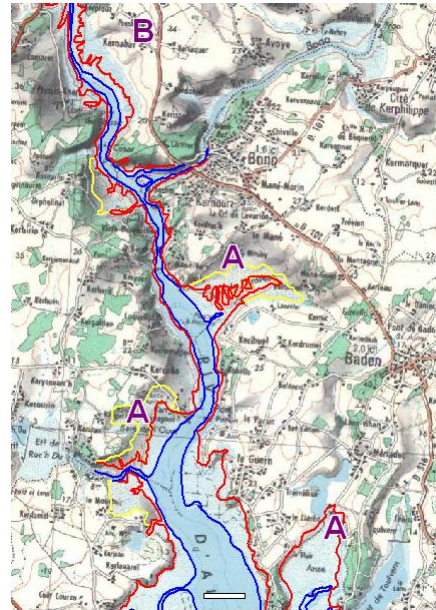
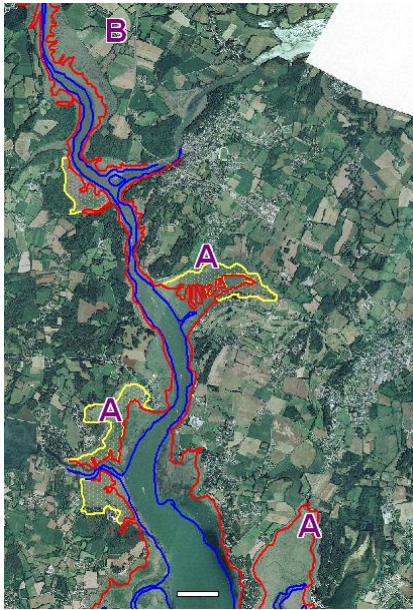
Puits sédimentaire, très à l'abri des houles. Puisque la montée du niveau marin devrait mettre plus de matériel sédimentaire à disposition, l'effet piège de la baie se renforcera, ce qui peut engendrer un envasement plus important. Certaines parcelles agricoles (exemple B) pourraient subir les conséquences d'une salinisation de leur bordure.

La flèche sableuse peut se voir renforcer par un apport de matériel, elle peut aussi migrer (migration du littoral). Le camping implanté sur cette zone pourrait être donc très vulnérable.

Fiche n°10

RIVIERE D'AURAY

Communes d'Auray, Bono, Crac'h et Baden



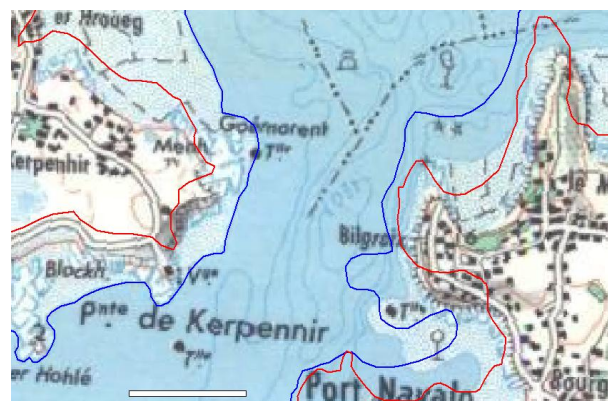
	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		Variable, souvent vaseux	
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puits		
Exposition locale	Très abrité		
Type de système de côtier	Ria, baie		
Vitesse de recul	Lente		
Végétation		Végétation halophile	Végétation non halophile
Activités anthropiques et Aménagements		Agriculture	
Vulnérabilité		Moyenne	

Les petites baies protégées (A) pourront gagner du sédiment (du nord au sud : Baie de Kerdréan, Baie de l'Ours et Anse de Baden), mais des parcelles cultivées, des haies en bordure des vasières pourraient être affectées par une remontée de la salinité (exemple en B). Localement, la côte subirait une érosion par chablis.

Fiche n°11

SORTIE DU GOLFE DU MORBIHAN

Communes de Locmariaquer et Arzon



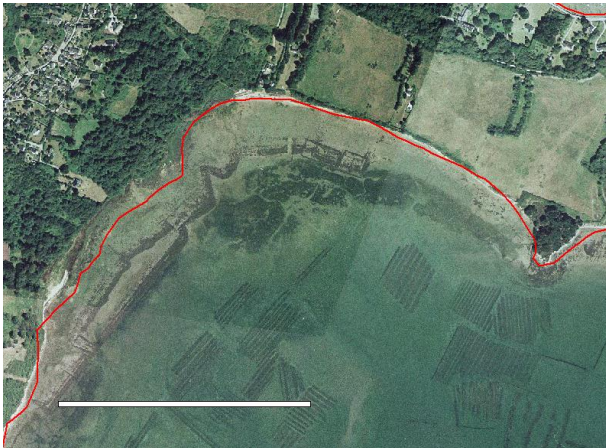
	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		Roche cristalline	
Rôle dans la cellule sédimentaire		Transit	Source
Exposition locale		Peu exposé Sud	
Type de système de côtier		Cordon sableux étroit	Platiers rocheux
Vitesse de recul		Moyenne	
Végétation	Pas de végétation directement exposée		
Activités anthropiques et Aménagements			Secteur résidentiel
Vulnérabilité		Moyenne	

La sortie du Golfe est peu exposée aux houles, par contre les courants de marées y sont particulièrement puissants. La montée du niveau marin aura pour conséquence de faire entrer plus d'eau dans le Golfe, les courants de marées seront alors probablement plus forts, en particulier le courant de jusant (marée descendante). L'érosion peut donc être amplifiée. Cependant les platiers rocheux assurent une bonne résistance à l'érosion, les habitations et aménagements humains sont situés à environ 10 mètres au dessus du niveau de la mer.

Fiche n°12

ANSE DU VRAN

Commune d'Île-aux-Moines

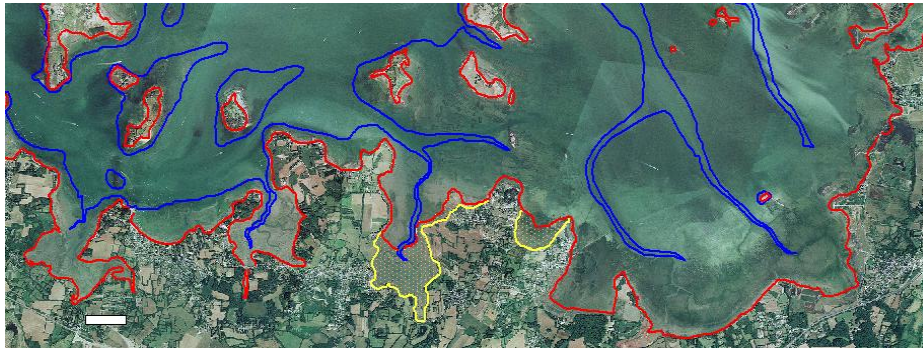


	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		Vase dominante	
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puits		
Exposition locale	Bien abrité Est		
Type de système de côtier	Vasière		
Vitesse de recul	Lente		
Végétation			Végétation non halophile
Activités anthropiques et Aménagements		Agriculture et bois	
Vulnérabilité		Moyenne	

Estran large, côte peu exposée aux houles dominantes mais des parcelles cultivées et boisées sont très proches des vasières et peu élevées au dessus du niveau de la mer. La salinisation de ce secteur peut entraîner une érosion par chablis des bordures de parcelles et une modification de la végétation.

Fiche n°13

**BAIE DU POUL – BAIE DU LINDIN – BAIE DE PORT-BRILLAC –
RESERVE DE LA POINTE DU DOUER**
Communes de Sarzeau et St Armel



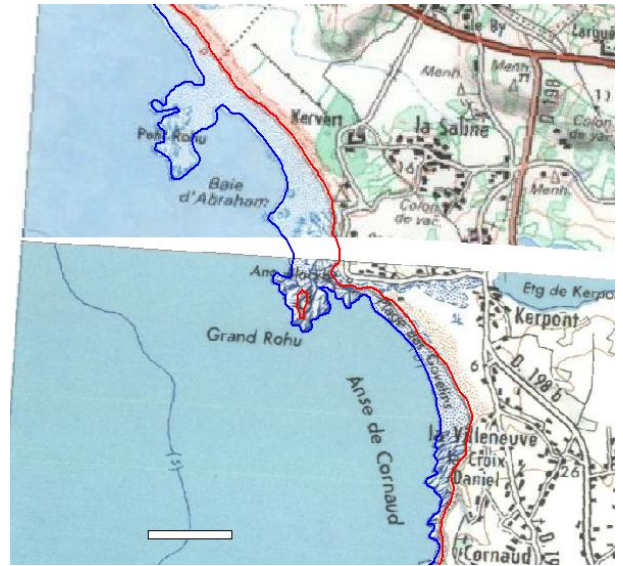
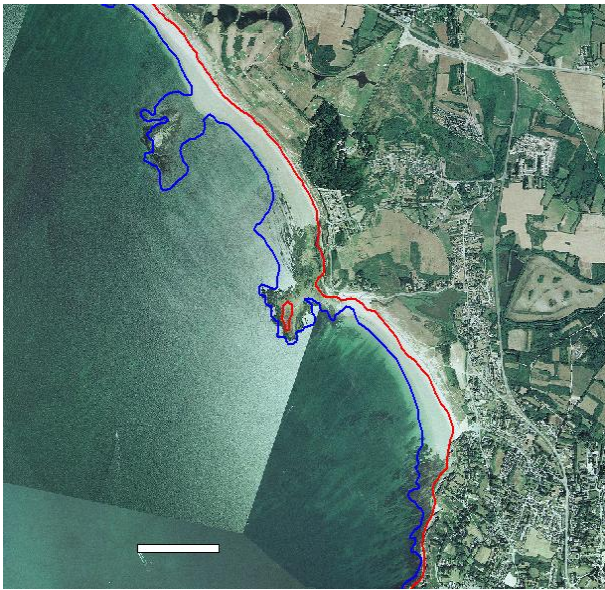
	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		Variable le long de la côte	
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puits	Localement source	
Exposition locale	Bien abrité Nord		
Type de système de côtier	Fond de baie, vasière		
Vitesse de recul	Lente		
Végétation		Végétation halophile	Végétation non halophile
Activités anthropiques et Aménagements		Agriculture, bois	
Vulnérabilité		Moyenne	

Secteurs d'accumulation qui peuvent gagner du sédiment. Faible vulnérabilité, excepté pour les bordures des parcelles agricoles et boisées (voir exemple précédent). Importance de la réserve, qui n'est pas vulnérable.

Fiche n°14

BAIE D'ABRAHAM – ANSE DU CORNAUD

Commune de St-Gildas-de-Rhuys



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		variable	
Rôle dans la cellule sédimentaire		Transit	

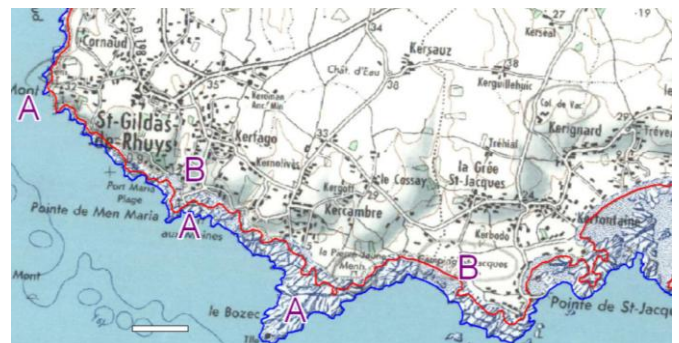
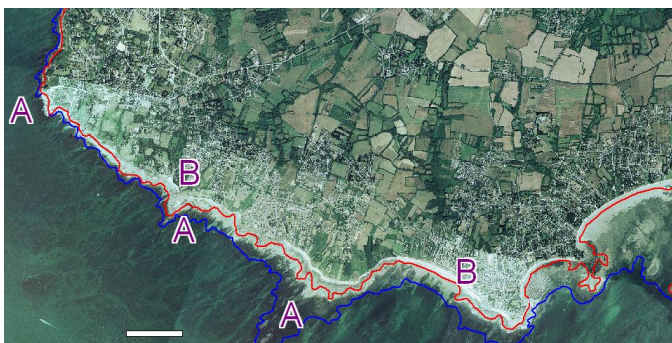
Exposition locale		Peu exposé, Sud (abrité par Presqu'Île de Quiberon)	
Type de système de côtier	Cordon sableux		
Vitesse de recul	Lente		
Végétation		Végétation halophile dominante	
Activités anthropiques et Aménagements	Pression anthropique peu agressive		
Vulnérabilité	Faible		

Bonne accumulation de sédiments en transit. De plus, dans un contexte d'émersion du niveau moyen de la mer, la barrière sableuse pourrait être renforcée par les sédiments en provenance du Golfe. En effet, les courants de sortie, à l'entrée du golfe, pourraient se renforcer dans un contexte d'élévation du niveau de la mer et favoriser ainsi l'exportation des sédiments au delà du Golfe (effet chausse d'eau). Peu vulnérable.

Fiche n°15

POINTE DU GRAND MONT – POINTE DE MEN MARIA – LE BOZEC POINTE DE ST JACQUES

Communes de St-Gildas-de-Rhuys et Sarzeau



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		variable	
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puits(B)		Source (A)
Exposition locale		Exposé aux houles de Sud	

Type de système de côtier	Plages de poches (B)		Platiers rocheux (A)
Vitesse de recul		Moyenne	
Végétation		Végétation non halophile	
Activités anthropiques et Aménagements		Parcelles agricoles	Route côtière, habitations
Vulnérabilité		Moyenne	

Côte de platiers rocheux (A), résistants et donc peu vulnérables. Mais les roches présentent d'importantes diaclases qui pourront être élargies par l'érosion. Le matériel disponible alimentera directement les plages de poches (B) à proximité. Les aménagements anthropiques restent relativement à l'abri, l'altitude est suffisante et les platiers rocheux les protègent.

Fiche n°16

ANSE DE SUSCINIO

Commune de Sarzeau



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		sables	
Rôle dans la cellule sédimentaire	Accumulation	Transit	
Exposition locale		Assez exposé Sud	
Type de système de		Barrière sableuse	

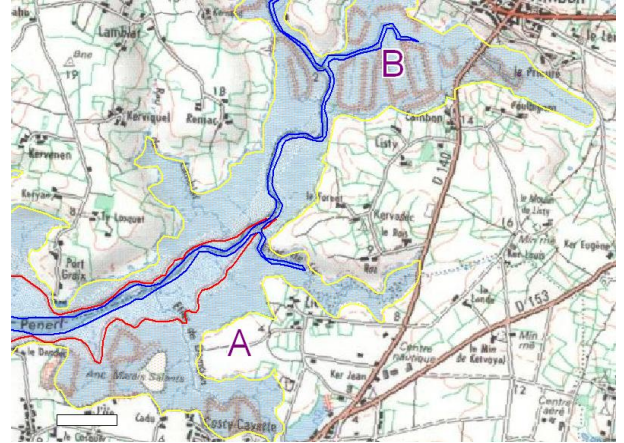
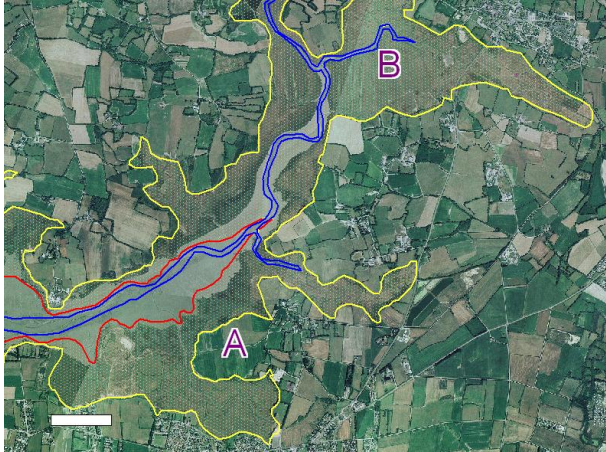
côtier			
Vitesse de recul			Pourrait être rapide
Végétation		Végétation halophile dominante	
Activités anthropiques et Aménagements			Forte pression touristique
Vulnérabilité			Forte

Barrière sableuse récente et « artificielle » (réponse du milieu à l'aménagement anthropique du réseau hydrographique). Les sédiments en transit et en accumulation ne seront peut être pas suffisants en cas de tempêtes et de surcotes : les zones marécageuses peu drainées en arrière du trait côtier et la présence d'éventails de tempête témoignent d'une vulnérabilité forte. La barrière sableuse peut céder.

Fiche n°17

RIVIERE DE PENERF

Communes de Damgan et Ambon

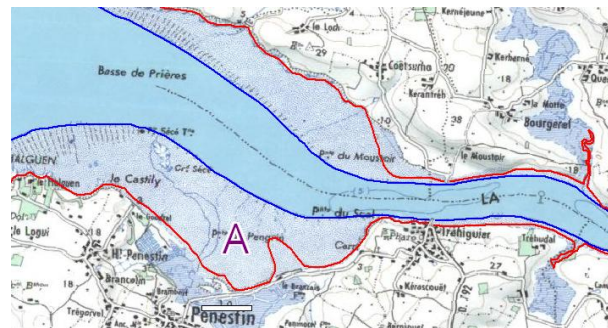
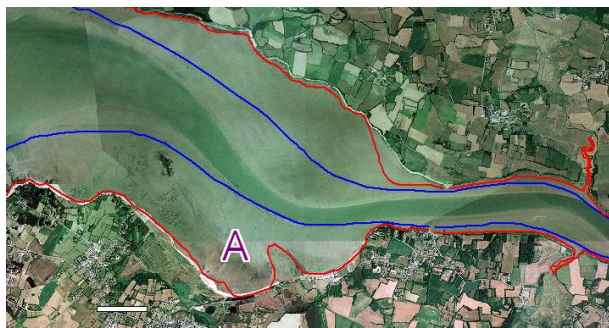


	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		Vase principalement	
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puits		
Exposition locale	Bien abrité		
Type de système de côtier	Ria, vasière		
Vitesse de recul	Lente		
Végétation		Végétation halophile	Végétation non halophile
Activités anthropiques et Aménagements	Anciens marais salants (B)	Agriculture (A)	
Vulnérabilité		Moyenne	

Parcelles cultivées (A) proches du niveau de la mer (moins de 5 mètres), qui risquent de rencontrer un problème de salinité. D'autres zones paraissent à l'abandon (anciens marais salants- B), ces dernières ne présentent pas de vulnérabilité particulière.

EMBOUCHURE DE L'ESTUAIRE de la VILAINE

Commune de Pénestin



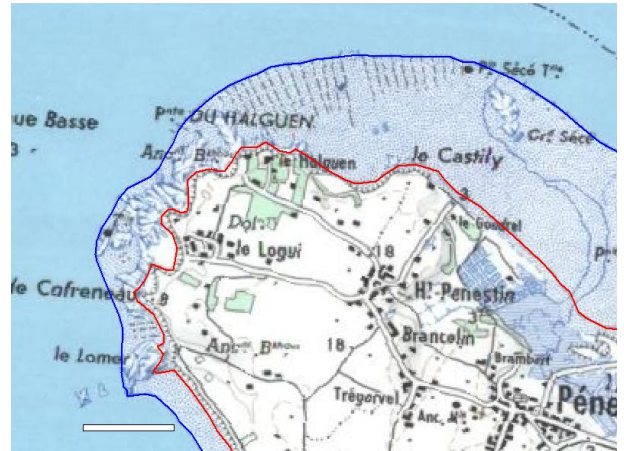
	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau			Matériau tendre (-)
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puit		
Exposition locale	Bien abrité par la presque île de Quiberon		
Type de système de côtier	Estuaire		
Vitesse de recul	Faible		
Végétation		Végétation halophile Dominante dans les marais (A)	Présence de végétation non halophile devenant de plus en plus dominant vers l'ouest
Activités anthropiques	Faible pression anthropique	Agriculture et ostréiculture	
Vulnérabilité		Moyenne	

L'estuaire de la Vilaine est assez abrité. Le marnage y est assez élevé, comme en témoigne la largeur de l'estran. Il constitue une zone d'accumulation de sédiment, mais la sédimentation n'est pas homogène sur les rives du chenal. En effet, le fond de l'estuaire est tapissé d'une vase argileuse (sédiments fins) alors qu'un fin cordon sableux (sédiments plus grossiers) borde les rives de l'estuaire. Au-delà, s'étend une zone de marais plus ou moins large, partiellement vouée à des activités ostréicoles (A). Plus à l'Ouest, la zone de marais se rétrécit et cède la place à des prairies et des champs, isolés du cordon sableux par une fine barrière de végétation non halophile.

Actuellement l'estuaire n'est pas vulnérable et fonctionne de manière assez équilibrée. Les processus hydrauliques dominant son fonctionnement favorisent la sédimentation, ce qui correspond à une évolution normale pour un estuaire. La sédimentation est souvent localement évoquée en terme d'envasement. Mais une élévation du niveau de la mer pourrait, à terme, perturber cet équilibre en ennoyant les chenaux, perturbant les processus d'accumulation sédimentaire, et modifiant les courants, affectant ainsi les activités agricoles et ostréicoles. Risque d'inondation dans le marais au sud de (A). En autres termes, actuellement l'estuaire fonctionne normalement (sédimentation) et en équilibre avec le niveau de la mer, mais un tel équilibre ne pourra pas être conservé dans un contexte d'élévation du niveau des mers.

Fiche n°19

POINTE DU HALGUEN Commune de Pénestin



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Matériau résistant (++)		
Rôle dans la cellule sédimentaire		Transit (dépôt sableux)	Source (platier rocheux)
Exposition locale	Abrité par la presqu'île de Quiberon et des îles située plus au large		
Type de système de côtier		Platier rocheux	
Vitesse de recul	Faible		
Végétation			Dominance de végétation non halophile en bordure de la côte
Activités anthropiques	Faible pression anthropique en ce qui concerne l'aspect résidentiel et touristique	Agriculture Degré d'anthropisation moyen	
Vulnérabilité	Faible		

Ce secteur, situé à l'embouchure de l'estuaire de la Vilaine, est composé d'un platier rocheux formé dans du gneiss. Il est exposé à des courants de marée probablement assez forts. En effet, le marnage est assez important. La présence de dépôts sableux (A) semble indiquer une érosion lente du platier, pouvant permettre l'alimentation en sédiments des côtes alentours. De nombreuses parcelles vouées à l'agriculture ainsi que des espaces boisés, situés en bordure de la côte, pourraient être affectés par une hausse du niveau de la mer. L'érosion serait alors accentuée car un phénomène de chablis viendrait se superposer à l'action des agents hydrauliques. Une perte de terres agricoles est donc à prévoir. En dehors de ces activités, la pression anthropique est faible, et il n'y a pas d'aménagements (routes ou résidences) directement exposés au risque d'érosion.

Fiche n°20

FALAISE DE LA « MINE D'OR »

Commune de Pénestin



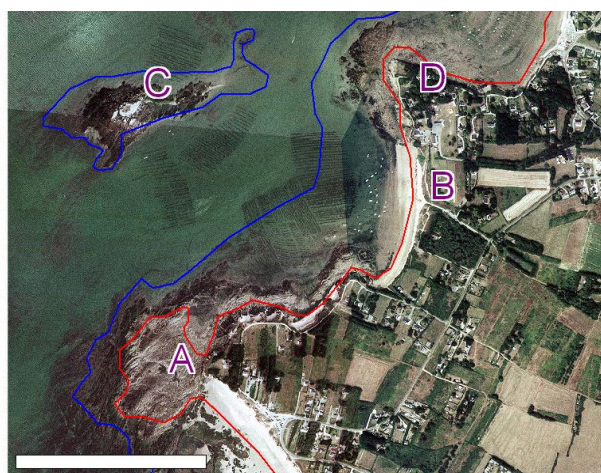
	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau			Matériau tendre (-)
Rôle dans la cellule sédimentaire	<i>Puit (A)</i>	<i>Transit (A)</i>	source
Exposition locale			Orientation Ouest : forte exposition
Type de système de côtier	Plage (A)		falaise
Vitesse de recul			Rapide
Végétation		Végétation halophile	Végétation non halophile
Activités anthropiques		Activité agricole (B)	Urbanisation Forte pression anthropique (C)
Vulnérabilité	Faible	Moyenne	Forte

Ces falaises sont formées dans des matériaux meubles. Elles sont exposées aux houles dominantes et donc à l'action érosive des vagues. De plus, les courants de marée, relativement importants dans ce secteur, s'ajoutent à l'action des vagues pour provoquer un recul rapide de la falaise. Les matériaux érodés sont déposés en contre bas et constituent une plage de sable grossier (A). Cette plage joue un rôle protecteur ; elle agit en effet comme une zone tampon, dissipant l'énergie des vagues avant qu'elles n'atteignent la falaise et limitant ainsi l'érosion maritime. L'élévation du niveau du mer devrait réduire la largeur de la plage et à diminuer son efficacité, rendant l'action des vagues contre la falaise plus agressive et augmentant d'autant les problèmes d'érosion. Dans le nord du secteur, la pression anthropique est relativement faible. Cependant, l'érosion maritime pourrait tout de même conduire une perte de terres agricoles (B). Dans le sud, la vulnérabilité est beaucoup plus grande car le secteur est beaucoup plus urbanisé (C). Enfin, le chemin côtier sera également, à terme, menacé par l'érosion.

Fiche n°21

POINTE DE LOSCOLO

Commune de Pénestin



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		Matériau faiblement résistant (+) (C)	Matériau tendre (-) (B et C)
Rôle dans la cellule sédimentaire		Transit	source
Exposition locale			Orientation Ouest : exposition aux houles dominantes
Type de système de côtier		Platier rocheux	Secteur d'accumulation provisoire (C)
Vitesse de recul		Moyen	
Végétation			Dominance de végétation non halophile
Activités anthropiques		Agriculture degré d'anthropisation moyen	Pressions engendrés par des aménagements situés en bordure du littoral (routes, résidences)
Vulnérabilité			Forte

Ce secteur apparaît dans son ensemble assez dynamique. Il est caractérisé par une alternance de platiers rocheux (A), formés dans des micaschistes, et des zones d'accumulation de sables grossiers provenant de l'érosion du platier rocheux (B). Le secteur, orienté Ouest, est exposé aux houles dominantes dont l'énergie est vraisemblablement quelque peu déjà dissipée lorsqu'elle impacte la côte. Au large de la côte, on observe la présence de forme d'accumulation provisoire (C), témoignant d'un transit de sédiment. La pression anthropique y est relativement importante et s'exprime à travers des activités et aménagements divers : une route côtière pourrait être directement menacé par l'érosion littorale et risquerait d'être inondé. De nombreuses espaces cultivés et boisés pourraient également être affecté par les mêmes phénomènes. Dans certains secteurs, des bâtiments pourraient également être menacés.

Fiche n°22

BAIE DE PONT-MAHE

Commune d'Assérac

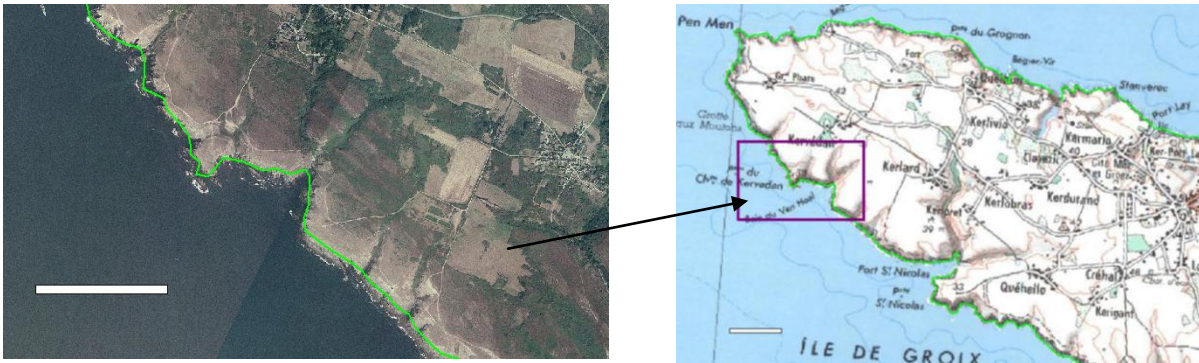


	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Matériau résistant (++)	Matériau faiblement résistant (+)	Matériau tendre (-)
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puit		
Exposition locale	Bien abrité		
Type de système de côtier	Baie à fond sableux		
Vitesse de recul	Faible		
Végétation			Dominance de végétation non halophile
Activités anthropiques		Faible activité agricole	Tourisme Pression anthropique forte et saisonnière
Vulnérabilité		Moyenne	

La baie apparaît globalement comme une zone d'accumulation de sédiment. Elle est constituée principalement de sables grossiers apportés par la dérive littorale. Cependant, certaines zones paraissent plus vulnérables que d'autres. Au Nord, il semblerait que l'action des vagues et des courants érodent le fond de la baie (A). La base de certaines dunes est enrochée. Par ailleurs, une route littorale longe le trait de côte et risque d'être inondée. De la même façon, un camping ainsi que des zones résidentielles (B) ont été installées à proximité de la plage. Pour l'instant, la baie apparaît fonctionner de manière plutôt équilibrée, mais ce système va certainement migrer vers l'intérieur des terres en réponse à l'élévation du niveau de la mer, mettant ainsi en péril les aménagements présents. La vulnérabilité du site n'est donc actuellement pas très importante, mais elle pourrait le devenir, notamment si les constructions en bordure de la côte se développent.

Fiche n°23

GROIX Secteur : Côte Ouest

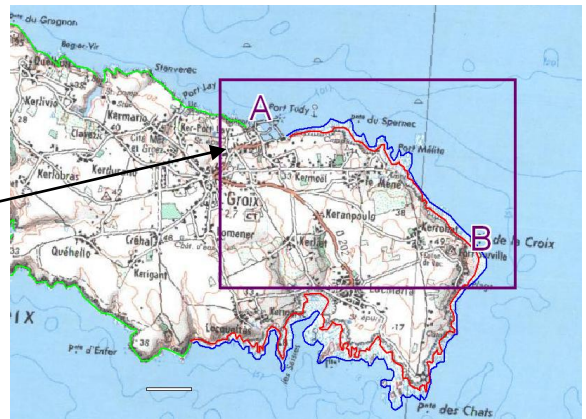


	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		Matériau faiblement résistant (+)	
Rôle dans la cellule sédimentaire			Source
Exposition locale			Forte exposition : secteur orienté Ouest
Type de système de côtier			Falaise
Vitesse de recul		Moyen	
Végétation		Végétation halophile et rase	
Activités anthropiques			Tourisme = forte pression anthropique (peu d'aménagement en bord de côte, mais phénomène de piétinement)
Vulnérabilité		Moyenne	

La côte est constituée de falaises formées dans du schiste tendre. Elle est fortement exposée aux houles dominantes et les vagues incidentes impactent directement le pied des falaises. Le couvert végétal est un peu important, composé essentiellement d'une végétation rase, résistante au vent mais protégeant peu le sol. Les phénomènes d'érosion apparaissent donc importants dans ce secteur et résultent de l'action simultanée de facteurs hydrauliques (action des vagues et des eaux de pluie) et éoliens. Dans un contexte d'élévation du niveau de la mer, il est probable que l'érosion maritime s'accroisse et engendre un recul significatif des falaises. Par ailleurs, la pression anthropique est peu importante dans ce secteur et se traduit principalement par la présence de chemins côtiers. Le recul de la falaise n'implique donc pas forcément une vulnérabilité très élevée. Cependant, la fréquentation du site, durant la saison touristique, est vraisemblablement assez importante et susceptible d'accroître à la fois les phénomènes d'érosion et la vulnérabilité du site. De plus, la pointe Sud Ouest a été reconnue comme réserve géologique.

Fiche n°24

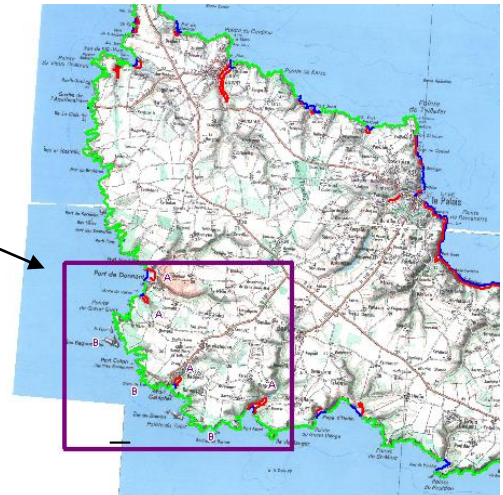
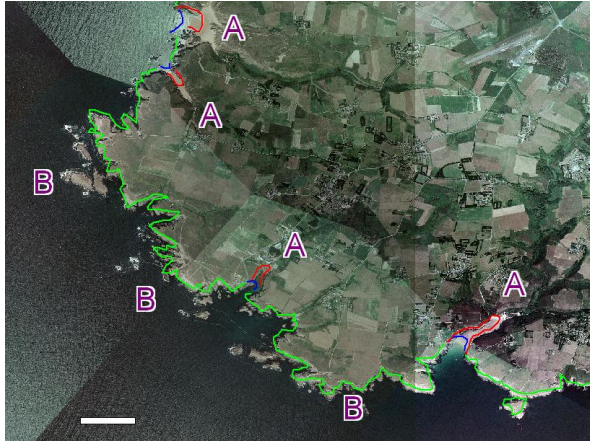
GROIX Secteur : Côte Est



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau		Matériau faiblement résistant (+)	
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puit (B)		source
Exposition locale		Orientation Est : bien abrité	
Type de système de côtier	Plage (A)		falaise
Vitesse de recul	Faible		
Végétation			Végétation non halophile sur les falaises (B)
Activités anthropiques			Pression anthropique importante : port et zones résidentielles (A)
Vulnérabilité		Moyenne	

La côte Est de l'île de Groix est beaucoup plus abritée que la côte Ouest. Elle est également plus aménagée : de nombreuses zones résidentielles s'étendent autour du bourg principal alors que le port (A) a été installé sur cette côte. Au Sud Est de l'île, des secteurs d'accumulation (B), s'étendent aux pieds des falaises schisteuses et témoignent d'une dynamique littorale plus douce. Les risques d'érosion sont beaucoup moins importants dans ce secteur.

BELLE ILE
SECTEUR : COTE OUEST
Communes de Sauzon et Bangor



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Roche cristalline résistante	Matériau faiblement résistant (+)	
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puit (A)		Source(B)
Exposition locale			Orientation Ouest : forte exposition aux houles et vents dominants
Type de système de côtier	Plage (A)		Falaise
Vitesse de recul		Moyenne	
Végétation		Végétation halophile et rase dominante (bruyère, landes maritime)	
Activités anthropiques et Aménagements			Forte pression anthropique liée au tourisme Secteur très fréquenté
Vulnérabilité		Moyenne	

La côte Ouest de l'île, surnommée la côte sauvage, est constituée de hautes falaises, formées dans des roches volcano-sédimentaires et directement exposées aux houles et vents dominants. Le couvert végétal ras est bien adapté aux vents mais protège peu le sol des falaises, exposées à des phénomènes de ravinements et d'érosion. L'érosion alimente localement des zones d'accumulation (A). Bien qu'il n'y ait peu d'aménagements directement implantés au bord de la falaise (à l'exception de quelques sites) la pression anthropique est assez forte sur le secteur et tient à la grande fréquentation des sentiers côtiers et des plages durant la saison touristique.

Fiche n°26

BELLE ILE
Plage les Grands Sables
 Commune de Locmaria



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau			Matériau tendre (-)
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puit		
Exposition locale		Secteur bien orienté, protégé par la baie de Quiberon	
Type de système de côtier	Plage		
Vitesse de recul	Faible		
Végétation		Présence de végétation halophile	
Activités anthropiques et Aménagements			Tourisme Forte fréquentation durant l'été et présence d'aménagement susceptible d'être inondé
Vulnérabilité		Moyenne	

La côte est de Belle-Île fait face à la presqu'île de Quiberon. Elle est par conséquent beaucoup plus abritée que la côte Ouest. Les falaises y sont moins hautes, les plages plus grandes et plus nombreuses et la côte plus anthropisée. Elle abrite notamment les ports les plus importants de l'île.

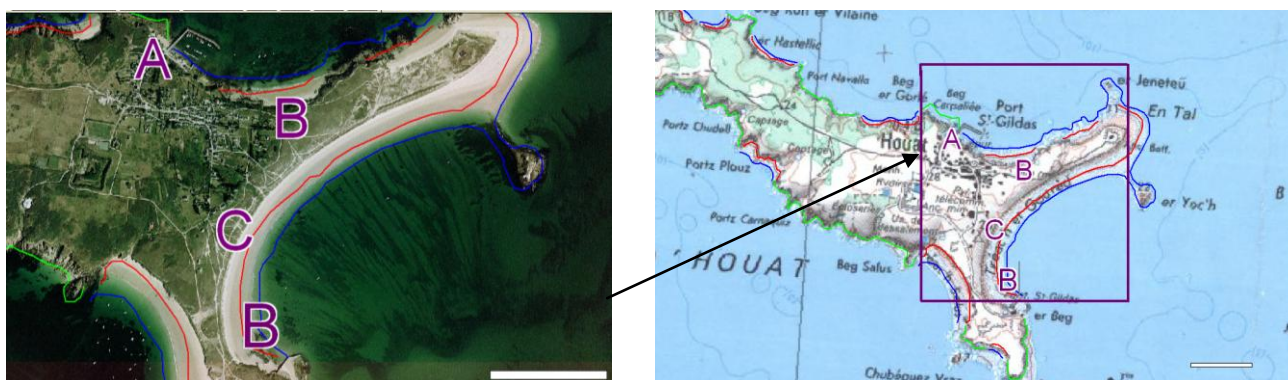
Au Sud Est, la plage des Grands Sables constitue un secteur d'accumulation privilégié, alimenté par la dérive littorale. Quelques aménagements humains sont visibles sur les photos aériennes, notamment une route côtière longeant le site et un parking installé juste à l'entrée à la plage. Entre la route et le cordon sableux, une étroite frange de végétation parvient à se maintenir. La plage est très fréquentée durant la saison touristique. L'élévation du niveau de la mer devrait entraîner une migration du littoral vers l'intérieur des terres et menacer ainsi les installations humaines. La vulnérabilité du site, à long terme, tient donc au fait que le système n'a pas assez de place pour répondre à la hausse du niveau marin sans empiéter sur les aménagements présents.

Fiche n°27

L'ILE DE HOUAT

PLAGE DE TREAC'H ER GOURED

Commune de Houat



	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Matériau résistant (++)		Matériau tendre (-) (B et C)
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puit (B et C)		Source (falaise)
Exposition locale		Exposition est : abrité par le continent	
Type de système de côtier	Plage		Falaise
Vitesse de recul		Moyenne	
Végétation		Végétation halophile	
Activités anthropiques et Aménagements			Tourisme Fréquentation importante, chemin côtier Risque d'inondation du port
vulnérabilité	Faible	Moyenne	Forte

L'île est constituée de falaises de granit et présente la même opposition entre la côte Ouest et Est que celle déjà observée à Belle île et Groix. En effet, sur la côte Ouest, les falaises sont légèrement élevées et résistent assez bien à l'érosion, même si des phénomènes de ravinement peuvent être observés. La côte Est, plus abritée, localise le port (A), les plages (B) et un camping. Au Sud de l'île l'érosion de falaises plus meubles (C) alimente en sédiment la plage occupant toute la longueur de la baie. La pression humaine est plus importante sur cette partie de l'île. Un dense réseau de chemins côtiers parcourt les falaises. Hormis le port, les aménagements ne sont pas directement menacés par une hausse du niveau des mers, mais la fréquentation du site durant l'été pourrait accentuer l'érosion des falaises et rendre le site plus vulnérable.

La situation est similaire sur l'Île d'Hoëdic.

Fiche n°28

Sources :

Ortophotoplan du littoral du Morbihan, fourni par l'ODEM, daté de 2000 et géoréférencé.

Cartes papiers IGN au 1/50000

- *Auray* n°821, 1981
- *Belle-Île* n°823, 1982
- *Île de Groix* n°721, 1981
- *Quiberon* n°822, 1981
- *Lorient* n°720, 1981
- *La Roche Bernard* n°1022, 1965
- *St Gildas de Rhuys* n°922, 1971
- *Vannes* n°921, 1984

Cartes géologiques au 1/50000 :

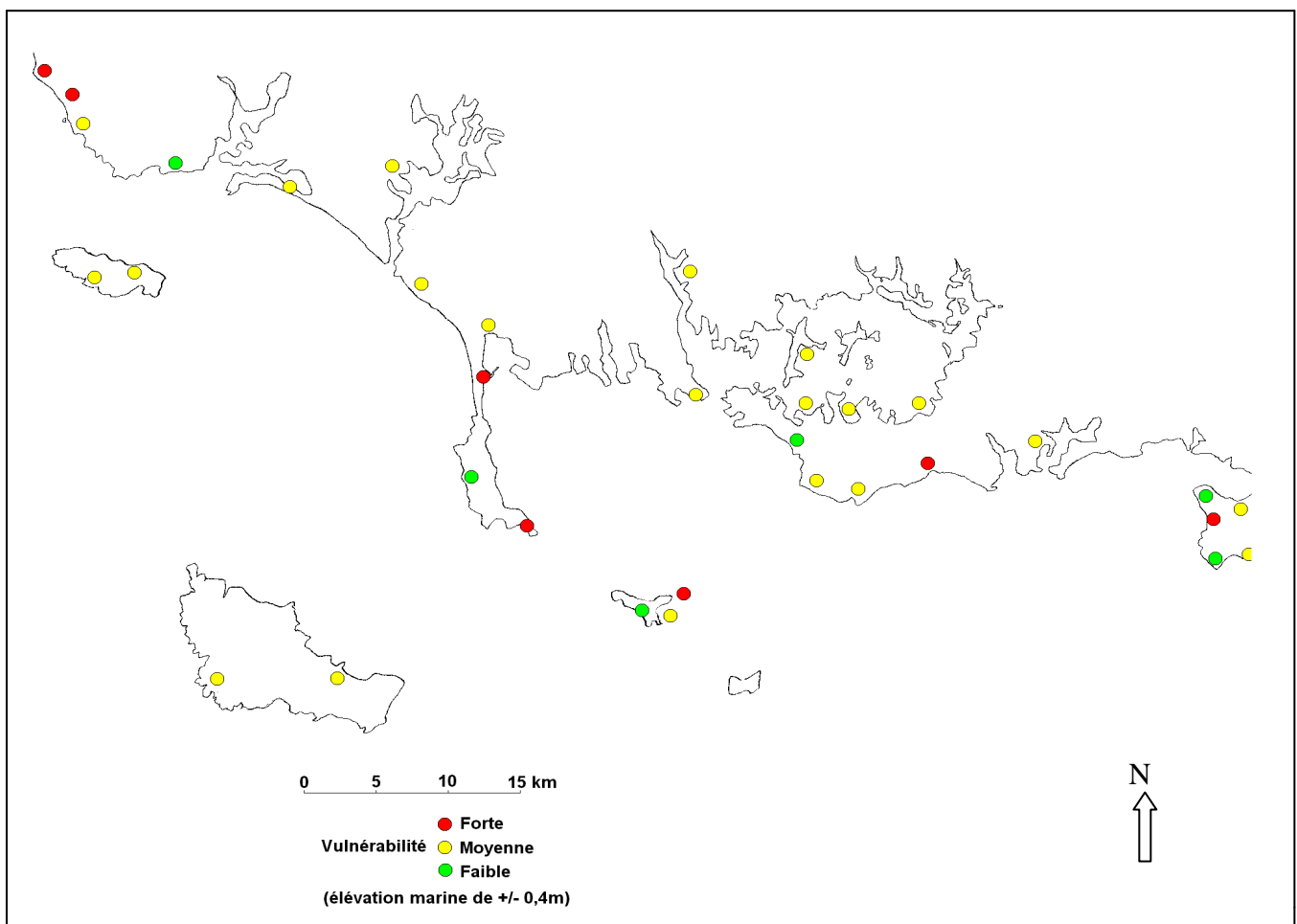
- *Belle-Île, Houat, Hoedic* n°447-477, 1982
- *Île de Groix* n°415, 1993
- *Lorient* n°383, 1960
- *La Roche Bernard* n°449, 1975

Les causes de la vulnérabilité

Une synthèse (partielle) peut être proposée à partir des exemples traités dans la partie précédente. Elle essaie de déterminer l'importance des sites vulnérables et quels sont les principaux facteurs qui contrôlent leur vulnérabilité. La sélection de sites que nous avons étudiés est incomplète, mais comme l'essentiel du linéaire côtier est couvert et que tous les types morpho-sédimentaires ont été inventoriés, les statistiques que nous établissons doivent être considérées comme de bons indicateurs de ce qu'une étude exhaustive donnerait. La figure 12 présente une synthèse (nécessairement incomplète) de nos résultats.

Les sites dont la vulnérabilité est qualifiée de moyenne forment 58% de l'échantillonnage, les sites à vulnérabilité forte sont 23% et ceux dont la vulnérabilité est faible sont 17%.

Figure 12 : carte synthétique de la vulnérabilité du littoral



Vulnérabilité forte

Les sites à forte vulnérabilité sont tous sur le continent. La vulnérabilité concerne quasi toujours une route, un camping, un parking qui sont immédiatement proches de la mer et qui, dès aujourd'hui, sont envahis par du sable, des embruns, voire de petits galets lors de fortes tempêtes. En un sens rien n'est radicalement nouveau. Dans tous les cas (sauf Suscinio) les sites sont exposés à l'Ouest ou au Sud Ouest. Presque toujours l'activité localement dominante est le tourisme. L'alimentation en sédiment paraît limitée ou insuffisante et une élévation du niveau marin ne semble pas pouvoir en apporter davantage. Ces sites sont souvent déjà en recul, ou font l'objet de dégradations pendant de fortes tempêtes, comme le montrent la présence d'éventails de dépôts. Il ne semble pas que ce type de vulnérabilité engendre un danger pour les personnes. Les deux photos qui suivent exposent quelques cas fréquents.



Figure 13 : Dans la ria d'Etel, à l'extrémité de la presqu'île de Locoal la côte, avant et après le pic des marées hautes, est érodée par un fort courant de marée et, éventuellement par les vagues locales durant l'étalement. La position de la laisse de haute mer montre sans ambiguïté que l'enrochement est sapé durant la haute mer, qu'il est déstabilisé et qu'il commence à perdre du matériel.



Figure 14 : Dans la rivière de Pernef à proximité du pont de Pen Cadenic (commune Le Tour du Parc) un enrochement est sapé par le courant de jusant en début de marée descendante et par les éventuelles houles à étale de haute mer. Il protège un équipement touristique qui est très vulnérable et une route dont le tracé ne pourra pas être maintenu avec les conditions actuelles.

Vulnérabilité moyenne

Les sites à vulnérabilité moyenne sont largement les plus nombreux. Ils représentent une situation qui est très spécifique au Morbihan et à ses golfes et rias. Ce sont de petites mers intérieures, abritées des houles, rarement concernées par de fortes tempêtes. L'envasement est fort, les courants de marée aussi. Les habitants ont pris l'habitude de s'installer très près de l'eau et de s'en protéger par des aménagements de fortune qui ne sont pas toujours solides. Le plus souvent, le risque concerne des parcelles agricoles qui pourraient être inondées temporairement ou érodées au niveau de leur limite. En de nombreux endroits des arbres poussent très près de l'eau et seront affectés par une élévation, même réduite du plan d'eau salée. En général on peut estimer que dans un premier temps il y aura un léger recul (ne serait-ce qu'à cause de chablis) et que par la suite la sédimentation permettra l'installation d'un nouveau schorre, relativement protecteur.



Figure 15 : estuaire de la Vilaine (Pénestin). Cette portion de côte est vulnérable parce que la dune est très peu haute, les arbres sont très proches de la haute mer et il y a une zone basse derrière. La route est indirectement menacée.

Vulnérabilité faible

Les sites à vulnérabilité faible sont tous caractérisés par une bonne alimentation en sédiment, ou bien, comme dans le cas de la côte sauvage de Quiberon, par l'absence d'aménagements. Il n'y a donc rien de vulnérable bien qu'on puisse s'attendre à un recul notable de la côte. Dans les rias et les golfes les sites peu vulnérables sont souvent d'anciens marais, ou des plages de poche, comme sur la photo de la figure 15.



Figure 16 : En Ria d'Étel (Commune de Plouhinec et Belz), plage de poche avec sédiment abondant. La forme risque de changer mais la pérennité de la plage n'est pas en cause.

L'évolution de la vulnérabilité

Dans un type d'environnement comme le Morbihan il est extrêmement difficile de savoir comment la vulnérabilité va évoluer dans le temps, et c'est un exercice qui est à la frontière entre la prévision scientifique et la prédiction magique. Ce rapport n'a, en aucun cas, de valeur prédictive quant à la réaction morphologique particulière de chaque parcelle précise.

Les « blancs » dans la connaissance des phénomènes sont trop nombreux. Dans le Golfe et les Rias, un problème pour l'instant insoluble est de savoir comment se disposeront les bancs intertidaux et comment ils affecteront le tracé et la vitesse des courants locaux de marée. Il est encore plus délicat de prévoir le futur emplacement des bancs infra tidaux. Il est donc impossible de simuler de futurs courants de flot ou de jusant alors que c'est souvent aux alentours (avant et après) des étales de haute mer que les phénomènes d'érosion courantologiques sont les plus forts.

Dans les parties du littoral qui sont exposées à la mer ouverte, ou à l'Océan (la côte exposée des Iles par exemple) des prévisions un peu moins aventureuses sont possibles et les houles, leur amplitude, l'altitude du plan d'eau... peuvent être modélisés avec une moindre incertitude. On doit s'attendre à un recul légèrement accéléré, qu'il est certainement possible de gérer localement en ne faisant rien, sinon empêcher l'existence d'aménagement au sommet des falaises en question. Pour ce qui est des risques aux personnes, ils ne sont pas changés par l'emplacement du plan d'eau.

Quelles éventuelles mesures ?

On peut reprendre le tableau initial de la figure 7 et ajouter des lignes qui décrivent l'état actuel de ce que l'on peut prévoir ou supposer.

Figure 17 : Tableau de vulnérabilité pour le littoral du Morbihan et mesures possibles

	Situation 1	Situation 2	Situation 3
Dureté du matériau	Matériau résistant (++)	Matériau faiblement résistant (+)	Matériau tendre (-)
Rôle dans la cellule sédimentaire	Puit	Transit	Source
Exposition locale	Bien abrité Nord	Faiblement abrité Est	Forte exposition Ouest / Sud Ouest
Type de système de côtier	Par exemple une plage de fond de baie	Par exemple une flèche	Par exemple une falaise
Vitesse de recul	Faible	Moyenne	Rapide
Végétation	Absence de végétation	Végétation halophile dominante	Végétation non halophile présente
Activités anthropiques et Aménagements	Pression anthropique non destructrice	Agriculture Degré d'anthropisation moyen	Tourisme Forte pression anthropique
Vulnérabilité	Faible	Moyenne	Forte
Prévention	Surveillance	Au cas par cas, renforcement doux	Déplacer les activités
Prévision	Surveillance	Contrôler l'apport en sédiment	Placer en réserve

Il convient de rappeler que ces suggestions ont un caractère général et qu'elles ne sont pas une grille toute faite à appliquer automatiquement.

Ces propositions partent du principe qu'un aménagement « doux » est souvent préférable à un aménagement « dur ». Partout où c'est possible il est souhaitable de laisser le littoral réagir « tout seul » à la remontée marine. Dans nombre de cas la fourniture sédimentaire est telle que les vasières peuvent s'exhausser à un rythme suffisant pour compenser la hausse marine. Il est même possible que certaines vasières s'étendent, comme en Baie du Mont Saint Michel, lorsqu'elles sont en position de puit, de cul de sac sédimentaire.

Très souvent le littoral, au prix de modification dans sa forme et son emplacement, se positionnera en équilibre avec le nouveau niveau marin. C'est cette idée qui sous tend les partis pris d'aménagement du Sillon du Talbert en Bretagne Nord. Ce nouveau littoral sera quelques mètres plus à l'intérieur et aura peut être une composition sédimentologique légèrement différente (des fractions plus grossières, liées à un niveau d'énergie plus élevé pourraient apparaître sur les plages, d'autant plus qu'un stock sous marin superficiel de fragment grossier existe en Baie de la Vilaine et est disponible.)

Dans quelques cas des inondations sont possibles. Les espaces concernés sont le plus souvent d'anciens marais poldérisés et, aujourd'hui peu, ou pas utilisés, sinon pour la chasse. Une inondation ne semble pas pouvoir mettre en péril cette activité.

Ces pratiques de gestion douce impliquent cependant une surveillance attentive, avec, sur quelques sites test, des relevés précis annuels. Il est indispensable de surveiller avec beaucoup d'attention la fourniture en sédiment, à partir du recul des sites sources et à partir des bancs sous marins. Cette surveillance nécessite des missions en mer, sur des sites tests, avec une fréquence annuelle.

Dans de rares cas, et sur des sites souvent ponctuels, la protection de bâtiments impose, soit leur déplacement, soit un aménagement dur. Il n'est pas possible d'empêcher le recul d'une falaise meuble avec des techniques douces. Il est indispensable de faire une protection durable en béton... si on juge que le bâtiment à protéger en vaut la peine.

En conclusion, une tentative de bilan :

Sur l'ensemble du littoral du Morbihan l'élévation actuelle du niveau marin est un phénomène préoccupant mais très rarement menaçant. Il impose de continuer à éviter d'urbaniser trop près du rivage, il nécessite un suivi précis et répété mais il n'engage que ponctuellement à des protections lourdes.

Bibliographie:

Bray M.J., Carter D.J., Hooke J.M., 1995 : Littoral cell definition and budget for central southern England. *Jour. Coast. Res.*, 11 : 391-400.

Bray M.J., Hooke J. M., 1997 : Prediction of soft-cliff retreat with accelerating sea-level rise. *Jour. Coast. Res.*, 13 : 453-467.

Cooper J.A.G., 2002 : The role of extreme floods in estuary-coastal behaviour : contrasts between river- and tide- dominated micro tidal estuaries. *Sed.Geol*, 150 : 123-137.

Cooper J.A.G., Pilkey O.H., 2004 : Longshore drift, trapped in an expected universe. *J. of Sed. Res.*, 74 : 599-606.

Cowell, P.J., Roy , P.S., Jones , R.A., 1992. Shore face translation model: Computer simulation of Coastal Sand Body response to Sea Level Rise. *Mathematics and Computers in Simulation*, 33: 603-608.

Cowell P.J., Thom B.G., 1994 : Morphodynamics of coastal evolution . In carter R.W.G. and Woodroffe C.D., (eds) : *Coastal evolution : late quaternary shoreline morphodynamics*, Cambridge University Press, 1-341.

Devoy R.N., 1992 : Question of coastal protection and human response to sea-level rise in Ireland and Britain. *Irish Geography*, 25 : 1-22.

Donnelly J.P., Butler J., Roll S., Wrengen M., Thompson Web III, 2004 : A back barrier overwash record of intense storms from Brigantine, New Jersey. *Marine Geology* 210 : 107-121.

Dougherty A.J., Fitzgerald D.M., Buynevich I.V., 2004 : Evidence of storm dominated early progradation of Castleneck barrier, Massachusetts, USA. *Marine Geology*, 210 : 123-134.

Dubois, R.N., 1995 . The transgressive barrer model: an alternative to two dimensional volume balanced models ,*Journ. Coast. Res.*, 11 272-1286.

Forbes, D.L., Orford, J.D., Carter, R.W.G., Shaw, J., Jennings, S.C., 1995. Morphodynamic evolution, self organisation, and instability of coarse clastic barriers on paraglacial coasts. *Marine Geology*, 126, 1/4 : 63-85.

Morzadec-Kerfourn, M.T., 1999 . Littoraux Pléistocènes de l'Ouest du Massif Armoricaïn, *Quaternaire*,10 : 171-179.

Morzadec-Kerfourn, 1995 : Coastline Changes in the Armorican Massif (France) during the Holocene, *Jour. Cost. Res.*, spc. Iss., 17 : 197-203.

Morzadec-Kerfourn, M.T., 1990 : De l'importance relative des transgressions et régressions marines glacio-eustatiques sur le Massif armoricaïn. *Revue archéologique de l'Ouest*, supplément 2, 37-40.

O'Hare G., Johnson A., Pope R., 2005: Current shifts in abrupt climate change: the stability of the nor Atlantic conveyor and its influence on future climate. *Geography*, 3 : 250-266.

Orford J.D., Forbes D.L., Jennings S.C. , 2002 : Organisation controls, typologies and time scale of paraglacial gravel-dominated coastal systems. *Geomorphology*, 48 : 51-85.

Pirazzoli P.A., Regnaud H., Lemasson L., 2004 : Changes in storminess and surges in western France during the last century, *Marine Geology* 210 : 307-323.

Pirazzoli, P.A., 2000 : Surges, atmospheric pressure and wind change and flooding probability on the Atlantic coast of France. *Oceanologica Acta*, 23 : 643-661.

Regnaud, H, Louboutin, R., 2002 : Sediment transport in beach and coastal dune environment, Brittany, France. *Sedimentary Geology* 150 : 17-29.

Regnaud, H., 1999 : L'élévation et les variations du niveau marin à l'Holocène terminal dans l'Ouest français : une approche par les dépôts de tempêtes. *Quaternaire*, 10, 2/3 : 181-188.

Regnaud, H., Jennings, S., Delaney, C., Lemasson, L., 1996 : Holocene sea level variations and geomorphological response: an exemple in Northern Brittany. *Quaternary Science Reviews*, 15 : 781-787.

Regnaud, H., Cocaign, J.Y., Salièges, J.F., Fournier, J., 1995 : Mise en évidence d'une continuité temporelle dans la constitution de massif dunaires du Sub Boréal (3600BP) à l'Actuel sur le littoral septentrional de la Bretagne. Un exemple dans l'Anse du Verger (Ille et Vilaine). *C.R.A.S.*, 321, IIa, 4:303-310.

Smith D.E, Raper S.B., Zerbini S., Sanchez-Arcilla A. eds, 2000 : *Sea-level changes and Coastal Processes : Implications for Europe*. European Commission, Brussels, 1-273.

Southgate H. et al, 2003 : Analysis of field data of coastal morphological evolution over yearly and decadal timescales. Part 2 : Non linear techniques. *J. Coast. Res*, 19, 4 : 776-789.

Tabeaud, M., 1996 : Etude sur les séries météo-marines, les surcôtes marines et leurs impacts sur quelques sites littoraux à risques -- Ministère de l'Environnement, Paris: 1—122.

Mémoires de Maîtrise, DESS et DEA utilisés :

Audas N, 2005 : la surfréquentation du littoral, le cas de Quiberon, mémoire de Master 1, 38 pages.

Cotty I, 2000 : L'île de Houat, développement local, mémoire de Maîtrise, 134 pages

Fablet R, 1995 : Paysage, littoral et gradient : l'exemple de la partie Est du Golfe du Morbihan, mémoire de Maîtrise, 204 pages

Georgeault C, 1997, Essai méthodologique concernant l'étude des phénomènes de variabilité du littoral : un exemple en Bretagne Sud, mémoire de Maîtrise, 294 pages

Juhel C, 1999 : Variabilité morphologique des plages de l'anse de Suscinio (1995-98), mémoire de Maîtrise, 2 tomes, 135 et 446 pages

Rault, JP : 1995 : Organisation du littoral autour de la rivière d'Auray, mémoire de Maîtrise, 93 pages

Trouillard R, 1992 : Ecogéographie des zones humides dans l'environnement littoral de la rivière d'Étel, mémoire de Maîtrise, 181 pages

Kervadec T, 2002 : Paysage et aménagements ostréicoles dans le Golfe du Morbihan et la rivière de Pénerf, mémoire de Maîtrise, 274 pages

Scelle-Hébert, L, 2003 : La gestion des déchets ménagers en milieu insulaire : le cas de Belle-île en mer, mémoire de Maîtrise, 157 pages

Annexes :

Annexe 1 : règle de Bruun

Annexe 2 : Critères standardisés de vulnérabilité

Annexe 3 : un index général pour la mesure de la vulnérabilité face à l'élévation du niveau marin

Annexe 1 :

La règle de Bruun, établie en 1962 dans sa forme définitive peut être écrite comme suit.

$$R = (L/B+h)S = SL/B + h = (S) T/\tan \Phi$$

R est le déplacement du littoral vers la terre. S est l'élévation du niveau marin. Phi est l'angle du profil de plage et de la plage sous-marine. L est la longueur de ce profil. B est la hauteur de la berme de plage (assimilable parfois à une avant dune embryonnaire) . h est la profondeur à partir de la quelle on considère qu'il n'y a plus d'échange sédimentaire important avec la côte. Le point qui a cette profondeur (en anglais, closure depth) sert de point de départ pour ma mesure de L, dont l'extrémité supérieure est au sommet de la berme B.

La discussion la plus récente au sujet de la règle de Bruun est dans :

Pilkey O., Cooper J.A.G., 2004 : Society and sea-level rise, *Science*, 303 :1781-1782.

Annexe 2 :

<http://pubs.usgs.gov/of/of99-593/pages/figpage/table.html>

[U.S. Geological Survey](#)
[Coastal and Marine Geology](#)
[Woods Hole Field Center](#)

National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Atlantic Coast

Coastal Vulnerability Index (CVI)

The coastal vulnerability index (CVI) presented here is similar to that used by Gornitz et al. (1994), as well as to the sensitivity index employed by Shaw et al. (1998). The index allows the six physical variables to be related in a quantifiable manner. This method yields numerical data that cannot be directly equated with particular physical effects. It does, however, highlight those regions where the various effects of sea-level rise may be the greatest.

Table 1. Ranking of coastal vulnerability index:

VERY LOW

- variable: 1
- Geomorphylogy: rocky, cliffed coasts, Fiords, Fiards
- coastal slope (%): **>.2**;
- relative sea-level change (mm/yr): **<1.8**
- shoreline erosion/accretion (m/yr): **>2.0**
- mean tide change (m): **>6.0**
- mean waveheight (m): **<.55**

LOW

- variable: 2
- Geomorphylogy: (medium cliffs, indented coasts)
- coastal slope (%): **.2 - .07**;
- relative sea-level change (mm/yr): **-1.8 - 2.5**
- shoreline erosion/accretion (m/yr): **1.0 - 2.0**
- mean tide change (m): **4.1 - 6.0**
- mean waveheight (m): **.55 - .85**

MODERATE

- variable: 3
- Geomorphylogy: Low cliffs, glacial drift, alluvial plains
- coastal slope (%): **.07 - .04;**
- relative sea-level change (mm/yr): **2.5 - 2.95**
- shoreline erosion/accretion (m/yr): **-1.0 - +1.0** (stable)
- mean tide change (m): **2.0 - 4.0**
- mean waveheight (m): **.85 - 1.05**

HIGH

- variable: 4
- Geomorphylogy: Cobble beaches, estuary, lagoon
- coastal slope (%): **0.4 - .025**
- relative sea-level change (mm/yr): **2.95 - 3.16**
- shoreline erosion/accretion (m/yr): **-1.1 - 2.0** Erosion
- mean tide change (m): **1.0 - 1.9**
- mean waveheight (m): **1.05 - 1.25**

VERY HIGH

- variable: 5
- Geomorphylogy: Barrier beaches, sand beaches, salt marsh, mud flats, deltas, mangrove, coral reefs
- coastal slope (%): **<.025**
- relative sea-level change (mm/yr): **>3.16**
- shoreline erosion/accretion (m/yr): **<-2.0**
- mean tide change (m): **<1.0**
- mean waveheight (m): **>1.25**

Once each section of coastline is assigned a risk value based on each specific data variable, the coastal vulnerability index is calculated as the square root of the geometric mean, or the square root of the product of the ranked variables divided by the total number of variables where,

- a = geomorphology
- b = coastal slope
- c = relative sea-level rise rate
- d = shoreline erosion/accretion rate
- e = mean tide range
- f = mean wave heigh

Annexe 3 :

Traduction des termes anglais

Index de la vulnérabilité littorale

Cinq niveaux qualitatifs de vulnérabilité ont été définis en prenant en compte des paramètres d'ordre à la fois géomorphologique, géologique et hydrauliques.

	Très faible	Faible	Modéré	Fort	Très fort
Variable	1	2	3	4	5
Géomorphologie	Falaises rocheuses Fiords	Falaises d'altitudes moyennes Côtes indentées	Falaises basses Plaine alluviale	Plages composées d'éléments grossiers (galets) Estuaires Lagons	Cordons sableux Plages de sables Marais salants Deltas Mangrove Coraux
Pente de la zone infra-littorale (%)	> 0.2	0.2-0.7	0.7-0.04	0.04-0.025	<0.025
Variations du niveau relatif des mers (mm/an)	<1.8	1.8-2.5	2.5-2.95	2.95-3.16	>3.16
vitesse d'érosion ou d'accrétion du trait de côte (m/an)	>2.0 Accrétion	1.0-2.0	-1.0-+1.0 Stable	-1.1—2.0	<-2.0 érosion
Marnage moyen (m)	>6.0	4.1-6.0	2.0-4.0	1.0-1.9	<1.0
Hauteur moyenne des houles (m)	<0.55	0.55-0.85	0.85-1.05	1.05-1.25	>1.25

Liste des sites

ANSE DU STOLE – ANSE DU KERGUELEN	
Communes de Ploemeur et Larmor-Plage	p.22
ANSE DE SUSCINIO	
Commune de Sarzeau	p.35
ANSE DU POULDU	
Communes de Clohars-Carnoët, Guidel et Ploemeur	p.19
ANSE DU VRAN	
Commune d'Île-aux-Moines	p.31
BAIE D'ABRAHAM – ANSE DU CORNAUD	
Commune de St-Gildas-de-Rhuys	p.33
BAIE DE LOCMALO – POINTE DE GÂVRES	
Communes de Riantec et Gâvres	p.23
BAIE DE PONT-MAHE	
Commune d'Assérac	p.41
BAIE DU POU – BAIE DU LINDIN – BAIE DE PORT-BRILLAC – RESERVE DE LA POINTE DU DOUER	
Communes de Sarzeau et St Armel	p.32
BAIE DE PLOUHARNEL	
Communes de Plouharnel et Carnac	p.28
BELLE ILE	
SECTEUR : COTE OUEST	
Communes de Sauzon et Bangor	p.44
BELLE ILE	
Plage les Grands Sables	
Commune de Locmaria	p.45
CÔTE SAUVAGE DE QUIBERON	
Commune de Quiberon	p.26
EMBOUCHURE DE L'ESTUAIRE de la VILAINE	
Commune de Pénestin	p.37
FALAISE DE LA « MINE D'OR »	
Commune de Pénestin	p.39
GROIX	
Secteur : Côte Ouest	p.42
GROIX	
Secteur : Côte Est	p.43
LA VILLENEUVE-TROLOC'H	
Commune de Guidel	p.20
LE FORT BLOQUE – KERROC'H	
Commune de Ploemeur	p.21
L'ILE DE HOUAT	
PLAGE DE TREAC'H ER GOURED	
Commune de Houat	p.46
PLAGE DE KERHILLIO	
Communes d'Erdeven et Plouharnel	p.25
POINTE DU CONGUEL	
Commune de Quiberon	p.27
POINTE DU GRAND MONT – POINTE DE MEN MARIA – LE BOZEC POINTE DE ST JACQUES	
Communes de St-Gildas-de-Rhuys et Sarzeau	p.34

POINTE DU HALGEN	
Commune de Pénestin	p.38
POINTE DE LOSCOLO	
Commune de Pénestin	p.40
SORTIE DU GOLFE DU MORBIHAN	
Communes de Locmariaquer et Arzon	p.30
RIA D'ETEL	
Communes de Plouhinec et Belz	p.24
RIVIERE D'AURAY	
Communes d'Auray, Bono, Crac'h et Baden	p.29
RIVIERE DE PENERF	
Communes de Damgan et Ambon	p.36

Table des figures

Figure 1 : élévation mesurée par satellite du niveau moyen de l’océan global : tendance générale (Université du Colorado, données Topex et Jason, 1994-2004)	4
Figure 2 : le niveau marin à Brest, données marégraphiques traitées par le PSML	5
Figure 3 : Le niveau marin à Groix, Port Tudy, données marégraphiques traitées par le PSML	6
Figure 4 : Principaux paramètres contrôlant la mobilité du littoral en cas d’élévation du plan d’eau, d’après Bruun	8
Figure 5 : Energie, espace et matériel sédimentaire nécessaires au fonctionnement de la règle de Bruun	8
Figure 6 : Un index général pour la mesure de la vulnérabilité face à l’élévation du niveau marin	11
Figure 7 : Tableau de vulnérabilité pour le littoral du Morbihan	13
Figure 8 : En bleu a été digitalisé le zéro marin, en rouge le zéro terrestre, en jaune les zones basses situées à l’arrière du zéro terrestre	16
Figure 9 : A partir de la pointe du Bile, vue vers le Nord	16
Figure 10 : Légende des fiches illustrant la vulnérabilité de chaque site	18
Figure 11 : localisation générale	
Figure 12 : synthèse de la vulnérabilité	48
Figure 13 : Dans la ria d’Etel, à l’extrémité de la presqu’île de Locoal la côte, avant et après le pic des marées hautes, est érodée par un fort courant de marée et, éventuellement par les vagues locales durant l’été. La position de la laisse de haute mer montre sans ambiguïté que l’enrochement est sapé durant la haute mer, qu’il est déstabilisé et qu’il commence à perdre du matériel	49
Figure 14 : Dans la rivière de Pernef à proximité du pont de Pen Cadenic un enrochement est sapé par le courant de jusant en début de marée descendante et par les éventuelles houles à étale de haute mer	50
Figure 15 : estuaire de la Vilaine (Pénestin)	50 et 51
Figure 16 : En Ria d’Etel, plage de poche avec sédiment abondant	52
Figure 17 : Tableau de vulnérabilité pour le littoral du Morbihan et mesures possibles	53