

PREAMBULE

Cette étude a été réalisée en partenariat avec la communauté d'agglomération de Vannes-Agglo, le Conseil Général du Morbihan et la commune de l'Île d'Arz qui ont apporté un soutien financier et logistique à l'étude.

L'objectif premier de cet atlas est de permettre l'élaboration d'un document de synthèse sur l'environnement littoral de l'île d'Arz. Le travail effectué permet de s'informer, de sensibiliser, voire d'accompagner l'aide à la décision de chacun, simple citoyen ou responsable institutionnel.

Cet atlas permet la constitution d'une base de données numérique partagée entre les services du Pole Aménagement et Territoire de Vannes-Agglo et le service des Espaces Naturels Sensibles du Conseil Général 56.

Un travail de collaboration a également été mené avec le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, qui a fourni des données topographiques et bathymétriques acquises dans le cadre du projet Litto-3D et la convention n°125/2010.

Les résultats de ce rapport, présentés sous forme d'atlas, font état des recherches menées entre Novembre 2010 et Octobre 2011 sur l'Île d'Arz. Ils s'inscrivent dans un projet à plus long terme, visant à modéliser l'évolution du littoral de l'Île d'Arz, dans un contexte de submersion marine, liée à l'impact des tempêtes et à une élévation du niveau des mers. Les apports proposés par cette étude constituent ainsi une base de connaissances et de données nécessaire pour appréhender la mobilité du littoral dans un contexte d'élévation du niveau marin. Ils appellent, toutefois, en terme de perspective, à des développements ultérieurs afin de modéliser plus précisément la réponse des plages en condition de surcôte.

Dans un souci de lisibilité, seuls les principaux résultats ont été détaillés afin de mettre clairement en évidence les traits marquant la dynamique des formes littorales sur l'Île d'Arz. Sur le long terme, l'évolution du trait de côte a été analysée à partir de photographies aériennes. A moyen terme et à court terme, la dynamique des trois principales plages de l'Île d'Arz a été analysée à partir de mesures hydrodynamiques, météorologiques et topographiques. Parmi les trois plages étudiées, la plage du Brouel enregistre le plus de changements, sur un plan morphologique, et apparaît comme la plus dynamique. A l'inverse, la plage du Redevent, sur le court terme, n'enregistre que très peu de changements. Par conséquent, l'analyse s'est davantage concentrée sur les observations réalisées dans le secteur de la plage du Brouel.

Enfin, de manière à apporter un premier aperçu des possibilités associées au risque de submersion marine, une cartographie simplifiée des secteurs submersibles est proposée. Toutefois, afin d'affiner l'analyse des risques, de nombreuses études restent nécessaires, notamment pour prendre pleinement en compte l'effet des installations de défense contre la mer et la dynamique des corps sédimentaires composant les plages.

SOMMAIRE

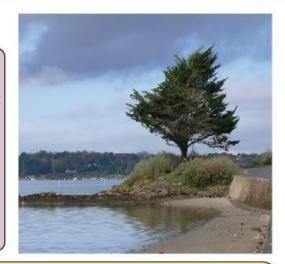
NTRODUCTION	p.	4
-------------	----	---

METHODE ET OUTILS

Méthodologie généralep.	6
Cartographie des variations du trait de côte p	. 7
Mesures des variations topographiques p.	8
Mesures des forçages météo-marins p	. 9
Mesures de la taille des sédimentsp	. 10

CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE

Le Golfe du Morbihan	p.	12
L'Ile d'Arz dans le Golfe du Morbihan	p.	13
La plage de la Falaise	p.	14
La plage de Brouel	p.	15
La plage du Redevent	p.	16

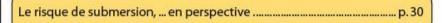


DYNAMIQUE ET EVOLUTION DU LITTORAL DE L'ILE D'ARZ

Evolution du trait de côte à long terme	p. 18
Evolution des plages à moyen terme	p. 19
Evolution de la plage de la Falaise à moyen terme	p. 20
Evolution de la plage du Brouel à moyen terme	p. 21
Evolution de la plage du Redevent à moyen terme	p. 22

Evolution des plages à court termep.	. 23
Evolution de la plage de la Falaise à court termep.	. 24
Evolution de la plage du Brouel à court termep	. 2!

ynthèse p	. 2	27	7
-----------	-----	----	---







Glossaire	p. 35 \
Bibliographie	
Réalisations et contributions	
Annexes	p. 38 /

INTRODUCTION

Cette étude s'inscrit au sein du projet Morphodynamique & Submersion Ile Arz (MSIA) qui a pour objectif de collecter, traiter et analyser les données nécessaires pour discuter du risque de submersion sur l'Île d'Arz. Le projet MSIA comprend trois volets pincipaux, regroupant plusieurs objectfs. Cette étude s'intéresse principalement au premier objectif.

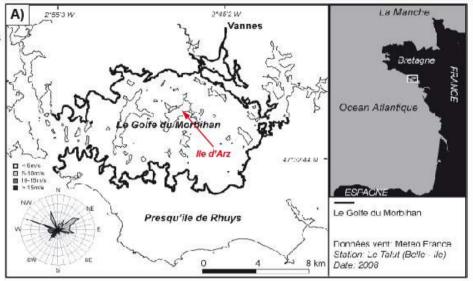
Volet 1: Comprendre le comportement des plages sableuses à court terme (évolution sur plusieurs jours au cours d'une marée) et à moyen terme (évolution saisonnère)

> Volet 2: Modéliser le risque de submersion à court terme (impact des tempêtes et des surcôtes)

Volet 3: Modèliser le risque de submersion à long terme en tenant compte du comportement des formes littorales à court terme et des variations du trait de côte à long terme.

L'étude des variations du trait de côte à long terme (1952-2004) a fait l'objet d'une étude antérieure, à l'échelle du littoral morbihannais (Pian, 2010).





L'Ile d'Arz est située au centre du Golfe du Morbihan, sur la côte Sud de la Bretagne (Carton A). Le linéaire côtier est principalement composé de marais, de petites falaises (Carton B) et de cordons sableux formant des plages abritées, définies par Jackon et al. (2002) comme des plages situées dans des bassins océaniques semi-fermés, isolées des houles océaniques et caractérisées par une zone de fetch limitée.

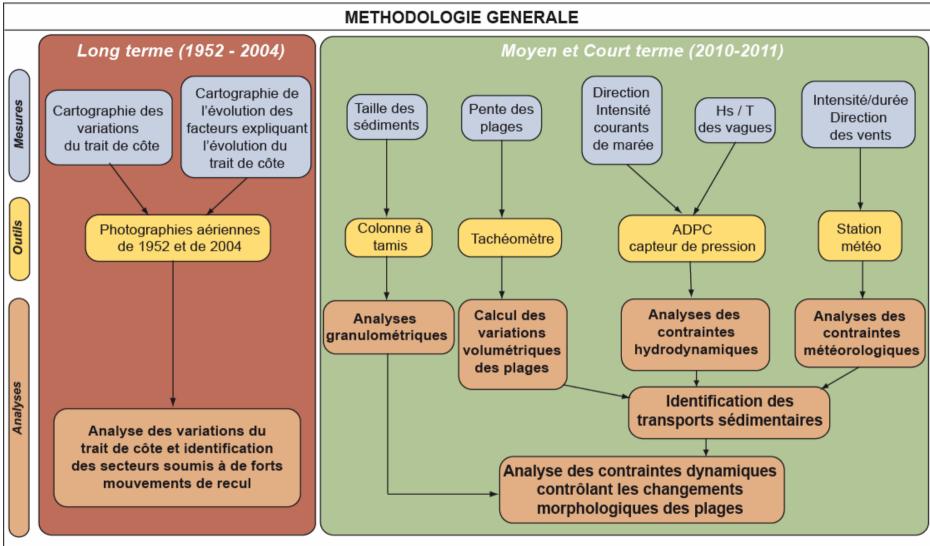
A ce titre, les plages du Golfe du Morbihan présentent des caractéristiques originales: la forte extension du Golfe (25 km de long et 12 km de large, Menier et al., 2011) confère à la zone de fetch une surface non négligeable, alors que l'importance des îles et îlots dispersés au sein du Golfe contribue à rendre plus complexe la propagation de la mer de vent. De plus, le Golfe du Morbihan est caractérisé par un régime de marée méso-tidale où les courants peuvent atteindre des vitesses importantes (Pian, 2010, Menier et al., 2011).

Peu d'études se sont intéressées à comprendre l'évolution des plages abritées dans les milieux méso et macro-tidaux. Dans les estuaires méso-tidaux, la morphologie des plages évoluent sous l'action conjointe des variations de hauteur d'eau au cours de la marée, des courants de marées et des courants générés par le vent (Jackson et al., 2002). Les conditions d'agitation affectant les plages abritées ne sont pas toujours faibles, et en fonction de l'intensité et de la durée des vents, des évolutions morphologiques caractéristiques des plages plus exposées à la houle peuvent être observées (Goodfellow et Stephenson, 2005).

Dans ce contexte, cette étude a cherché à quantifier et expliquer les évolutions morphologiques caractérisant les plages de l'Ile d'Arz de manière à évaluer leur mobilité. Afin de comprendre les évolutions observées, l'étude s'est intéressée principalement à deux facteurs:

l'action des courants de marée et l'action du vent.

Méthode



Afin d'analyser la mobilité des formes littorales dans le Golfe du Morbihan et sur l'Ille d'Arz, deux types d'études ont été menées:

A long terme, les variations du trait de côte, la distribution spatiale et l'évolution des contraintes naturelles et anthropiques susceptibles d'expliquer ces variations ont été mesurées et cartographiées à partir de photographies aériennes, datant de 1952 et 2004. Ces mesures ont permis d'expliquer la mobilité du trait de côte et d'identifier des secteurs fortement soumis à des mouvements de recul.

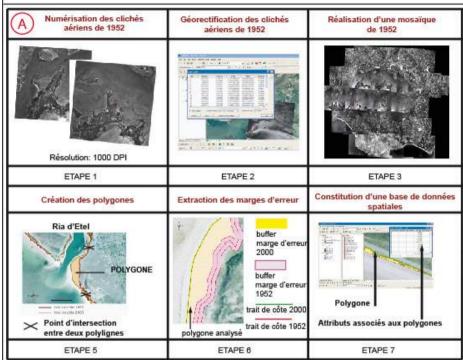
A court terme, entre Novrembre 2010 et Avril 2011, de nombreuses mesures ont été réalisées *in situ*, sur les plages du Brouel, de la Falaise et de Redevent, à l'Île d'Arz. Ces mesures ont cherché à caractériser les contraintes morphologiques, hydrodynamiques et météorologiques contrôlant la mobilité du stock sableux constituant ces trois plages, afin d'expliquer leurs changements morphologiques à moyen terme (échelle de temps pluri-mensuelle) et à court terme (à l'échelle de quelques jours).

CARTOGRAPHIE DES VARIATIONS DU TRAIT DE COTE ENTRE 1952 ET 2004

Numérisation du trait de

côte

ETAPE 4



La cartographie de la mobiblité du trait de côte sur le long terme, entre 1952 et 2004, a été réalisée à partir de photographies aériennes datant de 1952 et d'une orthophotographie datant de 2004.

Ce travail s'est décliné en plusieurs étapes, illustrées sur le carton A: Tout d'abord, les photographies datant de 1952, disponibles sous forme de clichés argentiques, ont été numérisées.

Les photographies numérisées ont été géo-rectifiées: un système de coordonnées géographiques leur a été attribué et les déformations géomètriques affectant l'image ont été corrigées. Puis, ces photographies ont été assemblées en mosaique.

Ensuite, la position du trait de côte a été numérisée sous forme de polyligne sur la mosaique et l'orthophotographie. A partir de l'instersection des polylignes représentant les positions du trait de côte en 1952 et 2004, des polygones ont été créés. Les valeurs des marges d'erreur associées aux processus de géorectification et de numérisation ont été extraites des surfaces des polygones.

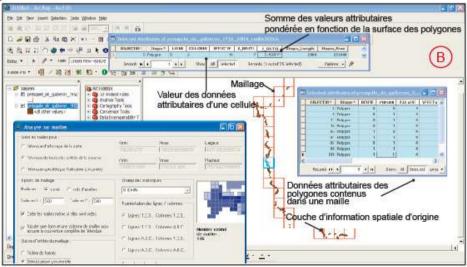
A chaque polygone ont ensuite été assignées des données attributaires décrivant les caractéristiques des portions de côte représentées par ces polygones. Ces données attributaires décrivent par exemple la morphologie de la côte (falaise, marais ...), le type de végétation rencontrée (arbres, buisson ...) mais également les contraintes anthropiques présentes sur l'estran (présence de mur de protection, par exemple).

Le recensement de ces différentes données a ainsi permis de créer une base de données spatiales regroupant des informations susceptibles d'expliquer les mouvements du trait de côte.

A partir de cette base de données, plusieurs types d'analyses spatiales ont été menées pour expliquer les variations du trait de côte.

Le carton B illustre les opérations réalisées pour étudier les relations entre la densité des contraintes naturelles ou anthropiques contrôlant l'évolution du trait de côte d'une part, et d'autre part, les différentes ampleurs d'avancée ou de recul mesurées. Les densités des contraintes étudiées ont été representées visuellement à l'aide d'un maillage. Chaque maille regroupe plusieurs polygones. A chacune d'elle, la valeur totale des données attributaires décrivant une contrainte étudiée a été attribuée.

L'analyse conjointe des tables attributaires associées, aux différentes mailles d'une part, et aux couches d'informations spatiales décrivant la mobilité du trait de côte d'autre part, a permis d'identifier certains facteurs susceptibles d'expliquer les mouvements du trait de côte.



MESURES DES VARIATIONS TOPOGRAPHIQUES DES PLAGES



© GMGL

Plage de la Falaise (P1)

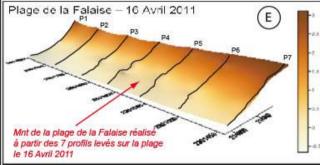
données levées le long du profil (P1)

Distance (m)

Afin de mesurer les variations du stock sédimentaire composant les plages, des levés topographiques ont été réalisés le long de profils de plage, tous les deux mois.

Les profils sont réalisés à l'aide d'un tachéomètre (A), le long de lignes parallèles les unes aux autres (B), matérialisées par des repères en haut de plage (C).

Les profils topographiques obtenus à partir des données terrain permettent de mesurer la pente de la plage (D).



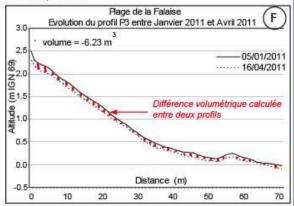
Réalisées plusieurs fois dans le temps, ces mesures permettent ensuite de calculer les variations de la pente de la plage et d'estimer les changements

volumétriques affectant le stock sédimentaire en comparant les profils levés

au même endroit et à deux dates différentes.Les différences volumétriques sont mesurées à partir de profils standardisés, de même longeur (F).

L'ensemble des profils levés sur une même plage, à une même date, permet de modéliser la topographie de la plage à l'aide de MNT, modèle

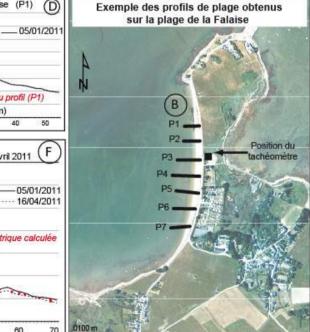
numérique de terrain, réalisé à l'aide des logiciels Surfer et ArcGis (E).



Tracé de la

pente de la plage

obtenus à partir des



MESURES DES CONTRAINTES METEO-MARINES

Afin de caractériser les conditions météorologiques et hydrodynamiques susceptibles d'expliquer les mouvements des stocks sédimentaires le long des plages de l'Ille d'Arz, des mesures ont été réalisées sur les plages de la Falaise et du Brouel, en Février 2011 et en Avril 2011.

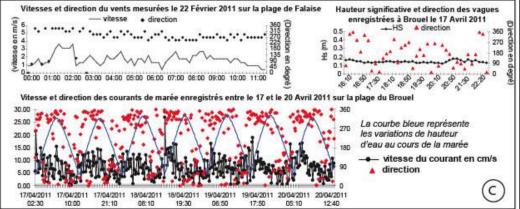


Les mesures météorologiques ont été réalisées à l'aide d'une station météo équipée d'un anénomètre permettant de mesurer la vitesse, la direction et la durée du vent (A).



Les mesures hydrodynamiques ont été réalisées à l'aide d'un ADCP (Acoustic Doppler current profiler) équipé d'un capteur de pression. L'ADCP est un courantomètre permettant de mesurer la vitesse et la direction du courant. Le capteur de pression permet de caractériser l'agitation du plan d'eau en mesurant la hauteur et la période des vagues (B).

Le traitement des données obtenues à l'aide de ces mesures permet de représenter, sous forme de graphique, l'évolution des caractéristiques du vent, des courants de marées et des vagues au cours de la période de mesure, et d'analyser les relations statistiques entre ces différentes données (C).



MESURES DE LA TAILLE DES SEDIMENTS

Afin de caractériser le type de sédiments composant les plages, des prélèvements sont réalisés, sur l'estran, en différents endroits et à différentes dates, puis analysés en laboratoire.

A) Exemple des prélèvements réalisés en Février 2011 sur la plage du Redevent

Echantillon 3

Echantillon 4

Echantillon 5

Echantillon 8

Echantillon 9

Echantillon 10

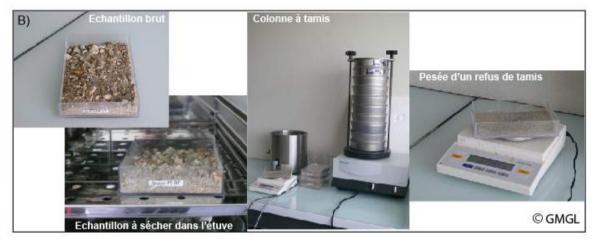
Echantillon 12

Echantillon 12

Echantillon 12

Les prélèvements sont réalisés lors des mesures topographiques, le long des profils de plage, en haut et en bas de plage (A).

Les coordonnées des points de prélèvements sont systèmatiquement relevés de manière à pouvoir localiser les échantillons prélevés.



Ces échantillons sont ensuite lavés en laboratoire et séchés dans une étuve (B). Lorsqu'ils sont secs, les grains composant le sédiment sont triés et pesés en fonction de leur taille à l'aide d'une colonne à tamis (norme AFNOR).

Neuf tailles de tamis ont été utilisés. La taille indiquée correspond au diamètre des mailles, qui correspond elle-même à la taille minimale des grains retenus dans le tamis. Ces tailles correspondent en outre à différents types de sédiments (C).

C)	Taille des tamis utilisés, taille des grains et type de sédments	
	Diamètre des mailles	Type de Sable
Tamis 1	10 mm	cailloux
Tamis 2	5 mm	Gravier
Tamis 3	2 mm	Gravillon
Tamis 4	1 mm	Sables très grossiers
Tamis 5	0.5 mm	Sables grossiers
Tamis 6	0.250 mm	Sables moyens
Tamis 7	0.125 mm	Sables fins
Tamis 8	0.090 mm	Sables très fins
Tamis 9	0.063 mm	Limite sables / vases

Pour chaque échantillon, la masse relative des grains retenus dans chaque tamis est mesurée. A partir de ces résultats, des indicateurs statistiques, tel que par exemple la taille moyenne des grains, sont calculés pour caractériser les échantillons. Ils permettent d'une part de définir la nature lithologique de la couverture sédimentaire caractérisant les estrans des plages étudiées, et d'autre part, de comparer les échantillons entre eux.

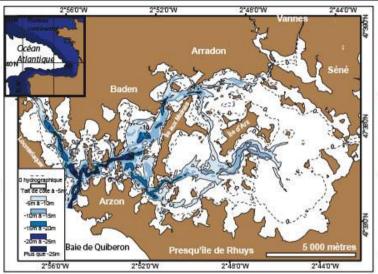
Les indicateurs statistiques ont été calculés à partir de l'application Gravistat, basée sur la méthode des moments et fonctionnant en langague microsoft visual basic (Blott, 2000).

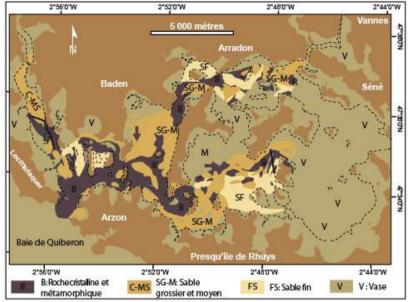
Contexte Géomorphologíque

LE GOLFE DU MORBIHAN

Le Golfe du Morbihan est situé sur la côte Sud de la Bretagne. Il s'inscrit dans une vaste dépression, peu profonde, de 11 500 ha, ouverte sur la baie de Quiberon au niveau de la passe de Port Navalo (900m).

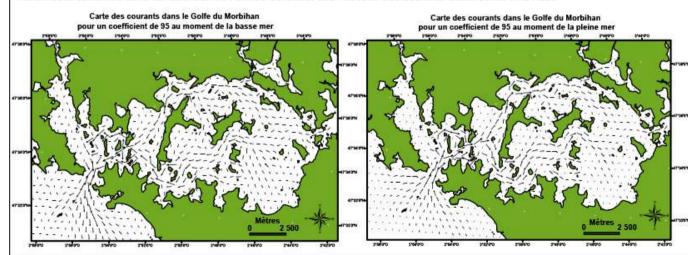
Le linéaire côtier est trés découpé et s'étend sur environ 250 km. Spécificité du Golfe, celui-ci est parsemné de nombreuses îles: 37 selon l'IGN ou 42 selon le SHOM. Les plus grandes sont l'île aux Moines et l'île d'Arz.





La morpho-bathymétrie du Golfe accidentée, est marquée par des chenaux de marée trés encaissés à l'Ouest et, à l'inverse, des plateformes faiblement incisées à l'Est. A l'entrée du Golfe, les profondeurs des chenaux dépassent -20m, dans la partie médiane du Golfe ces profondeurs atteignent -10m. A l'Est, elles sont supérieures à -5m (Menier et al., 2011).

Ces contraintes morpho-bathymétriques se traduisent par des conditions hydrodynamiques particulières: de puissants courants de marée sont canalisés dans les chenaux de l'entrée du Golfe. Les vitesses des courants décroissent vers l'Est.



A terre et en mer, le substratum est constitué principalement de roches magmatiques et métamorphogiques, mises en place lors de l'orgenèse hercynienne (Menier et al., 2011).

En mer, les contraintes bathymétriques et hydrodynamiques contrôlent la répartition des dépôts sédimentaires:

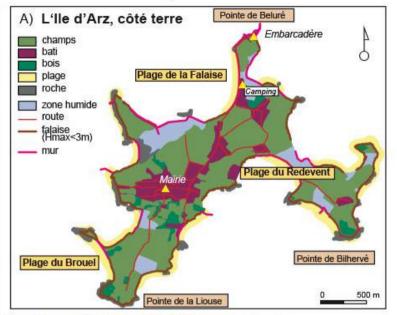
A l'Ouest, dans les chenaux fortement incisés où les vitesses de courants sont maximales, les dépôts sont faibles et la roche est affleurante. Au centre, des dépôts de sables grossiers et moyens sont présents dans les chenaux, au Nord et au Sud de l'Ile aux Moines et de l'Ile d'Arz.

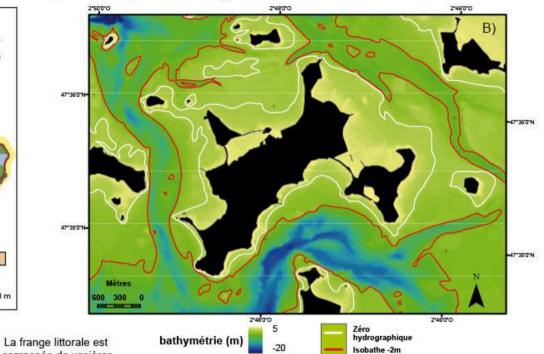
A l'Est, les faibles courants de marée ont favorisé le développement de large vasière.

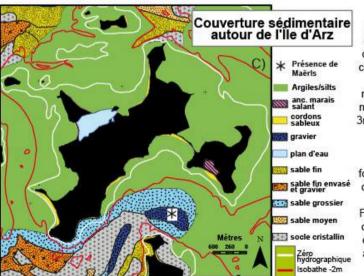
La côte est principalement composée de vasières, de micro falaises et de petites falaises meubles fortement altérées auxquelles sont parfois adossées des cordons sableux formant des plages (Pian, 2010).

L'ILE D'ARZ DANS LE GOLFE DU MORBIHAN

L'ile d'Arz est située au centre du Golfe du Morbihan . Elle mesure environ 2 km de long, du Nord au Sud, et 800m de large, d'Est en Ouest, sans compter la Presqu'île de Bilhervé. Elle est constitué de côtes basses, inférieures à 5m d'altitude. L'altitude maximale est proche de 30m, au centre du bourg.







composée de vasières, de zones humides et de cordons sableux adossés

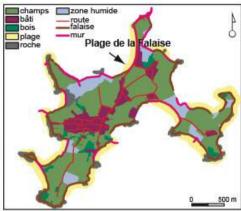
à de petites falaises meubles dont la hauteur maximale est inférieure à 3m et la hauteur moyenne inférieure à 1m.

Ces cordons sableux forment de petites plages dont les trois principales sont: la plage de la Falaise au Nord, la plage du Brouel au Sud-Ouest et la plage du Redevent au Sud-Est de l'ile (A). A l'Ouest, au Nord et au Sud, l'Ile d'Arz est bordée par des chenaux de marée, dont la profondeur peut atteindre - 20m pour les valeurs maximales (B). Les vitesses des courants de marée sont importantes dans ces chenaux, notamment au Sud de la plage du Brouel. Elles décroissent sensiblement vers l'Est.

A l'Est de l'Ile d'Arz s'étendent des vasières peu profondes. La couverture sédimentaire recouvrant les petits fonds aux abords de l'Ile d'Arz est principalement consitutée d'argiles et de matériaux silteux. Au Nord de la plage de la Falaise, dans les chenaux de marées des dépôts plus grossiers, composés de sables moyens et de sables grossiers, sont mis en place. Des dépôts similaires sont également observés dans les chenaux situés au Sud de la plage du Brouel où la roche cristalline est parfois apparente. Des dépôts de sables fins sont également présents dans la partie Sud des chenaux (C).

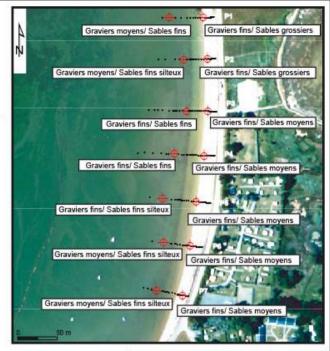
PLAGE DE LA FALAISE





La plage de la Falaise, d'une longueur de 700m est située au Nord de l'Ile d'Arz. Elle est exposée Ouest.

La granulométrie de cette plage est très hétérogène. Le haut de plage est composé de sables moyens ou grossiers et de graviers. Le bas de plage est composé de sables plus fins et de graviers.

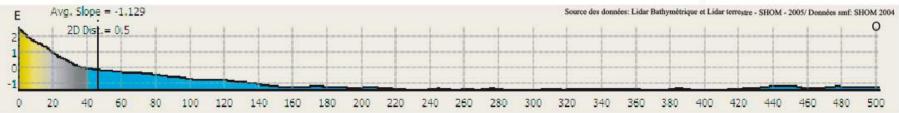


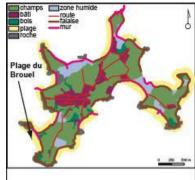
Plage de la Falaise – 16 Avril 2011

P2
P3
P4
P5
P6
P7
P7
P2
P3
P4
P5
P6
P7

En Avril 2011, la pente de la plage varie entre 2°84 et 1°77. Elle est plus forte en haut de plage. Vers la mer, elle est prolongée par une plateforme vaso-sableuse faiblement inclinée.





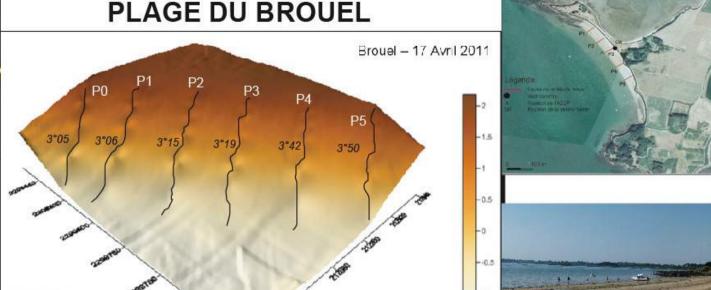


La plage du Brouel est située au Sud Ouest de l'Ile d'Arz

Elle est exposée Sud Ouest.

Graviers fins sableux

Graviers moyens sableux



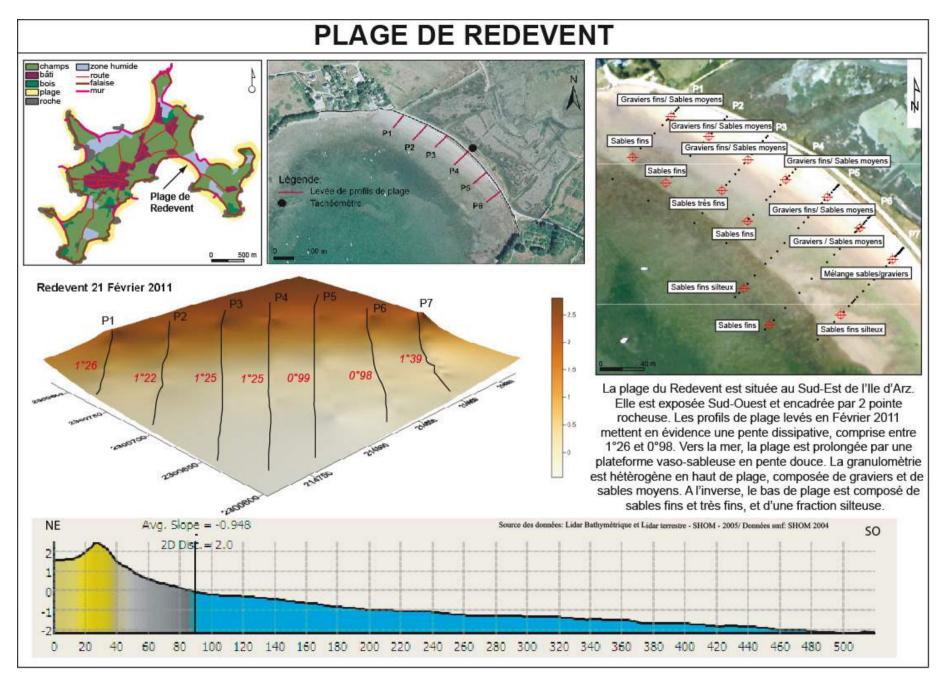
Graviers fins/ Sables très grossiers Les profils de plage, levés en Avril 2011, mettent en évidence que la plage du Brouel est caractérisée par une pente forte, variant entre 3°50 et 3°05. Ils soulignent également l'existence de barres parrallèles au trait de côte Graviers sableux marquant la morphologie de la plage. Vers la mer, la plage est prolongée par une plateforme sablo-vaseuse en pente douce, interrompue à 420m par une pente plus forte, annonçant la présence d'un chenal de marée. Graviers fins/ Sables très grossiers Les sédiments composant la plage sont hétèrogènes: le haut de plage est principalement constitué de graviers, de sables grossiers et des sables moyens. Le bas de plage est composé de graviers et de plaquages de sables fins. Graviers fins sableux

Graviers moyens sableux

Graviers movens sableux

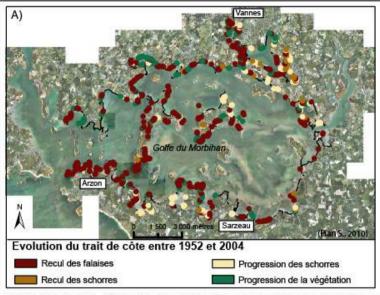
Avg. Sope - -1.315 Source des données: Lidar Bathymétrique et Lidar terrestre - SHOM - 2005/ Données smf: SHOM 2004 SO 2D Dist = 0.5 60 30 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 430 500

O GMGL

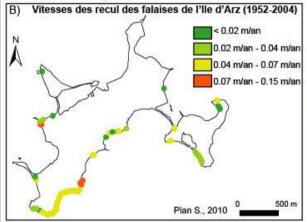


Dynamique & Evolution du littoral de l'Ile d'Arz

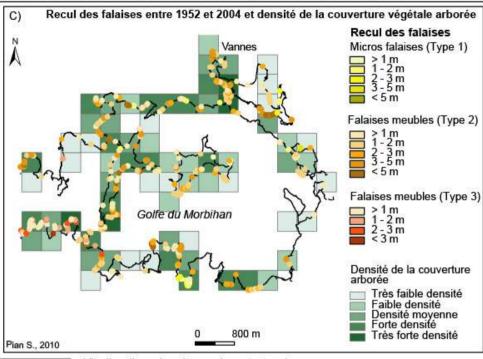
EVOLUTION DU TRAIT DE COTE A LONG TERME (1952 - 2004)



Entre 1952 et 2004, l'évolution du trait de côte dans le Golfe du Morbihan est principalement marquée par le recul des petites falaises meubles (A).



Au niveau du littoral de l'Île d'Arz, les vitesses de recul des falaises atteignent des valeurs principalement comprises entre 0.92m/an et 0.07m/an lorsque le traît de côte n'est pas protégé par un mur de défense contre la mer (B). Au Sud de l'île des valeurs plus élevées sont ponctuellement observées.





Afin d'expliquer les vitesses importantes de recul des falaises, ces dernières ont été mises en relation avec la distribution spatiale de différents facteurs susceptibles de les contrôler. La carte (C) met en relation les valeurs de recul des falaises sur environ 50 ans avec la densité de la couverture végétale arborée au sein du Golfe: les reculs les plus importants sont souvent associés à la présence, d'arbres sur le sommet des falaises.

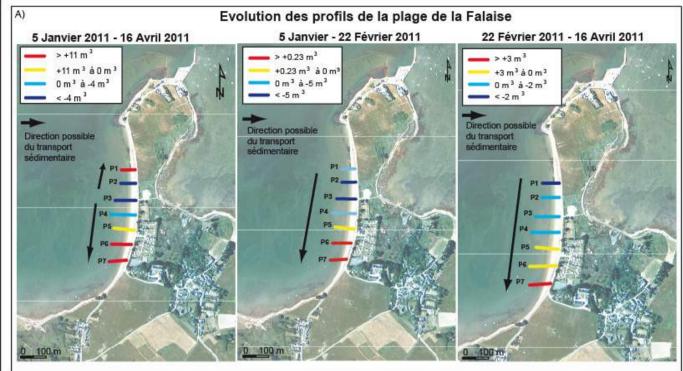
La présence de ces arbres favorise l'accélération du recul des petites falaises du Golfe en raison d'une érosion par chablis: sur des falaises meubles où l'épaisseur du sol est peu épaisse, la croissance des réseaux de racines favorise la concentration des eaux de percolation et accélère localement l'altération de la roche Lorsque l'altération de la roche est trop importante pour permettre aux arbres de se maintenir sur le sommet des falaises, ils s'affaissent, entraînant dans leur chute des monceaux de terre et de roches altérées, accentuant ainsi le recul des falaises.

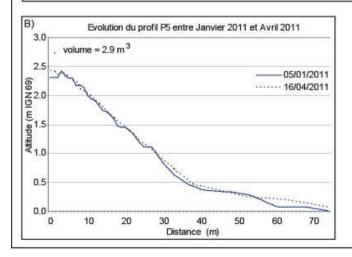


Sur l'Île d'Arz, où les falaises dépassent rarement 2m de hauteur et où de nombreux arbres sont plantés sur le sommet des falaises, ce phénomène est visible, par exemple, sur la côte Sud de l'Île.

Evolution des plages à moyen terme

EVOLUTION DE LA PLAGE DE LA FALAISE A MOYEN TERME

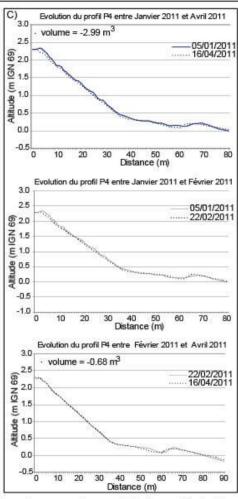




Entre Janvier 2011 et Avril 2011, l'évolution de la plage de la Falaise est marquée par une érosion des parties Nord et centrales de la plage, et un engraissement des parties Sud (A).

Les profils levés en Janvier 2011 sont caractérisés par la présence de barres en haut et bas de plage, d'une amplitude variant entre 0.50m et 0.20m. Entre Janvier et Avril 2011, l'amplitude des barres diminuent jusqu'à disparaître sur la plupart des profils (B). Ce lissage des profils se met en place dés la première période étudiée, entre Janvier et Février 2011.

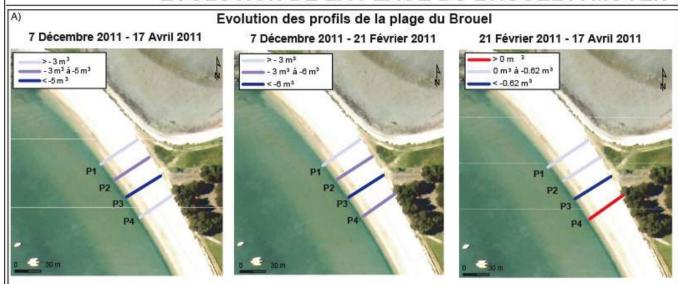
En bas de plage, sur les profils P3 et P4, une barre se maintient sur toute la période étudiée, qui tend à migrer vers le haut de plage (C).



Les changements morphologiques affectant la plage de la Falaise traduisent une évolution marquée:

- Par des transports sédimentaires longitudinaux, dont l'orientation pourrait être liée à ceux des vents dominants.
- Par des transports sédimentaires transversaux, orientés vers le haut de plage, caractéristiques des périodes de temps calme.

EVOLUTION DE LA PLAGE DU BROUEL A MOYEN TERME



C) 7/12/10 7/12/10 21/02/11 17/04/11 21/02/11 17/02/11 P1 -1.69 m³ -1.52 m³ -0.30 m³ P2 -3.51 m³ -3.14 m³ -0.46 m³ P3 -5.01 m³ -6.60 m³ -0.62 m³ P4 -3.02 m³ -3.57 m³ +0.47 m³

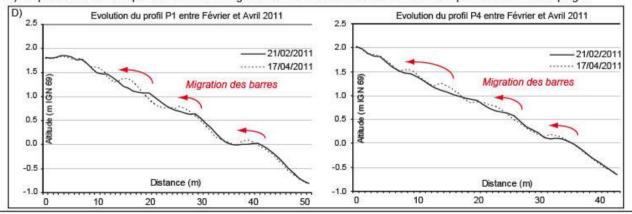
Entre Décembre 2010 et Avril 2011, l'évolution de la plage du Brouel est marquée par deux caractéristiques principales:

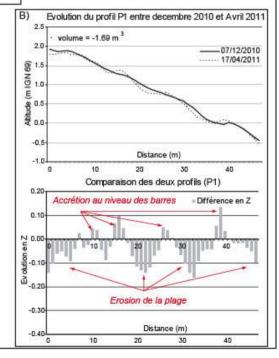
- Une érosion de la partie centrale de la plage (A).
- La formation de barres sableuses parallèles au trait de côte d'une amplitude proche de 0.50m pour la plupart (B).

Sur l'ensemble des profils, le démaigrissement de la plage est plus important entre Décembre 2010 et Février 2011 que sur la période suivante, entre Février et Avril 2011, où les volumes érodés sont proches de zéro. Sur cette dernière période, le profil P4 enregistre une faible accrétion (C). Les barres sableuses se mettent en place entre Décembre 2010 et Février 2011. Ce processus se poursuit sur la période suivante: entre Février et Avril 2011, l'amplitude des barres est plus marquée et elles tendent à migrer vers le haut de plage (D).

Ces évolutions traduisent l'existence de deux processus différents:

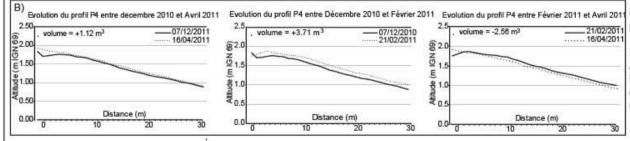
- 1) Un processus de transport sédimentaire trasversal conduisant à l'accumulation de matériel sableux sur la plage et à la migration des barres vers le haut de plage (barres dont la formation et la migration ne sont pas encore comprises, ce qui nécessite de poursuivre les recherches).
- 2) Un processus de transport sédimentaire longitudinal/transerval favorisant l'érosion de la partie centrale de la plage.





EVOLUTION DE LA PLAGE DU REDEVENT A MOYEN TERME





L'engraissement est plus important aux extrémités Nord et Sud de la plage. Les processus d'accumulation sédimentaire sont moindres dans la partie centrale. Sur la fin de la période étudiée, entre Février et Avril 2011, les processus érosifs sont concentrés au Nord de la plage et décroissent vers le Sud (A).

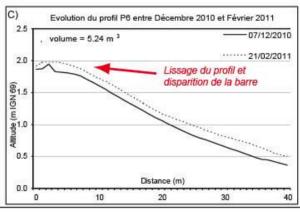
Les changements morphologiques affectant la plage sont bien représentés par l'évolution du profil P4 (B): Entre Décembre 2010 et Avril 2011, le profil enregistre une légère accrétion. Les apports sédimentaires représentent, en volume, environ 1m³. Ces processus d'accrétion interviennent entre Décembre 2010 et Février 2011 où les apports sédimentaires sont importants, environ +3.7m³. Entre Février et Avril 2011, l'évolution du profil est à l'inverse marquée par des processus d'érosion.

Contrairement aux plages de la Falaise et du Brouel, les figures sédimentaires sont rares sur cette plage. L'absence de formes et structures sédimentaires est probablement lié au caractère abrité de la plage. En décembre 2010, on observe toutefois une barre en haut de plage de faible amplitude (0.20m) composée de matériels

grossiers auxquels sont melées des algues. Cette barre s'estompte entre Décembre 2010 et Février 2011 (C).

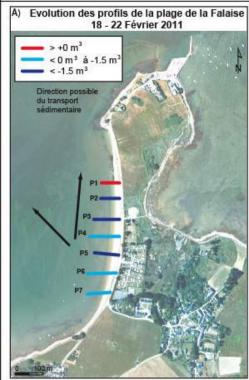
Les évolutions décrites concernent essentiellement le haut de plage.

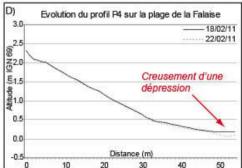
Sur l'ensemble de la période étudiée, entre Décembre 2010 et Avril 2010, les profils enregistrent une faible accrétion. L'engraissement de plage se poursuit jusqu'en Février, puis entre Février et Avril, l'évolution de la plage est marquée par une érosion de tous les profils.



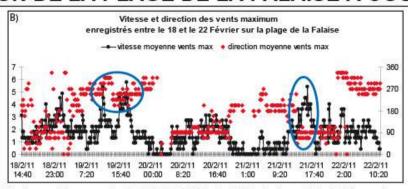
Evolution des plages à court terme

EVOLUTION DE LA PLAGE DE LA FALAISE A COURT TERME





Dans la partie centrale de la plage, au niveau du profil P3, les processus d'érosion favorisent la formation d'une dépression en bas de plage (D).



Sur le court terme, entre le 18 et le 22 Février 2011, la plage de la Falaise est marquée par des évolutions de faible ampleur, renvoyant aux faibles conditions d'agitation (B) prévalant durant cette période.

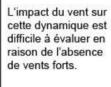
L'analyse des changements morphologiques survenus le long des profils permet toutefois de mettre en évidence:

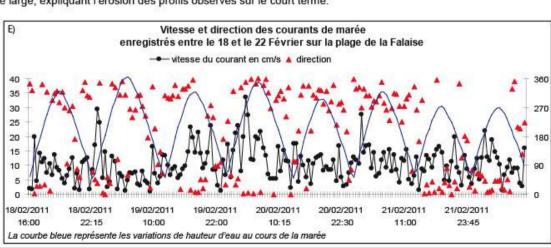
- 1) Une faible accrétion de la partie Nord de la plage (A et C),
- 2) Une érosion plus marquée des parties Sud et centrale de la plage (C).

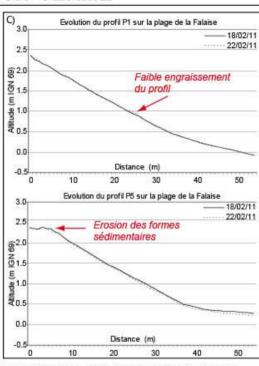
Les processus d'érosion opérent de manière uniforme sur toute la longueur du profil et conduisent à la disparition des formes d'accumulation présentent parfois en haut de plage (C).

Sur la période étudiée, les vitesses de courant de marée restent faibles en bas de plage, inférieures à 40cm/s (E). Les courants les plus forts s'observent

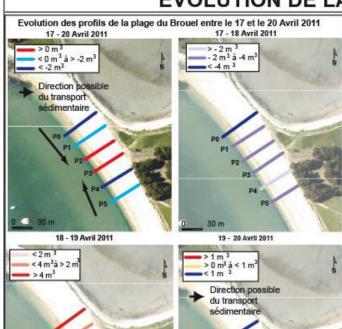
au moment du flot et sont dirigés principalement vers le Nord et Nord-Ouest. Ils pourraient favoriser un transport sédimentaire vers le Nord de la plage et le large, expliquant l'érosion des profils observés sur le court terme.







EVOLUTION DE LA PLAGE du BROUEL A COURT TERME (1)

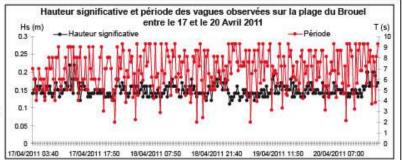


Sur le court terme, entre le 17 et le 20 Avril 2011, l'évolution de la plage du Brouel est marquée par:

 Un engraissement des profils centraux,

Une érosion des profils Nord et Sud de la plage.

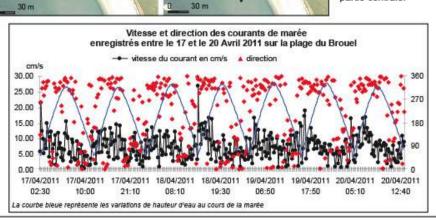
Cette période est caractérisée par des conditions d'agitation faibles et modérées: les vents les plus forts n'excédent pas 8m/s. Ils sont principalement orientés Nord-Est, excepté le 18 Avril et le 19 Avril en fin de journée où ils sont orientés Sud.

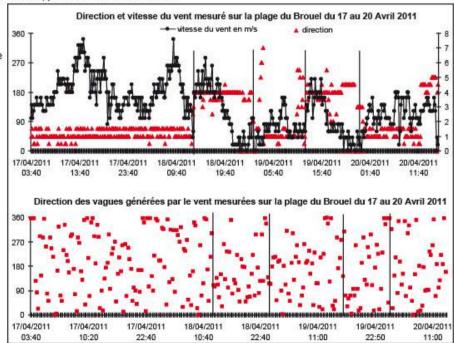


En bas de plage, le plan d'eau est faiblement agité: la hauteur significative des vagues est inférieure à 0.3m, pour des périodes majoritairement comprises entre 6s et 9s. En raison de ces périodes, les vagues ne peuvent être considérées comme du clapot mais correspondent à une mer de vent se propageant dans la zone de fetch que représente la mer du Golfe. Il est difficile de dégager des tendances pour caractériser l'orientation de ces vagues, ce qui rend difficile l'analyse de l'impact des variations des vitesses et de la direction du vent sur leurs orientations.

Les vitesses des courants de marée en bas de plage sont également relativement faibles. Les vitesses les plus fortes sont comprises entre 25cm/s et 30cm/s. Elles sont observées au moment du flot et sont associées à des courants dirigés vers le Nord et le Nord-Ouest. Pendant le jusant, les courants sont orientés vers le Sud et le Sud-Est. Au cours de la marée, on observe une oscilliation de la direction des courants, parallèlement au trait de côte.

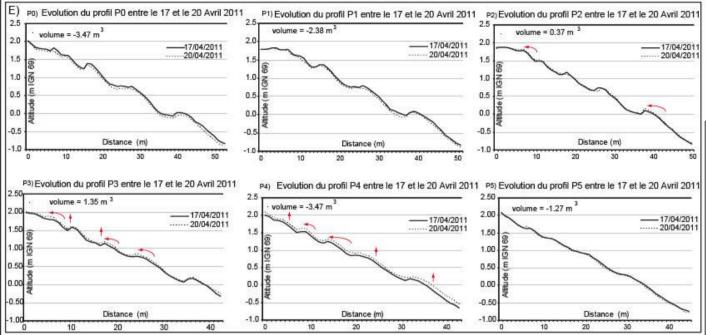
Ces courants d'intensités variables ainsi que leur oscilliation le long de la côte pourraient expliquer le démaigrissement plus important des profils situés au Nord de la plage, et l'engraissement de la partie centrale.





EVOLUTION DE LA PLAGE DU BROUEL A COURT TERME (2)

Malgré les conditions d'agitation calmes qui dominent du 17 au 20 Avril 2011, les évolutions morphologiques décrites précédemment sur cette période se traduisent également par une certaine mobilité des barres parallèles au trait de côte, mises en place depuis le début de l'hiver.



D'une manière générale, les variations d'amplitude des barres restent faibles, de l'ordre de 10 à 20 cm pour les valeurs maximales (E). Entre le 17 et le 20 Avril 2011, les cinq barres présentes sur l'estran tendent à migrer légèrement vers le haut de plage. Ce déplacement des barres vers le haut de plage s'accompagne d'une légère augmentation de leurs amplitudes, excepté au niveau du profil P2 où les barres tendent à s'éroder. De plus, la migration des barres est moins marquée au Nord-Ouest de la plage, au niveau du profil P0 et au Sud-Est, au niveau du profil P5, où les elles restent globalement plus stables.

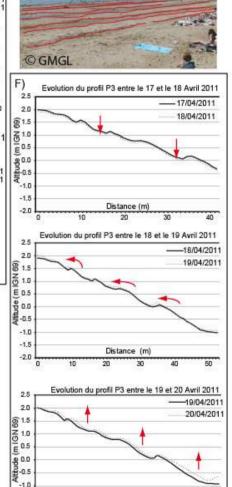
De manière plus précise, les variations morphologiques affectant les barres sont plus marquées dans la partie centrale de la plage. Elles sont illustrées par les variations enregistrées au niveau du profil P3 (F).

Entre le 17 et le 18 Avril 2011, l'ensemble du profil est érodé et l'amplitude des barres diminue.

Entre le 18 et 19 Avril 2011, le profil s'engraisse et les barres migrent vers le haut de plage.

Entre le 19 et le 20 Avril 2011, le profil s'engraisse et l'amplitude des barres augmente, notamment en haut et bas de plage.

Durant les journées des 18 et 19 Avril 2011, les vents les plus forts (> 5m/s) sont orientés Sud-Ouest. Associés aux courants générés par les vagues et la marée, ils pourraient favoriser l'existence d'un transport sédimentaire orienté vers le haut de plage, expliquant ces évolutions.



Distance (m)

40

20

-1.5

-2.0

50

Synthèse

SYNTHESE (1)

Sur le long terme, l'évolution du trait de côte est marquée par un recul des falaises, notamment lorsque les murs de protection sont absents ou mal entretenus. Ce recul du trait de côte est localement accéléré par la croissance d'une végétation arborée sur le sommet des falaises.

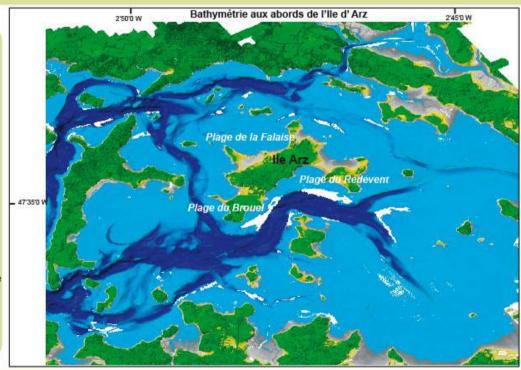
Sur le moyen terme, les variations saisonnières des profils de plage apparaissent contrôlées par la combinaison de multiples facteurs.

Parmi eux, la morphologie de la plage joue un rôle non négligeable. Masselink et Short (1993) ont montré que les plages abritées, situées dans des environnements méso-tidaux, sont caractérisées par un estran en pente raide, *le foreshore*, enregistrant la plupart des changements morphologiques. Le foreshore est prolongé vers le large par une pente faible, dissipative, appelée *low tide terrace*. Les plages de l'Ile d'Arz sont caratérisées par une morphologie similaire alors que la plupart des changements morphologiques affectent de manière plus significative la partie supérieure des profils de plage.

De plus, les courants transversaux et longitudinaux opérant le long de la côte contribuent à contrôler les mécanismes de transports sédimentaires ayant pour conséquence de favoriser l'accumulation ou à l'inverse l'abrasion des sédiments ainsi que la formation de formes sédimentaires telle que les barres de la plage du Brouel.

La mise en place de ces courants dépend de plusieurs contraintes: l'intensité et la direction des courants de marée, les variations des conditions d'agitation qui favorisent des apports sédimentaires vers la côte en période de temps calme (Jackson et Nordstorm, 1992), l'orientation et la durée des vents dominants susceptibles de mettre en place une mer de vent générant des courants parallèles au trait de côte (Gomez et Pujol, 2007).

Sur la plage de la Falaise, orientée Ouest, l'évolution des profils de plage témoignent de l'importance des courants longitudinaux dans l'évolution morphologique de la plage. Sur l'ensemble de la période étudiée, ils favorisent globalement un transport sédimentaire orienté vers la partie Sud de la plage. L'absence de courant de marée de forte intensité et l'importance de la zone de fetch au droit de la plage de la Falaise laissent supposer que la mise en place de ces courants résultent de la combinaison classique des contraintes entre courants de marée, variations des conditions d'agitation et propagation de la mer de vent.



Toutefois, la comparaison des évolutions obervées entre Décembre 2010 et Avril 2011 sur les plages du Brouel et de Redevent met en évidence que ces facteurs généraux sont également fortement contrôlés par les contraintes morphologiques, bathymétriques et hydrodynamiques spécifiques au Golfe du Morbihan. Ainsi, sur la même période et pour des conditions d'agitation similaires, les plages du Brouel et de Redevent, toutes deux orientées Sud-Ouest, n'enregistrent pas les mêmes évolutions. Par exemple, entre Décembre 2010 et Février 2011, la plage du Brouel est érodée alors que celle du Redevent est en accrétion. Plusieurs facteurs peuvent intervenir pour expliquer ces différences: tout d'abord la forte rugosité du trait de côté confère à la plage du Redevent une position plus abritée que celle du Brouel. Elle reste abritée des vents dominants par la pointe de Brouel qui limite la zone de fetch associée à la plage du Redevent. La morphologie des petits fonds au droit de ces deux plages est également différente: au Sud de la pointe du Brouel la bathymétrie est marquée par la présence d'un chenal de marée alors qu'entre la plage du Redevent et la côte Ouest de l'Ille d'Arz s'étendent uniquement des vasières. Conséquences de ces différences bathymétriques, les courants de marée de plus fortes intensités sont canalisés au Sud et au droit de la plage du Brouel.

SYNTHESE (2)

Sur le court terme, les mesures hydrodynamiques et météorologiques réalisées sur les plages de la Falaise et du Brouel mettent en évidence que les courants de marée jouent un rôle prépondérant dans les mécanismes de transports sédimentaires, longitudinaux et transversaux. L'absence de vents forts lors des campagnes de déploiements rend toutefois difficile l'analyse de l'impact du vent sur ces dynamiques.

De plus, les suivis topographiques réalisés à court terme permettent d'identifier les plages les plus dynamiques, marquées par des changements plus significatifs de leur morphologie. Conformément aux observations réalisées à moyen terme, la plage du Redevent, plus abritée apparait la moins dynamique: les profils sur le court terme ne varient pratiquement pas. A l'inverse, en Février 2011, puis en Avril 2011, les plages de la Falaise et du Brouel enregistrent des changements morphologiques affectant les formes d'accumulation sédimentaires présentes sur l'estran. Ces changements sont plus importants sur la plage du Brouel où la formation de cinq barres transversales entre Décembre 2010 et Avril 2011 témoigne d'un plus fort dynamisme.









Pour conclure, à moyen et court terme, les plages abritées de l'Île d'Arz enregistrent des changements morphologiques marqués par une certaine mobilité des formes d'accumulation sédimentaire présentes sur l'estran, un engraissement ou une érosion des profils de plage. Ces évolutions, repérées sur des périodes de temps court (Décembre 2010 - Avril 2011) témoignent d'un certain dynamisme des plages, notamment sur la plage du Brouel.

Ce dynamisme parait en grande partie déterminé par la direction et l'intensité des courants de marée qui contrôlent les principaux mécanismes de transport sédimentaire, mais aussi par la rugosité du trait de côte et la complexité bathymétrique du Golfe. Il en résulte que des plages soumises aux mêmes conditions d'agitation et caractérisées par la même orientation n'enregistrent pas le même type d'évolution sur la même période de temps.

En perspective ... le risque

EN PERSPECTIVE ... LE RISQUE DE SUBMERSION

Les travaux réalisés par l'IPCC, Intergouvernemental Panel on Climate Change, témoignent d'une élèvation moyenne du niveau marin de l'ordre de 3.1mm/an depuis 1993.

Dans le Golfe du Morbihan, où la frange côtière est principalement constituée de côtes basses et meubles, il parait nécessaire d'évaluer l'impact d'une élèvation du niveau des mers de cette ampleur et de s'interroger sur le risque de submersion.

Le risque de submersion est généré par l'interaction de deux variables:

- L'importance de la remontée du niveau marin, sur différentes échelles de temps, à court terme (tempête) et/ou à long terme.
- La vulnérabilité de la zone côtière déterminée par l'ensemble des usages qui y sont développés ainsi que leur capacité d'adaptation à une modification du niveau des mers.

La vulnérabilité de la zone côtière dépend de plusieurs facteurs:

- Le comportement géomorphologique des formes littorales, leur évolution et leur capacité d'adaptation,
- Le degré d'anthropisation de la frange côtière,
- La capacité des instances sociétales à gérer le risque.

Les études réalisées sur l'Île d'Arz entre Octobre 2010 et Novembre 2011 ont permi d'appréhender l'évolution et le comportement géomorphologique des principales plages constituant le littoral.

A partir de ces résultats, et pour poursuivre l'étude du risque de submersion, plusieurs analyses doivent être réalisées:

- Identification des secteurs submersibles,
- Prise en compte du comportement géomorphologiques des formes littorales constituant ces secteurs,
- Analyse des usages développés dans ces secteurs ...

De façon à amorcer cette analyse du risque de submersion, différentes simulation d'élèvation du niveau marin sont proposées. Ces simulations permettent d'une part d'identifier les secteurs submersibles, et d'autre d'autre d'identifier les principales voies d'intrusion marine.

Trois sénarios ont été testés:

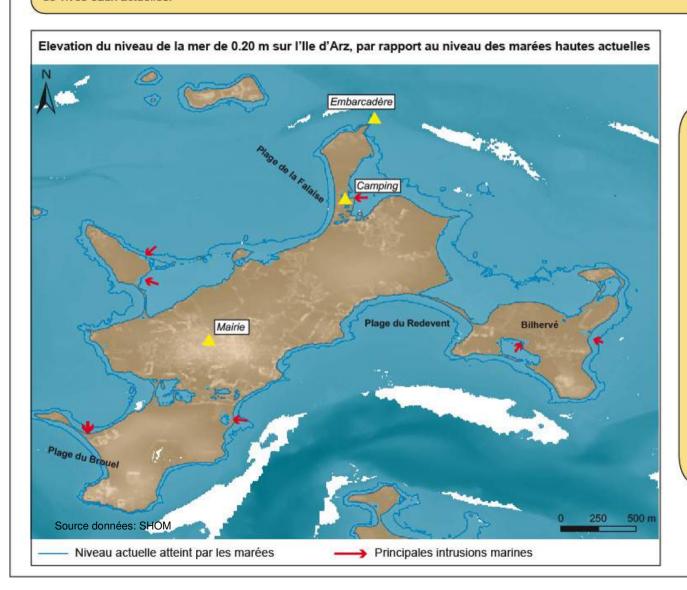
- Une élévation de 0.20 m
- Une élévation de 0.50 m
- Une élévation de 1 m

Ces simulations sont réalisées à partir du niveau marin atteind par les marées de vives eaux actuelles. Les hauteurs d'eau de réfèrences proviennent des mesures réalisées dans les ports situés à proximité de la zone d'étude par le SHOM et des mesures enregistrées par l'ADCP lors des campagnes de déploiement sur l'Ille d'Arz.

Par ailleurs, pour illustrer l'importance de ce phénomène d'autres simulations, réalisées indépendamment de ce travail, sont proposées en annexe.

EN PERSPECTIVE ... LE RISQUE DE SUBMERSION (1)

La carte ci-dessous présente le niveau atteind par la mer en cas d'une élèvation du niveau marin de 0.20 m par rapport au niveau atteind lors des marées hautes de vives eaux actuelles.



Pour une remontée du niveau marin de l'ordre de 0.20 m, la plupart des murs de protection permettent de limiter les intrusions marines qui, restent limitées en terme de surface.

Au niveau de la plage de la Falaise, la mer ne progresse pas au delà du mur, à l'Ouest. Par contre, à l'Est, le site du camping est partiellement submergé.

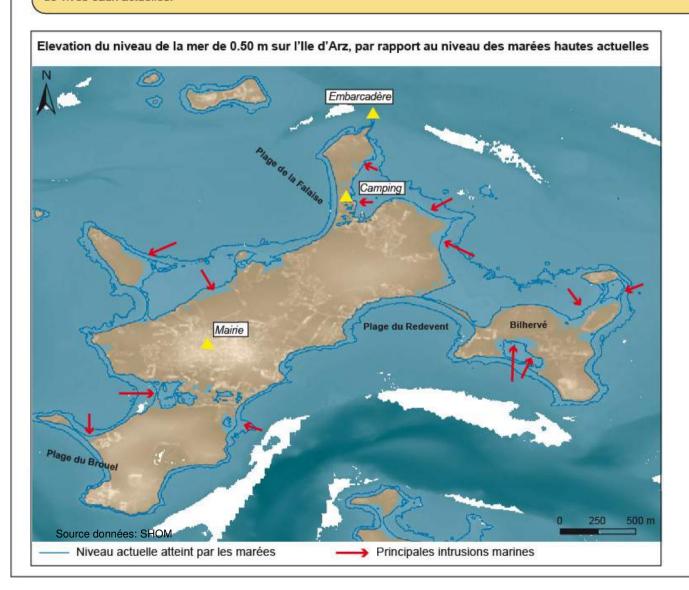
Au niveau de la plage du Brouel, la mer submerge partiellement le cordon sableux par le Nord. Le mur auquel est adossé la plage limite les intrusions marines par le Sud

Les marais situés de par et d'autre de la plage du Redevent sont faiblement impactés.

Les intrusions marines se font plus nettes au Sud et à l'Est de la Presqu'île de Bilhervé.

EN PERSPECTIVE ... LE RISQUE DE SUBMERSION (2)

La carte ci-dessous présente le niveau atteind par la mer en cas d'une élèvation du niveau marin de 0.50 m par rapport au niveau atteind lors des marées hautes de vives eaux actuelles.



Pour une remontée du niveau marin de l'ordre de 0.50 m, la plupart des murs de protection, au niveau des sites étudiés, restent efficaces. Toutefois, sur l'ensemble de l'île, les intrusions marines sont plus nombreuses et concernent des surfaces plus importantes.

Au niveau de la plage de la Falaise, la submersion du site du camping est accrue et s'étend plus vers le Nord, en direction de l'embarcadère.

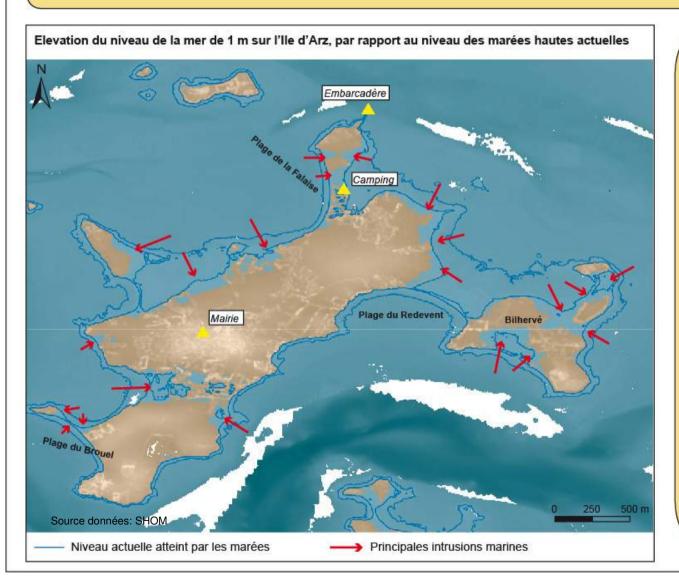
Au niveau de la plage du Brouel, la mer submerge presque totalement le cordon sableux par le Nord.

Les marais situés de par et d'autre de la plage du Redevent restent faiblement impactés.

Les intrusions marines sont plus importantes sur la Presqu'île de Bilhervé.

EN PERSPECTIVE ... LE RISQUE DE SUBMERSION (3)

La carte ci-dessous présente le niveau atteind par la mer en cas d'une élèvation du niveau marin de 1 m par rapport au niveau atteind lors des marées hautes de vives eaux actuelles.



Pour une remontée du niveau marin de l'ordre de 1 m, la présence de murs de défense contre la mer, sur les sites étudiés, mais également le long de l'ensemble du linéaire côtier ne permet plus de contenir les intrusions marines.

Au niveau de la plage de la Falaise, la mer progresse à la fois par l'Ouest et par l'Est, submergeant complétement le site du camping et une partie de la route qui permet l'accès à l'embarcadère.

Au niveau de la plage du Brouel, la mer submerge totalement le cordon sableux et les marais, par le Nord Est et le Sud Ouest. Au Nord de la plage du Brouel, les intrusions marines venant de l'Ouest menacent le Sud du bourg. Dans le bourg, les secteurs les plus bas sont également menacés par des intrusions marines venant de l'Est.

La plage du Redevent est complétement submergée et la presqu'île de Bilhervé est isolée du reste de l'île. Sur cette presqu'île, les secteurs les plus bas sont submergés, fragementant la presqu'île en plusieurs îlots.

Enfin, les côtes Nord Ouest et Est sont également largement submergées.

GLOSSAIRE

Accrétion : Accumulation de matière et de sédiments

Analyse spatiale : Analyse de l'impact du lieu dans l'explication du déroulement d'un phénomène. L'analyse spatiale cherche à déterminer comment l'agencement des objets et des phénomènes dans l'espace, les uns par rapport aux autres, influencent leurs caractéristiques ou leur évolution.

Attributs: Les données attributaires ou attributs sont des données textuelles ou numériques qui permettent de préciser certaines caractéristiques des données spatiales contenues dans une couche d'information spatiale.

Couche d'information spatiale : Ensemble de données spatiales, représentées géométriquement sous forme de point, ligne ou polygone, auxquelles sont associées un système de coordonnées géographiques, et éventuellement des données attributaires.

Les données spatiales représentent des phénomènes ou des objets dont la localisation dans un référentiel géographique donné est connue et déterminée.

Erosion: Ensemble de processus contribuant à détacher, transporter et déposer du matériel à la surface de la terre. Le première étape de ce processus constitue en une perte de matériel en un lieu donné, et le terme d'érosion est utilisé dans un sens restreint, faisant référence à cette première étape.

Fetch: Etendue d'eau sur laquelle le vent souffle sans rencontrer d'obstacle et peut provoquer la mise en place d'une mer de vent se propageant sous forme de houle

Géorectification: Attribution d'un système de coordonnées spatiales à une image numérique, conduisant à la déformer pour respecter les coordonnées géographiques, sur un plan 2-D, induite par les systèmes de projection et de coordonnées choisis.

Modéle Numérique de Terrain (MNT): Représentation d'une surface topographique ou bathymétrique, élaborée à partir d'un nombre limité de données ponctuelles inscrites au sein d'un maillage 3-D. Les valeurs topographiques des surfaces s'étendant entre les points de mesure sont estimées à partir de différentes méthodes selon le type de modèle utilisé.

Orthophotographie: Image aérienne de la surface de la terre, géorectifiée, corrigée sur un plan 3-D et corrigée radiométriquement de manière à obtenir un document homogène.

Refus de tamis: Matériel sédimentaire retenu par un tamis. Rapporté au total de la masse des sédiments tamisés, la masse du refus de tamis indique la quantité de grains dont la taille est supérieure à celle des mailles du tamis.

Submersion marine: Envahissement du domaine continental ou littoral par les eaux de mer du fait de phénomènes violents et exceptionnel (tempête) agissant à court terme et de phénomènes agissant à long terme (remontée du niveau marin).

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE CITEE DANS LE TEXTE

Blott S., 2000. A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer: Gradistat V4.

Gomez Pujol, L. et al., 2007. Morphodynamic classification of sandy beaches in low energetic marine environment. Marine Geology, 242, 235-246.

Goodfellow, B. & Stephenson, W., 2005. Beach morphodynamic in a strong-wind bay: a low energy environment? Marine Geology, 241, 101-116.

Jackson, N. et al., 2002. 'Low energy' sandy beaches in marine and estuarine environments: a review. Geomorphology, 48, 147-162.

Jackson, N. L. and K. F. Nordstrom. 1992. Site specific controls on wind and wave processes and beach mobility on estuarine beaches in New Jersey, U.S.A. Journal of Coastal Research 8:88–98.

Masselink, G. & Short, A.D., 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. Journal of Coastal Research, 9,785-800.

Menier, D., 2011, Tessier, B., Dubois, A., Goubert, E., Sedrati, M., Geomorphological and hydrodynamic forcing of sedimentary bedforms – Example of Gulf of Morbihan (South Brittany, Bay of Biscay). Journal of Coastal Research, SI 64, ISSN 0749-0208

Pian, S., 2010. Analyse multiscalaire et multifactorielle de l'évolution et du comportement géomorphologique des systèmes côtiers sud bretons, thèse de doctorat, Université Rennes 2, 477 pages.

BIBLIOGRAPHIE COMPLEMENTAIRE DES AUTEURS

Pian S., Menier D., 2011, "The use of a geodatabase to carry out a multivariate analysis of coastline variations at various time and space scales", Journal of coastal research, SI 64, pp. 1722-1726, ISSN0749-0208

Pian S., Regnauld H., Daire M.Y., Proust, J.N., Shi B., Menier D., Lopez Romero E., 2010, "Integration of the risk of heritage loss in the vulnerability of the South Brittany coast (France): implications for coastal vulnerability analysis", EspaceTemps.net -

Pian S. et Regnauld H., "La carte qui change les concepts", EspaceTemps.net, Mensuelles, 10 Juin 2007 - http://espacestemps.net/document2466.html

Pian S., "Analyse du recul de petites falaises altérées à partir d'une approche basée sur l'analyse spatiale et statistique", soumis et accepté in Paralia en 2011

Pian S., Menier D., Sedrati M., Analysis of morphodynamic beach states along the South Brittany coast, accepté en Juin 2011 in Geormorphologie: Relief, Processus, Environnement

REALISATIONS ET CONTRIBUTIONS

Rédaction, coordination scientifique et technique

Soazig Pian, David Menier

Collecte/Traitement des données

Soazig Pian, David Menier, Philippe Bencivengo, Cécile Briend, Alexandre Dubois, Sandrine Faure, Evelyne Goubert, Valérie Le Cadre, Romain Le Gall, Mouncef Sedrati.

Remerciements

Le laboratoire G.M.G.L remercie vivement Mr Le Président de Vannes Agglo, Mme Dominique Ogez, responsable du service environnement du pôle Aménagement et territoires de Vannes Agglo, Mr Le Président du Conseil Général 56, Mme Christine Bonfiglio, responsable du service des Espaces Naturels Sensibles du Conseil Général 56, Mr le Maire de l'île d'Arz, Mme Stéphany, adjointe à l'environnement et l'ensemble des membres du Conseil Municipal de la commune.

Crédits photos

Toutes les photos sont du laboratoire G.M.G.L sauf mention contraire.

Couverture

Photo de couverture : G.M.G.L - S. Pian

Sources des données

Orthophotographies : IGN 2004

- Hydrographiques : SHOM 2004-2005

- Sédimentologiques : GMGL

- Bathymétriques : SHOM 2004-2005

Laboratoire Géosciences Marines et Géomorphologie du Littoral.

Centre de Recherche Y.Coppens Campus de Tohannic - BP573 56017 Vannes Cedex tél. +33 (0)2 97 01 71 77 fax. +33 (0)2 97 01 70 71

UNIVERSITÉ DE BRETAGNE-SUD www.univ-ubs.fr/gmgl





Annexes

LISTE DES ANNEXES

CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE		
Annexe 1: La bathymétrie dans le Golfe du Morbihan	p. 40	
Annexe 2 : La couverture sédimentaire dans le Golfe du Morbihan	p. 41	
Annexe 3: Vitesse et direction des courants à marée basse pour un coefficient de	p. 42	
Annexe 4: Vitesse et direction des courants à marée haute pour un coefficient de	p. 43	

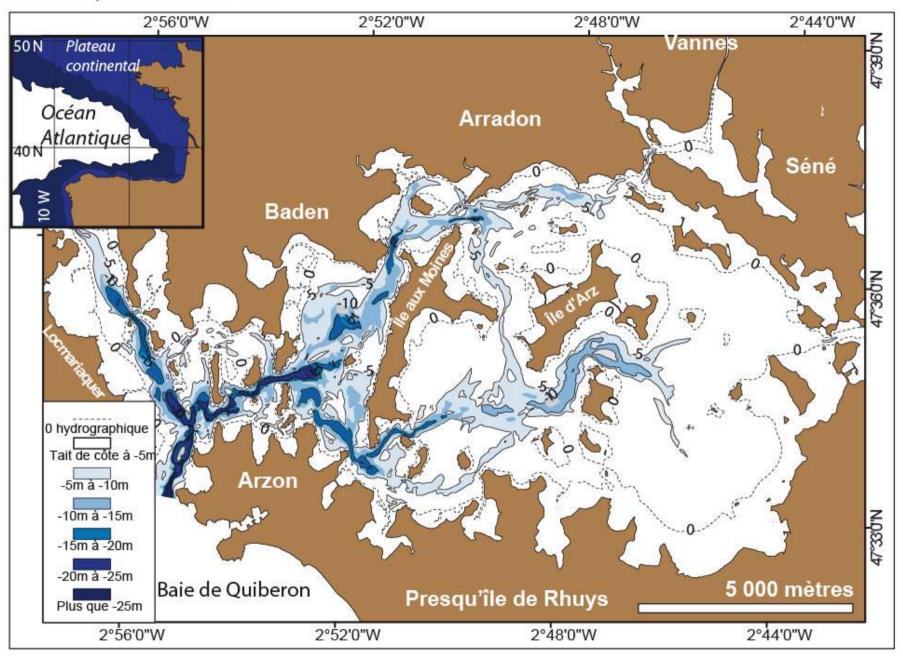
DYNAMIQUE & EVOLUTION DU LITTORAL

Annexe 5: Evolution du trait de côte dans le Golfe du Morbihan entre 1952 et 2004	4
Annexe 6: Recul des falaises dans le Golfe du Morbihan et densité des couverts végétaux arborés p.4	15

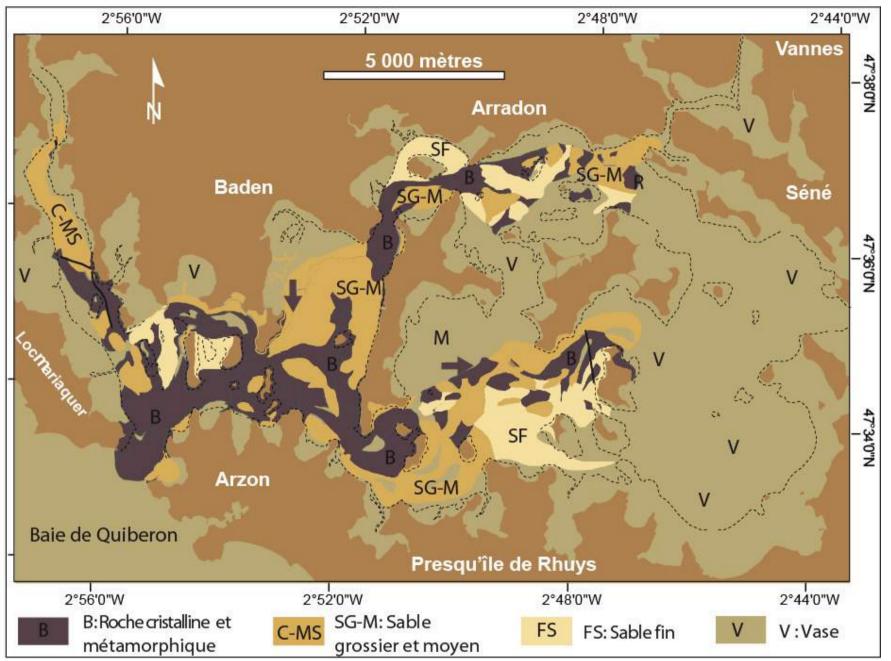
VARIATION DES HAUTEURS D'EAU ET SECTEURS SUBMERSIBLES

Annexe 7: Niveau marin à hauteur du "zéro" de référence IGN	p.46
Annexe 8: Niveau marin à hauteur du niveau moyen de la mer	p.47
Annexe 9: Niveau marin à hauteur des pleines mers moyennes de mortes-eaux	p.48
Annexe 10: Niveau marin à hauteur des pleines mers moyennes de vives-eaux	p.49
Annexe 11: Niveau marin à hauteur des plus hautes mers astronomiques	p.50
Annexe 12: Simulation 1: Sur-côte de 20 cm par rapport au niveau des plus hautes eaux actuel	p.51
Annexe 13: Simulation 2: Sur-côte de 50 cm par rapport au niveau des plus hautes eaux actuel	p.52
Annexe 14: Simulation 3: Sur-côte de 1m par rapport au niveau des plus hautes eaux actuel	p.53

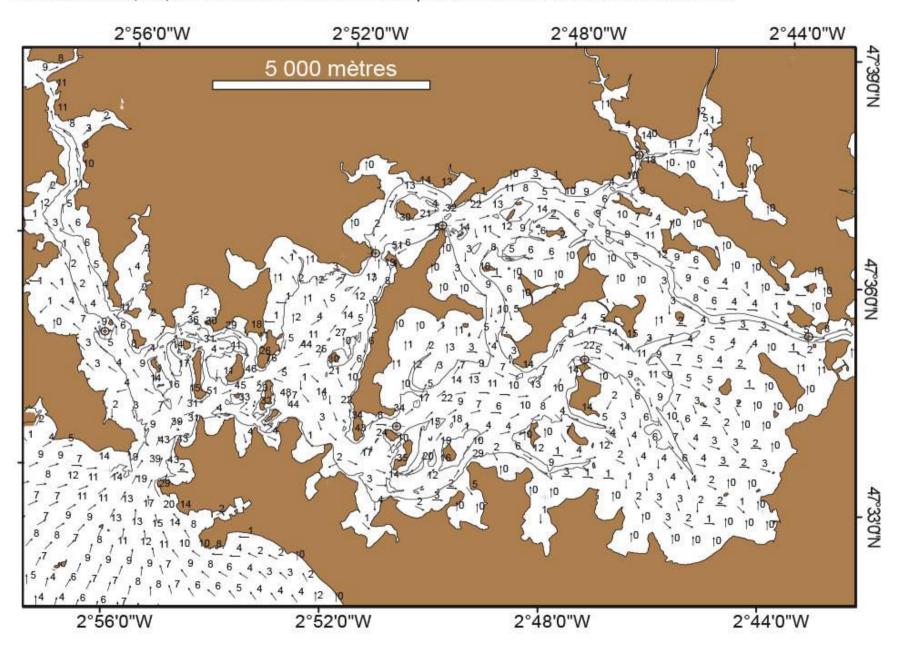
ANNEXE 1: La bathymétrie du Golfe du Morbihan



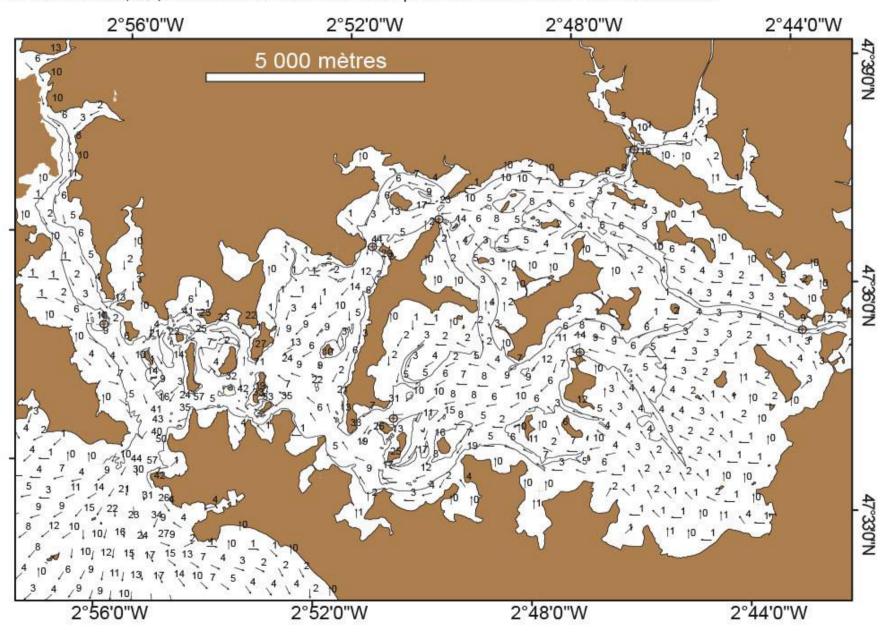
ANNEXE 2: La couverture sédimentaire dans le Golfe du Morbihan



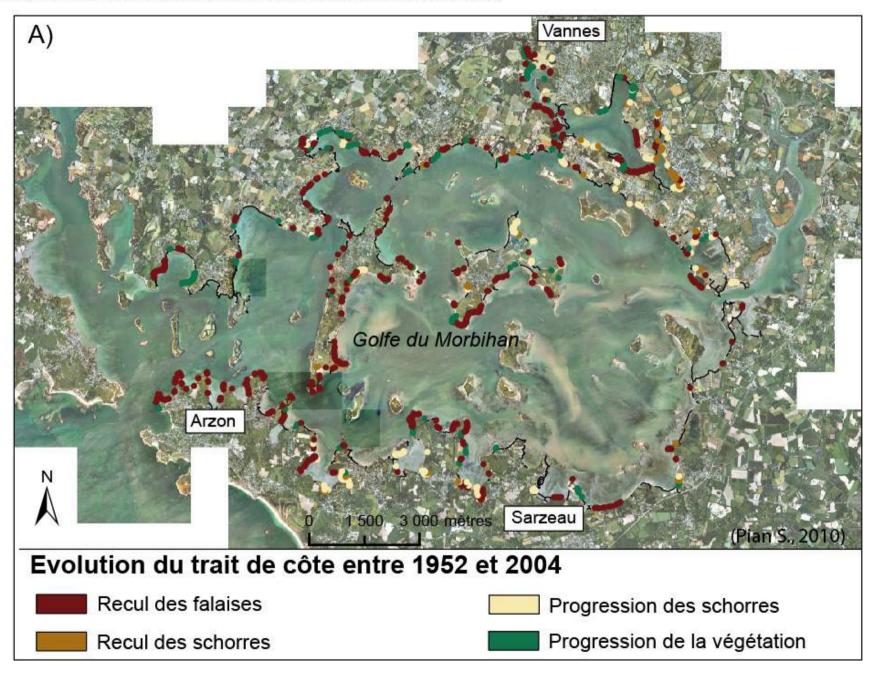
ANNEXE 3 : Vitesse (cm/s) et direction des courants à marée haute pour un coefficient de 45 dans le Golfe du Morbihan



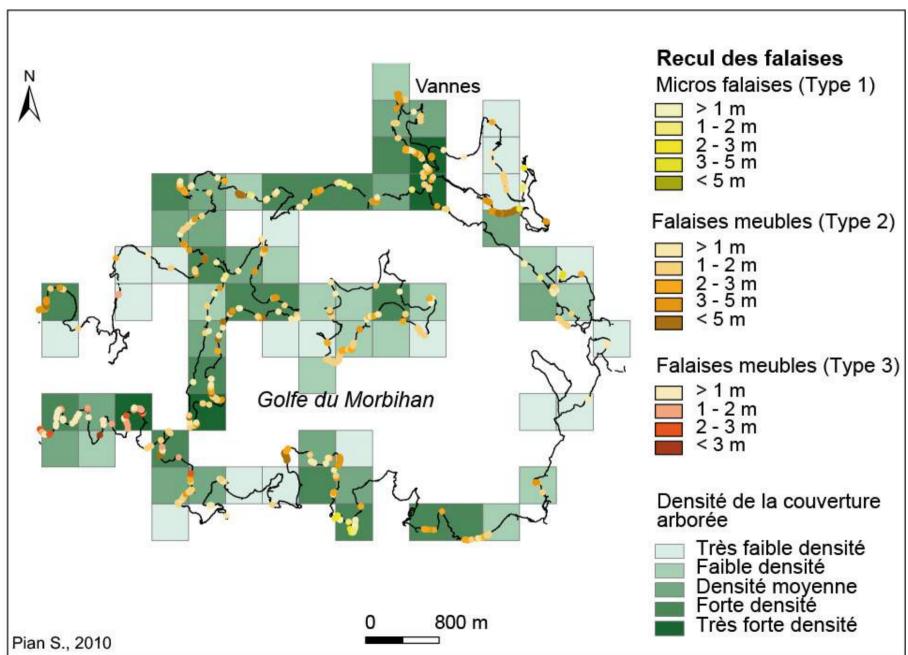
ANNEXE 4: Vitesse (cm/s) et direction des courants à marée basse pour un coefficient de 45 dans le Golfe du Morbihan



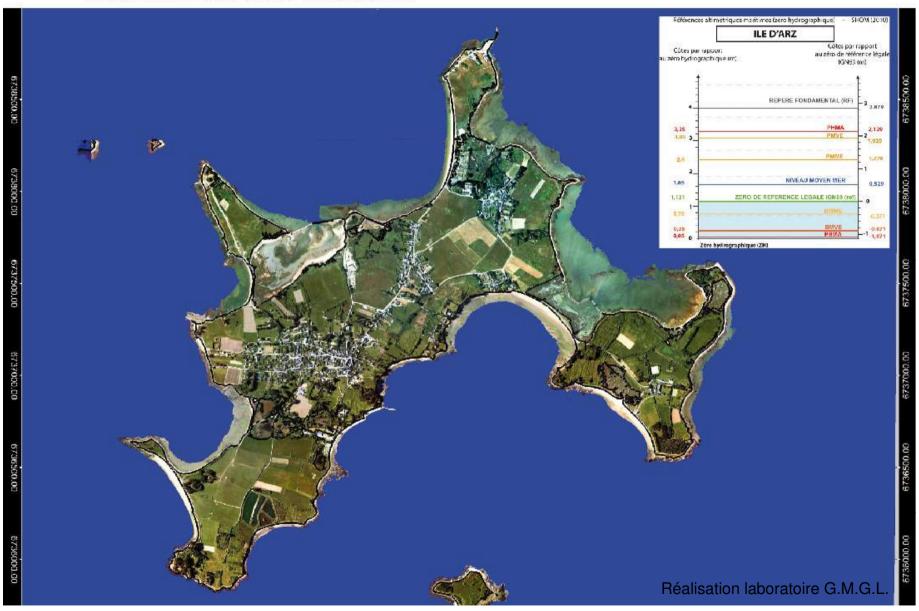
ANNEXE 5: Evolution du trait de côte dans le Golfe du Morbihan entre 1952 et 2004



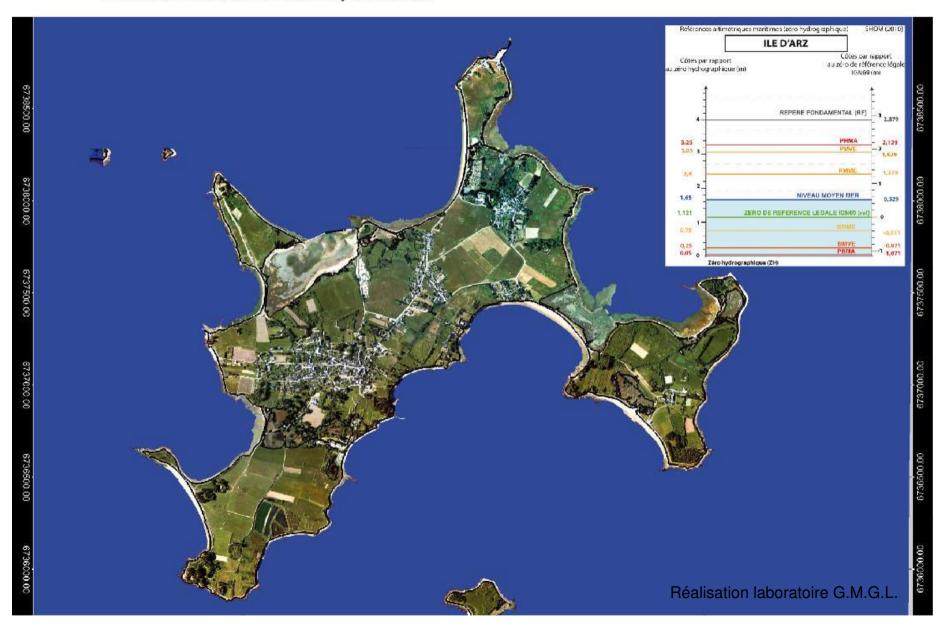
ANNEXE 6 : Recul des falaises dans le Golfe du Morbihan entre 1952 et 2004 et densité de la couverture végétale arborée



ANNEXE 7: Variations des hauteurs d'eau et secteurs submersibles. Niveau marin à hauteur du "zéro" de référence IGN

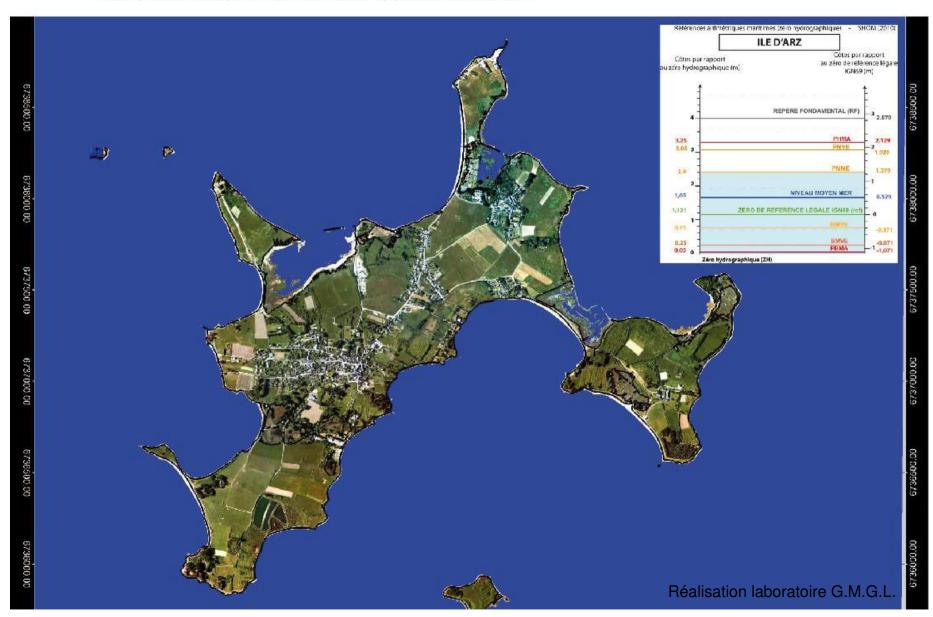


ANNEXE 8: Variations des hauteurs d'eau et secteurs submersibles. Niveau marin à hauteur du niveau moyen de la mer.



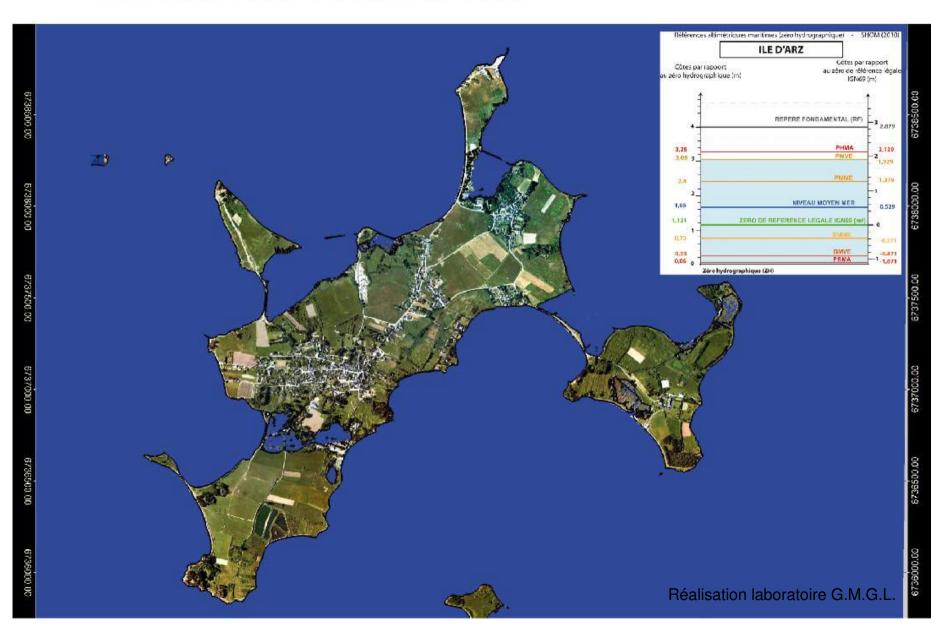
ANNEXE 9: Variations des hauteurs d'eau et secteurs submersibles.

Niveau marin à hauteur des pleines mers moyennes de mortes-eaux.



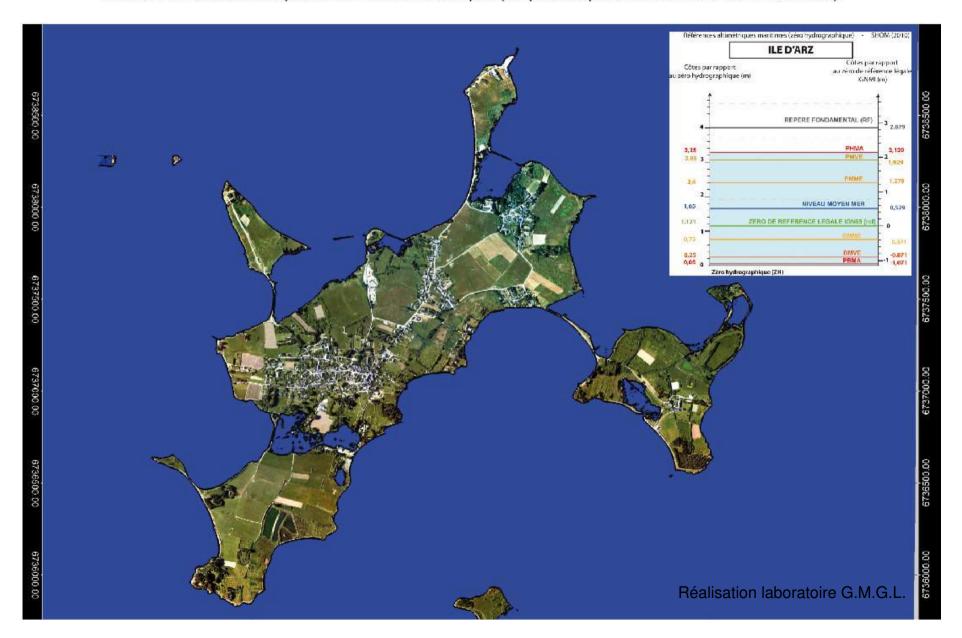
ANNEXE 10: Variations des hauteurs d'eau et secteurs submersibles.

Niveau marin à hauteur des pleines mers moyennes de vives-eaux.



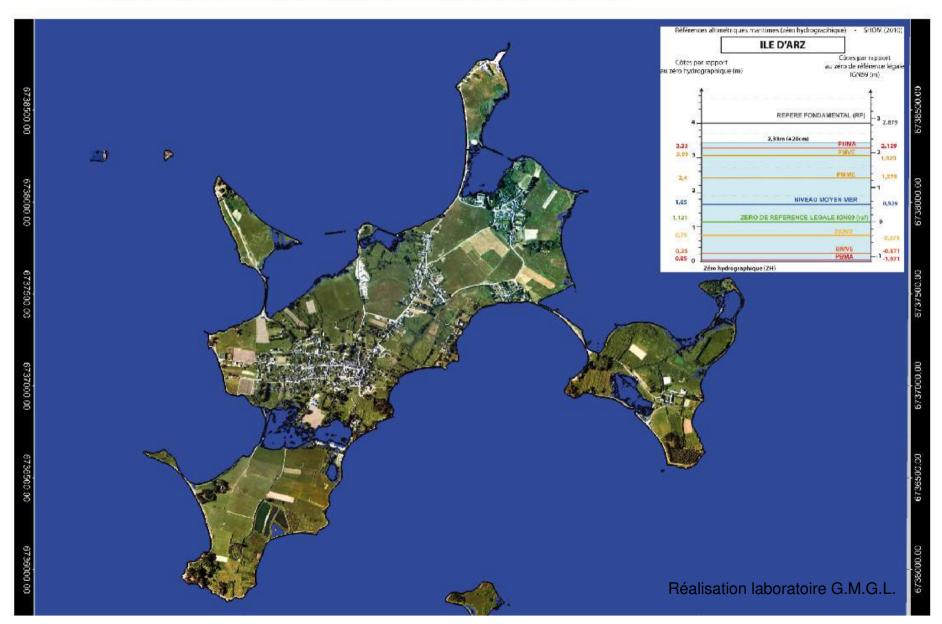
ANNEXE 11: Variations des hauteurs d'eau et secteurs submersibles.

Niveau marin à hauteur des plus hautes mers astronomiques (ce qui correspond à notre niveau marin max actuel).



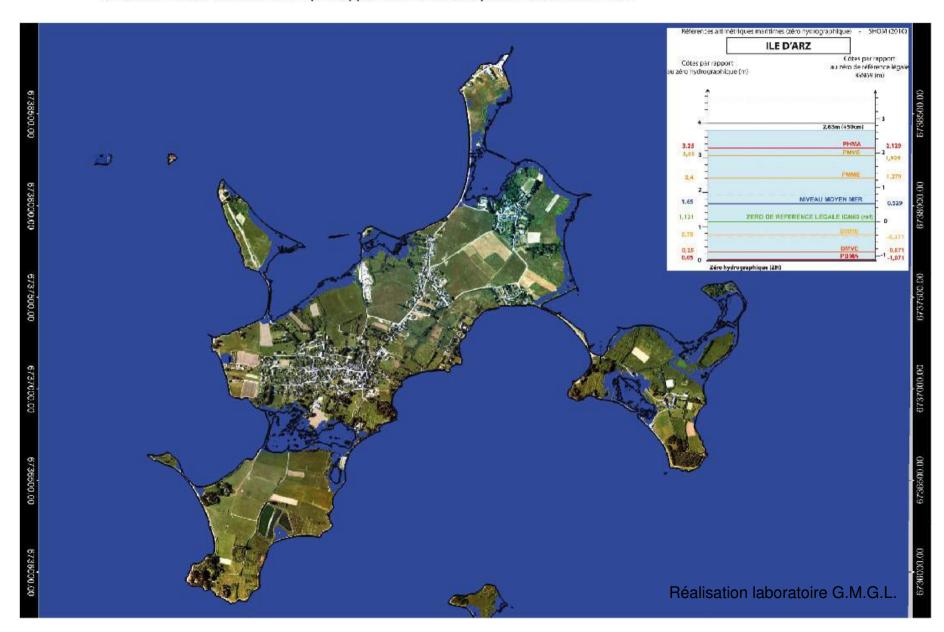
ANNEXE 12: Variations des hauteurs d'eau et secteurs submersibles.

Simulation 1: Sur-côte de 20 cm par rapport au niveau des plus hautes eaux actuel.



ANNEXE 13: Variations des hauteurs d'eau et secteurs submersibles.

Simulation 2: Sur-côte de 50 cm par rapport au niveau des plus hautes eaux actuel.



ANNEXE 14: Variations des hauteurs d'eau et secteurs submersibles.

Simulation 3: Sur-côte de 1m par rapport au niveau des plus hautes eaux actuel.

