

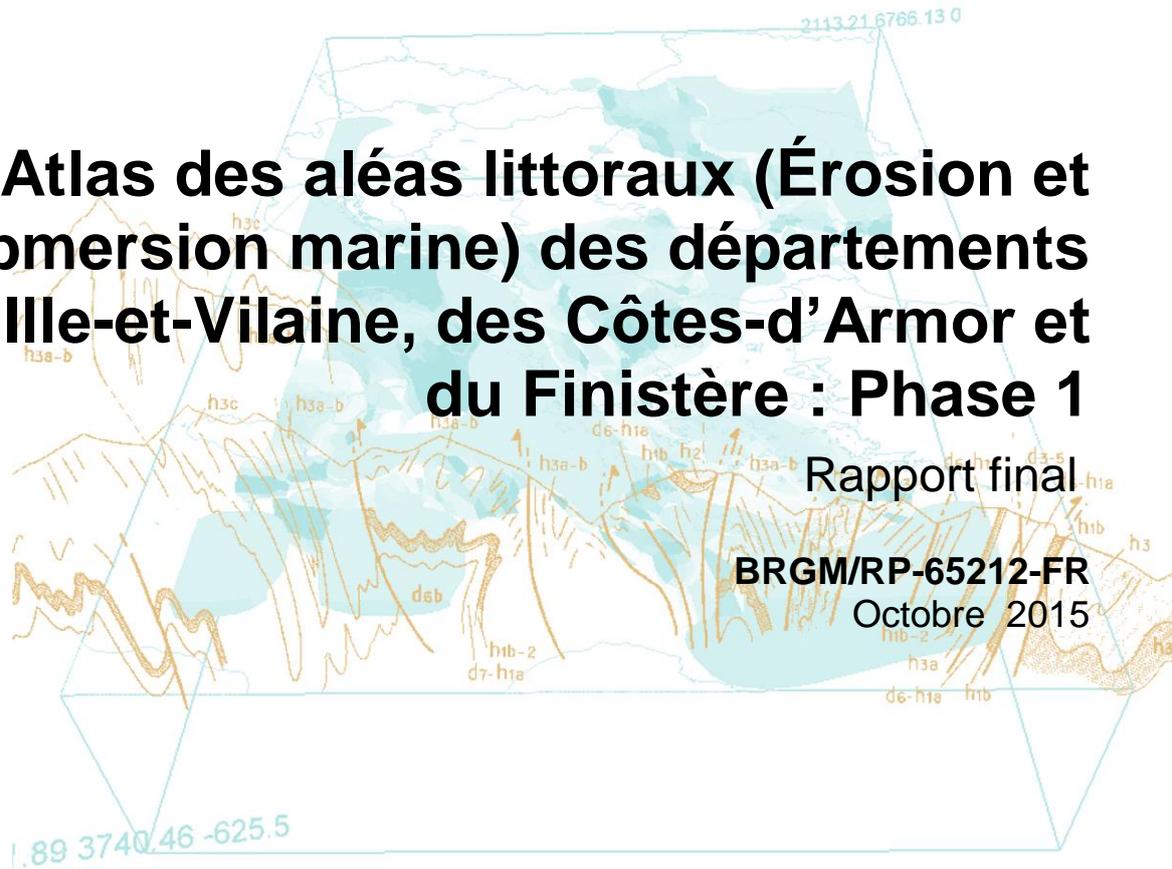


# Atlas des aléas littoraux (Érosion et Submersion marine) des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère : Phase 1

Rapport final

BRGM/RP-65212-FR

Octobre 2015





# Atlas des aléas littoraux (Érosion et Submersion marine) des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère : Phase 1

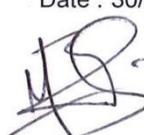
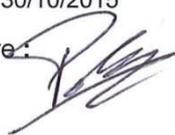
Rapport final

**BRGM/RP-65212-FR**  
Octobre 2015

Étude réalisée dans le cadre des opérations (projets) de Service public (Recherche) du BRGM 11-LIT-A34

**J.-M. SCHROËTTER et E. BLAISE**

Avec la collaboration de V. DEBERT, B. LE GALL, G. GILBERT, H. TISSOT, F. MEUNIER, J. AUDO, F. PILLIOS, M. PREMALLION, B. GOUYGOU ET S. SUANEZ

<p><b>Vérificateur :</b></p> <p>Nom : Yann BALOUIN / Eric PALVADEAU</p> <p>Date : 30/10/2014 – 30/10/2015</p> <p>Signature:  </p>
---

<p><b>Approbateur :</b></p> <p>Nom : Eric GOMEZ</p> <p>Date : 30/10/2015</p> <p></p>
---

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

# Avertissement

Pour des commodités de lecture, ce rapport a été organisé en **dix chapitres** :

- **un chapitre** de présentation du contenu, rappel contractuel etc.,
- et **neuf chapitres** correspondant au découpage réalisé des côtes d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère, appelé « **Compartiment** », tel que : **Baie du Mont-Saint-Michel, Côte d'Émeraude, Baie de Saint-Brieuc, Côtes du Trégor-Goélo, Côtes du Nord-Finistère, Iroise, Baie d'Audierne et côtes du Sud-Finistère.**

Pour chaque chapitre, les différentes méthodologies ont été rappelées afin qu'une personne intéressée que par un seul « Compartiment » par exemple : Côte d'Émeraude, n'est à lire que le chapitre 1 et le chapitre 4 : **Compartiment 3 : Côte d'Émeraude.**

Ce rapport est accompagné de données numériques constituant un Système d'Information Géographique (SIG) du littoral des départements de l'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère, d'environ 2 070 km de linéaire de côtes.

La caractérisation du trait de côte a été réalisée pour une validité cartographique au 1/15 000.

**Mots-clés** : Littoral, aléa, submersion, érosion, géomorphologie, tempêtes, Bretagne, Finistère, Côtes-d'Armor et Ille-et-Vilaine

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**SCHROËTTER J.-M. et BLAISE E., avec la collaboration de V. DEBERT, B. LE GALL, G. GILBERT, H. TISSOT, F. MEUNIER, J. AUDO, F. PILLIOS, M. PREMALLION, B. GOUYGOU, E. PLAVADEAU ET S. SUANEZ** (2015) – Atlas des aléas littoraux (Érosion et Submersion marine) des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère : Phase 1, Rapport final, BRGM/RP-65212-FR, 139 p., 84 ill., 2 ann., 1 CD.

© BRGM, 2015, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

**C**et atlas des aléas littoraux des départements de l'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère, est composé pour chaque compartiment de deux parties distinctes :

1. une partie synthèse bibliographique ;
2. et une partie acquisition de données.

La **Partie « synthèse bibliographique »** contient :

- une présentation du milieu humain et naturel (géographie, géomorphologie et géologie) ;
- des paramètres hydrodynamiques (Agitations de la mer) ;
- et des aléas érosion et submersion marine déclinés en éléments : ponctuels (points), linéaires de côtes en érosion et surfaciques (surface submergée),

tirés de la littérature sur le trait de côte des trois départements.

La **Partie « acquisition »** contient :

- le relevé et compilation de l'ensemble des mouvements de terrain littoraux ;
- le relevé et compilation de l'ensemble des cavités littorales ;
- des observations de dégâts ou de réparations sur des ouvrages littoraux ;
- une caractérisation géomorphologique du trait de côte ;
- l'analyse cinématique sur 60 ans environ des côtes d'accumulation,

qui ont permis la définition d'une prédisposition à l'érosion des côtes à falaises et l'analyse de la cinématique des côtes d'accumulation (plages de sables ou de galets), permettant de déterminer leur tendance à l'érosion ou à l'accrétion.

Cette partie intègre également le **recensement des tempêtes ou événements dommageables à la côte** pour les trois départements en faisant la synthèse de données déjà existantes.

L'analyse porte sur **2 070 km de côtes**. Ainsi, pour faciliter la lecture, les données sont regroupées en neuf compartiments distincts nommés : Baie du Mont-Saint-Michel, la Côte d'Émeraude, la Baie de Saint-Brieuc, la côte du Trégor-Goélo, les côtes du Nord-Finistère, l'Iroise, la Baie d'Audierne et les côtes du Sud-Finistère.

L'ensemble des données issues des parties synthèse bibliographique et acquisition de terrain a été **géoréférencé**, et un **Système d'Information Géographique (SIG)** a été créé pour une meilleure utilisation future. L'échelle de validité est celle du **1/15 000**.



## **Chapitre 4 - COMPARTIMENT 3**

### ***Baie de Saint-Brieuc***



## Sommaire

<b>1. Baie de Saint-Brieuc : Présentation .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. GÉOGRAPHIE « HUMAINE » .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2. PORTS PRINCIPAUX .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3. ARRÊTÉS DE CATASTROPHES NATURELLES ET PLAN DE PRÉVENTION         DES RISQUES NATURELS LITTORAUX (PPRNL) .....</b>	<b>21</b>
<b>1.4. GÉOMORPHOLOGIE ET GÉOLOGIE LITTORALE .....</b>	<b>22</b>
<b>2. Paramètres / Agents hydrodynamiques .....</b>	<b>31</b>
2.1. LA MARÉE.....	31
2.2. ÉTAT DE MER (VAGUES, HOULES ET NIVEAUX EXTRÊMES).....	33
2.2.1. La Houle (et les vagues).....	33
2.2.2. Niveaux extrêmes : surcotes et décotes .....	34
2.3. LES VENTS.....	38
<b>3. Analyse historique des aléas littoraux .....</b>	<b>39</b>
3.1. RISQUE NATUREL : QUELQUES RAPPELS.....	39
3.1.1. Les aléas .....	39
3.1.2. Les enjeux.....	39
3.1.3. Les risques.....	39
3.1.4. La vulnérabilité .....	39
3.2. L'ÉROSION LITTORALE ET LA SUBMERSION MARINE EN BAIE DE SAINT- SAINT-BRIEUC .....	40
3.2.1. Avant-propos.....	40
3.2.2. Les points en érosion, submersion etc. sur le compartiment C3.....	41
3.2.3. Les linéaires en érosion ou en accrétion du compartiment C3.....	47
3.2.4. Les Surfaces submergées sur le compartiment C3 .....	53
<b>4. Acquisitions de terrain (géomorphologie, prédisposition à l'érosion et     cinématique du trait de côte) .....</b>	<b>57</b>
4.1. « GÉOMORPHOLOGIE » DU TRAIT DE CÔTE .....	57
4.1.1. Éléments de méthodologie .....	57
4.1.2. La « géomorphologie » du trait de côte des trois départements.....	62
4.2. PRÉDISPOSITION À L'ÉROSION DES CÔTES À FALAISES .....	66
4.2.1. Le levé de terrain ayant trait à l'érosion .....	66
4.2.2. Synthèse des éléments relevés lors de la phase terrain .....	69
4.2.3. Les critères d'évaluation de la prédisposition des côtes rocheuses à l'érosion .....	81
4.2.4. La prédisposition à l'érosion des falaises littorales .....	84

4.3. LES COTES D'ACCUMULATION.....	90
4.3.1. INTRODUCTION.....	90
4.3.2. METHODOLOGIE.....	91
4.3.3. CINEMATIQUE DU TRAIT DE COTE DU COMPARTIMENT C3.....	94
<b>5. Évènements tempétueux dommageables.....</b>	<b>99</b>
5.1. INTRODUCTION.....	99
5.2. MÉTHODOLOGIE.....	99
5.2.1. La Base de Donnée de l'UBO (Université Bretagne Occidentale).....	99
5.2.2. Les évènements recensés lors de PPRL.....	99
5.2.3. Création d'un format pour une base de données commune.....	100
5.2.4. Établissement de fiches récapitulatives.....	101
5.3. ANALYSE DES RÉSULTATS.....	102
5.4. RÉPARTITION DES ÉVÈNEMENTS UR LE COMPARTIMENT C3.....	105
<b>6. Synthèse &amp; conclusions.....</b>	<b>113</b>
<b>7. Bibliographie &amp; webographie.....</b>	<b>115</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc.....	13
Illustration 2 : En haut, vue panorama depuis la bordure orientale de la baie (la Cotentin, regard vers l'ouest) ; en bas, vue panorama depuis la bordure occidentale de la baie (Saint-Quay-Portrieux, regard vers l'est).....	14
Illustration 3 : Communes de la Baie de Saint-Brieuc (en rouge plein : Trait de côte SHOM-IGN HistoLittV2.0, en noir : le bâti (BD Bati IGN). .....	15
Illustration 4 : Classe de population pour les communes du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc (Source INSEE, 2009).....	16
Illustration 5 : Indice de vieillissement pour les communes du compartiment C3 : Baie de Saint Brieuc (Source INSEE : 2009).....	17
Illustration 6 : Rapport résidences secondaires/logements principaux pour les communes du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc (Source INSEE, 2010).....	18
Illustration 7 : Carte de localisation des ports du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc (Source RefMar2013 du SHOM). .....	20
Illustration 8 : Références Altimétriques Maritimes pour les sites de la zone de marée des abords de Saint-Malo et de la Baie de Saint Brieuc (Source RefMar2013 du SHOM). .....	20
Illustration 9 : Arrêtés de catastrophes naturelles « littoraux » pour les communes de la Baie de Saint-Brieuc (Source GASPARD ; prim.net ). .....	22
Illustration 10 : Extrait de la carte géologique au 1/1 000 000 (éd. BRGM) du Compartiment C3 : 1 : intrusions granitiques, 2 : migmatites, paragneiss et micaschistes de Saint-Malo, 3 : schistes, grès et phanites du briovérien, 4 : tonalites, diorites et gabbros, 5 : séries sédimentaires camvro-ordociennes : grès armoricains. ....	24
Illustration 11 : Géomorphologie et bathymétrie du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc.....	26

Illustration 12 : A gauche, fond de la baie de Saint-Brieuc, abrité de la houle dominante par la pointe du Roselier au nord-ouest de l'image ; à droite, plage de Bon-abri, Anse de Morieux (Source : Google 2012).....	27
Illustration 13 : À gauche, Anse du Palus ; à droite, la flèche sableuse des Sables d'Or, largement anthropisée (Source : Google 2012). .....	28
Illustration 14 : Les fonds marins de la Baie de Saint-Brieuc vue depuis la terre (Augris et al.,1996). .	29
Illustration 15 : Amplitude du marnage en Bretagne (d'après les données du SHOM).....	31
Illustration 16 : Représentation du flot, du jusant et de la houle dans la Baie de Saint-Brieuc (Augris et al.,1996).....	32
Illustration 17 : Roses des courants en vive-eau (surface) en différents points de la côte (L.C.H.F. 1987).....	32
Illustration 18 : Rose des houles annuelles à l'entrée du Compartiment C3 pour un nœud du modèle ANEMOC, et résultantes associées (période 1979-2002) (Source Dehouck, 2006, dans Stéphan, 2009).....	33
Illustration 19 : Saisonnalité des conditions de houle, au large du Sillon de Talbert (période 1979-2002) (Stéphan., 2009). .....	34
Illustration 20 : Résultats des statistiques pour le port de Saint-Malo par rapport à l'IGN 69, en haut - hauteur d'eau, en bas - surcote/decote (© CETMEF/SHOM 2012). .....	35
Illustration 21 : Carte des niveaux extrêmes de pleine mer sur une période de retour de 10, 50 et 100 ans (SHOM et CETMEF, 2012).....	36
Illustration 22 : Illustration de la surcote de pleine mer et de la décote de basse mer (CETMET/SHOM, 2012). .....	37
Illustration 23 : Période de retour des surcotes de pleine-mer à Saint-Malo par rapport à l'IGN 69, en gras valeurs expérimentales ; en pointillés ajustement statistique (© CETMEF/SHOM 2012). .....	37
Illustration 24 : Répartition des directions et force des vents, a gauche - en février ; à droite - en juillet, entre 1950-1959, à Bréhat (d'après Bellessort et Migniot., 1987). .....	38
Illustration 25 : Schéma synthétique des définitions d'aléas, enjeux et risques (COCORISCO). .....	39
Illustration 26 : Champs attributaires associés aux données d'aléa littoraux saisies : à gauche : les ponctuels, au milieu : les linéaires et à droite : les surfaciques.....	41
Illustration 27 : Extrait de l'étude du Laboratoire de géomorphologie marine de Dinard, géomorphologie du trait de côte et relevés ponctuels (Bonnot-Courtois et Lançon, 2004).....	43
Illustration 28 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C3.....	44
Illustration 29 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C3.....	45
Illustration 30 : Évolution de la largeur de l'estran depuis fin XVIII <sup>e</sup> (modifié d'après Bousquet-Brousselier et Bonnot-Courtois, 1998). .....	49
Illustration 31 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C3.....	50
Illustration 32 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C3.....	51
Illustration 33 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C3.....	52
Illustration 34 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux surfaciques du compartiment C3.....	54
Illustration 35 : Carte d'aléa submersion marine Pour les commune de Paimpol - Ploubazlanec (PPRNI Paimpol-Ploubazlanec, LRPC 2008).....	55
Illustration 36 : Sources composants le trait de côte HistolittV2.0 pour la Bretagne.....	58
Illustration 37 : Schéma de principe de caractérisation du trait de côte.....	58

Illustration 38 : Patchwork des cartes géologiques au 1/50 000 pour les trois départements concernés (en rouge : harmonisation de l'Ille-et-Vilaine ; en rose : des Côtes-d'Armor et en bleu : du Finistère ; en surcharge : harmonisation des trois départements).....	59
Illustration 39 : Minute de terrain au niveau de Camaret-sur-Mer (29).....	60
Illustration 40 : Module de Young et coefficient de Poisson pour quelques familles de roches (Mestat, 1993).....	61
Illustration 41 : Ordre de résistance des minéraux à l'altération (Goldich, 1938).....	62
Illustration 42 : Synthèse du linéaire côtier étudié pour les départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère.....	62
Illustration 43 : Tableau des formations géologiques littorales simplifiées des côtes rocheuses des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère (sont présents les linéaires altérés, sains et érodés).....	63
Illustration 44 : linéaire en kilomètre des différents linéaires de cotes rocheuses.....	64
Illustration 45 : Tableau des formations géologiques littorales simplifiées des côtes meubles des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère (sont présents les linéaires altérés, sains et érodés).....	66
Illustration 46 : GPS © Trimble Juno3B.....	67
Illustration 47 : Dictionnaire d'attributs réalisé pour cette étude.....	68
Illustration 48 : Schéma de principe d'un glissement de terrain (Landevennec, 29).....	69
Illustration 49 : Schéma de principe d'un glissement banc sur banc (A : Binic, 22 ; B : Cap à la Chèvre, 29).....	70
Illustration 50 : Schéma de principe d'un glissement de dièdres (A : Kerfany, 29 ; B : Plouha, 22).....	70
Illustration 51 : Schéma de principe d'un éboulement/Chute de blocs (A : Pointe du Van, 29 ; B : Planguenoual, 22).....	71
Illustration 52 : Ravinement important des formations superficielles composées de sols sombres épais (1 m) sur un manteau latéritique (Cap à la Chèvre, 29).....	71
Illustration 53 : Sous-cavage (A : secteur Saint-Coulomb, 35 ; B : Plouha, 22).....	72
Illustration 54 : Effondrement sur la bordure nord de l'anse de Dinan (Camaret, 29).....	72
Illustration 55 : A : Glissement de terrain en tête de falaise sur la base des altérites meubles (Cap à la Chèvre, Crozon 29) ; B : Glissement le long de failles orientées vers le vide et formation de cavité dans la zone d'action des vagues (Morgat, Crozon 29) ; C : Erosion différentielle et formation de boutonnières d'érosion (Pointe de Pen Hir, Camaret 29) ; D : Bloc glissé de plusieurs milliers de m <sup>3</sup> , entre Camaret et la pointe des Espagnols (29), suivant un plan N150 satellite de la faille Kerforne.....	74
Illustration 56 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	76
Illustration 57 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	77
Illustration 58 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	78
Illustration 59 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	79
Illustration 60 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	80
Illustration 61 : Tableau d'attribution des notes du degré d'altération pour les formations géologiques littorales.....	82
Illustration 62 : Tableau d'attribution des notes du degré d'érosion pour les formations géologiques littorales.....	83

Illustration 63 : Tableau d'attribution des notes en fonction de la densité de mouvements de terrain (nombre de mouvements de terrain par kilomètre linéaire pour chaque formation géologique littorale).....	83
Illustration 64 : Tableau d'attribution des notes en fonction de la densité cavités (nombre de cavités par kilomètre linéaire pour chaque formation géologique littorale). ....	84
Illustration 65 : Note finale de prédisposition à l'érosion des formations géologiques littorales des départements de l'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère.....	85
Illustration 66 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C3. ....	86
Illustration 67 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C3. ....	87
Illustration 68 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C3. ....	88
Illustration 69 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C3. ....	89
Illustration 70 : En haut : physionomie des plages selon l'exposition : A. plage de fond de baie - B. plage ouverte - C. plage d'estuaire - D. plage de poche ; plage adossée - B. cordon dunaire - C. forme fuyante. ....	91
Illustration 71 : Limite de trait de côte retenue : A et B. limite de la végétation dunaire - C. sommet ou pied de falaise - D. pied de l'aménagement de protection. ....	92
Illustration 72 : Campagnes photographiques disponibles. ....	93
Illustration 73 : Principe du Digital Shoreline Analysis System. ....	94
Illustration 74 : Synthèse du linéaire côtier de la zone d'étude.....	94
Illustration 75 : Évolution et caractérisation des côtes meubles du compartiment C3. ....	96
Illustration 76 : Synthèse de la géomorphologie des côtes meubles du trait de côte du compartiment C3. ....	97
Illustration 77 : Champs créés pour chaque évènement tempétueux dommageable : à gauche : leur thématique, à droite : le nom de chaque champ. ....	101
Illustration 78 : En haut : nombres de tempêtes par décennie ; à droite : Nombre de tempêtes par saison enfin en bas : nombre de tempêtes par mois de d'année par compartiments.	103
Illustration 79 : En haut : nombre de tempêtes par département, en bas : nombre de tempête. ....	104
Illustration 80 : En haut : type d'aléa avant et après 1950 - en bas : type d'aléa par tempêtes. ....	105
Illustration 81 : Photographies de l'évènement du 6 avril 1962. ....	107
Illustration 82 : Carte synthétique des évènements dommageables pour le compartiment C3. ....	108
Illustration 83 : Carte synthétique des évènements dommageables pour le compartiment C3. ....	109
Illustration 84 : Carte synthétique des évènements dommageables pour le compartiment C3. ....	110
Illustration 85 : Carte synthétique des évènements dommageables pour le compartiment C3. ....	111



## 1. Baie de Saint-Brieuc : présentation

Le compartiment C3 correspond dans son intégralité à la Baie de Saint-Brieuc. C'est une échancrure de la côte nord bretonne formant un angle droit qui termine le golfe normano-breton à l'ouest de la Baie du Mont-Saint-Michel. Elle appartient au département des Côtes-d'Armor, depuis à l'est, le Cap Fréhel et à l'ouest le Sillon de Talbert.

D'une surface de 800 km<sup>2</sup>, sa bordure orientale est N050 environ alors que sa bordure occidentale est N150, mais les deux sont soulignés par des falaises rocheuses entrecoupées de petites baies de sable et galets (Erquy, Morieux, les Rosaires ou encore Lanloup). En fond de baie, elle est alimentée en eaux douces par des fleuves côtiers, profondément encaissés surtout sur la bordure occidentale (l'Ic, le Goëlo, le Légué et plus au nord le Trieux), et par des vallées moins prononcées sur la partie occidentale (le Gouessant et l'Islet).

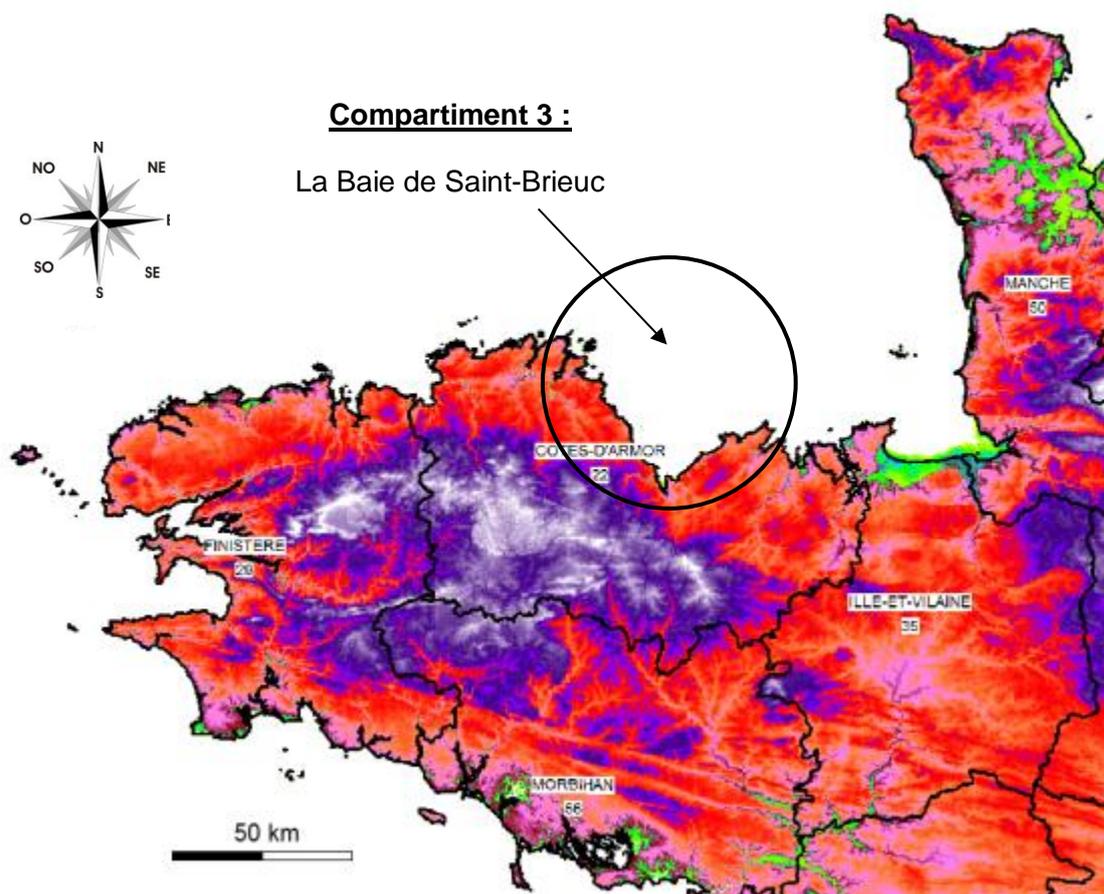


Illustration 1 : Localisation du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc.

Perchée au fond de la baie, à laquelle elle donne son nom, Saint-Brieuc, la ville des vallées et des ponts, avec son port de marchandises du Légué, est la principale ville du compartiment C3.



*Illustration 2 : En haut, vue panorama depuis la bordure orientale de la baie (la Cotentin, regard vers l'ouest) ; en bas, vue panorama depuis la bordure occidentale de la baie (Saint-Quay-Portrieux, regard vers l'est).*

## 1.1. Géographie « humaine »

La baie de Saint-Brieuc propose 500 km de côtes depuis l'archipel de Bréhat, en passant par sa côte de Granite Rose, jusqu'au Cap Fréhel.

Le découpage préalable des côtes bretonnes en compartiments, lui attribue 24 communes littorales, soit un espace d'environ 440 km<sup>2</sup> et plus de **120 000** habitants (données de l'INSEE, 1999). Les communes en retrait par rapport au trait de côte et sur lequel les mouvements de terrain où la vivacité des falaises, étaient quasi inexistantes, n'ont pas été intégrées à ce compartiment.

La ville de Saint-Brieuc est la ville la plus peuplée avec **46 000** habitants environ et est préfecture du département des Côtes-d'Armor (22).

De façon générale, les communes, dont la façade littorale est composée de falaises, ont une urbanisation en retrait par rapport au trait de côte. Ainsi les bourgs anciens (les centres historiques) sont situés au centre de l'aire communale, seul les développements récents sont allés chercher une vue sur la mer. En revanche, les communes dont la façade littorale présente un exutoire de cours d'eau important ou une côte basse (dure comme meuble), ont développé un centre historique portuaire (proche de la mer), et avec ces ports liés à une activité économique du secteur primaire (pêche par exemple), se sont développés à leur périphérie des quartiers d'habitation dans des secteurs bas (inondables) (Illustration 3).

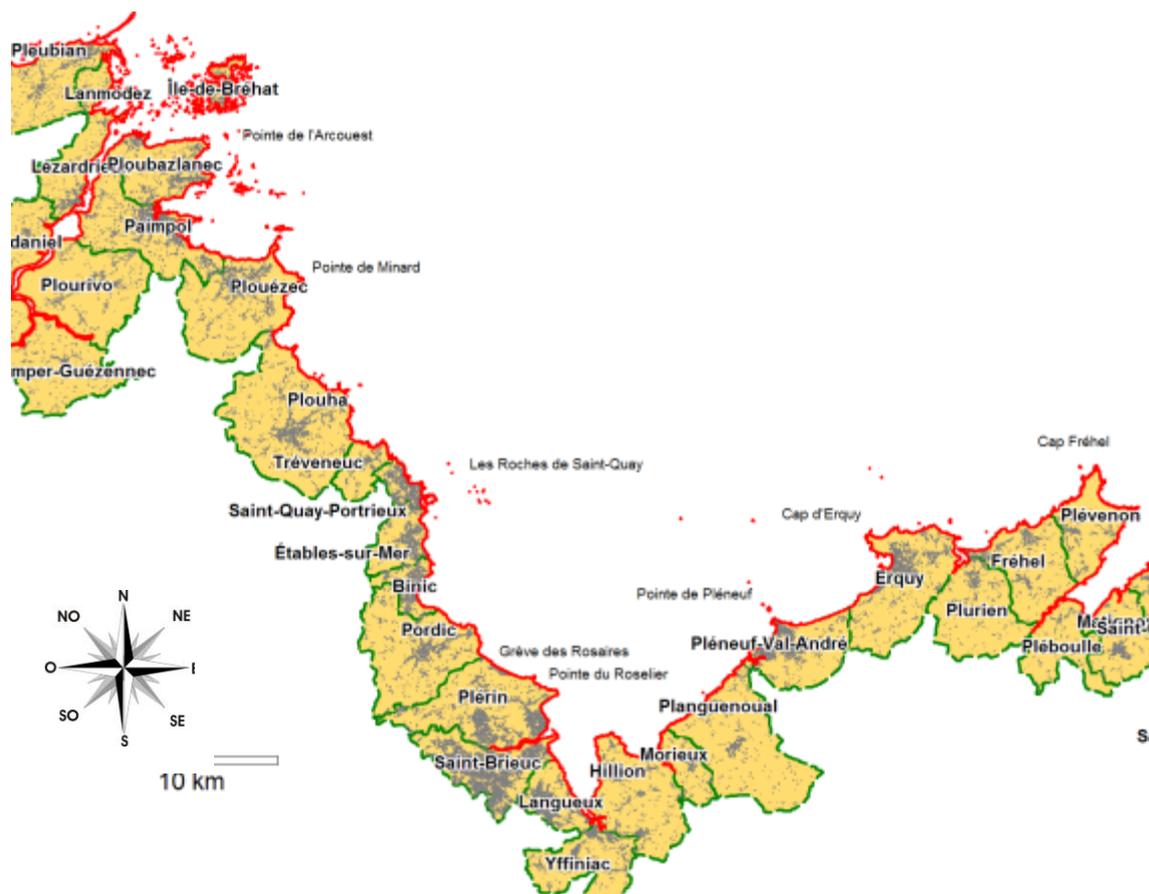


Illustration 3 : Communes de la Baie de Saint-Brieuc (en rouge plein : Trait de côte SHOM-IGN HistoLittV2.0, en noir : le bâti (BD Bati IGN).

D'un de vue de la répartition des habitants, les communes les plus habitées sont celles drainées par l'activité économique de l'agglomération briochine : Langueux, Plérin et Pordic (Illustration 3).

Plérin est dans la tranche 10 00 à 45 000 habitants alors Langueux et Pordic sont dans la tranche 5 00 à 10 000 habitants. Ces communes sont accompagnées par Paimpol au Nord du compartiment (Illustration 4).

Les autres communes sont dans les tranches 0 à 2 000 et 2 000 à 5 000 habitants. Ce sont de petites communes avec parfois de grandes superficies comme Plouha par exemple ou encore Planguenoual.

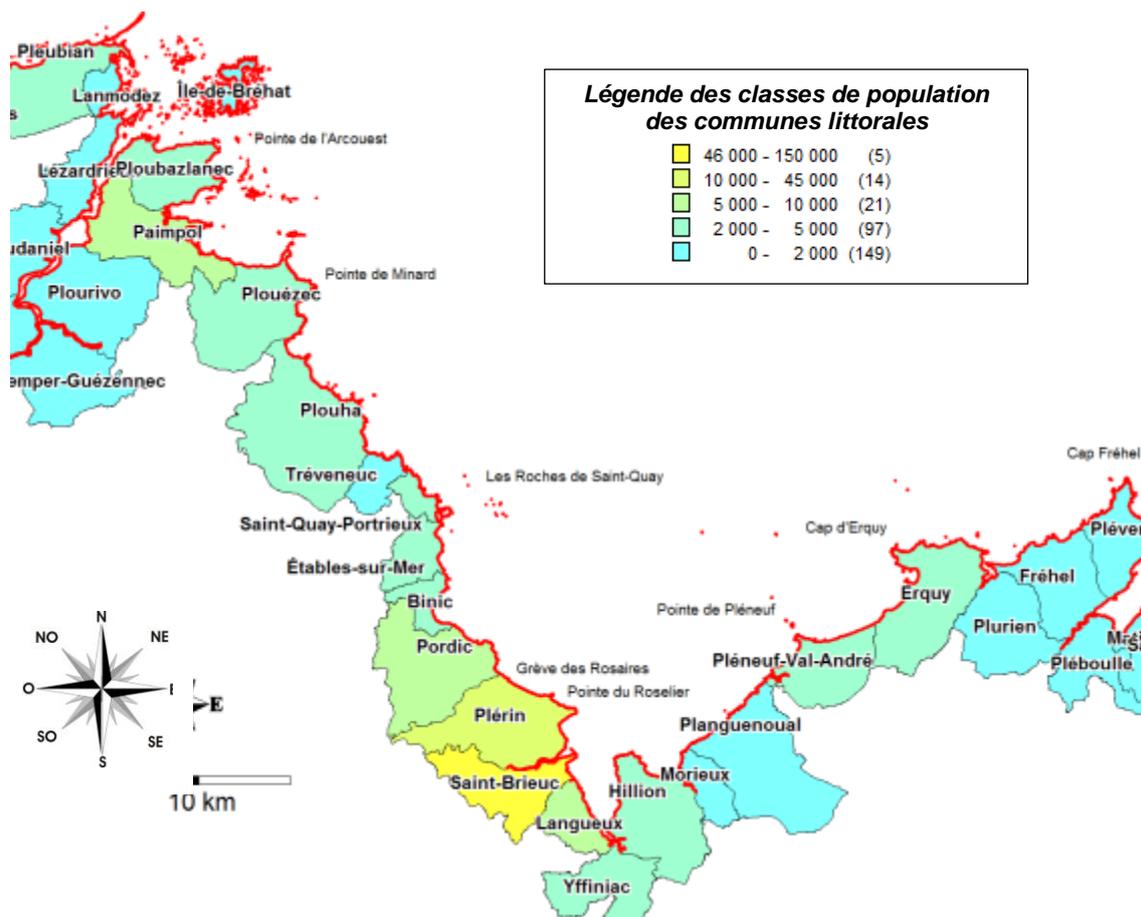


Illustration 4 : Classe de population pour les communes du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc (Source INSEE, 2009).

En ce qui concerne, la répartition des âges de la population, l'indice de vieillissement : rapport entre la population des plus de 65 ans et plus et celle des moins de 20 ans, montre que :

- les communes du fond de la baie (8 sur les 24), ont des indices de vieillissement, inférieurs à 100, montrant des populations vieillissantes, il s'agit de Pordic, Plérin, Saint-Brieuc, Langueux, Yffiniac, Hillion, Morieux et Planguenoual. C'est aussi le cas pour celle de Tréveneuc sur la bordure occidentale où onze communes ont des indices de vieillissement compris entre 100 et 200, montrant des populations dans lesquelles les moins de 20 ans sont légèrement supérieurs aux 65 ans. Il s'agit du nord au sud des communes de Lanmodez, Île-de-Bréhat, Lézardrieux, Ploubazlanec, Paimpol, Plouézec, Saint-Quay-Portrieux, Etables-sur-Mer, Binic, Plurien et Fréhel (Illustration 5) ;
- enfin quatre communes, Pleubian, Plouha, Pléneuf-Val-André et Erquy ont des indices de vieillissement compris entre 200 et 400, montrant des populations relativement jeunes (Illustration 5) ;
- la commune avec la population la plus jeune est, comme pour le compartiment C2 adjacent, celle de Plévenon, avec un indice de vieillissement supérieur à 400 (Illustration 5).

À l'échelle de la baie, la classe d'âge des 45-59 ans est celle qui représente un effectif de population le plus important, mais toutes les classes d'âges sont relativement homogènes à l'exception des 90 ans et plus.

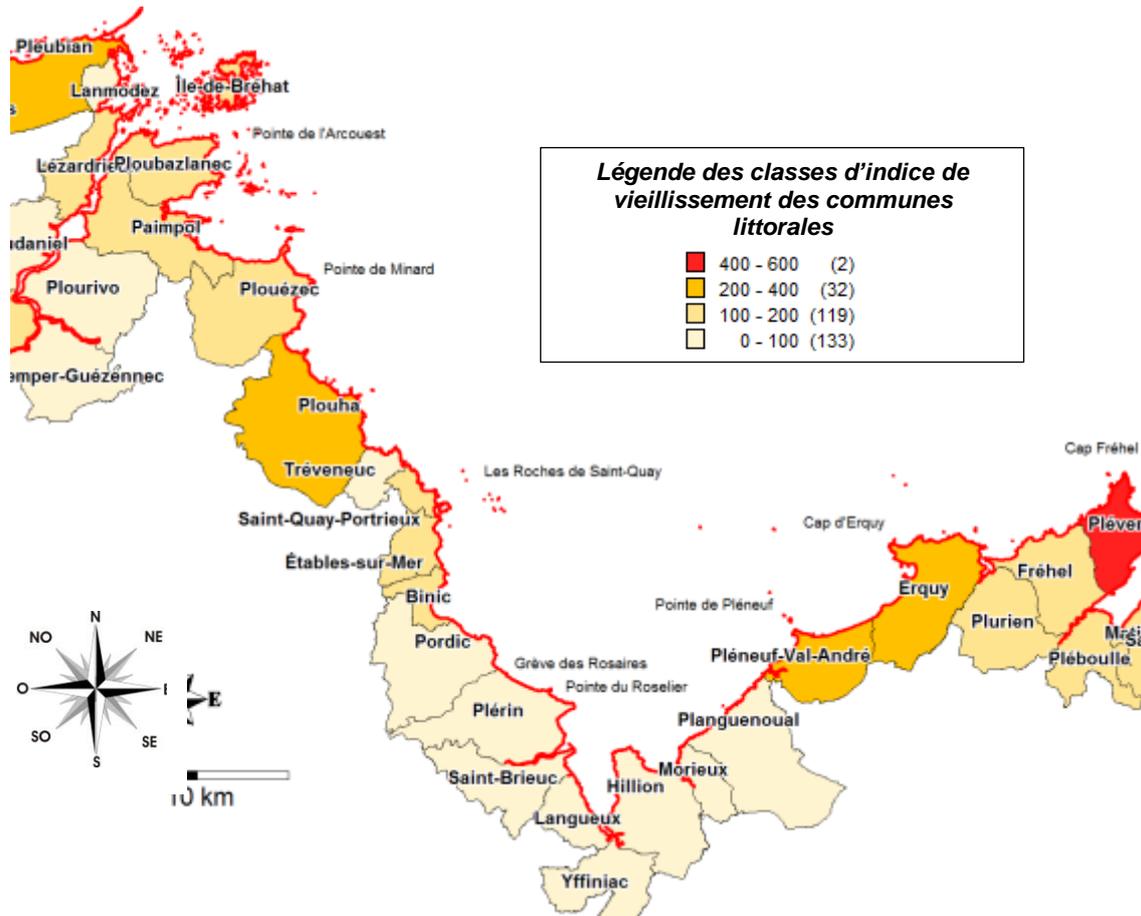


Illustration 5 : Indice de vieillissement pour les communes du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc (Source INSEE : 2009).

Pour les communes littorales, la répartition de sa population annuelle peut fortement varier d'une saison à l'autre. Le littoral a ainsi une recrudescence de sa fréquentation à la belle saison mais aussi pendant les périodes de vacances coupant les cycles scolaires annuels.

Ainsi le rapport entre le nombre des résidences secondaires et les résidences principales peut être un indicateur de l'amplitude de ces variations saisonnières.

On remarque que l'agglomération briochine est un secteur sur lequel la population sera annuellement assez homogène. Ce qui est en accord avec le fait qu'elle est un pôle économique de cette partie de la Bretagne. En revanche, les communes littorales et notamment, les communes de Fréhel, Erquy et Pléneuf-Val-André pour la bordure orientale de la baie, sont des communes où les résidences secondaires sont les plus importantes. Cette tendance se retrouve sur les autres communes, hormis pour Paimpol (Illustration 6)

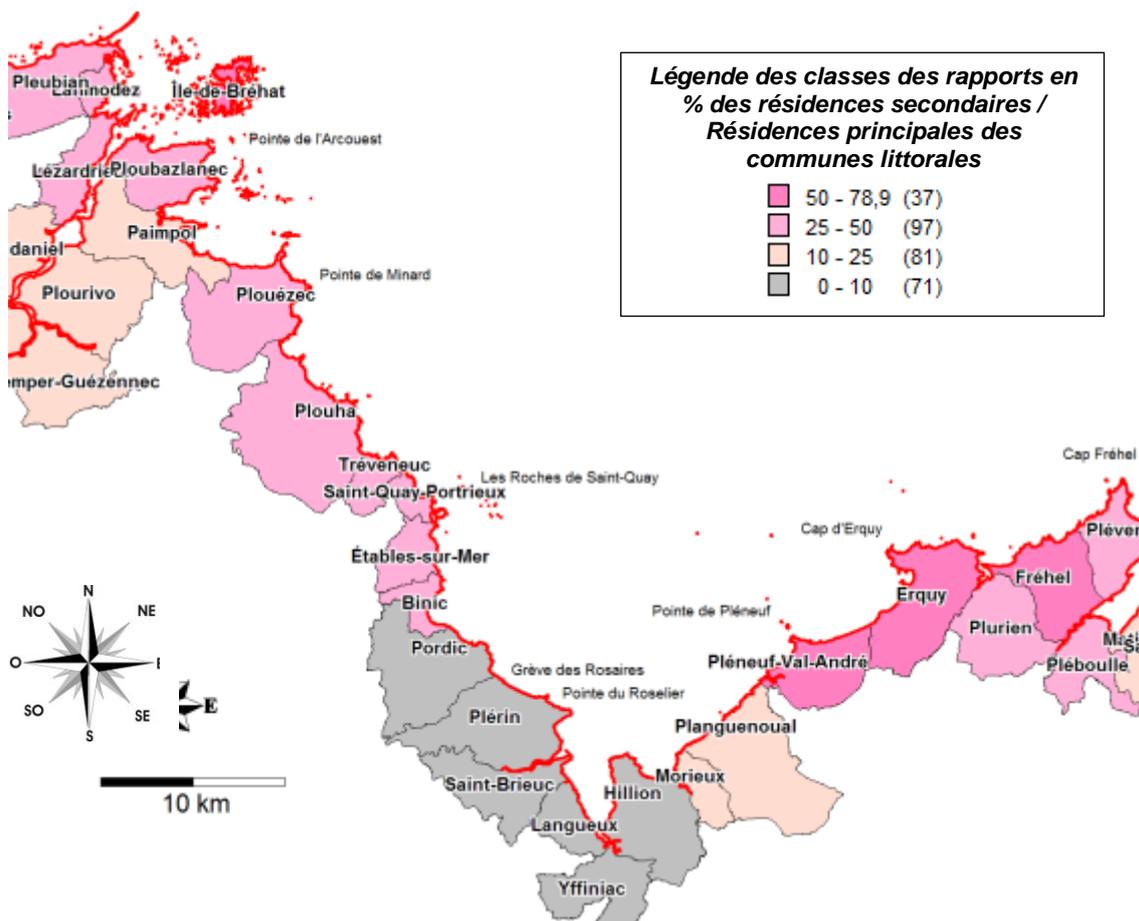


Illustration 6 : Rapport résidences secondaires/logements principaux pour les communes du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc (Source INSEE, 2010).

Concernant la cohérence territoriale de la baie de Saint-Brieuc, le Pays de Saint-Brieuc comporte sept Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI), dont quatre d'entre eux, ont 4 des 14 communes littorales.

Les 4 EPCI sont :

- la communauté de communes (CDC) Côte de Penthièvre dont les communes littorales sont : Erquy, Planguenoual, Pléneuf-Val-André, Plurien ;
- la Lamballe communauté : Morieux ;
- Saint-Brieuc agglomération : Hillion, Yffiniac, Langueux, Plérin, Pordic, Saint-Brieuc ;
- et la CDC Sud-Goëlo : Binic, Etables-sur-Mer, Saint-Quay-Portrieux, Treveneuc.

Le Pays de Saint-Brieuc a un caractère littoral confirmé avec 310 km de côte selon la DREAL de Bretagne, et doit donc remplir une fonction identitaire et économique sur son territoire. Mais pour affirmer ces fonctions, il faut également répondre à un équilibre entre développement et protection de l'environnement dont le littoral fait parti.

Le Pays de Saint-Brieuc possède donc un Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) qui a été approuvé en janvier 2008 et dont son Document d'Orientations Générales (DOG) définit des mesures afin de conjuguer protection durable des espaces littoraux et développement. Le DOG a défini une liste des communes littorales concernées par les risques littoraux.

Les autres communes de la baie de Saint-Brieuc sont, Plouha qui fait partie de la communauté de Communes Lanvollon-Plouha ; Plouézec, Île-de-Bréhat et Paimpol de la

communauté de Communes de Paimpol-Goëlo ; et Ploubazlanec qui fait partie de la communauté de Communes de Ploubazlanec.

Le Pays de Guingamp (avec environ 11 km de littoral) possède un SCoT qui a été approuvé en juin 2007. Bien que le Pays ne possède qu'une commune littorale (Plouha), le risque érosion littorale est pris en compte afin de le limiter. La protection de l'environnement et en particulier les espaces naturels remarquables sur le littoral, est une des orientations du DOG du Pays de Guingamp.

Concernant le SCoT Pays de Trégor-Goëlo (dont les côtes s'étendent sur 180 km), ce dernier est en cours de réalisation.

## **1.2. Ports principaux**

Comme pour la Côte d'Émeraude, le port de Saint-Malo reste le port de référence principal. Il est accompagné par douze sites ou ports de référence secondaires, qui sont d'est en ouest : Erquy, Daouhet, le Légué (Port et Bouée), Binic, Saint-Quay-Portrieux, Bréhec, Paimpol, Île-de-Bréhat, Lézardrieux, Les Héaux de Bréhat et enfin Les Roches Douvres au large de la Baie.

Le port de Saint-Malo est port de référence car il est le port, possédant un observatoire permanent de mesure de la marée et des données marégraphiques le plus ancien (Illustration 7).

Dans ces ports secondaires comme dans celui de référence, il est possible de connaître la côte altimétrique en IGN69 (référence altimétrique nationale) du zéro hydrographique (niveau des plus basses mers) ZH/Ref (Illustration 8).

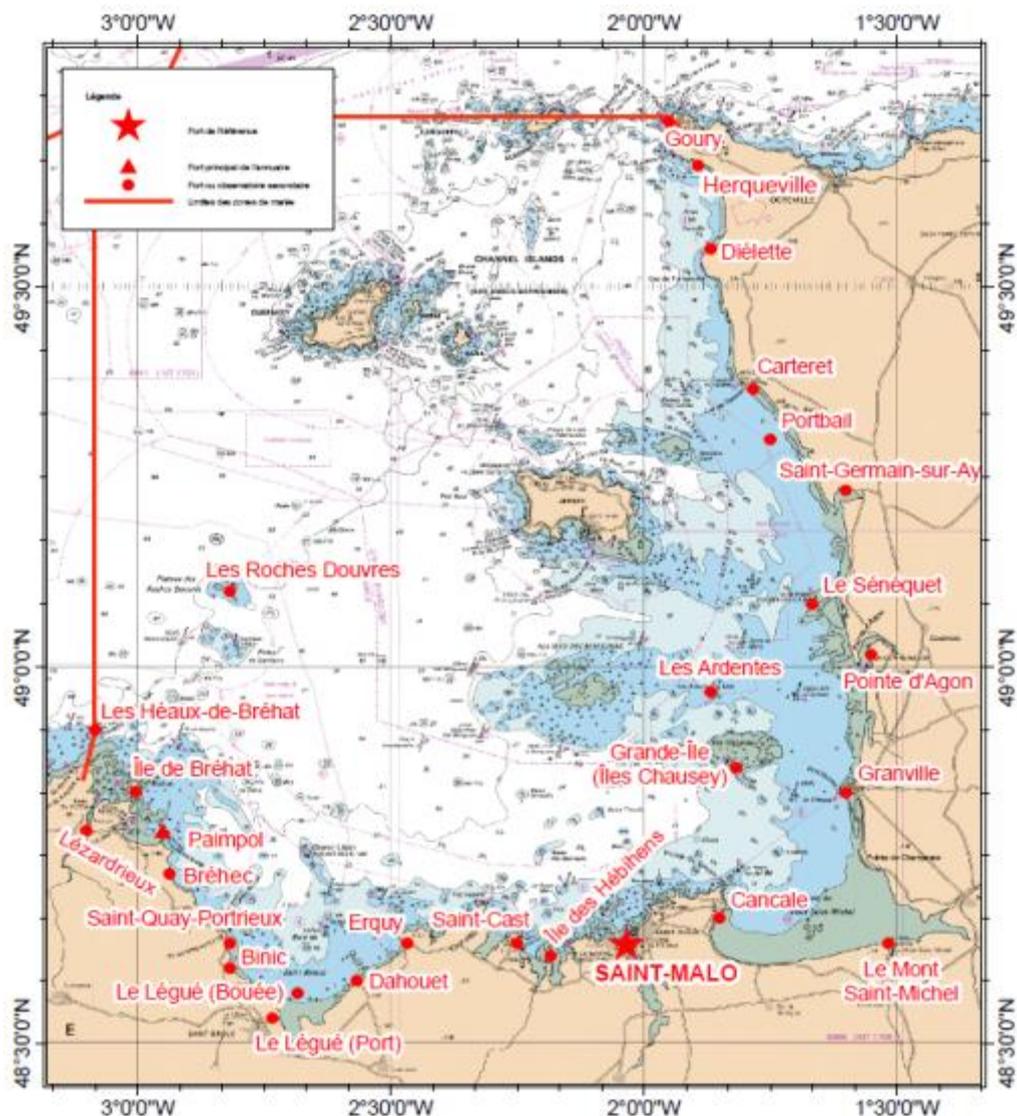


Illustration 7 : Carte de localisation des ports du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc (Source RefMar2013 du SHOM).

Nom	Repère fondamental				Organisme	Date	ZH/RF	RF/Ref	ZH/Ref	ZHGRS80	Ref
Saint-Malo	N.Q.K3L3-45				IGN	1985	14.485	8.196	-6.289	41.98	IGN69
Erquy <sup>6</sup>	S	48 38 N	02 28 W		12.91	11.60	08.85	06.51	04.20	01.50	00.13
Dahouet	S	48 35 N	02 34 W		12.64	11.30	08.65	06.32	04.00	01.35	-0.06
Le Ligué (Bouée)	S	48 34 N	02 41 W		12.66	11.45	08.80	06.46	04.05	01.45	00.07
Le Ligué (Port) <sup>2</sup>	S	48 32 N	02 44 W			11.55	08.95				
Binic <sup>1</sup>	S	48 36 N	02 49 W		12.81	11.40	08.65	06.35	04.00	01.35	00.00
Saint-Quay-Portrieux <sup>1</sup>	S	48 38 N	02 49 W	5.85	2010	12.58	11.35	08.65	06.37	04.05	01.45
Brehec <sup>2</sup>	S	48 44 N	02 57 W	5.81	2010	12.45	11.20	08.60	06.37	04.10	01.55
Paimpol	P	48 47 N	02 57 W	5.83		11.92	10.80	08.40	06.09	03.85	01.40
île de Bréhat <sup>1</sup>	S	48 50 N	03 00 W		2007	11.68	10.55	08.20	05.95	03.75	01.35
Les Roches Douvres	S	49 06 N	02 49 W			10.80	09.80	07.65	05.52	03.55	01.35
Les Héaux-de-Bréhat <sup>2</sup>	S	48 55 N	03 05 W			11.01	09.95	07.75	05.70	03.60	01.40
Lézardrieux <sup>1</sup>	S	48 47 N	03 06 W		2007	11.59	10.50	08.05	05.90	03.75	01.35

Illustration 8 : Références Altimétriques Maritimes pour les sites de la zone de marée des abords de Saint-Malo et de la Baie de Saint Brieuc (Source RefMar2013 du SHOM).

### 1.3. Arrêtés de catastrophes naturelles et Plan de Prévention des Risques Naturels Littoraux (PPRNL)

L'analyse de la base de données des arrêtés de catastrophes naturelles GASPARE, téléchargée durant l'été 2012, montre qu'il existe 58 arrêtés de catastrophes naturelles ayant pour description de façon univoque un aléa littoral, c'est-à-dire un arrêté intitulé : Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues ou Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues.

Quatre communes : Plérin (5), Plouha (4), Paimpol (4) et Pléneuf-Val-André (4) sont des communes avec au moins 4 à 5 arrêtés et dont les intitulés sont : « Chocs mécaniques liés à l'action des vagues » ; « Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues » ; « Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues » et « Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues ». Les débuts de ces périodes respectives de ces arrêtés sont les : 26 février 1990, 16 octobre 1993, 19 février 1996, 25 décembre 1999, 13 mars 2008 et enfin 27/28 février 2010.

Les douze communes ayant deux à trois arrêtés sont les communes de : Binic, Île-de-Bréhat, Languieux, Lézardieux, Fréhel, Ploubazlanec, Plouézec, Pordic, Saint-Brieuc, Saint-Quay-Perros, Saint-Quay-Portrieux et Yffiniac. Les arrêtés de catastrophes naturelles ont les mêmes intitulés que ceux précédemment cités et les mêmes dates de début.

Enfin les communes qui suivent, ne sont concernées que par un seul arrêté, celui de l'évènement du 25 décembre 1999. Il s'agit de : Coëtmioux, Erquy, Étables-sur-Mer, Hillion, Morieux, Planguenoual, Plestin-les-grèves, Pleudaniel, Plouëzal, Plourivo, Plurien, Pontrieux, Quimper-Guézennec, Saint-Alban et Tréveneuc.

L'ensemble des arrêtés sont résumés et synthétisés dans le tableau ci-dessous (Illustration 9), tirés de la base données GASPARE du MEDDE ([www.prim.net](http://www.prim.net)).

Un autre arrêté de catastrophe naturelle intitulé : « Tempête », existe pour le compartiment C3 et dont l'ensemble des communes sont concernées, pour l'évènement du 15 octobre 1987. Ce jour-là, le niveau de mer théorique était de 8.39 m pour un coefficient de 25. La tempête de 1987, fut l'une des plus importantes tempêtes que la péninsule bretonne ait essuyée.

À l'heure actuelle, sur ce compartiment, les communes de Saint-Brieuc, Hillion, Languieux, Plérin et Yffiniac, ont un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) prescrits et il existe un PPRLI (Risques Littoraux et Inondations) pour le fond de baie de Saint-Brieuc, prescrit le 23 juin 2011.

LIB_COMMUNE	LIB_RISQUE_JO	DAT_DEB	DAT_FIN	DAT_PUB_ARRETE	DAT_PUB_JO
Binic	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Binic	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Binic	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	28/02/2010	28/02/2010	10/05/2010	13/05/2010
Île-de-Bréhat	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Île-de-Bréhat	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Coëtmiex	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Erquy	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Etales-sur-Mer	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Hillion	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Langueux	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Langueux	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	28/02/2010	28/02/2010	10/05/2010	13/05/2010
Lézardrieux	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Lézardrieux	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	11/09/2008	16/09/2008
Morieux	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Paimpol	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Paimpol	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Paimpol	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Paimpol	Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	28/02/2010	01/03/2010	30/03/2010	02/04/2010
Planguenoual	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Fréhel	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Fréhel	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Pléneuf-Val-André	Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	27/02/2010	28/02/2010	30/03/2010	02/04/2010
Pléneuf-Val-André	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Pléneuf-Val-André	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Pléneuf-Val-André	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Plérin	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Plérin	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	27/02/2010	28/02/2010	30/03/2010	02/04/2010
Plérin	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	26/02/1990	28/02/1990	14/05/1990	24/05/1990
Plérin	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Plérin	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	16/10/1993	17/10/1993	08/03/1994	24/03/1994
Plestin-les-Grèves	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Pleudaniel	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Ploëzal	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Ploubazlanec	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Ploubazlanec	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Plouézec	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Plouézec	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Plouézec	Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	27/02/2010	28/02/2010	30/03/2010	02/04/2010
Plouha	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Plouha	Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	27/02/2010	28/02/2010	30/03/2010	02/04/2010
Plouha	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Plouha	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	16/10/1993	17/10/1993	08/03/1994	24/03/1994
Plourivo	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Plurien	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Pontrieux	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Pordic	Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	27/02/2010	28/02/2010	30/03/2010	02/04/2010
Pordic	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Quemper-Guézennec	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Saint-Alban	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Saint-Brieuc	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Saint-Brieuc	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Saint-Quay-Perros	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	28/02/2010	28/02/2010	25/06/2010	26/06/2010
Saint-Quay-Perros	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Saint-Quay-Portrieux	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Saint-Quay-Portrieux	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Tréveneuc	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Yffiniac	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	28/02/2010	28/02/2010	10/05/2010	13/05/2010
Yffiniac	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Illustration 9 : Arrêtés de catastrophes naturelles « littoraux » pour les communes de la Baie de Saint-Brieuc (Source GASPARD ; prim.net).

## 1.4. Géomorphologie et géologie littorale

Le Compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc appartient comme les deux autres compartiments à l'orogène cadomienne, et plus particulièrement au **Domaine cadomien nord-breton** qui est divisé en quatre unités principales.

Du nord au sud, on retrouve :

- l'unité du Trégor qui est peu déformée et composée d'un complexe volcano-plutonique comprenant le batholite du Trégor (granites) (~ 615 Ma) et des roches volcaniques associées. Cette unité comprend également les témoins d'un socle plus ancien : l'Icartien, disloqué et âgé de 2 000 Ma ;
- l'unité de Saint-Brieuc, est composée d'un ensemble de trois formations, affectées par une tectonique et un métamorphisme cadomiens plus importants au nord qu'au sud. On

distingue : le complexe pentévrien sur la rive orientale de la baie de Saint-Brieuc, constitué de formations plutoniques et volcaniques d'âges compris entre 750 Ma et 645-625 Ma ; la série volcanique basique datée à ~ 610 Ma de Paimpol, recouverte par la formation sédimentaire turbiditique de la Roche-Derrien. Mais également, l'ensemble volcanique ou Formation de Lanvollon–Erquy, daté entre ~ 608 Ma et 588 Ma plus au sud, intercalé de sédiments détritiques (schistes et grès), essentiellement de la Formation de Binic, et recoupés par des intrusions de gabbros, diorites ou tonalites datées de 600 à 575 Ma ;

- l'unité de Guingamp est localisée au SW de la baie de Saint-Brieuc, et elle est composée de migmatites rubanées (anciennes roches sédimentaires métamorphisées), comme celles de Saint-Malo, et datées indirectement par l'Intrusion granitique de Ploufragan–Saint-Brieuc d'âge ~ 533 Ma qui les recoupe. Deux massifs leucogranitiques, datés à ~ 523 Ma, forment l'Unité de Guingamp ;
- enfin, l'unité d'Yffiniac–Belle-Isle-en-Terre qui est composées de gabbros amphibolitisés, datés à ~ 602 Ma.

Sur ces terrains cadomiens, on retrouve des sédiments paléozoïques situés au sein de plusieurs bassins déformés durant l'orogénèse hercynienne. Ces sédiments de l'Ordovicien au Dévonien, correspondent à des sédiments de plate-forme marine, détritiques terrigènes tels que les grès armoricains d'Erquy, surmontés de schistes plus ou moins carbonatés, dans lesquels s'intercalent des calcaires dévoniens. À partir du Carbonifère, les sédiments correspondent à des séries résultant du démantèlement de reliefs formés durant l'orogénèse hercynienne au Dévonien, dans des bassins dits « molassiques ». Ces terrains paléozoïques affleurent principalement à l'ouest au sein des unités cadomiennes dans le bassin de Plourivo et à l'est dans le bassin d'Erquy-Fréhel. Il s'agit de formations essentiellement gréseuses à conglomératiques toutes rapportées à l'Ordovicien.

**Les altérites :** l'ensemble des roches décrites ci-dessus comme l'ensemble du Massif armoricain, ont subi dès le Crétacé supérieur, une altération poussée qui a engendré la formation d'altérites, sous des climats humides et chauds ou tout au moins hydrolysants. Le résultat de cette altération est un ameublissement général des roches en arènes, limons ou argiles d'altération.

**Les dépôts superficiels tertiaires et quaternaires (Cénozoïque) :** les dépôts tertiaires sont très localisés et correspondent à des incursions marines (transgressions), Oligocène inférieur et Miocène inférieur-moyen (dépôts de faluns). Ces argiles oligocènes jalonnent le faisceau de failles de Quessoy-Nort-sur-Erdre. Il n'existe pas de formations géologiques anté quaternaires sur le littoral de la Baie. En revanche, durant le Quaternaire, vont régner des alternances de périodes froides et humides (climat périglaciaire) et de périodes tempérées plus courtes (interglaciaires). Les dépôts limoneux éoliens de type « loess » notamment vont constituer des dépôts bien développés en conditions périglaciaires. Ils couvrent une superficie importante et ces formations seront en partie remaniés (avec les altérites) dans des formations de versants de type « head ». Ce sont ces formations géologiques dites superficielles qui seront le siège préférentiel de mouvements de terrain et de sensibilité à l'érosion littorale.

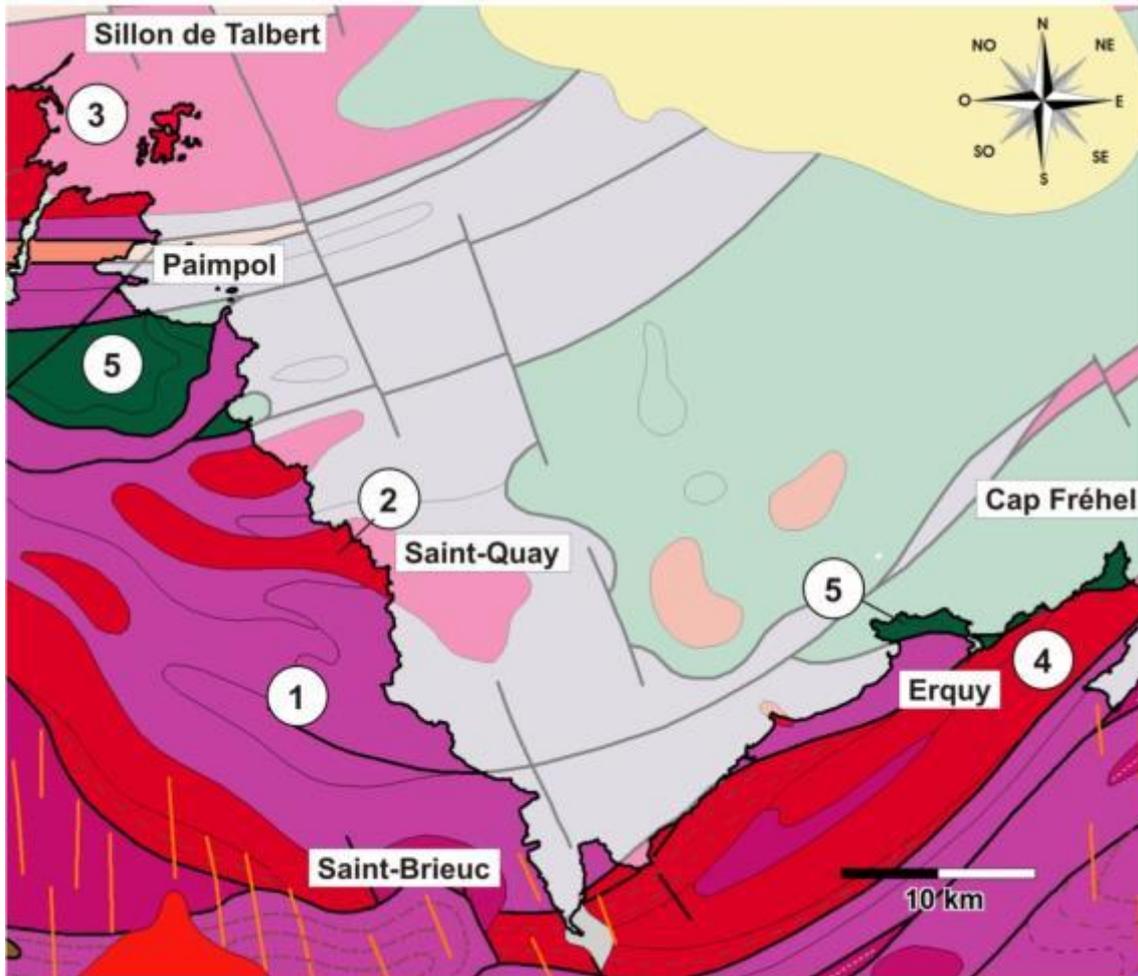


Illustration 10 : Extrait de la carte géologique au 1/1 000 000 (éd. BRGM) du Compartiment C3 :  
 1 : intrusions granitiques, 2 : migmatites, paragneiss et micaschistes de Saint-Malo, 3 : schistes, grès  
 et phanites du briovérien, 4 : tonalites, diorites et gabbros, 5 : séries sédimentaires camvro-  
 ordociennes : grès armoricains.

Les deux directions structurales principales (failles), orientent les côtes de la Baie de Saint-Brieuc. Ainsi la bordure orientale de la baie avec son orientation N045, depuis Saint-Brieuc vers le Cap Fréhel, correspond aux accidents (failles) majeurs d'âge cadomien. Perpendiculairement, à cette orientation, les agents météo-marins et l'érosion continentale, vont venir, sur les lithologies les plus tendres (roches les plus tendres), creuser des anses et des vallons orientés nord-ouest.

En revanche, la bordure occidentale avec une orientation générale N150, correspond à la direction d'un accident tectonique, le faisceau de failles Quessoy-Nort-sur-Erdre, faisceau jalonné de petits bassins sédimentaires éo-oligocènes (Illustration 10).

L'âge plus récent, de fonctionnement tectonique probable des accidents occidentaux par rapport à ceux orientaux de la Baie, semble avoir une influence sur la géomorphologie du compartiment C3, expliquant pourquoi la bordure occidentale présente des falaises plus hautes que celles orientales.

En effet, les hautes falaises, comme celles de la commune de Plouha, pouvant atteindre les 100 m d'altitude (Illustration 11F), sont situées sur cette bordure occidentale du compartiment C3, avec une orientation générale N150. Cette bordure est d'ailleurs,

recoupée par des cours d'eau aux bassins versants de petites tailles et aux vallées étroites, caractéristiques.

À ces embouchures de cours d'eau, se situent des plages de poches, anses, soient sableuses, soient de galets, des flèches ou des estuaires vaseux. Le trait d'union, de parts et autres des plages, se fait par l'intermédiaire de falaises meubles constituées de « dépôts de pente ou head », composés d'une alternance de limons et d'éléments grossiers anguleux quaternaires (Illustration 13 à gauche). Ces falaises sont sujettes à des mouvements de terrain, provoqués par le ruissellement des eaux continentales, couplé à l'effet de sape en pieds de falaises par l'action des vagues.

C'est le cas notamment dans le secteur de Plouha à la Pointe du Bec-de-Vir, où la côte orientée localement ouest-est, voit ses falaises rocheuses entrecoupées par les grèves du Palus et de Port-Goret (Illustration 13 à gauche).

De Saint-Quay à Pordic, les plages sont plus nombreuses et plus importantes jusqu'au débouché de l'lc. L'estran est beaucoup plus réduit jusqu'à la Pointe de Pordic où l'anse du Petit Havre (Illustration 11).

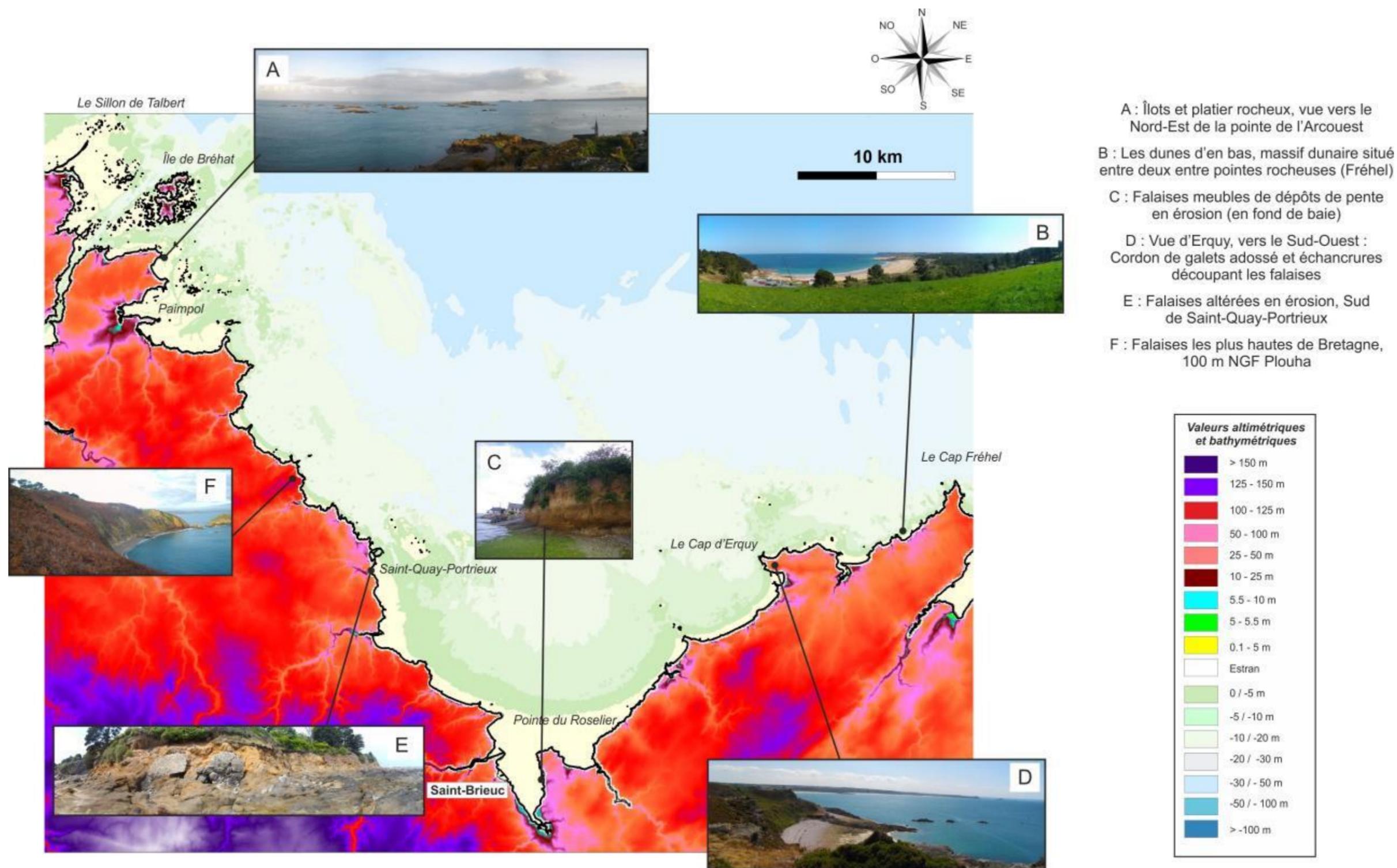


Illustration 11 : Géomorphologie et bathymétrie du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc

Le fond de la baie de Saint-Brieuc est constitué par des falaises de rocheuses qui passent progressivement à des dépôts de pente quaternaires, sur un platier rocheux recouvert de sables (Illustration 11C). La Pointe du Roselier abrite le fond de baie des houles dominantes (Illustration 12).



*Illustration 12 : A gauche, fond de la baie de Saint-Brieuc, abrité de la houle dominante par la pointe du Roselier au nord-ouest de l'image ; à droite, plage de Bon-abri, Anse de Morieux (Source : Google 2012).*

Sur la plage Saint-Laurent, au sud de cette pointe, les sédiments s'accumulent grâce aux phénomènes de diffraction des houles et à l'influence des courants de marée (flèche 1 sur l'illustration 12, à gauche).

La vaste grève de Bon-Abri (système dunaire de 15 ha) en fond de baie, subit un transport sédimentaire uniquement du haut vers le bas de l'estran qui varie de façon saisonnière (à droite sur l'illustration 12).

Tout en fond de baie, le marais d'Yffiniac, de 35 ha de surface, a vu diminuer depuis sa poldérisation au XVIII<sup>e</sup>. Il est situé au niveau de deux estuaires, celui du Gouët-Gouédic à l'ouest et de l'Evron-Gouëssant à l'est. Ces embouchures ont été aménagées pour limiter l'apport de fines. Le chenal de marée de l'estuaire est présent à travers un schorre important, la sédimentation y est importante. Ce chenal tend à s'orienter vers l'ouest à cause des apports sableux de la plage Saint-Maurice (flèche 2 sur l'illustration 12, à droite).

La partie est de la baie, a elle aussi une orientation dictée par l'histoire tectonique du Massif armoricain. Orientée N045 environ, elle est caractérisée par des falaises rocheuses dont la hauteur est maximale au cap Fréhel (60 m NGF). Cette direction préférentielle est elle aussi liée à la présence de failles majeures beaucoup plus anciennes que pour la partie ouest. Elle correspond à la direction du grain cadomien (Illustration 10). Comme pour la côte ouest de la Baie, de rares cours d'eau entrecoupent ces falaises à 90°, avec de petits bassins versants. Les plages se situent à l'arrière de ces accidents tectoniques. Beigbeder (1964) avait décrit qu'elles coïncidaient avec les directions de fracturation du socle ancien. Les bordures de ces dépressions sont ici aussi remplies par les dépôts de pente quaternaires, formant des falaises meubles généralement protégées par des cordons de galets ou de sables (Illustration 11D).

Sur cette zone littorale, les massifs dunaires sont pour la plupart urbanisés (Illustration 13 à droite). Le littoral se poursuit sur de faibles hauteurs jusqu'à la Pointe de la Houssaye, il est continu et ne présente pas de platier rocheux hormis entre Saint-Pabu et Caroual.

Entre le cap d'Erquy et la Pointe du Champ-du-Port, les falaises sont formées par les grès dits armoricains d'Erquy, résistants à l'érosion, localement, surmontées de dépôts de pente quaternaires.

De petites plages ornent ce secteur, elles sont bordées par un platier rocheux et d'importants massifs dunaires se sont érigés (Illustration 11B). Le haut de plage présente des cordons de galets (Illustration 11D), qui participent à la dérive littorale vers l'est entre La Fosse-Eyraud et la Pointe du Champ-du-Port (Pluet et Zimmermann, 1984).

La zone du Champ-du-Port à la Pointe des Châtelets pourrait correspondre à une zone de dépression tectonique. Les Sables d'Or seraient situés dans un fossé d'effondrement, et constituent le site de cette partie de littoral avec la plus imposante flèche sableuse surmontée de dunes (Illustration 13 à droite). La dérive littorale d'est en ouest provoque une évolution de cette flèche vers la falaise des Hôpitaux. Sur les Grèves d'En Bas, l'ouest est occupé par une dune à encoche alors que la partie ouest subit une attaque plus forte de la dune (Illustration 11B).



Illustration 13 : À gauche, Anse du Palus ; à droite, la flèche sableuse des Sables d'Or, largement anthropisée (Source : Google 2012).

Sur la partie ouest de la baie, on trouve des « hauts fonds », qui s'individualisent en îlots et des platiers rocheux, avec une direction générale parallèle au trait de côte. Les courants importants génèrent un champ de dunes hydrauliques sous-marines complexes et variables, dont des plus remarquables est la mégadune dite du banc de Bréhec.

Au niveau des plages, les pentes sont faibles et régulières et plus prononcées au niveau des falaises (Illustration 11).

Au niveau de la pointe de Minard (face aux falaises haute de Pouha, Illustration 11), il existe une zone de dépression importante bordée par un plateau rocheux (illustration 14).

Le fond de baie est lui caractérisé par de faibles profondeurs, la forme de la baie et l'homogénéité de la zone, font que la pente est régulière et faible. De sédiments graveleux au large, ils deviennent des sables grossiers à moyens au centre de la baie, et sur la zone côtière, essentiellement composée de sables fins (Illustration 14).

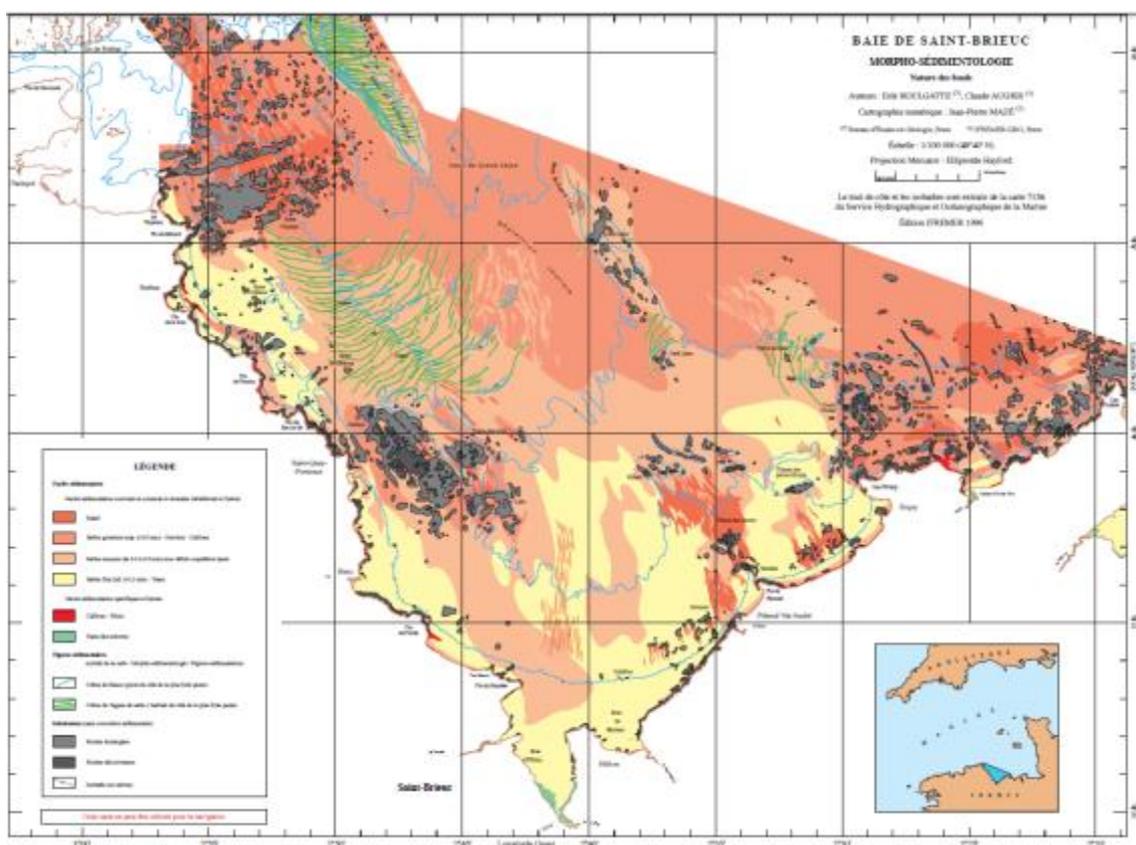


Illustration 14 : Les fonds marins de la Baie de Saint-Brieuc vue depuis la terre (Augris et al., 1996).



## 2. Paramètres / Agents hydrodynamiques

### 2.1. LA MARÉE

Les rivages de Bretagne se situent dans un contexte macro-tidal (Davies 1964). La marée est de type semi-diurne, s'effectuant sur un cycle de 12 heures 25 minutes en moyenne (SAUM, 1977). Sur la façade septentrionale de Bretagne, le marnage augmente progressivement vers l'est en raison d'une amplification de l'onde marée lors de sa propagation en Manche, du fait de la bathymétrie et à la géométrie du bassin. Ainsi, lors des pleines mers de vive-eau, il dépasse les 12 mètres en baie de Saint-Brieuc (Stéphan, 2009).

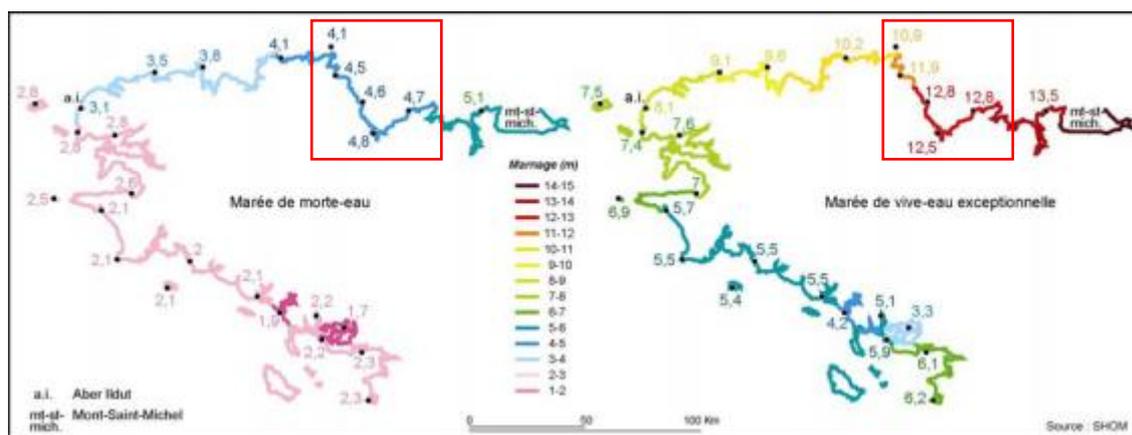


Illustration 15 : Amplitude du marnage en Bretagne (d'après les données du SHOM).

Comme pour l'ensemble du Nord de la Bretagne, la marée est le phénomène hydrodynamique majeur dans la Baie de Saint-Brieuc et elle arrive de l'ouest. Le marnage moyen est inférieur à 7 mètres mais en général, il est compris entre 4,1 m au Sillon de Talbert et 12,8 m au Cap Fréhel lors des gros coefficients. La marée commande d'importantes masses d'eau et génère de forts courants lors du flot et du jusant.

Du fait de la petite taille de la Baie, les pleines-mer et les basses-mer ont lieu en même temps sur l'ensemble du secteur. La topographie des fonds influence les marées. Les courants sont donc maximaux lorsqu'ils atteignent les caps (Cap d'Erquy) alors que les fonds de baies (Anse d'Yffiniac) sont des zones où les courants de marée sont les plus faibles (Augris *et al.*, 1996) (Illustration 16).

La façade ouest de la baie connaît un phénomène d'accrétion (Bousquet-Bressolier et Bonnot-Courtois, 1998) sous l'influence des courants de marée et des houles qui sont diffractées sur les aux hauts fonds rocheux entourant l'île de Bréhat (Augris *et al.*, 1996).

Les côtes de la Baie de Saint-Brieuc sont sensibles à la marée mais ceci n'empêche pas le phénomène de colmatage en fond de baie dans l'Anse d'Yffiniac et de Morieux (Bousquet-Bressolier et Bonnot-Courtois, 1998).

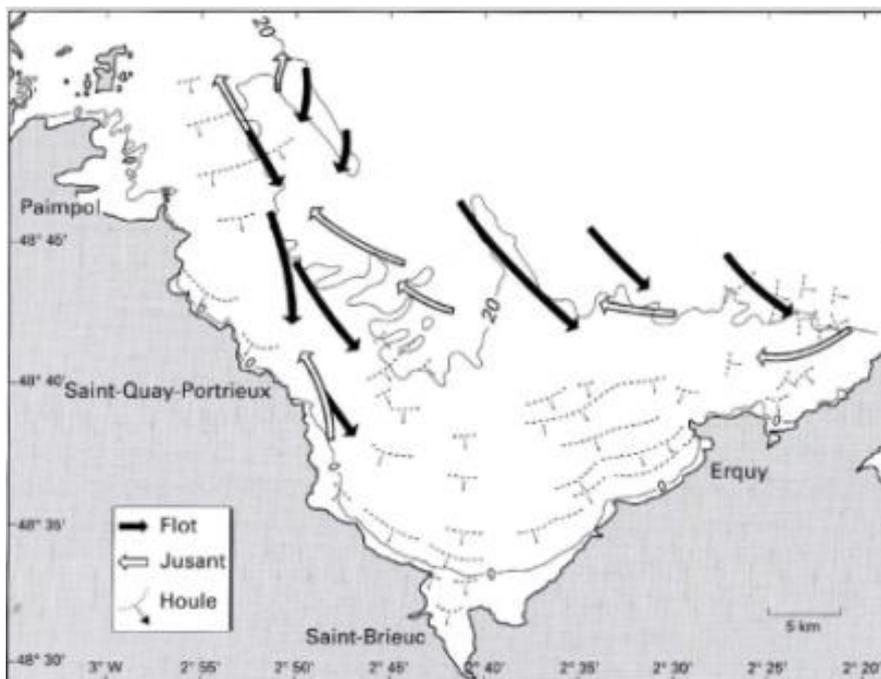


Illustration 16 : Représentation du flot, du jusant et de la houle dans la Baie de Saint-Brieuc (Augris et al., 1996).

Les vitesses maximales des courants de marée en vives-eaux (coef. 95), tirées des données du L.C.H.F. (1987), sont, en baie de Saint-Brieuc, de 1,5 à 2 nœuds. Au niveau de l'Île de Bréhat, 4 heures avant la pleine mer, les courants en vive-eau sont de secteur ouest et 3 heures après la pleine mer, de secteur est. La rose des courants en vive-eau à Saint-Quay-Portrieux indique que 3 heures avant la pleine mer les courants sont de secteur nord-nord-ouest et 3 heures après la pleine mer ils sont de secteur sud-sud-est (Illustration 17, L.C.H.F. 1987).

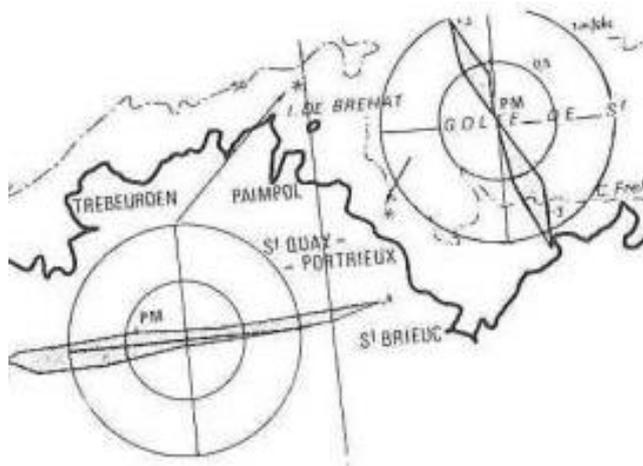


Illustration 17 : Roses des courants en vive-eau (surface) en différents points de la côte (L.C.H.F. 1987).

## 2.2. ÉTAT DE MER (VAGUES, HOULES ET NIVEAUX EXTRÊMES)

### 2.2.1. La Houle (et les vagues)

L'incidence des houles à l'entrée de la Baie de Saint-Brieuc est ouest-nord-ouest (Illustration 18) puis devient nord-ouest, une fois passée l'île de Bréhat.

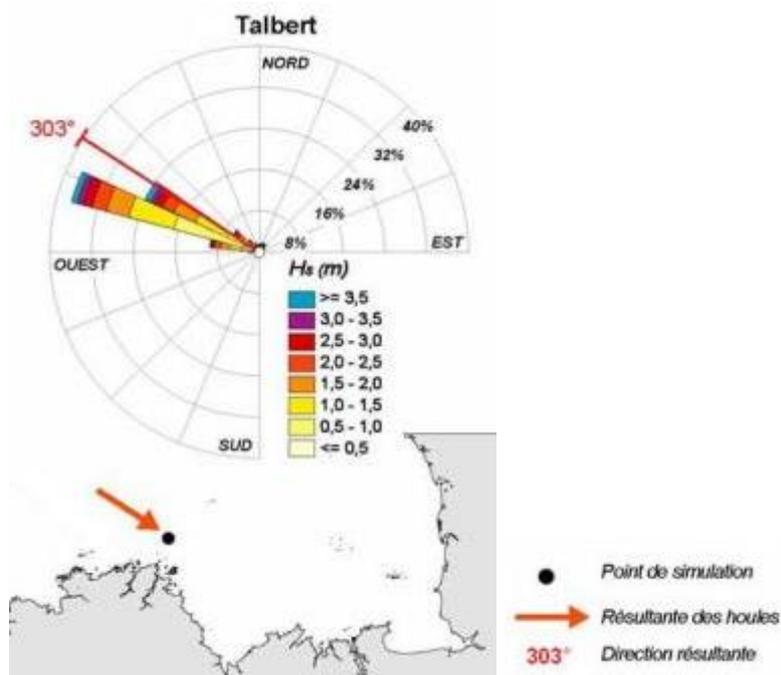


Illustration 18 : Rose des houles annuelles à l'entrée du Compartiment C3 pour un nœud du modèle ANEMOC, et résultantes associées (période 1979-2002)  
(Source Dehouck, 2006, dans Stéphan, 2009).

La rose des houles annuelles montre que les plus fréquentes sont de secteur nord-ouest, leur direction résultante de 303° N. La hauteur des houles significatives est inférieure à 1,5 mètre pour 24 % du temps (Illustration 18).

Les houles océaniques subissent un début de réfraction sur la plate-forme continentale lors de leur entrée en Manche, ce qui leur fait perdre une partie de leur énergie. À quelques kilomètres de la côte, le même phénomène se répète, accompagné d'une réorientation des fronts de vagues parallèles à la ligne de rivage. Les phénomènes de réfraction et de diffraction sur l'avant-côte modifient fortement les caractéristiques de houle à la côte, en raison de la présence de hauts fonds marins et d'accumulations de sédiments. Elles sont également diffractées par les caps, les îles et les platiers rocheux.

Cette incidence des houles en provenance de l'ouest ou du nord-ouest, s'oriente au nord-nord-ouest, sud-sud-est, après leur diffraction sur les hauts fonds rocheux entourant l'île de Bréhat (Augris *et al.*, 1996) (Illustration 16).

Ainsi le fond de baie, les Anses d'Yffiniac et de Morieux, sont protégés des houles dominantes de secteur ouest.

D'après le L.C.H.F. 1987, les houles maximales annuelles atteignent 4,6 mètres en fond de baie, 3,9 mètres au nord-ouest de la baie, et 3,7 mètres au nord-est de la baie.

L'analyse saisonnière des données de houle au large du Sillon de Talbert révèle un renforcement des conditions d'agitation marine durant la période hivernale (entre les mois de décembre et de février), à travers une fréquence accrue des fortes houles, d'une hauteur significative supérieure à 3,5 mètres. Ces houles sont accompagnées d'évènements tempétueux. La période estivale (entre les mois de juin et août) se caractérise par un affaiblissement significatif des conditions hydrodynamiques. Les vagues de secteur ouest avec une hauteur significative inférieure à 2 mètres sont les plus fréquentes (Illustration 19).

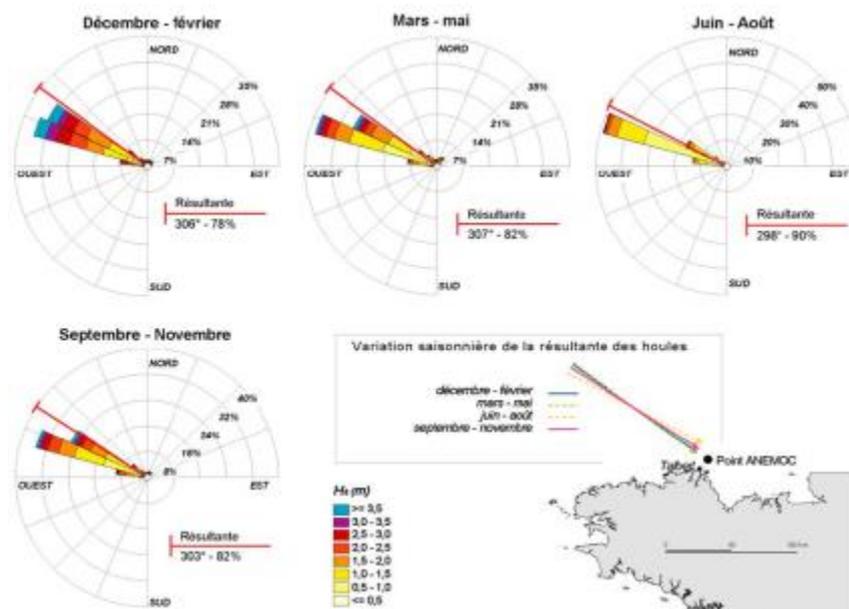


Illustration 19 : Saisonnalité des conditions de houle, au large du Sillon de Talbert (période 1979-2002) (Stéphan., 2009).

La houle dans la baie, ne permet pas un transit sédimentaire favorable dans les zones les plus exposées. Les accumulations ne se font seulement que sur les estrans sableux de bas en haut, sous l'action des houles et des courants de marée. C'est le cas par exemple, à l'ouest de l'Anse de Bréhec jusqu'à l'est de l'Anse des Sables-d'Or-les-Pins.

### 2.2.2. Niveaux extrêmes : surcotes et décotes

Les **niveaux de mer extrêmes** sont calculés et donnés par le SHOM et le CETMEF. Ces données ont été récemment actualisées, en 2012. Précédemment, les niveaux dataient de 2008 (Simon, 1994 et 2008).

Le territoire métropolitain est découpé en différentes zones, fonction des ports de référence, dont les observatoires sont permanents et pour lesquels il existe plus de 10 années de mesures effectives. Ils existent cependant quelques exceptions.

Les niveaux extrêmes sont calculés pour des périodes de retour de 10, 20, 50 et 100 ans sur les côtes de La Manche et de l'Atlantique et les altitudes des niveaux sont fournies par rapport à la référence altimétrique IGN69.

La Baie de Saint-Brieuc appartient à la zone « Bretagne Nord » qui comprend le littoral situé entre la Pointe d'Agon (Manche) et Roscoff (Finistère). Les ports de référence concernés pour cette zone, sont les ports de Saint-Malo et Roscoff auxquels s'ajoutent des sites secondaires, pris en compte pour les calculs en pleine mer et en basse mer. Comme cela l'a

été écrit plus haut (cf. ports de référence), la Baie de Saint-Brieuc a donc pour port de référence le port de Saint-Malo.

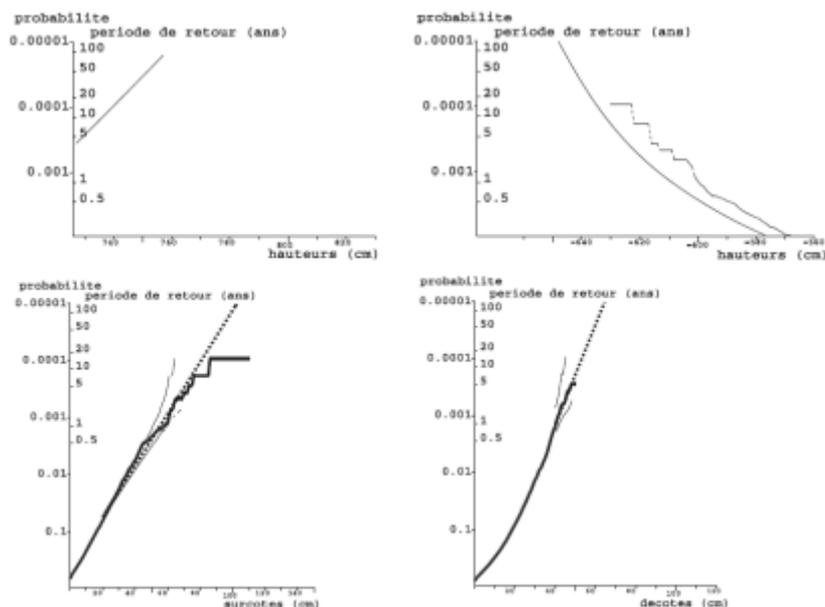


Illustration 20 : Résultats des statistiques pour le port de Saint-Malo par rapport à l'IGN 69, en haut - hauteur d'eau, en bas - surcote/decote (© CETMEF/SHOM 2012).

L'illustration 20 correspond aux résultats de l'analyse statistique des niveaux de mer, pour le port de Saint-Malo, et ils tiennent compte des effets atmosphériques

Le trait plein, correspond aux probabilités d'observer des hauteurs de pleines mers supérieures (ou basses mers inférieures) à une valeur donnée, traduite en terme de périodes de retour associées.

Les traits pointillés présentent les résultats d'observations, la courbe continue est une loi théorique issue de l'analyse statistique des données observées.

Les cartes des niveaux extrêmes sur la côte d'Émeraude (Illustration 21), montre que :

- pour une période de retour de 10 ans, le niveau extrême de pleine mer varie entre 6,20 m au Sillon de Talbert et 7,00 m au Cap Fréhel ;
- Pour une période de retour de 50 ans le niveau extrême de pleine mer varie entre 6,40 m au Sillon de Talbert et 7,20 m au Cap Fréhel ;
- Pour une période de retour de 100 ans, le niveau extrême de pleine mer varie entre 6,50 m au Sillon de Talbert et 7,25 m au Cap Fréhel.

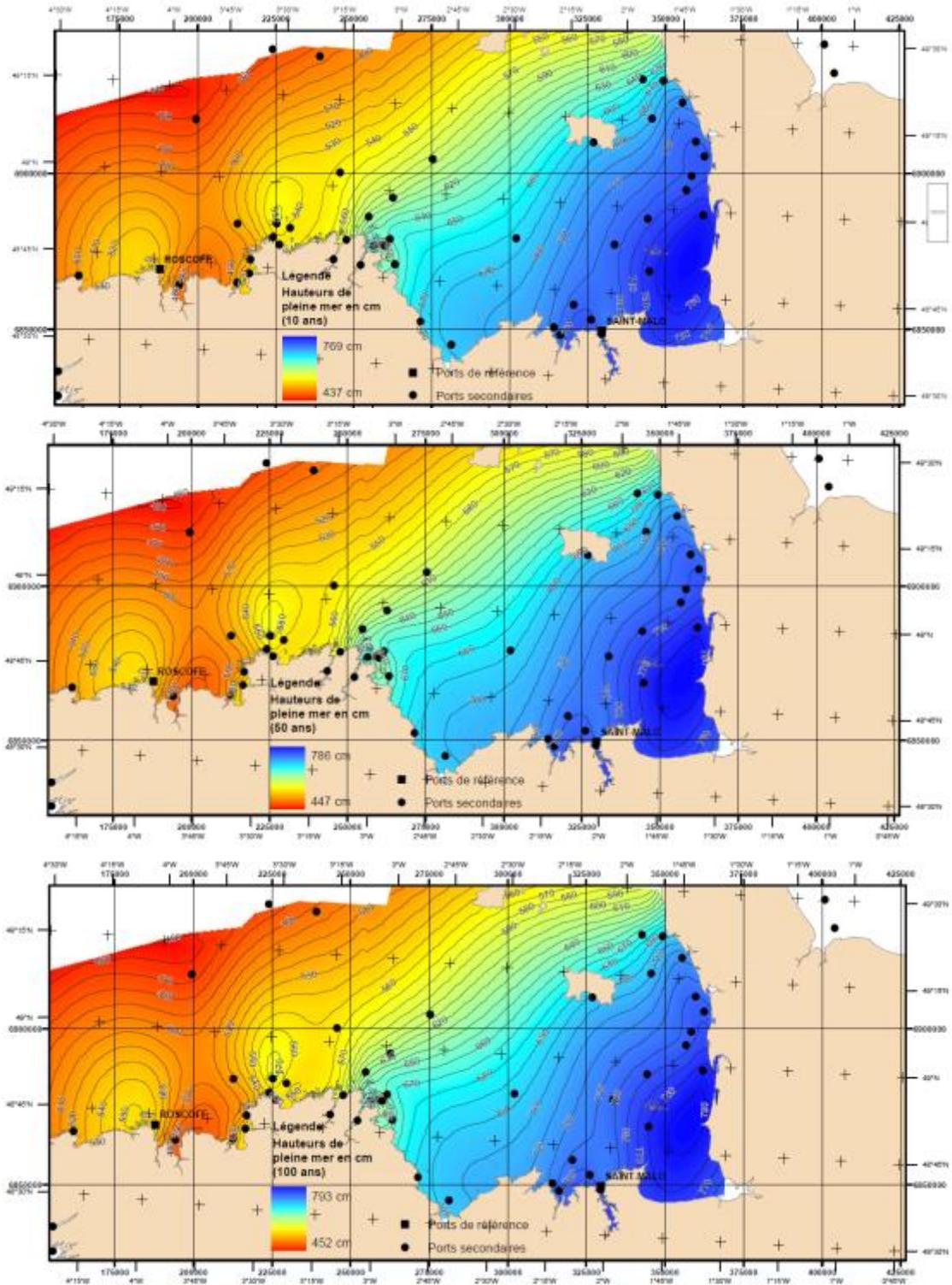


Illustration 21 : Carte des niveaux extrêmes de pleine mer sur une période de retour de 10, 50 et 100 ans (SHOM et CETMEF, 2012).

La **surcote/décote** instantanée est la différence, à un instant  $t$ , entre la hauteur d'eau observée et la hauteur d'eau prédite. On parle de surcote quand cette différence est positive, décote quand elle est négative. La surcote/décote a principalement une origine météorologique : elle est générée, lors du passage de dépressions ou d'anticyclones, par les

variations de pression atmosphérique et par les vents. Elle peut avoir également d'autres origines : vagues, seiches, tsunamis, ... (CETMEF/SHOM, 2012).

La surcote de pleine mer est la différence entre la hauteur de pleine mer observée et la hauteur de pleine mer prédite (marée astronomique), les instants d'occurrence de ces deux niveaux pouvant être décalés dans le temps (Illustration 22). De même, la décote de basse mer est la différence entre la hauteur de basse mer observée et la hauteur de basse mer prédite.

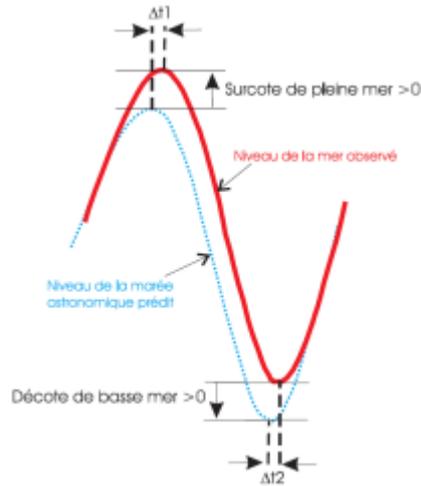


Illustration 22 : Illustration de la surcote de pleine mer et de la décote de basse mer (CETMET/SHOM, 2012).

L'inventaire des évènements tempétueux qui accompagne cette étude, avait aussi pour objectif la compilation de valeurs de surcote disponibles dans les diverses sources consultées.

Ainsi à travers l'extraction des valeurs provenant d'articles de journaux, des rapports d'études ou des études plus spécifiques, il n'a pas été possible d'avoir des informations sur les surcotes-décotes pour le compartiment C3.

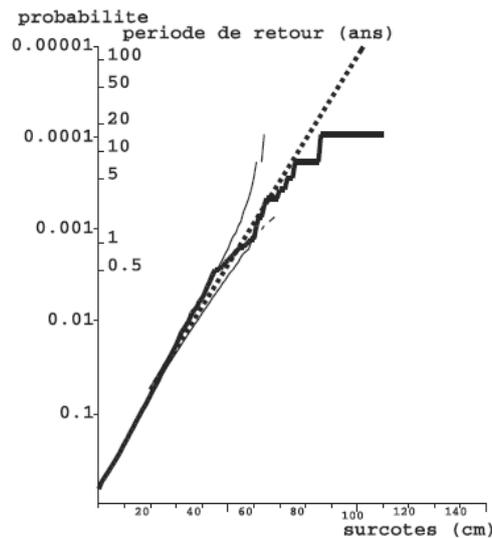


Illustration 23 : Période de retour des surcotes de pleine-mer à Saint-Malo par rapport à l'IGN 69, en gras valeurs expérimentales ; en pointillés ajustement statistique (© CETMEF/SHOM 2012).

### 2.3. LES VENTS

La rose des vents à Bréhat, sur la période décennale de 1950 à 1959, révèle une prédominance des vents d'ouest en été.

Leur fréquence est supérieure à 300 % et leur force ne dépasse pas 17 m/s (force 7 Beaufort).

En hiver, on rencontre le plus souvent des vents de secteur sud-ouest qui atteignent avec une fréquence moindre les 25 m/s (force 9 Beaufort) (Illustration 24).

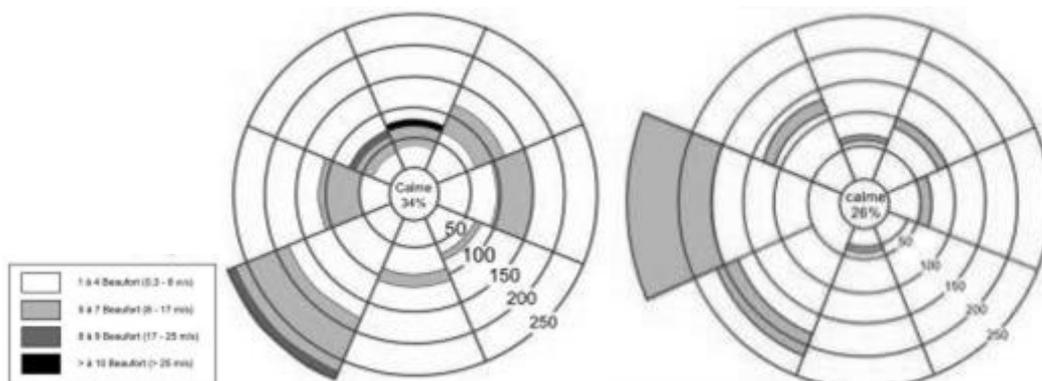


Illustration 24 : Répartition des directions et force des vents, à gauche - en février ; à droite - en juillet, entre 1950-1959, à Bréhat (d'après Bellessort et Migniot., 1987).

## 3. Analyse historique des aléas littoraux

### 3.1. RISQUE NATUREL : QUELQUES RAPPELS

Avant de présenter la synthèse des aléas sur la Baie de Saint-Brieuc, quelques rappels s'imposent sur les termes aléa, enjeu, risque et vulnérabilité.



Illustration 25 : Schéma synthétique des définitions d'aléas, enjeux et risques (COCORISCO).

#### 3.1.1. Les aléas

L'aléa est la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel donné. On ajoute à cette notion, la notion d'intensité, de durée du phénomène (Ministères de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997).

#### 3.1.2. Les enjeux

Les enjeux et la vulnérabilité sont associés aux activités humaines (habitations, infrastructures, patrimoine, activités économiques, etc.). La vulnérabilité dépend des éléments exposés et de leurs résistances ou de leurs comportements face aux aléas. Elle est caractéristique d'un site à un moment donné et n'est pas intrinsèque, il existe une vulnérabilité pour chaque aléa. Comme cette grandeur est fonction de l'activité humaine, elle est donc évolutive (Ministères de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997).

#### 3.1.3. Les risques

La notion de risque inclut deux dimensions : les aléas et les enjeux. C'est la mesure de la situation dangereuse qui résulte de la conjonction de ces deux paramètres. On caractérise donc un risque par le niveau de danger c'est-à-dire la probabilité d'occurrence d'un événement donné et de l'intensité de l'aléa. Mais également par la gravité des conséquences de l'évènement pouvant affecter les enjeux. Il n'y a donc ni risque sans aléa, ni risque sans enjeux (Ministères de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997).

#### 3.1.4. La vulnérabilité

La vulnérabilité exprime le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux. On peut distinguer la vulnérabilité économique et la vulnérabilité humaine. La première traduit le degré de perte ou d'endommagement des biens et des activités exposés à l'occurrence d'un phénomène naturel d'intensité donnée. La vulnérabilité humaine évalue

les préjudices potentiels aux personnes, dans leur intégrité physique et morale. Elle s'élargit également à d'autres composante de la société (sociale, psychologiques, culturelles, etc.) et tente de mesurer sa capacité de réponse à des crises. (Ministères de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997)

## 3.2. L'ÉROSION LITTORALE ET LA SUBMERSION MARINE EN BAIE DE SAINT-SAINT-BRIEUC

### 3.2.1. Avant-propos

La synthèse des différents aléas du compartiment a été réalisée en fonction de la disponibilité des études traitant du sujet et de leur contenu réutilisable au pas, compte tenu du fait que le choix avait été fait de rassembler l'ensemble des données dans un système d'information géographique.

Ainsi trois types de données ont été récoltés :

- des données ponctuelles (ou fichiers de points), correspondant à des observations ponctuelles d'érosion sur le trait de côte comme des mouvements de terrain, des brèches dans des cordons dunaires ou de galets, etc. ;
- des données linéaires (ou fichiers de polygones), correspondant à des secteurs du trait de côte étudié et connu comme étant en érosion. Le support utilisé à ces tronçons de trait de côte en érosion, a été le trait de côte HistoLitt V2.0 de l'IGN et du SHOM ;
- et enfin, des données surfaciques (ou fichiers de polygones), correspondant à une cartographie précise d'une inondation liée à la mer ou submersion marine.

Ces données ont été saisies et géoréférencées, et ont été produits et associés des champs (champs attributaires de type texte, caractères numériques, etc.), contenant diverses informations, comme :

*Pour les ponctuels (Illustration 34) : **Identifiant** : ID ; **Numéro de compartiment** : COMPART ; **Cordonnées X et Y** : XL2E ; YL2E ; **INSEE de la commune impactée** : INSEE\_communes ; **Nom de la commune** : Noms\_communes ; **L'échelle d'origine du document quand s'était possible** : Echelle\_dorigine ; **Le lieu de la commune impacté** : Lieux\_impactes ; **L'aléa** : Aleas ; **Les données** : Donnees ; **Les causes de l'érosion si possible** : Cause\_erosion ; **Les sources de l'aléa 1 et 2** ; et enfin le **cadre de cette étude**, le **lieu où la saisie** a été faite, les **commanditaires de l'étude** et la **date de saisie**.*

ID:	6
COMPART:	9
XL2E:	115 454,70606933
YL2E:	2 337 537,5582474
INSEE_communes:	29037
Noms_communes:	COMBRIT
Echelle_dorigine:	1/25 000
Lieux_impactes:	Plage Kermor cordon 1967
Aleas:	Erosion
Donnees:	3 petites breches
Cause_erosion:	
Sources_aleas1:	PTOLEMEE, V.1, 2004
Sources_aleas2:	1er volet doc40
Cadre:	Atlas des aléas littoraux
Lieu:	DAT BRGM BRETAGNE
Commanditaires:	DREAL BRETAGNE
Date:	2013
ID:	389
COMPART:	0
XL2E:	286 033,76176806
YL2E:	2 418 983,6219897
INSEE_communes:	
Noms_communes:	SAINT-COULOMB
lieux_impactes:	Plage des Chevrets
Aleas:	Erosion
Donnees:	Dunes
Causes_erosion:	
Sources_aleas1:	Le Bris, 2000
Sources_aleas2:	Photos 16 et 17
Cadre:	Atlas des aléas littoraux
Lieu:	DAT BRGM BRETAGNE
Commanditaires:	DREAL BRETAGNE
Date:	2012
Cinematique_m_to_an:	
Sources_cine1:	
Sources_cine2:	
NumDep:	35
Annee:	2001
NUM:	inconnu
Source:	TDCBDTOPO
COMM:	sans objet
Date_PVA:	
ID:	5
COMPART:	9
INSEE_Commune:	29 284
Commune:	TREFFIAGAT
Lieu_impacte:	Léhan
Nature_aléa:	Inondé depuis 1960
Objet_graphique:	surface
Hauteur_H2O:	0
Source:	Cariolet, 2010
Date:	2013
Lieu:	DAT BRGM BRETAGNE
Contexte:	Atlas des aléas littoraux

Illustration 26 : Champs attributaires associés aux données d'aléa littoraux saisies : à gauche : les ponctuels, au milieu : les linéaires et à droite : les surfaciques.

Pour les linéaires, d'autres champs se sont ajoutés comme la cinématique évaluée par la bibliographie sur ce tronçon de trait de côte et les champs originels du trait de côte HistoLitt V2.0, correspond à la source du trait.

Enfin, pour les surfaciques correspondants essentiellement à la submersion marine, un champ nommé *objet\_graphique*, précise si l'objet géoréférencé correspond à une surface donc un polygone ou s'il correspond à un point car pour cet aléa, il existait des points donnant la hauteur d'eau lors de la submersion.

### 3.2.2. Les points en érosion, submersion etc. sur le compartiment C3

Il a été possible grâce aux informations récoltées dans les différents documents consultés, de pouvoir attribuer au point des informations complémentaires comme la nature de l'objet érodé par exemple, quand celles-ci étaient disponibles. Les lignes qui suivent proviennent de quelques exemples extraits de la bibliographie. Les cartes synthétiques apparaissent à la fin du paragraphe.

La **partie ouest de la Baie de Saint-Brieuc** est protégée par les roches de **Saint-Quay** et le plateau des **Hors**. Les fortes agitations du nord-ouest ainsi que les houles du nord et nord-est n'ont pas d'impact (Bousquet-Bressolier et Bonnot-Courtois, 1998). Les courants de marée sont renforcés dans le chenal de **Saint-Quay**. Le transit sédimentaire est quasi nul. La portion littorale au nord de **Pordic** est peu alimentée et ne présente que peu de zones sableuses. Au sud de **Pordic**, les zones sableuses sont plus nombreuses mais sont aussi peu alimentées. Le transport emmène les sédiments sur le bas estran, vers le fond de baie. Sur cette côte ouest, l'érosion peut être considérée comme principalement continentale, mais il est important de noter que sans le déblaiement des matériaux tombés des falaises meubles, par la mer, les mouvements de terrain ne seraient pas si récurrents. L'érosion marine se limite à la partie sud-est de la Pointe de **Pordic**.

Le **fond de la baie** est assez abrité, et la sédimentation y est importante (Bousquet-Bressolier et Bonnot-Courtois, 1998). Le colmatage progressif de la baie se produit par

l'accumulation des sédiments et des algues vertes. Protégé par la **Pointe du Roselier**, le fond de baie ne subit donc pas l'attaque des houles, mais les courants de marée jouent un rôle important en alimentant les anses sableuses **d'Yffiniac** et de **Morieux**. En 1998, seul le site de **l'Hôtellerie** présentait un recul important (5 m depuis 1956).

Le secteur oriental (**L'Est de la baie**) est le plus sensible. L'érosion marine y est très importante car l'exposition aux agents hydrodynamiques est directe. Cette côte orientale est, du **Gouessant** à **Dahouët**, relativement protégée des houles. Entre **Dahouët** et **Erquy**, la succession de plages, falaises meubles et massifs dunaires est fragilisée par l'exposition aux houles de nord-ouest. C'est aussi un secteur très urbanisé. Entre le cap **d'Erquy** et la pointe du **Champ-du-Port**, les falaises gréseuses, très résistantes, sont soumises à une agitation importante et croisée. Les plages, bordées de massifs dunaires subissent des variations saisonnières de profils. Des cordons de galets sont présents en haut de plage et sont alimentés par les débris de carrières grâce à la dérive littorale d'ouest en est.

La source principale de données est l'étude d'envergure, dont l'emprise est celle de tout le linéaire côtier du département des Côtes-d'Armor, qui sur une demande de la DDTM des Côtes-d'Armor, avait été réalisée par le laboratoire de géomorphologie marine de Dinard – CNRS. Elle correspond à une cartographie de la géomorphologie du trait de côte, et au relevé d'observations ayant pour thématique les aléas littoraux.

Ces relevés sont :

- soit des mouvements de terrain sur falaises dures ou meubles ;
- soit des brèches ou traces d'érosion ou submersion ;
- soit du piétinement de massifs dunaires.

La géomorphologie côtière intégrait la nature des ouvrages anthropiques, et classait les falaises en deux catégories : dure ou meuble. Les pans de falaises vifs et sur lesquels il n'était pas possible d'individualiser un mouvement de terrain, ont été cartographiés comme étant en érosion.

L'illustration ci-dessous (27), est un extrait de ce travail réalisée par Bonnot-Courtois et Lançon en 2004 et cité ainsi.

Le support à leur cartographie a été les cartes topographies de l'IGN au 1/25 000.

Hélas, ce travail important n'a pas été géoréférencé et bancarisé sous la forme d'un SIG (Système d'Information Géographique). De cette étude, ont été extraites et géoréférencées, les observations ponctuelles d'aléas littoraux.

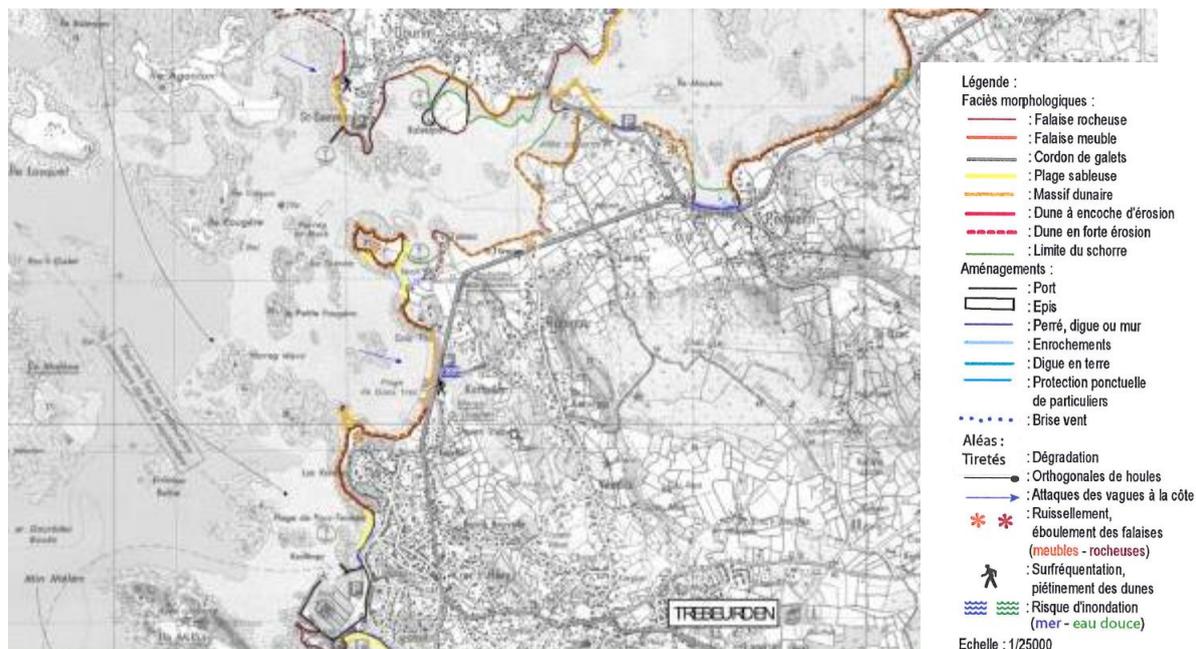


Illustration 27 : Extrait de l'étude du Laboratoire de géomorphologie marine de Dinard, géomorphologie du trait de côte et relevés ponctuels (Bonnot-Courtois et Lançon, 2004).

L'aléa érosion peut être divisé en deux sous-catégories si l'on différencie l'érosion continentale de l'érosion marine.

Une visite d'inspection sur le sentier du littoral de la commune de Saint-Quay-Portrieux a été réalisée en 2011, par le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Saint-Brieuc (LRPC). L'objectif était de faire un diagnostic de la servitude de passage. Plusieurs désordres ont été identifiés notamment des glissements superficiels à partir des dépôts de pente (head). Hélas, les documents sur cette étude que nous avons récupérée, ne contenaient pas de carte synthétique nous permettant de les géoréférencer et les joindre à notre inventaire cartographique (Illustrations 28 et 29).

L'ensemble des informations récoltées sont synthétisées sur les cartes qui suivent : illustrations 28 et 29.

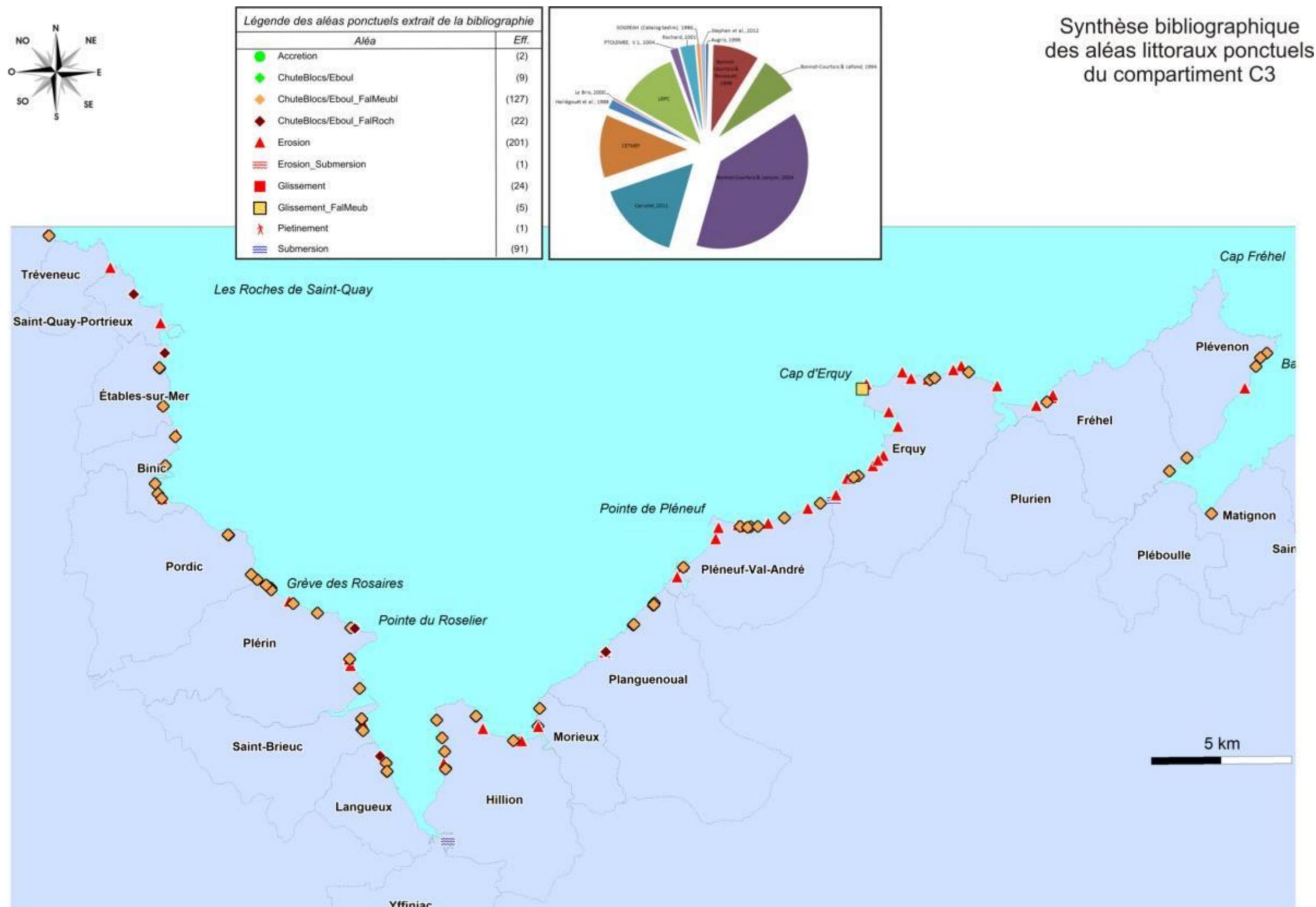


Illustration 28 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C3



### Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C3



Légende des aléas ponctuels extrait de la bibliographie	
Aléa	Eff.
● Accretion	(2)
● ChuteBlocs/Eboul	(9)
● ChuteBlocs/Eboul_FalMeubl	(127)
● ChuteBlocs/Eboul_FalRoch	(22)
▲ Erosion	(201)
≡ Erosion_Submersion	(1)
■ Glissement	(24)
■ Glissement_FalMeub	(5)
⚡ Pietinement	(1)
≡ Submersion	(91)

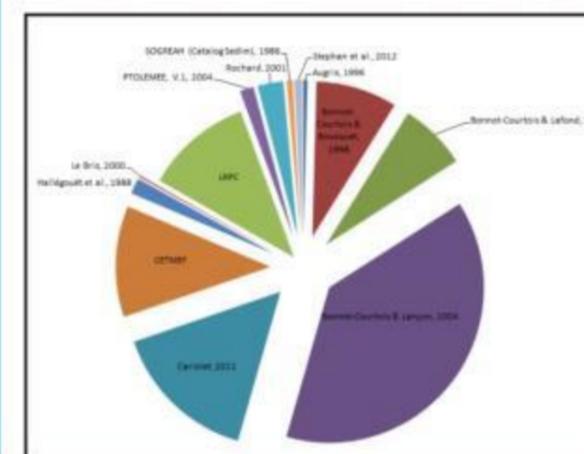


Illustration 29 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C3



### 3.2.3. Les linéaires en érosion ou en accrétion du compartiment C3

Pour les secteurs de linéaire de côte, il a aussi été possible grâce aux informations récoltées dans les différents documents consultés, de pouvoir attribuer au trait de côte une vitesse d'érosion ou d'accrétion, quand celles-ci étaient disponibles mais aussi la nature de celui-ci. Les lignes qui suivent proviennent de quelques exemples extraits de la bibliographie. Les cartes synthétiques apparaissent à la fin du paragraphe.

Comme pour le recensement des aléas ponctuels, ont été intégrés ici les linéaires de côte qui avaient été observés en érosion dans l'étude réalisée par le laboratoire de géomorphologie marine de Dinard - CNRS.

La géomorphologie côtière de cette étude intégrait la nature des falaises en deux catégories : dure ou meuble et les pans de falaises vifs et sur lesquels il n'était pas possible d'individualiser un mouvement de terrain, et ont ainsi été cartographiés comme étant en érosion (Illustration 27 ci-dessus, extrait du travail réalisée par Bonnot-Courtois et Lançon en 2004).

Ainsi la cartographie des aléas Bonnot-Courtois et Lançon (2004), montraient que d'ouest en est du département du compartiment C3 : Baie de Saint-Brieuc, les secteurs en érosion étaient :

- **Île de Bréhat** : Le Goaréva au sud-ouest ;
- commune de **Ploubazanec** : les aménagements de la côte de **Loguivy** et de l'Anse de Gouern, la Pointe de Gouern, les plages de Traou Riou et Traou-an-Arcouest, les rentrants de l'Arcouest, la plage des Croix des Veuves, la côte au sud de la Pointe de la Trinité et la plage à l'ouest de Porz Even ; l'attaque des vagues de secteur nord-ouest se concentre sur la côte rocheuse de Loguivy, le cordon littoral sableux de l'Anse de Gouern jusqu'à la côte rocheuse de l'Arcouest ;
- commune de **Paimpol** : plage de la Tossen, le littoral de la Pointe Mesquer, la façade Nord et le fond de la baie de Poulafret, l'ensemble du littoral entre l'Anse de Beauport et la Pointe de Kerarzac ;
- commune de **Plouézec** : entre la Pointe Kermor et la Pointe de Plouézec (0.1 m/an), Porz-Donan, Porz-ar-Birneec, Porz-Pin, entre Berjul et Beg-Min-Rouz ; les falaises meubles de Port Lazo, au nord de la commune de Plouézec, sont sujettes à l'attaque des vagues de secteur nord-ouest, cependant l'érosion de ce secteur serait plutôt continentale ;
- commune de **Plouha** : le fond de l'Anse de Bréhec, Port Logot, Le Palus ;
- commune de **Tréveneuc** : la pointe et la plage au nord de Les Rambours ;
- commune de **Saint-Quay-Portrieux** : la plage au nord du port ;
- commune de **Étables-sur-mer** : la plage au sud de la Grève du Moulin, la plage au sud des Godelins ; de la côte rocheuse de Port-ès-Leu en passant par la plage des Godelins, jusqu'à la plage de la Blanche au sud du port de Binic, les vagues de secteur est et est-nord-est attaquent la côte ;
- commune de **Binic** : le rentrant sud de la pointe de trouquetet ;
- commune de **Pordic** : le petit havre, la plage de Tournemine ; l'action des vagues est de secteur nord, nord-ouest-nord du Petit Havre à Pordic (où des glissements de falaise ont eu lieu sur la plage).

- commune de **Plérin** : les Rosaires : secteur entre Tournemine et le Rocher du Poissonnet, Rocher Guérinet (0.2 m/an), le nord de la plage de Saint-Laurent-sur-Mer, l'Anse aux Moines ; les attaques des vagues changent de d'orientation de la plage de Saint-Laurent jusqu'à l'anse à la Vierge où se sont des vagues de secteurs nord-est qui s'abattent sur la côte et contribuent à fragiliser les falaises meubles ;
- commune de **Saint-Brieuc** : les rentrants entre la Pointe de Cesson et la Pointe de Gourien ;
- commune de **Langueux** : les rentrants entre la Grève des Courses et Château de Saint-Illan ;
- commune **d'Hillion** : le Clos Goblet, Jernuguen, le Tertre Banc, les rentrants entre Fontreven et la Pointe du Grouin (0.2 m/an), la plage de Lermot, la plage de la Grandville (0.1 m/an) ; sur la zone de la Grève d'Hillion, située sur le versant est de l'Anse **d'Yffiniac**, l'attaque des vagues est de secteur nord-ouest. Tandis que la plage de Grandville située à l'ouest de l'embouchure du Gouessant subit l'action des vagues de secteur nord ;
- commune de **Morieux** : secteur entre l'embouchure du Gouessant et la Pointe de Longue Roche ;
- commune de **Planguenoual** : la Grève du Vauglin, la plage du Port Morvan ; des falaises rocheuses de **Planguenoual** jusqu'à la plage de **Val-André** l'action des vagues est de secteur nord-ouest à ouest-sud-ouest dans la partie occidentale de la plage de **Val-André** ;
- commune de **Pleneuf Val-André** : l'Anse du Pisso (0,2 m/an), plage des Vallées (0,1 m/an), la Grève de Nantois (0,3 m/an) ; les ouvrages de défense contre la mer ont été mis en place le long de la plage de Val-André, afin de dissiper l'énergie des vagues. De la plage des Vallées, bordée de falaises meubles sujette à d'importantes érosions en passant par la Grève de Nantois formée de falaises meubles, jusqu'à la plage de Caroual, l'attaque des vagues est de secteur nord à nord-nord-ouest. Ce qui explique que la plage de Caroual est entièrement bordée par des ouvrages de défenses longitudinales de haut de plage. La réflexion des vagues sur la digue entraîne un démaigrissement de la haute plage. À l'extrémité sud-ouest de la plage, les falaises meubles reculent par érosion continentale mais aussi par dégagement des matériaux meubles par la mer et attaque du pied de falaise par les vagues ;
- commune **d'Erquy** : le sud de la plage de Caroual (0,5 m/an), la plage du Portuais, la plage du Guen (0,3 m/an), la Fosse Eyrand (1 m/an), la pointe du Champ du Port (0,4 m/an) ; Passé le Cap d'Erquy, les vagues changent de direction jusqu'au Cap Fréhel, elles sont de secteur nord à nord-ouest. Cependant il faut noter que aux Sables-d'Or-les-Pins les vagues sont de secteur nord-nord-est ;
- commune de **Fréhel** : la flèche de Sables d'Or les Pins, les Grèves d'En-Bas, la plage de La Fosse.

Une première estimation sur l'évolution possible de la baie de Saint-Brieuc, avait été réalisée par Bonnot-Courtois et Bousquet-Bressolier, (1998), à travers l'analyse de la largeur de l'estran, depuis la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle à l'actuel. (Illustration 30).

Les premières conclusions sur cette évolution de l'estran, étaient que la baie de Saint-Brieuc, montrait une largeur d'estran évoluant vers le large (en expansion) et interprétée comme un comblement du fond de baie (Illustration 30).



Illustration 30 : Évolution de la largeur de l'estran depuis fin XVIII<sup>e</sup> (modifié d'après Bousquet-Brousselier et Bonnot-Courtois, 1998).

La synthèse des aléas littoraux du linéaire côtier du compartiment C5 : Baies de Morlaix et Lannion, est résumée dans les illustrations qui suivent (Illustrations 31, 32 et 33).





## Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C3

**Légende des aléas linéaires extrait de la bibliographie**

Aléa	Vit. (en m/an)	Eff.
Accretion		(28)
Erosion		(58)
Erosion de digue	Le chiffre associé correspond à la vit. de la littérature ...	(11)
Erosion de dune		(41)
Erosion d'un enrochement		(18)
Erosion d'une falaise meuble		(173)
Erosion d'une falaise rocheuse		(30)
Erosion d'un cordon de galets		(2)

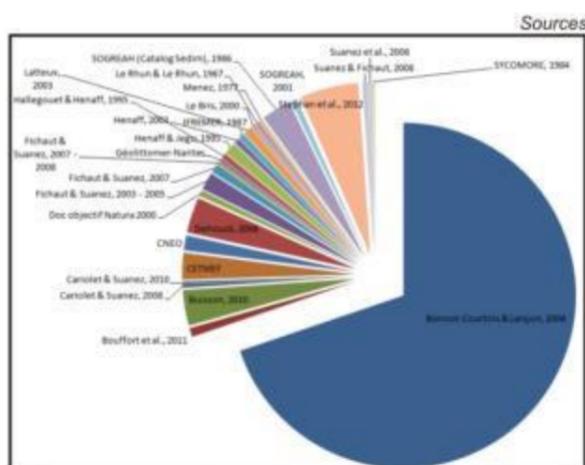
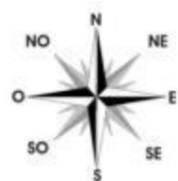


Illustration 32 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C3.



### Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C3



*Légende des aléas linéaires extrait de la bibliographie*

Aléa	Vit. (en m/an)	Eff.
Accretion		(28)
Erosion		(58)
Erosion de digue		(11)
Erosion de dune		(41)
Erosion d'un enrochement		(18)
Erosion d'une falaise meuble		(173)
Erosion d'une falaise rocheuse		(30)
Erosion d'un cordon de galets		(2)

Le chiffre associé correspond à la vit. de la littérature ...

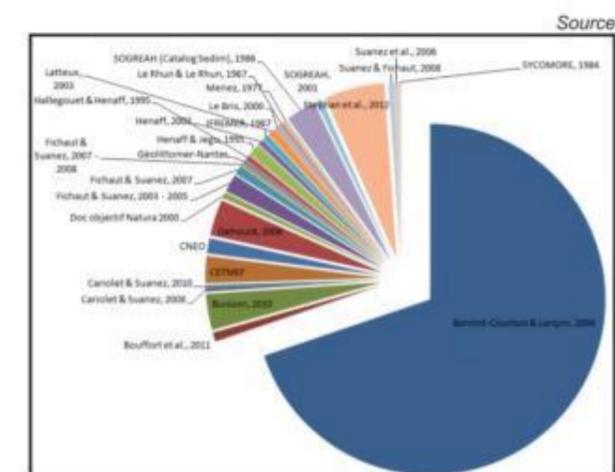


Illustration 33 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C3.

### 3.2.4. Les Surfaces submergées sur le compartiment C3

L'aléa submersion se caractérise par l'envahissement des zones basses en arrière du trait de côte. La plupart des zones naturelles soumises à ces phénomènes sont les marais.

Peu de documents cartographiques existent sur les submersions marines, hormis sur deux secteurs cités dans les travaux de thèse de J. M. Cariolet (2010). Cariolet a reconstitué des inondations depuis 1960 et en 2008, au niveau de la plage des Rosaires (Illustration 34).

La plage des Rosaires, située sur la commune de Plérin, est le seul site orienté vers le nord-est. Ce site qui a été inondé sept fois par la mer depuis 1960, la zone soumise à l'aléa se situe le long du front de mer. En avril 1962, des dizaines de caves ont été inondées par le franchissement de vagues au niveau du perré. En novembre 1967, la projection de galets par les vagues sur le boulevard a eu pour effet de boucher les voix d'évacuation des eaux, et donc d'amplifier le phénomène d'inondation. Plusieurs maisons ont été inondées. En janvier 1978, les caves des maisons situées sur le front de mer ont été envahies par un mètre d'eau, suite à l'ouverture d'une brèche dans le perré. Les 26 et 27 février 1990, d'importants phénomènes de franchissement ont généré l'inondation de plusieurs habitations (2 mètres d'eau dans certaines maisons). Le matin du 20 février 1996, 23 pavillons et immeubles ont été inondés en font de mer. Suite à ce fort coup de vent de nord-est, situation rare, 1,5 mètres d'eau ont été mesurés dans certaines habitations.

L'analyse des données météo-marines nous montre que tous les épisodes submersions ont eu lieu durant une marée de vive-eau. Les niveaux d'eau ont été à chaque fois augmentés par l'effet de vents d'afflux et de faibles pressions atmosphériques. Sur ce site, les vents considérés comme des vents d'afflux proviennent de nord à est. En outre, durant les trois épisodes pour lesquelles des données de houles sont disponibles, la hauteur de la houle au large était à chaque fois supérieure à cinq mètres. Il est néanmoins important de relativiser les valeurs de houles utilisées ici, qui proviennent d'une modélisation au large de la côte Trégoroise, car l'agitation marine en baie de Saint-Brieuc y est moins importante.

Une dernière cause pourrait être le démaigrissement du haut de plage depuis plusieurs années (Bonnot-Courtois *et al.*, 2008), en avant de l'ouvrage (perré) de protection, entraînant un déferlement tardif des vagues. Depuis son rehaussement et la construction d'une chaussée de rétention d'eau le long du front de mer en 2013, plus aucune inondation par la mer n'a été observée (Illustration 34).

Le **second** document est la cartographie réalisé par le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Saint-Brieuc (LRPC) en 2008, à travers l'établissement du Plan de Prévention des Risques Naturels Inondation (PPRNI), sur les communes de Paimpol et Ploubazlanec (Illustration 35).

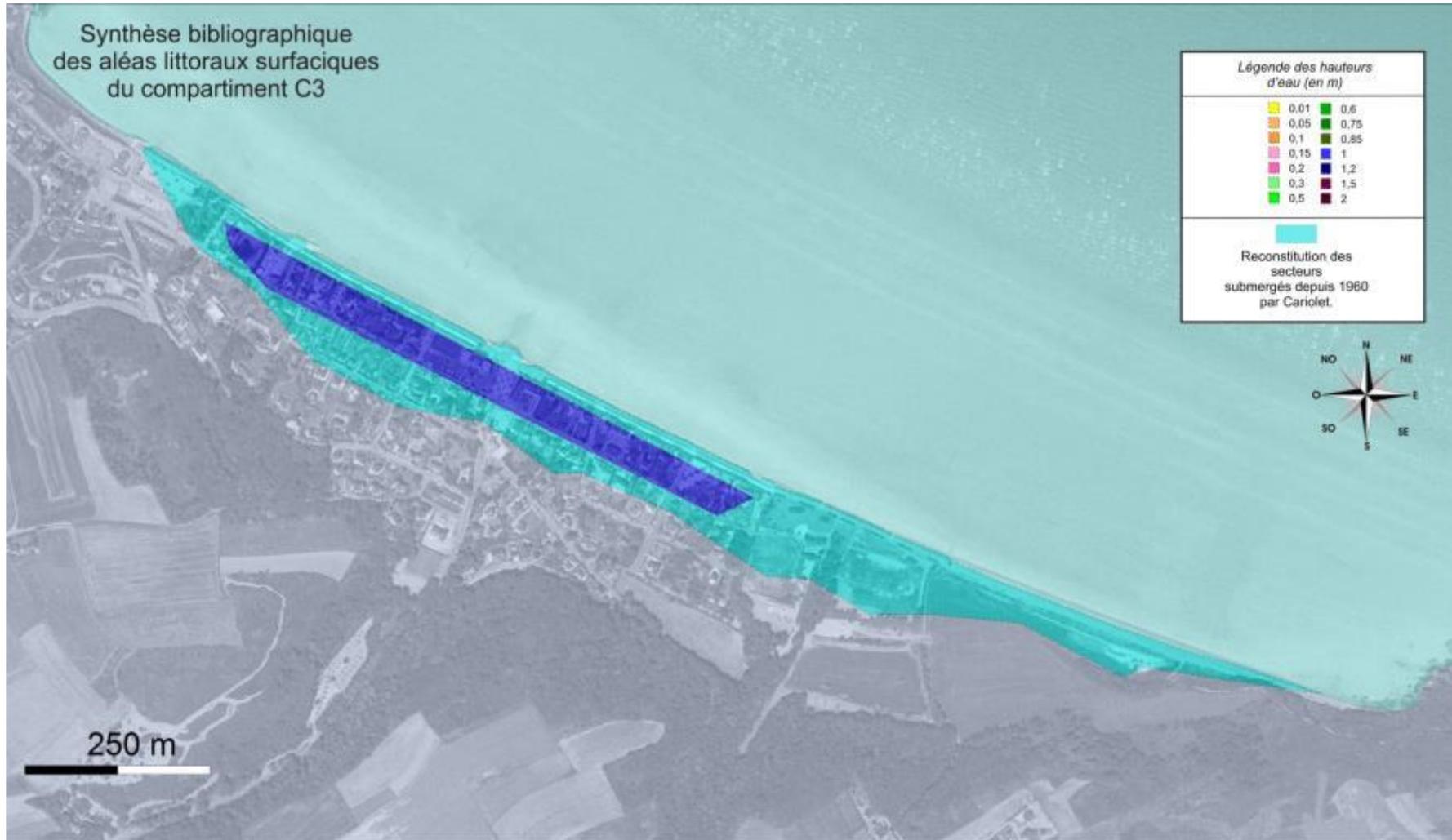


Illustration 34 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux surfaciques du compartiment C3.

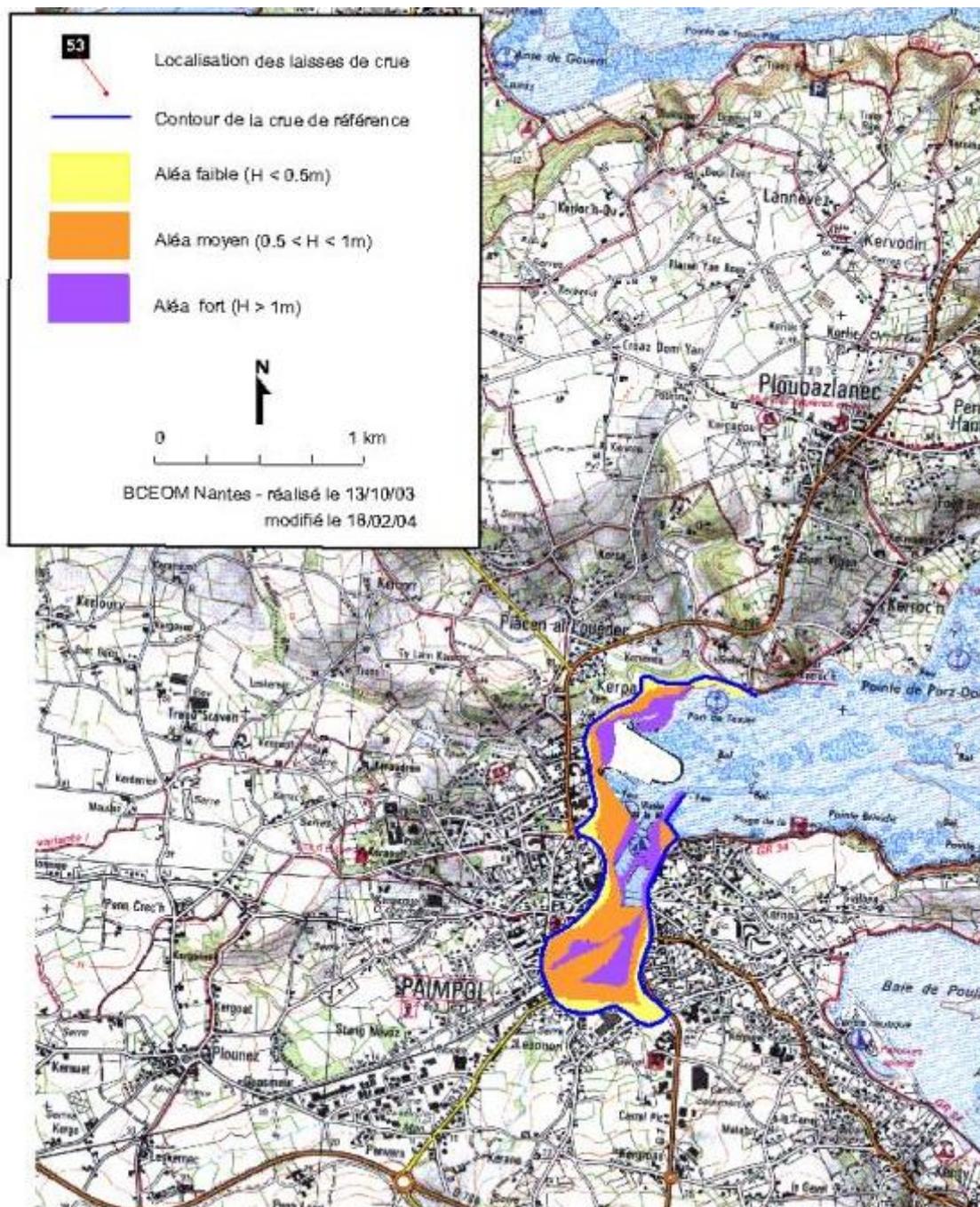


Illustration 35 : Carte d'aléa submersion marine Pour les commune de Paimpol - Ploubazlanec (PPRI Paimpol-Ploubazlanec, LRPC 2008).



## 4. Acquisitions de terrain (géomorphologie, prédisposition à l'érosion et cinématique du trait de côte)

### 4.1. « GÉOMORPHOLOGIE » DU TRAIT DE CÔTE

#### 4.1.1. Éléments de méthodologie

Avant de pouvoir évaluer la prédisposition à l'érosion des côtes rocheuses, il a été nécessaire de déterminer et fixer quelles pouvaient être (1) les données possiblement utilisables et (2) sur quels éléments méthodologiques se baser, comme :

- quel trait de côte support de la géomorphologie ?
- quelle géologie pour ce trait de côte support ?
- quelle géomorphologie ?
- quels événements l'ayant détérioré utiliser ?
- enfin comment caractériser ces événements ayant trait à l'érosion de ce trait de côte ?

#### ***Quel trait de côte (TdC) support utilisé pour sa caractérisation « géomorphologique » ?***

Deux possibilités cartographiques pouvaient être envisagées. L'utilisation d'un TdC déjà existant tel que le trait de côte HistoLitt V2.0 (TdCH) construit par le SHOM et l'IGN ou la création d'un TdC à partir de différents marqueurs géomorphologiques caractéristiques des côtes rocheuses et extraits d'images aériennes.

La première solution a été celle retenue car elle avait pour principal avantage de fournir un support cohérent avec une certaine homogénéité d'échelle et de précision (Description techniques des spécificités, SHOM/IGN 2007), pour les documents réglementaires.

Prenant pour hypothèse que le trait de côte correspond à la laisse des plus hautes mers dans le cas d'une marée astronomique de coefficient 120 et dans des conditions météorologiques normales (pas de vent du large, pas de dépression atmosphérique susceptible d'élever le niveau de la mer) ; le produit TdCH modélise cette entité théorique par un ensemble de polygones 2D.

Pour la région Bretagne, les sources sont : à 65.4 % le TDCBDTOPO, à 28.63 % le TDCBDORTHO et à 5.96 % le TDC25 000 (Illustration 53).

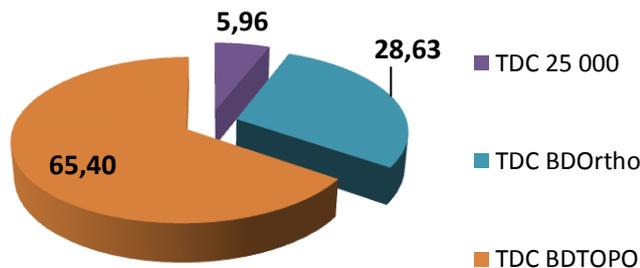


Illustration 36 : Sources composant le trait de côte HistolittV2.0 pour la Bretagne.

### Caractérisation du trait de côte

Suite à des discussions lors de différents comités techniques, des options ont été ajoutées afin d'enrichir de TdC, comme notamment la présence de la nature de l'estran sur les côtes basses (sables, galets, graviers, sables et graviers), pouvant donner des indications sur la dynamique sédimentaire sur l'avant-plage, contributions apportées par Chantal Bonnot-Courtois et Alain Hénaff.

Le BRGM a proposé l'ajout d'un trait continental car avec un tel découpage des côtes bretonnes, comblées par des formations superficielles diverses (dépôts de pente de type « head », cordons de sable ou de galets), les vitesses de recul du trait de côte allaient tout autant elles aussi être très hétérogènes, mais qui se limiteront à l'étendue de ces formations dites superficielles.

Ainsi, la géomorphologie du TdC s'est structurée autour du trait de côte HistolittV2.0 par l'ajout d'un avant et d'un arrière Trait de côte, l'AvTDC pour l'estran et un ArTDC pour l'étendue de la formation superficielle considérée (Illustration 54).

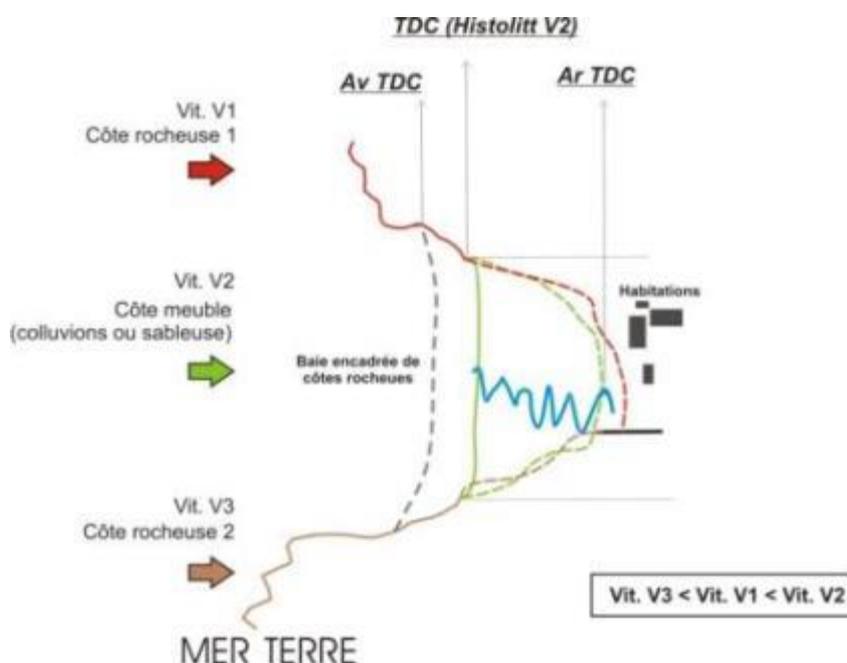


Illustration 37 : Schéma de principe de caractérisation du trait de côte.

## Quelle géologie pour le Trait de côte des trois départements (22, 29 et 35) ?

Cette partie a été faite **en plusieurs étapes**.

La **première étape** a consisté en la **réalisation d'une carte géologique harmonisée pour les trois départements**.

À partir de la meilleure échelle disponible en France métropolitaine sur la géologie du sous-sol, celle du 1/50 000 des cartes géologiques de la France du BRGM, pour chaque département français, constitué en moyenne par plus d'une vingtaine de cartes géologiques, ont été harmonisées à cette même échelle (1/50 000), lors de la réalisation des cartes départementales des argiles pour la caractérisation de leur aléa en retrait et gonflement en période de sécheresse (Illustration 55).

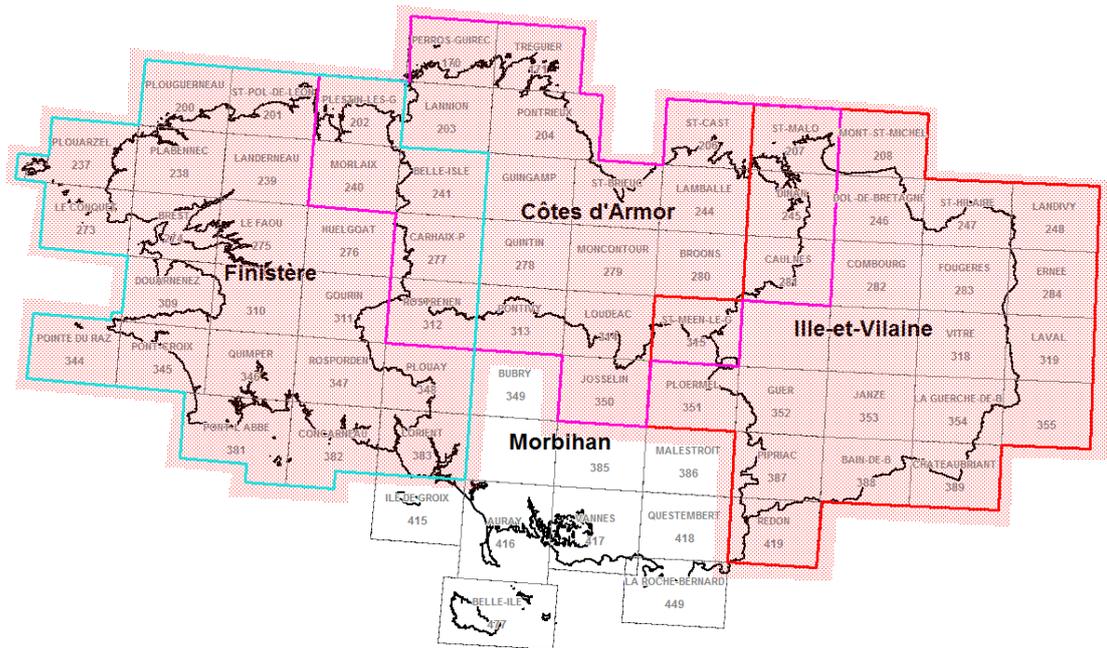


Illustration 38 : Patchwork des cartes géologiques au 1/50 000 pour les trois départements concernés (en rouge : harmonisation de l'Ille-et-Vilaine ; en rose : des Côtes-d'Armor et en bleu : du Finistère ; en surcharge : harmonisation des trois départements).

À partir de cette géologie homogène à l'échelle du département, il a été nécessaire de réaliser une harmonisation de ces trois cartes géologiques départementales harmonisées des départements du Finistère, des Côtes-d'Armor et d'Ille-et-Vilaine.

Ensuite, cette géologie sub-régionale a été affectée automatiquement par croisement entre elle et le vecteur du TdCH, dans un SIG.

À la géologie issue des cartes au 1/50 000 du BRGM, les investigations de terrain sont venues préciser la géologie des côtes basses et des côtes composées par des dépôts de pente meubles souvent cartographiés que parcimonieusement à l'échelle du 1/50 000.

**La deuxième étape** est venue compléter la première par **une acquisition de la géologie plus traditionnelle par l'utilisation d'une minute de terrain**.

Pour le littoral brétilain (Ille-et-Vilaine, 35) et celui du Finistère (29), à la méthodologie décrite ci-dessus d'attribution automatique d'une géologie au trait de côte, les investigations de terrain depuis l'automne 2012 à la fin de l'été 2013, sont venues corriger directement les

erreurs d'attribution automatique. Les précisions de terrain ont porté essentiellement sur les côtes basses, et les côtes meubles et sur l'attribution de secteur de roches altérées ou en érosion.

Pour le littoral des Côtes-d'Armor (22), il a été possible de s'appuyer sur une étude existante réalisée par Chantal Bonnot-Courtois et Gentiane Lançon (CNRS) sur la caractérisation de l'aléa érosion sur le littoral des Côtes-d'Armor, contenant sur tout le littoral costarmoricain à une précision au 1/25 000, la géomorphologie côtière, les aménagements et les aléas. Grâce au croisement des informations des cartes de cette étude, avec les cartes géologiques au 1/50 000 du BRGM et les investigations de terrains de l'été 2011 du BRGM, la géomorphologie a pu être affinée.

Lors des campagnes de terrain, des minutes de terrain ont été réalisées dont le support a été le Scan 25 de l'IGN, agrandi à l'échelle du 1/15 000 (Illustration 56).



Illustration 39 : Minute de terrain au niveau de Camaret-sur-Mer (29).

Ainsi de nombreuses informations qui ne figuraient pas sur les cartes géologiques, telles que la géologie (**roche saine ou altérée, côtes meubles** etc.), **les secteurs en érosion, la nature de l'estran ou encore les extensions des formations meubles, ont pu être retranscrits**. Ces observations de terrain ont donc permis un enrichissement supplémentaire **avec secteur sain et altéré ou encore en érosion ou pas**.

Pour des commodités cartographiques de rendu à l'échelle du 1/15 000, l'avant trait de côte a été positionné sur le « 0 » NGF des Scan25IGN. Sa nature (sableuse, à galets, vaseuse, rocheuse) a pu être définie grâce aux investigations de terrain sur le Finistère et l'Ille-et-Vilaine, et en s'appuyant sur les cartes de l'étude de C. Bonnot-Courtois, complétée par les images satellites en libre accès sur <http://www.bing.com/maps/> ou <https://www.google.fr/maps>.

Enfin, l'arrière trait de côte, comme l'extension des formations superficielles a été le plus délicat à tracer. Les cartes géologiques au 1/50 000 sont venues apporter l'information de présence ou pas, mais le tracé s'est appuyé sur les Scan25IGN et sur l'interprétation à partir de l'analyse de la végétation, de l'occupation des sols des images satellites (<http://www.bing.com/maps/> ou <https://www.google.fr/maps>).

La **troisième étape importante**, a été la **simplification** de cette géologie des trois départements.

Avec 475 caissons ou polygones correspondants chacun à une formation géologique, il n'était pas possible de réellement faire une analyse sur les prédispositions de tant de formations géologiques à l'érosion.

Un **travail de simplification de la géologie** a permis le regroupement de ces 475 formations géologiques en :

- **11** formations géologiques pour les côtes rocheuses ;
- et **14** formations géologiques pour les côtes meubles.

Le regroupement des formations géologiques des côtes rocheuses s'est faite sur :

- la lithologie (regroupement des formations géologiques de même nature ou de la même famille), tel que : les leucogranites, granites et granodiorites ou l'ensemble des formations géologiques volcaniques acides, ou encore des alluvions avec les colluvions ou dépôts de pentes périglaciaires ;
- l'expertise du géologue régional ;
- la connaissance du comportement mécanique des formations géologiques, comme le Module de Young et le Coefficient de Poisson (Illustration 57) ;

<i>Matériau</i>	<i>Module de Young E (GPa)</i>	<i>Coefficient de Poisson <math>\nu</math></i>
Granite	10 – 80	0.25 – 0.35
Basalte	20 – 70	0.25 – 0.35
Quartzite	30 – 90	0.12 – 0.15
Gneiss	10 – 60	0.25 – 0.35
Schiste	7 – 50	0.15 – 0.20
Calcaire très compact	60 – 80	0.25 – 0.35
Calcaire compact	30 – 60	0.25 – 0.35
Calcaire peu compact	10 – 30	0.25 – 0.35
Calcaire tendre	2 – 10	0.25 – 0.35
Marne	0.05 – 1	0.25 – 0.35
Grès	5 – 60	0.25 – 0.35
Molasse	1.5 – 5	0.25 – 0.35
Marbre	80 – 110	0.27 – 0.3
Gypse	2 – 6.5	0.27 – 0.3

*Illustration 40 : Module de Young et coefficient de Poisson pour quelques familles de roches (Mestat, 1993).*

- et sur le comportement des minéraux des formations géologiques face à l'altération comme par exemple l'ordre établi par Goldich (1938) de résistance des minéraux à l'altération (Illustration 58).

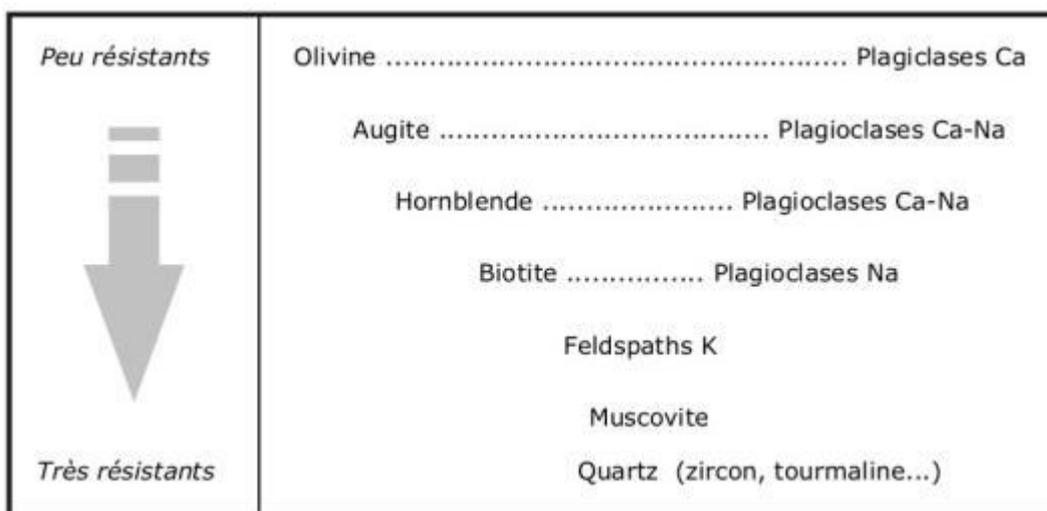


Illustration 41 : Ordre de résistance des minéraux à l'altération (Goldich, 1938).

#### 4.1.2. La « géomorphologie » du trait de côte des trois départements

##### Synthèse générale

Cette cartographie (1) de la géologie des côtes à falaises et de la géomorphologie/géologie des côtes d'accumulation, du trait de côte, précise au 1/15 000, permet de dresser un état des lieux du trait de côte des trois départements (d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère).

Pour un **linéaire total de côte** de **2071,5** km étudié, le trait de côte est composé à **25,8** % d'**aménagements anthropiques** (digues, murs, épis, quais etc.), soit un linéaire de **534,8** km.

Les **côtes naturelles** sont composées de **486,19** km de **côtes meubles** (alluvions estuariens, colluvions de pente, côtes d'accumulation sableuses et à galets, etc.), soit **23,46** % et de **1 051,5** km de **côtes rocheuses**, soit **50,74** % (Illustration 59).

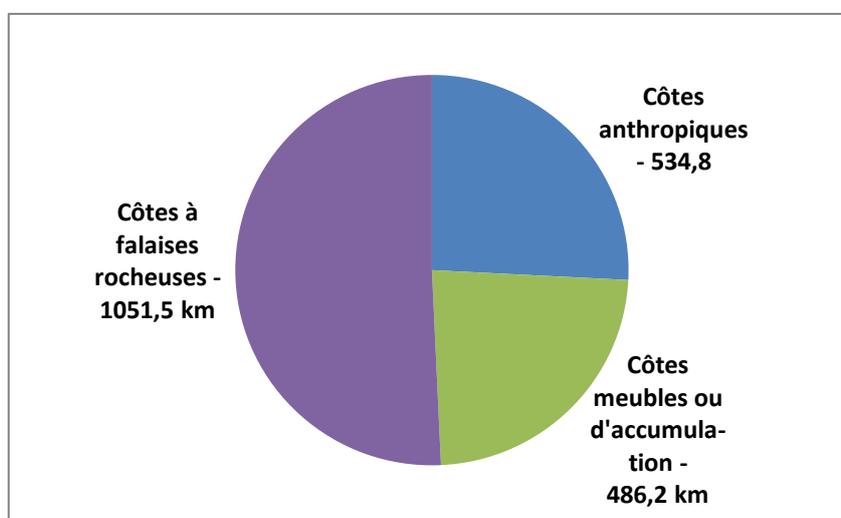


Illustration 42 : Synthèse du linéaire côtier étudié pour les départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère.

L'identification sur le terrain de linéaire interprété en érosion (sur les côtes meubles comme rocheuses), permet de dresser ce bilan de **230,93** km de côte **en érosion** soit **11,14** %.

Pour les **côtes rocheuses**, le linéaire en érosion est de **77,84** km, soit **7,40** %, alors que pour les côtes meubles, le linéaire en érosion est de **153,06** km en érosion, soit **31,49** %.

Pour la partie anthropique de ce linéaire côtier sur les **534,8** km, **7,7** km soit sur **1,4** %, a été observé endommager.

### Synthèse par formations géologiques littorales

Pour l'ensemble des trois départements, il a été possible de caractériser :

- les différents linéaires de côtes rocheuses sains et altérés ;
- les différents linéaires de côtes rocheuses comme meubles en érosion ou pas.

Le linéaire des côtes rocheuses des trois départements est constitué (Illustrations 60 et 61) :

1. de **roches** de la famille des **granites** (**459** km) ;
2. suivi de **261** km de côtes de **roches métamorphiques** (des micaschistes, gneiss aux migmatites) ;
3. **156** km de **roches sédimentaires déformées (schisto-gréseuses)** ;
4. **63** km de roches de type grés **armoricain** ;
5. **33** km de **roches plutoniques à volcaniques basiques** ;
6. **27** km de différents **filons rocheux** ;
7. **23** km de **roches métamorphiques basiques** ;
8. **14** km de **roches volcano-sédimentaires** ;
9. **11** km de **roches volcanites et métavolcanites acides** ;
10. et enfin « *anecdotiquement* » **0,4** km de **roches quartzitiques ou localement mylonitiques**.

		en km	altéré	en érosion	altéré en érosion	Total	Roch alt./Roch saine		En érosion/Non érodé	
								en %		en %
Trait de côte (total 22, 29 et 35)										
Falaises rocheuses et meubles	Roches granitiques	406,80	34,20	10,90	7,50	459,40	0,08	8,41	0,04	4,17
	Roches métamorphiques	233,36	12,68	7,65	8,01	261,70	0,09	8,58	0,06	6,36
	Roches métamorphiques basiques	19,83	0,55	0,31	2,74	23,43	0,16	16,34	0,15	14,97
	Roches sédimentaires (schisto-gréseuses)	121,76	6,14	3,60	25,29	156,79	0,25	25,07	0,23	22,59
	Roches de type grés armoricain	61,33	0,84	0,88	-	63,05	0,01	1,35	0,01	1,42
	Roches volcano-sédimentaires	14,25	0,32	-	-	14,57	0,02	2,25	-	-
	Roches plutoniques à volcaniques basiques	24,00	1,48	0,00	8,02	33,50	0,40	39,58	0,31	31,48
	Roches volcanites et métavolcanites acides	10,72	0,22	-	-	10,94	0,02	2,05	-	-
	Roches quartzitiques (ou localement mylonitiques)	0,40	-	-	-	0,40	-	-	-	-
	Filons rocheux	22,90	1,88	0,54	2,40	27,72	-	-	-	-
Depots de pente (colluvions aux alluvions)	75,64	-	92,25	-	167,89	-	-	1,22	121,96	

Illustration 43 : Tableau des formations géologiques littorales simplifiées des côtes rocheuses des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère (sont présents les linéaires altérés, sains et érodés).

Les formations géologiques qui finalement apparaissent avec un faible linéaire, avaient été extraites des 475 de l'harmonisation géologique des trois départements et retenues car elles pouvaient constituer des hétérogénéités : points résistants ou meubles pouvant être le siège d'aléa ponctuel.

Enfin, les formations géologiques de type **dépôts de pente (des colluvions aux alluvions)**, qui correspondent à des falaises d'altitudes variées entre 1 m à 15/20 m, et qui correspondent à une géomorphologie intermédiaire entre les côtes rocheuses et les côtes meubles, font un linéaires côtier de **167 km**.

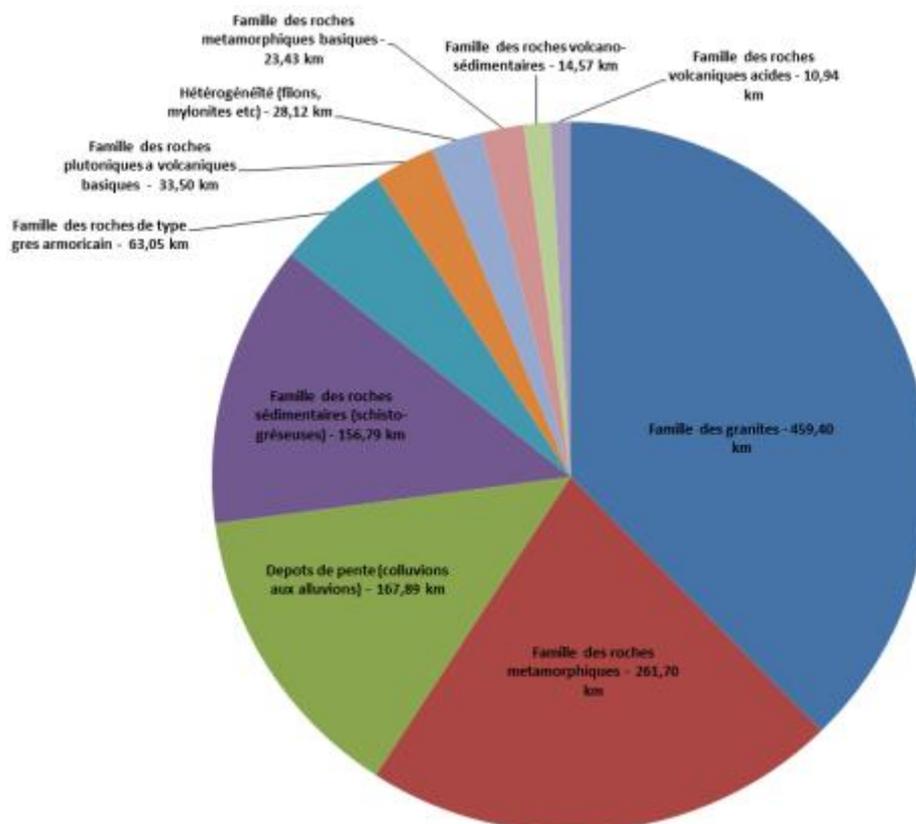


Illustration 44 : linéaire en kilomètre des différents linéaires de côtes rocheuses.

### Synthèse sur l'altération des formations géologiques littorales

Un **rapport entre le linéaire altéré et sain (non altéré)**, a été réalisé afin d'avoir une image du degré d'altération des différents linéaires de côtes rocheuses, (Illustration 60).

Les formations géologiques qui présentent **un rapport [linéaire altéré/linéaire sain]** le plus important, sont les :

1. **roches plutoniques à volcaniques basiques** avec **39 %** de leur linéaire altéré ;
2. suivies par les **roches sédimentaires (schisto-gréseuses)** avec **25 %** ;
3. puis par les **roches métamorphiques basiques** avec **16 %** ;
4. Les **roches granitiques et métamorphiques** ont un linéaire de côte altérée égal de **8 %** environ ;
5. et enfin les **roches sédimentaires de type grès armoricain et volcano-sédimentaires** sont très peu altérées avec respectivement **1,35** et **2,25 %** de leur linéaire côtier.

Ces **résultats** confirment dans un premiers temps, **l'ordre de résistance des minéraux à l'altération de Goldish (1938)**, mais dans un deuxième temps, montrent que pour les côtes rocheuses des trois départements, **si les roches composées de minéraux facilement altérables comme celles basiques sont les plus altérées, les roches contenant le plus**

**de discontinuités intrinsèques comme acquises, sont elles aussi tout autant altérables** telles que les roches sédimentaires (schisto-gréseuses).

### **Synthèse sur l'érosion des formations géologiques littorales**

#### **• Sur les côtes rocheuses**

La même démarche a été réalisée mais cette fois-ci par la réalisation d'un rapport entre **linéaire en érosion et « sain »** (Illustration 60). Les formations géologiques qui présentent **un rapport [linéaire en érosion/linéaire sain]** le plus important, sont les :

1. **roches plutoniques à volcaniques basiques** avec **31 %** de leur linéaire en érosion ;
2. suivies par les **roches sédimentaires (schisto-gréseuses)** avec **22 %** ;
3. puis par les **roches métamorphiques basiques** avec **14 %** ;
4. Les **roches granitiques et métamorphiques** ont un linéaire de côte en érosion sensiblement identique avec respectivement **4,7** et **6,36 %** environ ;
5. et enfin les **roches sédimentaires de type grés armoricain** ont un linéaire côtier en érosion faible de **1,42 %**.

Pour les formations géologiques restantes, leur linéaire n'a pas été observé en érosion.

**Cependant, les dépôts de pente (des colluvions aux alluvions), présentent un linéaire en érosion supérieur à leur linéaire « stable », ce qui les placent comme la formation géologique à falaises la plus mobile du littoral des trois départements avec 121 %.**

Ces **résultats** confirment dans un premiers temps, **les données mécaniques qui caractérisent les différentes lithologies (Illustration 57, d'après Mestat, 1993)**, mais dans un deuxième temps, **bousculent ces premières confirmations en montrant un lien direct entre altération et érosion.**

Ainsi pour les formations géologiques des côtes rocheuses des trois départements (formation des dépôts de pente exclue), **les linéaires de roches en érosion se corrélient assez bien avec les linéaires de roches en altération, soulignant l'importance que l'altération peut jouer dans la mobilité des falaises, en diminuant les leur résistance mécanique.**

#### **• Sur les côtes meubles**

Pour les côtes meubles ou à accumulation, tels que les cordons dunaires de sables ou de galets, les flèches etc. (Illustration 62), cette approche n'est pas des plus adaptées mais malgré tout **le rapport entre linéaire en érosion et « stable »**, montre que :

1. les **flèches de sable** sont des objets géomorphologiques très mobiles avec **99 %** en érosion ;
2. suivies par les **cordons dunaires** (de sable), à **55 %** ;
3. Les **plages adossées et autres plages** (plagettes), ont respectivement **14** et **10 %** de leurs linéaires en érosion ;
4. et enfin les **cordons de galets** n'ont, eux, que **7 %** de leur linéaire observé en érosion.

	en km	altéré	en érosion	altéré en érosion	Total	En érosion/Non érodé		
<b>Côtes basses et anthropiques</b>	Cordon de galets	58,67	-	4,27	-	62,94	0,07	7,28
	Plage de galets	1,99	-	-	-	1,99	-	-
	Queue de comète de galets	0,10	-	-	-	0,10	-	-
	Fleche de galets	15,58	-	0,14	-	15,72	-	-
	Tombolo de galets	0,52	-	-	-	0,52	-	-
	Cordon de sable et galets	2,23	-	-	-	2,23	-	-
	Plage sablo-graveleuse	12,42	-	0,37	-	12,79	0,03	2,98
	Cordon dunaire sableux	83,29	-	46,02	-	129,31	0,55	55,25
	Fleche de sable	8,25	-	8,20	-	16,45	0,99	99,39
	Tombolo sableux	0,68	-	1,22	-	1,90	-	-
	Plage de sable (adossée)	3,08	-	0,44	-	3,52	0,14	14,29
	Plages autres (plagettes adossées etc.)	1,65	-	0,18	-	1,83	0,11	10,91
	Plages ou alluvions perches (sablo-graveleux)	4,80	-	-	-	4,80	-	-
	Marais maritime ou Estuaire	64,20	-	-	-	64,20	-	-
	Cote anthropique	527,15	-	7,65	-	534,80	0,01	1,45

Illustration 45 : Tableau des formations géologiques littorales simplifiées des côtes meubles des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère (sont présents les linéaires altérés, sains et érodés).

## 4.2. PRÉDISPOSITION À L'ÉROSION DES CÔTES À FALAISES

Pour évaluer la prédisposition à l'érosion, quatre critères ont été mis en place.

- 1 - le **rapport linéaire sain – linéaire en érosion** par formation géologique ;
- 2 - le **rapport linéaire saint – linéaire altéré** par formation géologique ;
- 3 - la **densité de mouvement de terrain au kilomètre linéaire** par formation géologique ;
- 4 - et la **densité de cavités au kilomètre linéaire** par formation géologique.

### 4.2.1. Le levé de terrain ayant trait à l'érosion

Pour le département des Côtes-d'Armor, le levé de terrain s'est fait pendant l'été 2011, et a été complété à l'hiver 2011-2012. Pour les autres départements (Ille-et-Vilaine et Finistère), le levé a été réalisé lors de l'automne 2012 et de l'hiver à la fin de l'été 2013. Seulement quatre agents ont arpenté les 2000 km environ de littoral.

Plusieurs types d'éléments ont été relevés :

1. l'ensemble des **mouvements de terrain** (cf. paragraphe ci-dessous sur la typologie mouvements relevés) ;
2. l'ensemble des **cavités** liées à l'action des vagues ;
3. et pour les côtes anthropisées (aménagées), l'ensemble des **réparations** réalisées sur les ouvrages (quais, digues, épis) ou **impacts** (dommages) quand il était possible de les observer.

Afin d'accélérer ce processus d'acquisition des données, les agents étaient munis d'un **GPS** © **Trimble Juno 3B**, contenant déjà dans l'appareil, les bases de données nécessaires à renseigner pour une **acquisition numérique**.

### L'acquisition numérique

Les données de terrain ont été acquises grâce à un GPS © Trimble Juno 3B (Illustration 63). Ce GPS permet :

- d'obtenir une précision en temps réel de 2 à 5m grâce au SBAS (Satellite-Based Augmentation System). Cette précision peut atteindre 1 à 3m grâce au post-traitement.

Ces précisions sont suffisantes pour permettre de localiser précisément les objets géographiques ;

- d'acquérir des données de trois types : des points, des lignes ou des surfaces.



Illustration 46 : GPS © Trimble Juno3B.

### **Préparations avant l'acquisition des données**

Avant l'acquisition de nouvelles données, il est nécessaire de définir dans l'appareil le système de coordonnées géographiques, de la précision voulue ou attendue, ou encore du pas d'acquisition.

Préalablement, un dictionnaire d'attribut est défini en fonction de la nature de l'acquisition. Le dictionnaire d'attribut correspond à l'ensemble des caractéristiques ou observations (attributs) qui seront relevés sur le terrain et rattachées à l'objet géographique levé, et qui seront directement stockées en temps réel dans l'outil de saisi.

Il permet un travail uniforme d'un opérateur à un autre, avec par exemple, la possibilité de bloquer l'acquisition d'un attribut, tant que le précédent n'a pas encore été identifié. Ces attributs levés directement sur le terrain permettent un gain de temps car de l'acquisition terrain, l'opérateur peut passer directement à son système d'information géographique et à la gestion de ces champs attributaires.

Deux logiciels sont nécessaires pour l'acquisition des données.

Le logiciel © PathFinder, développé par la société © Trimble, est outre un véritable logiciel SIG, un logiciel dans lequel il est possible de créer les dictionnaires d'attributs mais aussi de réaliser un traitement différentiel des données acquises afin d'en améliorer la précision.

Le second logiciel © Terrasync Pro, est un aussi SIG embarqué sur le GPS portable et qui permet la gestion des données géoréférencées (vecteurs, rasters, ponctuels), consultables directement sur le terrain pour aider à l'acquisition ou la mise à jour. © TerraSync Pro permet aussi la synchronisation de l'ensemble des données embarquées et des données préparées sur l'ordinateur de bureau.

Les données collectées sont de deux types, on distingue :

- les données ponctuelles telles que les mouvements de terrain, les cavités, les impacts ou les réparations d'ouvrage ou encore les observations ponctuelles diverses (brèche de cordons etc.) ;

- les données linéaires permettant de relever des pieds et les crêtes de falaise ou les limites de végétation sur les côtes meubles.

### Acquisition des données

L'acquisition des données avec le © Trimble Juno3B, ne peut se faire qu'avec un minimum de quatre satellites connectés pour qu'à chaque point acquis, la précision soit la meilleure possible. La réception du signal peut être perturbée si l'opérateur se situe en pieds de falaise, et si celle-ci est située entre les satellites et l'opérateur. Pour la Bretagne, les falaises d'exposition nord, sont les moins bien-orientées pour une acquisition optimale. Les acquisitions trop proches de la surface de l'eau (de la mer) sont aussi perturbées par l'agitation de surface. Il est important que l'opérateur soit vigilant en surveillant la précision affichée par le GPS et la présence de la correction en temps réel active de l'appareil même s'il est possible de faire une correction des données en post traitement.

Après avoir transféré les données sur l'ordinateur grâce au logiciel © Pathfinder, celles-ci doivent être post-traitées. Ce post-traitement correspond à faire une comparaison à partir de l'heure et de la date d'acquisition des données avec la station GPS fixe la plus proche du secteur d'acquisition. Cette correction dite aussi « de différentielle », est une étape majeure qui permet d'améliorer considérablement la précision des mesures. Le post-traitement effectué, les données sont prêtes pour être exportées vers un SIG (Système d'Information Géographique) au format © Esri shapefile, ou mid/mif ou encore dxf, avec les champs attributaires prédéfinis dans le dictionnaire d'attribution (Illustration 47).

Au moment de l'acquisition des données, les différents champs attributaires du dictionnaire d'attribut prédéfinis tels que la typologie, la hauteur, la largeur et la profondeur ou encore la géologie (roche sédimentaire, roches granitique, sable, ...), sont acquis avec le mouvement de terrain. Enfin d'autres informations comme la direction, le pendage de la structure tectonique principale responsable de l'objet géographique ainsi qu'une photographie et des éléments de précision viennent compléter les attributions du GPS (Illustration 47).

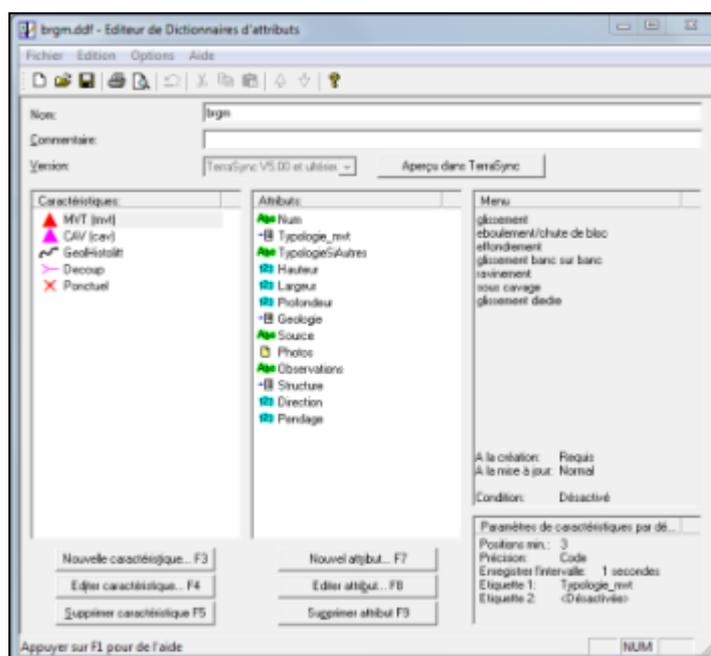


Illustration 47 : Dictionnaire d'attributs réalisé pour cette étude.

## 4.2.2. Synthèse des éléments relevés lors de la phase terrain

### **Les mouvements de terrain littoraux**

#### • La typologie des mouvements de terrain littoraux

Une nomenclature des instabilités des falaises, dépendant de différents facteurs (principalement la géologie et la morphologie) et s'appuyant sur la nomenclature nationale utilisée lors des inventaires départementaux des mouvements de terrain ([www.bdmvt.fr](http://www.bdmvt.fr)), a été établie pour le littoral des trois départements auscultés.

Les critères de définition concernent à la fois le type de mécanisme de déformation, de rupture et de déplacement des matériaux, le type de matériaux déplacés ainsi que le volume de matériaux déplacés.

#### **Glissements de terrain (illustration 48)**

Les glissements de terrain correspondent à des déplacements de terrains le plus souvent meubles le long d'une surface de rupture.

Les facteurs de prédisposition sont différentes lithologies depuis le sol, à des massifs fracturés, des formations superficielles meubles. La géométrie du plan de glissement est fonction de la topographie.

Les facteurs aggravants sont souvent de fortes précipitations, des actions anthropiques en aval comme en amont, l'action des vagues en pied de falaise qui déblayent le bourrelet (Illustration 48).



Illustration 48 : Schéma de principe d'un glissement de terrain (Landevennec, 29).

#### **Glissements banc sur banc (illustration 49)**

Les glissements banc sur banc correspondent à des déplacements de terrains le long d'une surface correspondant à l'inclinaison du plan stratigraphique des roches, orienté vers le vide.

Les facteurs de prédisposition sont différentes lithologies mais surtout des roches sédimentaires ayant été basculées ou plissées. La géométrie de la discontinuité est fonction de l'histoire géologique de la formation géologique en cause.

Les facteurs aggravants sont souvent de fortes précipitations, des actions anthropiques en aval comme en amont, l'action des vagues qui érode le pied de falaise (Illustration 49).



Illustration 49 : Schéma de principe d'un glissement banc sur banc (A : Binic, 22 ; B : Cap à la Chèvre, 29).

### Glissements de dièdres (illustration 50)

Les glissements de dièdres correspondent à des déplacements de terrains le long d'au moins deux surfaces (discontinuités), sécantes pour individualiser un élément (bloc, gros bloc, etc).

Les facteurs de prédisposition sont différentes lithologies mais surtout des roches avec au moins deux générations de fracturation sécantes. La géométrie des discontinuités est fonction de l'histoire géologique de la formation géologique en cause, autant intrinsèque qu'acquise.

Les facteurs aggravants sont souvent de fortes précipitations, des actions anthropiques en aval comme en amont, l'action des vagues qui érode le pied de falaise (Illustration 50).



Illustration 50 : Schéma de principe d'un glissement de dièdres (A : Kerfany, 29 ; B : Plouha, 22).

### Éboulement, chute de blocs (illustration 51)

Les éboulements ou chutes des blocs sont des phénomènes rapides ou événementiels mobilisant des éléments rocheux plus ou moins homogènes avec peu de déformation préalable d'une pente abrupte jusqu'à une zone de dépôt.

Les facteurs de prédisposition sont la présence d'un massif rocheux, de conglomérats, et de nombreuses discontinuités : stratigraphiques, tectoniques.

Les facteurs aggravants sont souvent de fortes précipitations, des actions anthropiques en aval comme en amont et la végétation (Illustration 51).



Illustration 51 : Schéma de principe d'un éboulement/Chute de blocs  
(A : Pointe du Van, 29 ; B : Planguenoual, 22).

### **Ravinement (illustration 52)**

Le ravinement est le résultat de l'érosion de la tête de falaise essentiellement. Il se produit surtout pour des têtes de falaises composées de formations géologiques meubles telles que des altérites (allotérites et isaltérites), des dépôts de pente ou une forte épaisseur de sols, par l'action des eaux météoritiques (Illustration 52).



Illustration 52 : Ravinement important des formations superficielles composées de sols sombres épais (1 m) sur un manteau latéritique (Cap à la Chèvre, 29).

### **Sous-cavage (illustration 53)**

Le sous-cavage est essentiellement présent en pied de falaise, et il est essentiellement lié à l'action des vagues. Le sous-cavage emprunte différentes hétérogénéités de la formation géologique en jeu, à partir du moment où celles-ci se situent au niveau de la mer. Il correspond au développement d'une érosion régressive frontale ou latérale, suivant des plans de fracturation, des plans de failles, des intrusions magmatiques mineures (filons de dolérites ou de quartz), des plans de stratification etc (Illustration 53).

Les tempêtes associées à de hauts niveaux marins sont des conjonctures favorables à leur formation.



Illustration 53 : Sous-cavage (A : secteur Saint-Coulomb, 35 ; B : Plouha, 22).

### Effondrement (illustration 54)

Les effondrements sont la conséquence de l'évolution prononcée du phénomène précédent qui aboutit à la rupture du toit d'une cavité souterraine qui s'est formée dans la zone d'action des vagues.

Les facteurs de prédisposition sont l'existence de discontinuités situées dans la zone d'action des vagues pour générer une cavité (dissolution, etc.) et la proximité de la surface (Illustration 54).

Les facteurs aggravants sont souvent les tempêtes associées à de hauts niveaux marins et de fortes précipitations.



Illustration 54 : Effondrement sur la bordure nord de l'anse de Dinan (Camaret, 29).

### • Synthèse des mouvements de terrain

**2 537** mouvements de terrain ont été recensés sur le littoral des trois départements. Leur répartition géographique se fait pour l'essentiel sur les falaises rocheuses mais aussi sur les falaises meubles composées soit de dépôts de pente soit de cordons dunaires sableux ou à galets.

**96,50 %** des volumes de ces mouvements de terrain font moins de **5 000 m<sup>3</sup>**, soit un effectif total de **52**

**2,13 %** des volumes font moins de **20 000 m<sup>3</sup>**, soit un effectif total de **54**, et **0,9 %** des volumes sont supérieur à **50 000 m<sup>3</sup>**, pour un effectif total de **23**, et enfin **4** sont inférieurs à **100 000 m<sup>3</sup>** et **4** les plus importants sont inférieurs à **167 000 m<sup>3</sup>**.

Les volumes mis en jeu augmentent avec l'augmentation des hauteurs de falaises. Ainsi c'est sur la presqu'île de Crozon dans le Finistère (29) (depuis le port de Morgat et jusqu'à la pointe des Espagnols) et sur la façade Ouest de la baie de Saint-Brieuc (sur la commune de Plouha, aux alentours de la pointe du même nom), que se situent les mouvements de terrain les plus importants. Dans ces deux secteurs, les hauteurs de crête frôlent la centaine de

mètres d'altitude à légèrement supérieur. Les figures ci-dessous illustrent quelques exemples pris sur la presqu'île de Crozon, de mouvements de terrain les plus importants (Illustration 55 A, B, C et D).

#### • Quelques mouvements de terrain importants ou particuliers

Les investigations de terrain ont permis d'observer quelques mouvements de terrain de tailles assez importantes ou présentant un caractère singulier.

En **A** (Illustration 55), à partir du Cap de la chèvre et allant vers le Nord sur la commune de Crozon, on remarque la présence de têtes de glissement qui moutonnent la topographie. La stratigraphie est aval pendage (orientée vers la mer) et la partie supérieure de la falaise semble altérée.

Ces têtes de glissements se suivent sur environ une centaine de mètres, décrivant un mouvement de terrain de type glissement de 20 m de hauteur, 80 de large, aggravé par la topographie littorale, le déblaiement des matériaux glissés par la mer et les eaux de ruissellement.

En **B** (Illustration 55), les fameuses grottes de Morgat sur la commune de Crozon, sont le résultat de l'érosion le long de plans de fracturation / de failles, N070 et pentées vers la mer et de plans N020 verticaux perpendiculaires à la falaise.

Le travail de sape de l'action des vagues le long des plans N020, et l'orientation favorable au glissement des plans N070, entraînent la création des cavités au niveau des plus hautes mers, qui se matérialisent par des effondrements.

En **C** (Illustration 55), au niveau de la pointe de Pen Hir (sur la commune de Camart-sur-Mer), le travail de l'érosion littorale le long de plans de fractures / failles sub est-ouest, rejoint la limite entre les grès armoricain très grésos-quartzitiques et une alternance de grès et schistes sombres.

Dès que la mer a franchi cette limite lithologique, elle génère des boutonnières d'érosion dans le matériel schisto-gréseux alors que les grès résistent. Ce processus d'érosion différentiel entre les grès s.s. et le matériel schisto-gréseux pourrait être à l'origine de la formation des fameux tas de pois.

Enfin en **D** (Illustration 55), depuis Camaret-sur-Mer en direction de la pointe des Espagnols, les falaises d'une altitude de 80 m environ, ont une orientation approximative N150, identique à la direction de la faille Kerforne.

Toujours suivant cette même orientation préférentielle, on remarque un bloc glissé de plusieurs centaines de mètres cubes.

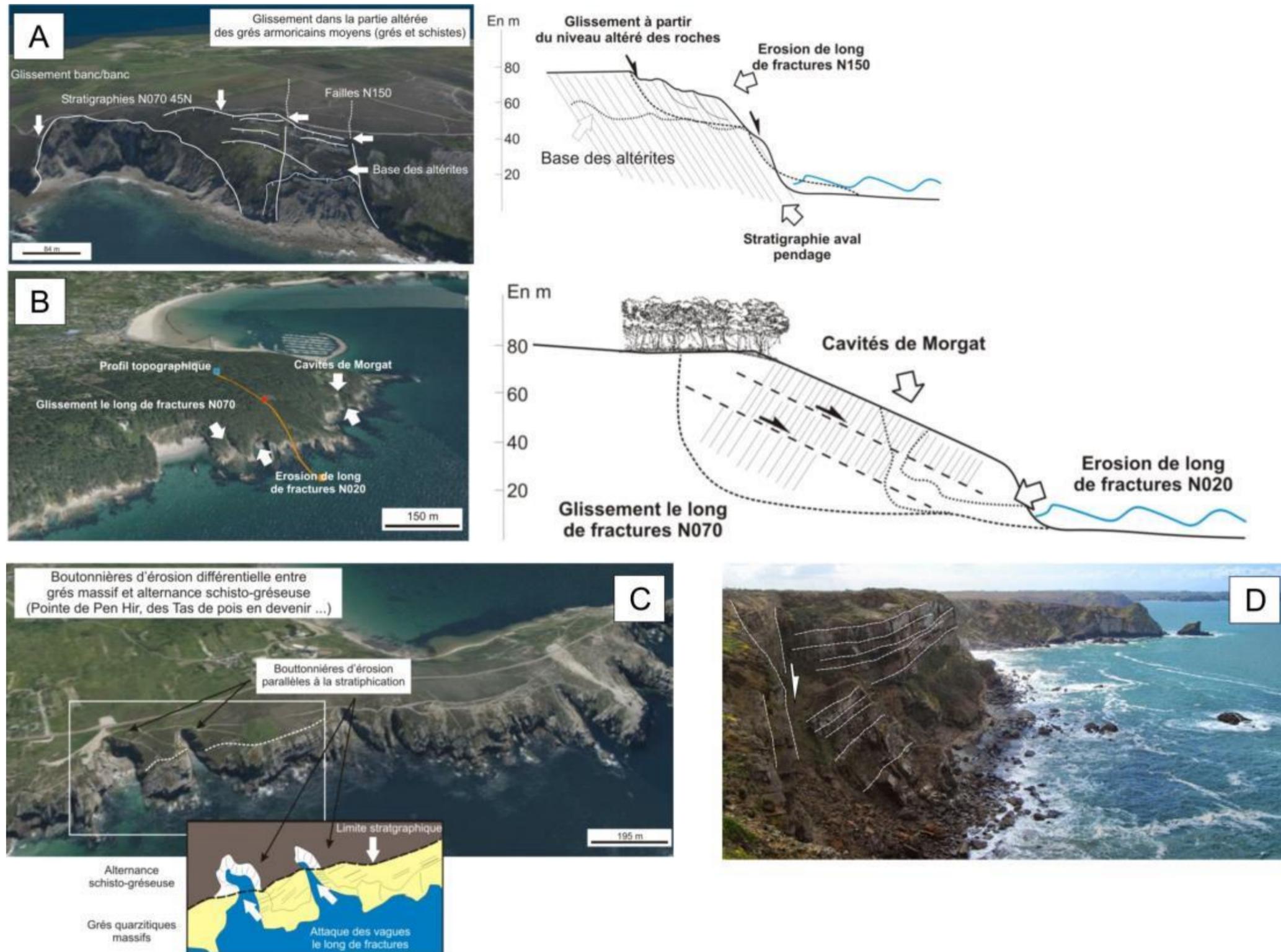


Illustration 55 : A : Glissement de terrain en tête de falaise sur la base des altérites meubles (Cap à la Chèvre, Crozon 29) ; B : Glissement le long de failles orientées vers le vide et formation de cavité dans la zone d'action des vagues (Morgat, Crozon 29) ; C : Erosion différentielle et formation de boutonnières d'érosion (Pointe de Pen Hir, Camaret 29) ; D : Bloc glissé de plusieurs milliers de m<sup>3</sup>, entre Camaret et la pointe des Espagnols (29), suivant un plan N150 satellite de la faille Kerforne.

## **Les cavités**

**1 349** cavités ont été recensés sur le littoral des trois départements. Ces 1 349 cavités correspondent à la compilation des cavités recensés lors des inventaires de cavités des départements de l'Ille-et-Vilaine, des Côtes et du Finistère terminés en 2010, et des investigations de terrain réalisées au cours de cette étude.

Géographiquement, elles sont surtout situées d'ouest en est, autours de la presqu'île de Crozon depuis le sud de la pointe du Raz jusqu'après la pointe Saint-Mathieu, dans les baies de Morlaix et Lannion, dans la baie de Saint-Brieuc et autours de la Rance.

Dès que l'altitude des côtes diminuent, le nombre de cavités lui aussi diminuent (Illustrations 56 et 57).

## **Les différentes observations**

Lors des visites de terrain, différentes observations pouvant avoir un intérêt sur la connaissance des aléas littoraux, mais qui ne rentraient pas le cadre d'inventaires de mouvements de terrain ou de cavités, ont été recensées.

Ces différentes observations ont été de deux ordres. Celles correspondant sur les ouvrages de protection du littoral, à des impacts : brèche, fissures, détérioration etc. et celles correspondant à des réparations (bétonnage d'une structure en moellons (digue, quai, épi, etc.), reflexion de joints, greffes, etc.).

D'autres observations ont pu être faites, comme des enrochements précaires ou sauvages, des traces d'érosion ou d'overwash (traces de laisses de haute-mer, etc.) ou encore du piétinements notamment sur les côtes meubles sableuses (Illustrations 56 et 57).

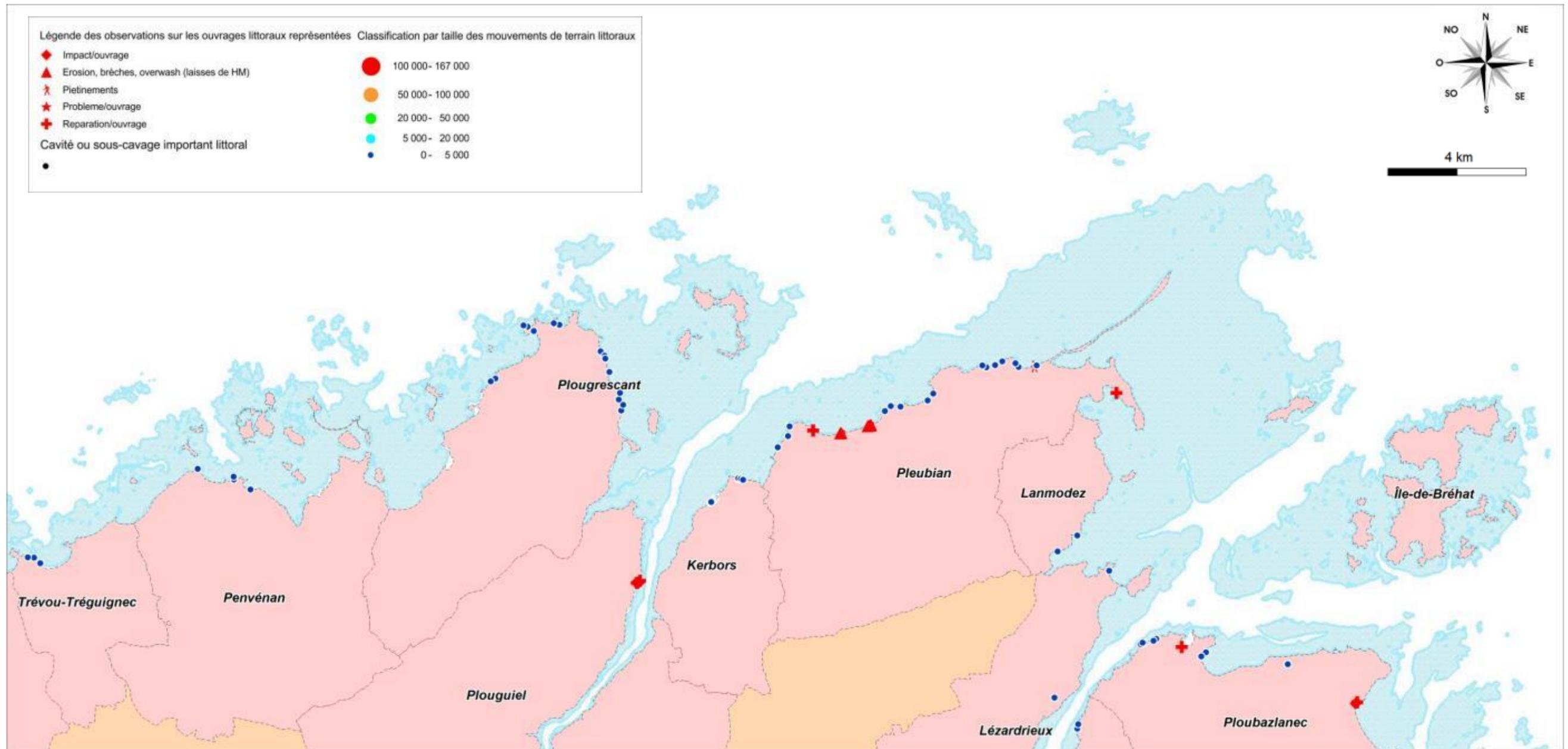


Illustration 56 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

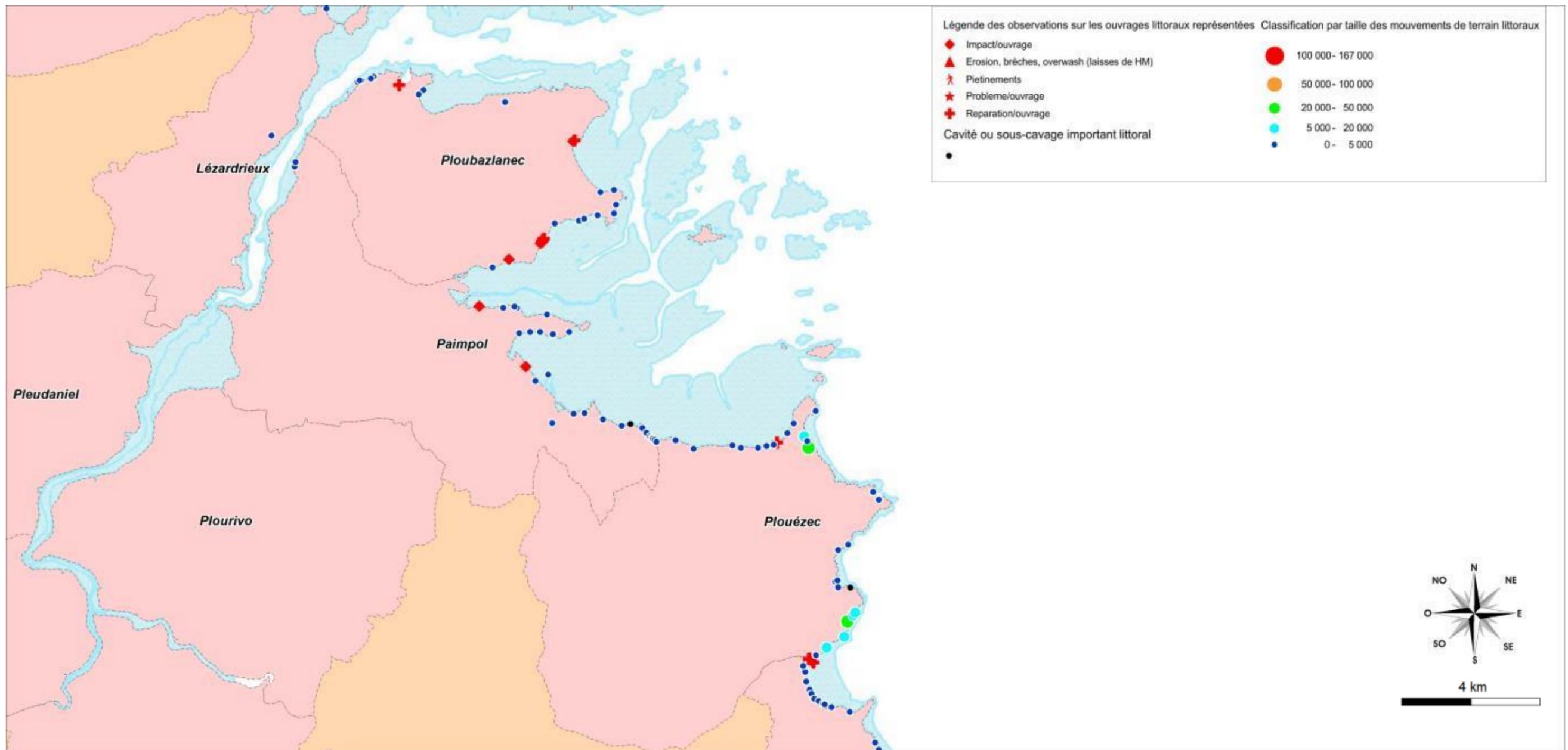


Illustration 57 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

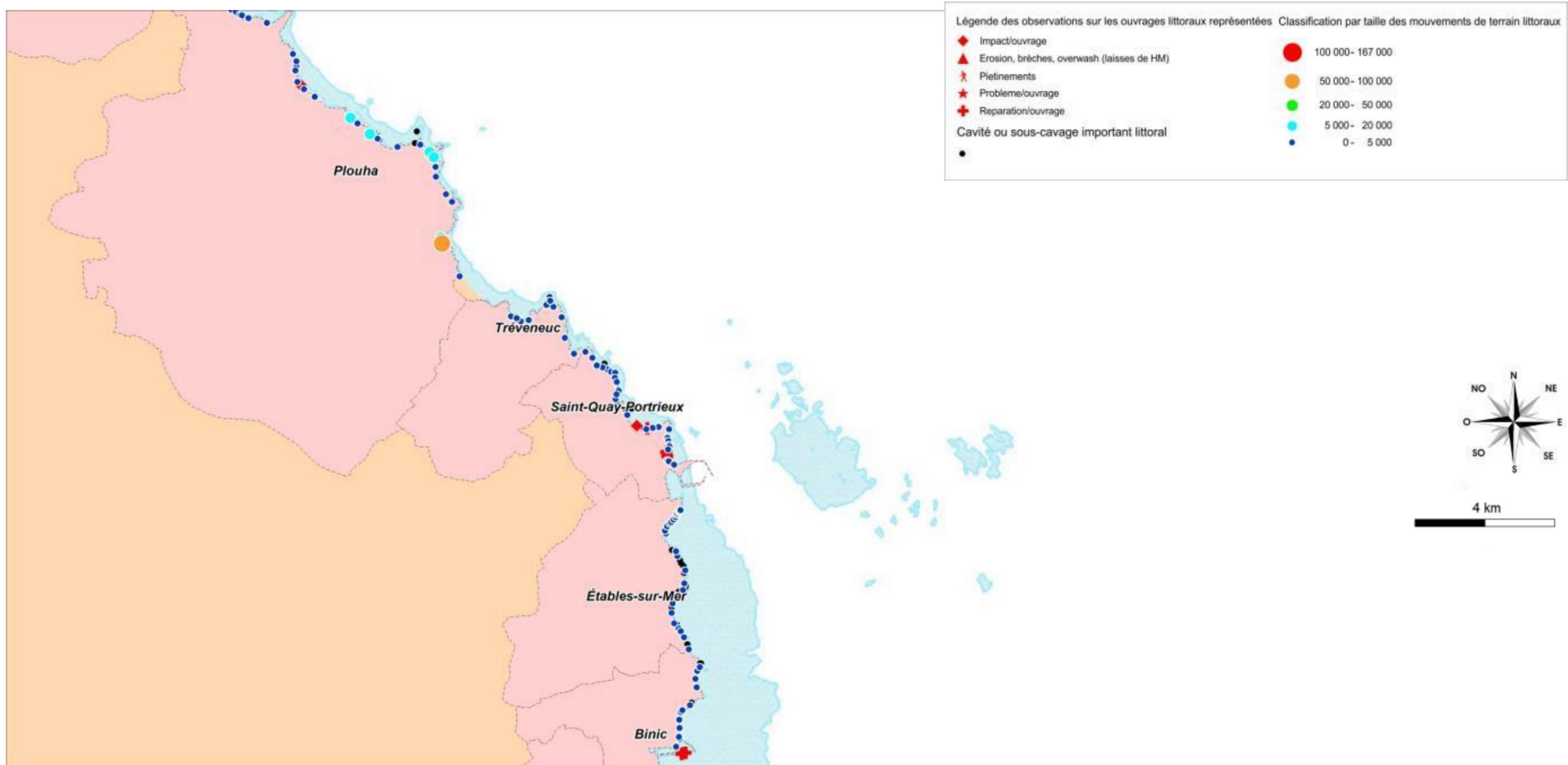


Illustration 58 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

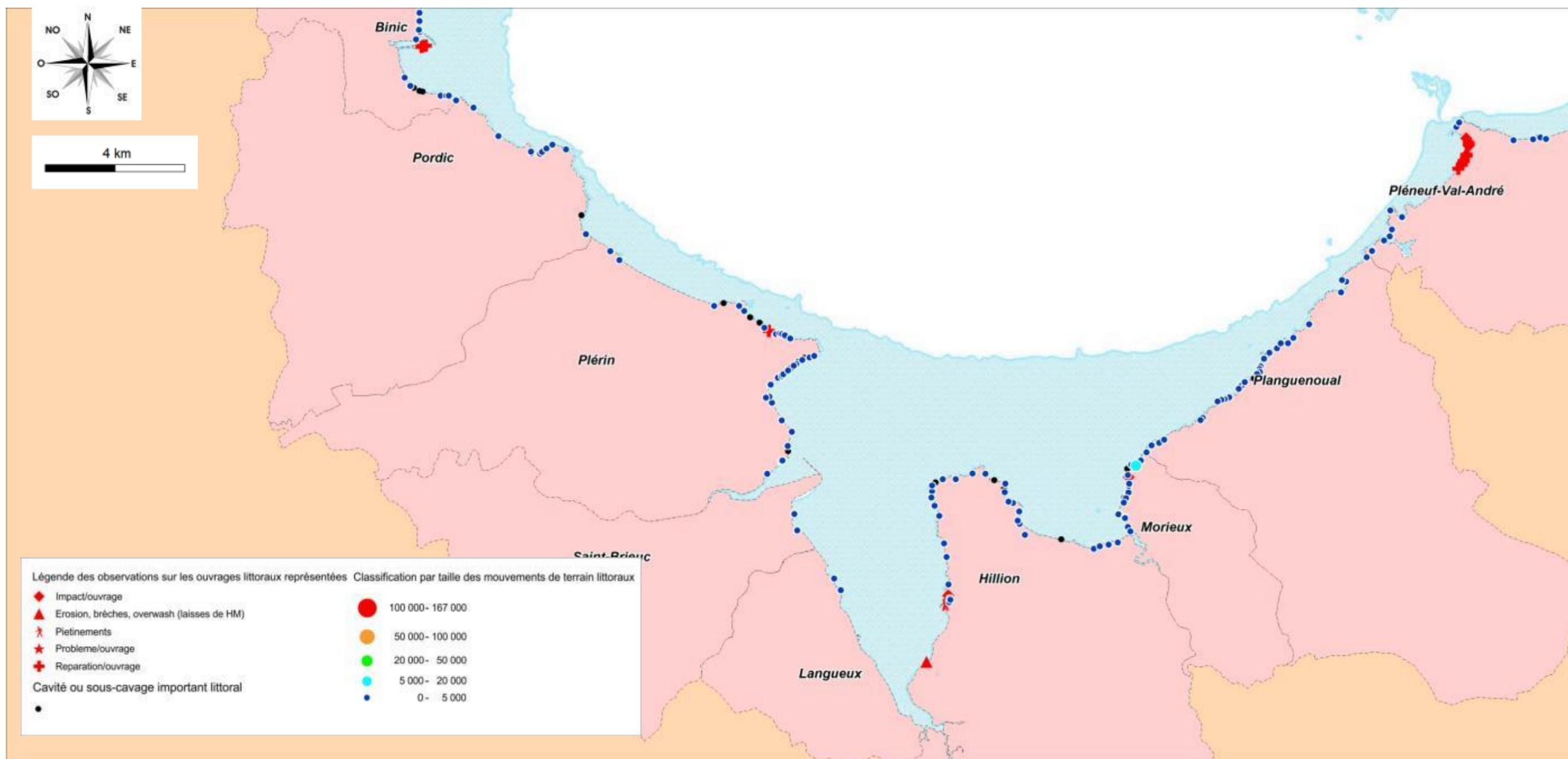


Illustration 59 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

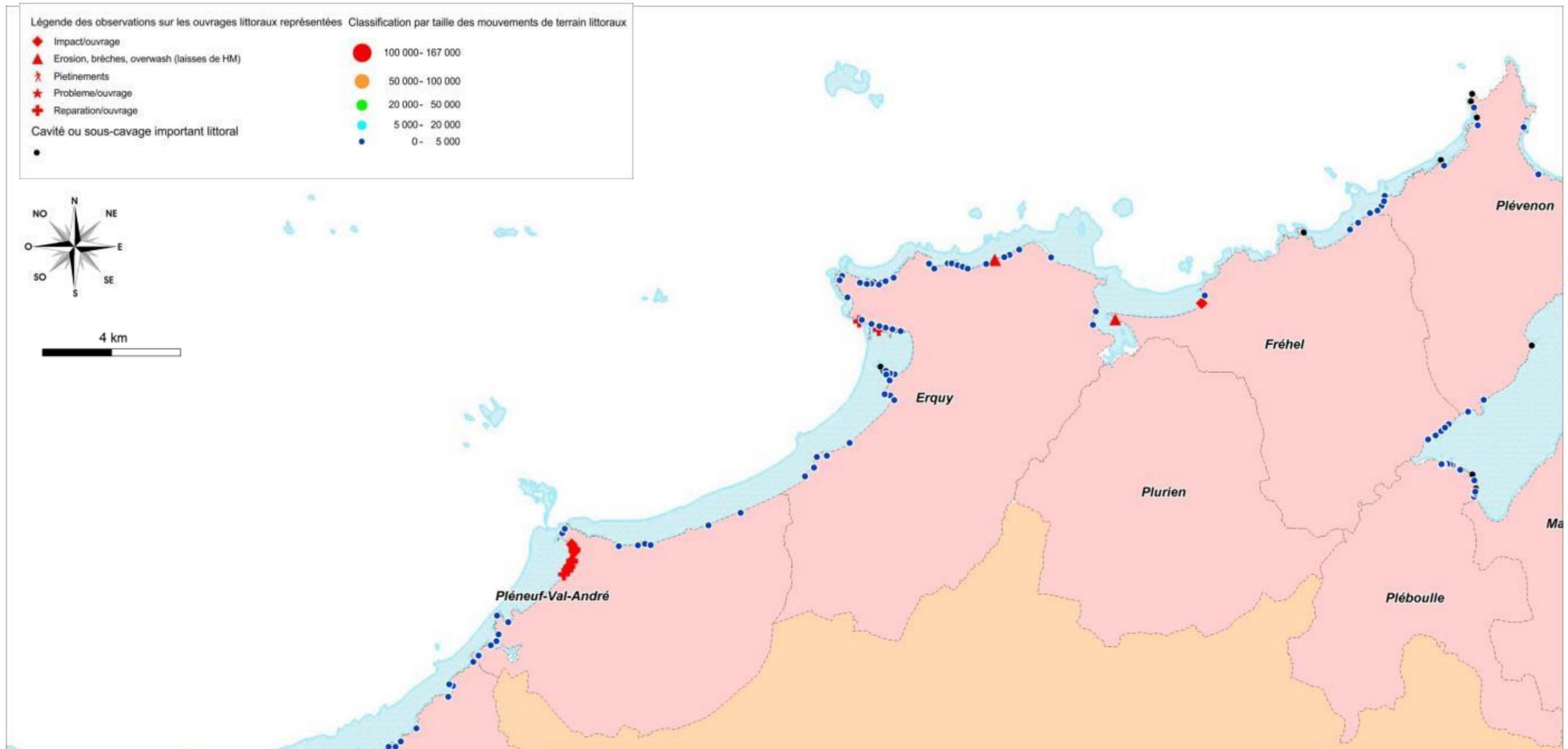


Illustration 60 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

#### 4.2.3. Les critères d'évaluation de la prédisposition des côtes rocheuses à l'érosion

Plusieurs méthodes ont été développées pour l'évaluation de l'aléa mouvement de terrain sur les falaises ou versants rocheux, sur des régions montagneuses (Baillifard, F. *et al.*, 2003) ou sur les régions côtières (Wildman et Hobbs, 2005 ; Pérez-Alberti *et al.*, 2011 ou Marçot *et al.*, 2009). Très souvent l'analyse porte sur la géomorphologie et la cinématique d'un marqueur géomorphologique, mais plusieurs autres critères peuvent être pris en compte (fracturation, altération, morphologie des falaises, altitude ou les nombres d'événements recensés par linéaires de côtes considérées, etc.).

L'analyse s'est ainsi portée par une analyse multicritère afin d'être au plus près de l'évaluation des phénomènes, et il s'est avéré que la prise en compte de critères tels que la géomorphologie très complexe des côtes rocheuses bretonnes ou la cinématique, pouvait être trop chronophage et irréalisable lorsque les linéaires de côtes étaient trop importants.

Il a été donc essentiel d'essayer de trouver des paramètres adaptés à la taille de l'objet géographique, à l'échelle de restitution, qui peuvent rendre compte des phénomènes mis en jeu afin de pouvoir restituer une analyse fidèle et qui balaye un espace géographique important.

Ainsi l'analyse des aléas littoraux des guides méthodologiques, c'est-à-dire, la caractérisation du trait de côte et l'analyse cinématique de son évolution, se sont avérées pour un trait de côte tel que celui de la Bretagne composé de falaises et versants rocheux pléthoriques, irréalisables. Cette méthodologie plus adaptée aux côtes d'accumulation, a été maintenue sur ce type de côtes, mais sur les côtes rocheuses, d'autres critères ont été utilisés.

Afin de pouvoir évaluer entre eux, les différents linéaires de côtes rocheuses, quatre critères ont été identifiés : le rapport entre linéaire de côtes saines et altérées, le rapport entre linéaire en érosion ou pas, la densité de mouvements de terrain et la densité de cavités au kilomètre linéaire pour chaque formation géologique.

Des notes au prorata des résultats obtenus par formations géologiques littorales, ont été affectées à chaque linéaire de côte, et les moyennes arithmétiques de ces notes, ont été considérées comme la note d'évaluation de la prédisposition à l'érosion.

Les tableaux qui suivent, illustrent les notes qui ont été attribuées à chaque formation géologique, en fonction des différents critères énoncés ci-dessus.

Les rapports de linéaires d'altération et d'érosion ont été discutés plus haut, ne sont discutés ici que l'attribution des notes.

#### **Le rapport linéaire sain - altéré**

Avec une répartition relativement homogène, le pourcentage de linéaire altéré par formation géologique permet l'attribution d'une note s'étalant de 1 à 5 (de faible à élevé respectivement) :

1. où la note sur le degré d'altération de 1 (faible) correspond aux formations géologiques ayant un pourcentage compris entre 1,35 et 2,25 telles que les roches de type grès armoricain, volcano-sédimentaires et les volcanites et métavolcanites acides ;
2. la note de 2 pour des pourcentages de 8,41 à 8,58 pour les roches granitiques et métamorphiques ;

3. de 3 pour un pourcentage de 16,34 pour les roches métamorphiques basiques ;
4. de 4 pour un pourcentage de 25,07 pour les roches sédimentaires (schisto-gréseuses) ;
5. et enfin de 5 (très élevé) pour un pourcentage de 39,58 pour les roches plutoniques à volcaniques basiques (Illustration 61).

			altéré	en érosion	altéré en érosion	Total	Roch alt./Roch saine		Note alt.
							en %		
Falaises rocheuses et meubles	Trait de côte (total 22, 29 et 35)	2084,22							
	Roches granitiques	406,80	34,20	10,90	7,50	459,40	0,08	8,41	2
	Roches métamorphiques	233,36	12,68	7,65	8,01	261,70	0,09	8,58	2
	Roches métamorphiques basiques	19,83	0,55	0,31	2,74	23,43	0,16	16,34	3
	Roches sédimentaires (schisto-gréseuses)	121,76	6,14	3,60	25,29	156,79	0,25	25,07	4
	Roches de type grès armoricain	61,33	0,84	0,88		63,05	0,01	1,35	1
	Roches volcano-sédimentaires	14,25	0,32	-	-	14,57	0,02	2,25	1
	Roches plutoniques à volcaniques basiques	24,00	1,48	0,00	8,02	33,50	0,40	39,58	5
	Roches volcanites et metavolcanites acides	10,72	0,22	-	-	10,94	0,02	2,05	1
	Roches quartzitiques (ou localement mylonitiques)	0,40	-	-	-	0,40	-	-	-
	Filons rocheux	22,90	1,88	0,54	2,40	27,72	-	-	-
	Dépôts de pente (colluvions aux alluvions)	75,64	-	92,25	-	167,89	-	-	-

Illustration 61 : Tableau d'attribution des notes du degré d'altération pour les formations géologiques littorales.

### Le rapport linéaire sain - en érosion

En ce qui concerne l'attribution d'une note sur le degré d'érosion, une formation géologique se détache très nettement des autres. C'est celle qui correspond aux dépôts de pente des alluvions aux colluvions. Avec un pourcentage de 121 % de linéaire en érosion c'est-à-dire un linéaire en érosion supérieur à celui « sain », une note importante de 20 lui a été attribuée car ce pourcentage correspond à 4 fois le second pourcentage le plus élevé. Pour les autres attributions de notes, le même schéma que celui-ci-dessus de l'altération, a pu être appliqué.

Avec une répartition relativement homogène, le pourcentage de linéaire en érosion par formation géologique permet l'attribution d'une note s'étalant de 1 à 5 (de faible à élevé respectivement) :

1. où la note de 1 (faible) correspond à la formation géologique des roches de type grès armoricain ;
2. de 2 pour des pourcentages de 4,17 à 6,36 telles que les roches granitiques et métamorphiques ;
3. de 3 pour un pourcentage de 14,97 pour les roches métamorphiques basiques ;
4. de 4 pour un pourcentage de 22,59 pour les roches sédimentaires (schisto-gréseuses) ;
5. et enfin de 5 pour un pourcentage de 31,48 pour les roches plutoniques à volcaniques basiques (Illustration 62).

		en km	altéré	en érosion	altéré en éro	Total	En érosion/Non érodé		Note_Ero
							en %		
Falaises rocheuses et meublées	Trait de côte (total 22, 29 et 35)	2084,22							
	Roches granitiques	406,80	34,20	10,90	7,50	459,40	0,04	4,17	2
	Roches métamorphiques	233,36	12,68	7,65	8,01	261,70	0,06	6,36	2
	Roches métamorphiques basiques	19,83	0,55	0,31	2,74	23,43	0,15	14,97	3
	Roches sédimentaires (schisto-gréseuses)	121,76	6,14	3,60	25,29	156,79	0,23	22,59	4
	Roches de type gres armoricain	61,33	0,84	0,88		63,05	0,01	1,42	1
	Roches volcano-sédimentaires	14,25	0,32	-	-	14,57	-	-	-
	Roches plutoniques à volcaniques basiques	24,00	1,48	0,00	8,02	33,50	0,31	31,48	5
	Roches volcanites et metavolcanites acides	10,72	0,22	-	-	10,94	-	-	-
	Roches quartzitiques (ou localement mylonitiques)	0,40	-	-	-	0,40	-	-	-
	Filons rocheux	22,90	1,88	0,54	2,40	27,72	-	-	-
	Dépôts de pente (colluvions aux alluvions)	75,64	-	92,25	-	167,89	1,22	121,96	20

Illustration 62 : Tableau d'attribution des notes du degré d'érosion pour les formations géologiques littorales

### La densité de mouvement de terrain

En ce qui concerne l'attribution d'une note correspondant à la densité de mouvements de terrain par kilomètre linéaire pour chaque formation géologique littorale, une formation géologique se détache très nettement des autres. C'est celle qui correspond aux formations très siliceuses (roches quartzitiques ou localement mylonitiques) et qui génèrent par leurs fortes résistances à l'érosion, localement des phénomènes d'érosion différentielle. Avec un nombre de 15 mouvements (de terrain) au kilomètre, une note importante de 20 lui a été attribuée. Pour les autres attributions de notes, le même schéma que ceux cités ci-dessus, a pu être appliqué.

Avec une répartition relativement homogène, les densités de mouvements de terrain par formation géologique permettent l'attribution d'une note s'étalant de 1 à 5 (de faible à élevé respectivement):

- où la note de 1 (faible) correspond aux formations géologiques des roches granitiques et roches volcanites et metavolcanites acides ;
- de 2 aux roches métamorphiques, sédimentaires (schisto-gréseuses), de type grès armoricain, plutoniques à volcaniques basiques et aux dépôts de pente ;
- de 3 aux roches métamorphiques basiques et volcano-sédimentaires ;
- et enfin de 5 aux filons rocheux acides comme basiques.

			altéré	en érosion	altéré en éro	Total	Nbre/mvt	Mvt/km	Note_mvt
Falaises rocheuses et meublées	Trait de côte (total 22, 29 et 35)	2084,22							
	Roches granitiques	406,80	34,20	10,90	7,50	459,40	362	0,79	1
	Roches métamorphiques	233,36	12,68	7,65	8,01	261,70	633	2,42	2
	Roches métamorphiques basiques	19,83	0,55	0,31	2,74	23,43	101	4,31	3
	Roches sédimentaires (schisto-gréseuses)	121,76	6,14	3,60	25,29	156,79	514	3,28	2
	Roches de type gres armoricain	61,33	0,84	0,88		63,05	130	2,06	2
	Roches volcano-sédimentaires	14,25	0,32	-	-	14,57	54	3,71	3
	Roches plutoniques à volcaniques basiques	24,00	1,48	0,00	8,02	33,50	76	2,27	2
	Roches volcanites et metavolcanites acides	10,72	0,22	-	-	10,94	12	1,10	1
	Roches quartzitiques (ou localement mylonitiques)	0,40	-	-	-	0,40	6	15,00	20
	Filons rocheux	22,90	1,88	0,54	2,40	27,72	133	4,80	5
	Dépôts de pente (colluvions aux alluvions)	75,64	-	92,25	-	167,89	554	3,30	2

Illustration 63 : Tableau d'attribution des notes en fonction de la densité de mouvements de terrain (nombre de mouvements de terrain par kilomètre linéaire pour chaque formation géologique littorale).

On remarque que les hétérogénéités latérales dans les falaises comme la présence de filons qui soient basiques (c'est-à-dire en érosion négative) ou acides (c'est à dire en érosion positive) sont des lieux propices à la genèse de mouvements de terrain, comme pour les roches quartzitiques à localement mylonitiques.

## La densité de cavités

La note correspondant à la densité de cavités par kilomètre linéaire pour chaque formation géologique littorale, le même schéma que ceux cités ci-dessus, a pu être appliqué.

Avec une répartition relativement homogène, la densité de cavités (nombre de cavités par kilomètre linéaire pour chaque formation géologique littorale) permet l'attribution d'une note s'étalant de 1 à 5 (de faible à élevée respectivement) :

1. la note de 1 (faible) est attribuée aux formations géologiques telles que les roches granitiques, métamorphiques, métamorphiques basiques, plutoniques à volcaniques basiques et les dépôts de pente ;
2. de 2 pour les roches sédimentaires (schisto-gréseuses) et volcano-sédimentaires ;
3. de 3 pour les filons rocheux basiques comme acides ;
4. et enfin de 5 pour les roches de type grés armoricain.

		altéré	en érosion	altéré en éro	Total	Nbre/cav	Cav/km	Note_cav	
	Trait de côte (total 22, 29 et 35)	2084,22							
Falaises rocheuses et meublées	Roches granitiques	406,80	34,20	10,90	7,50	459,40	398	0,87	1
	Roches métamorphiques	233,36	12,68	7,65	8,01	261,70	227	0,87	1
	Roches métamorphiques basiques	19,83	0,55	0,31	2,74	23,43	18	0,77	1
	Roches sédimentaires (schisto-gréseuses)	121,76	6,14	3,60	25,29	156,79	244	1,56	2
	Roches de type grés armoricain	61,33	0,84	0,88		63,05	355	5,63	5
	Roches volcano-sédimentaires	14,25	0,32	-	-	14,57	24	1,65	2
	Roches plutoniques à volcaniques basiques	24,00	1,48	0,00	8,02	33,50	19	0,57	1
	Roches volcanites et metavolcanites acides	10,72	0,22	-	-	10,94	1	-	-
	Roches quartzitiques (ou localement mylonitiques)	0,40	-	-	-	0,40	1	-	-
	Filons rocheux	22,90	1,88	0,54	2,40	27,72	62	2,24	3
	Dépôts de pente (colluvions aux alluvions)	75,64	-	92,25	-	167,89	55	0,33	1

Illustration 64 : Tableau d'attribution des notes en fonction de la densité cavités (nombre de cavités par kilomètre linéaire pour chaque formation géologique littorale).

Les résultats de cette étude sur la formation de cavités ou de sous cavage littoraux, corroborent les résultats déjà connus des inventaires des cavités souterraines départementaux (Schroetter et Peyras, 2010).

Ainsi les filons rocheux acides comme basiques montrent qu'ils sont propices à l'érosion différentielle, et que la formation géologique des roches de type grés armoricain qui bénéficie d'un inventaire précis, réalisé par les aires marines protégées, et qui avait été intégré à l'inventaire départemental des cavités souterraines des départements de l'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère, est une formation géologique qui en milieu littoral, génère des cavités dont les taille peuvent être importantes comme celles de la presqu'île de Crozon (Schroetter et Peyras, 2010).

### 4.2.4. La prédisposition à l'érosion des falaises littorales

La note finale de prédisposition à l'érosion des formations géologiques littorales des départements de l'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère, est la moyenne arithmétique de l'ensemble de ces notes explicitées ci-dessus (Illustration 65).

Ainsi cette **note finale de prédisposition à l'érosion des côtes rocheuses** des départements de l'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère, montre que les familles de roches avec une faible prédisposition à l'érosion (**note finale de 1**) sont les roches de la famille des **granites**, les roches **métamorphiques** (gneiss, micaschistes, etc.), les **volcanites** et **méta-volcanites acides**.

Ces trois formations géologiques sont suivies par aussi trois familles de roches (**note finale égale à 2**) : les roches de la famille des roches **métamorphiques basiques**, les roches de **type grés armoricain** et les roches **volcano-sédimentaires**.

Les familles de roches avec une **note finale de 3** soit une prédisposition à l'érosion moyenne sont les **roches sédimentaires (schisto-gréseuses)** et les roches **plutoniques à volcaniques basiques**.

Les roches créant un contraste important avec les roches avoisinantes de parts leur nature et leur géométrie sont les roches **quartzitiques localement mylonitiques** et les **filons rocheux**, qui génèrent une **note finale de 4**.

Enfin, les **dépôts de pente (des colluvions aux alluvions)**, qui localement peuvent atteindre des hauteurs de falaises de 10 m, ont **la note finale la plus élevée de 5**. Cette formation géologique littorales qui constitue le trait d'union mécanique mais géomorphologique entre les côtes rocheuses s.s. et les côtes meubles s.s., est la formation géologique littoral « à falaises », ayant les prédisposition à l'érosion la plus importante (Illustrations 66 à 69).

		en km	altéré	en érosion	altéré en érosion	Total	Moyenne	Note finale
Trait de côte (total 22, 29 et 35)								
Falaises rocheuses et meubles	Roches granitiques	406,80	34,20	10,90	7,50	459,40	1,5	1
	Roches métamorphiques	233,36	12,68	7,65	8,01	261,70	1,8	1
	Roches métamorphiques basiques	19,83	0,55	0,31	2,74	23,43	2,5	2
	Roches sédimentaires (schisto-gréseuses)	121,76	6,14	3,60	25,29	156,79	3,0	3
	Roches de type grés armoricain	61,33	0,84	0,88		63,05	2,3	2
	Roches volcano-sédimentaires	14,25	0,32	-	-	14,57	2,0	2
	Roches plutoniques à volcaniques basiques	24,00	1,48	0,00	8,02	33,50	3,3	3
	Roches volcanites et metavolcanites acides	10,72	0,22	-	-	10,94	1,0	1
	Roches quartzitiques (ou localement mylonitiques)	0,40	-	-	-	0,40	5,0	4
	Filons rocheux	22,90	1,88	0,54	2,40	27,72	4,0	4
	Dépôts de pente (colluvions aux alluvions)	75,64	-	92,25	-	167,89	7,7	5

Illustration 65 : Note finale de prédisposition à l'érosion des formations géologiques littorales des départements de l'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère.

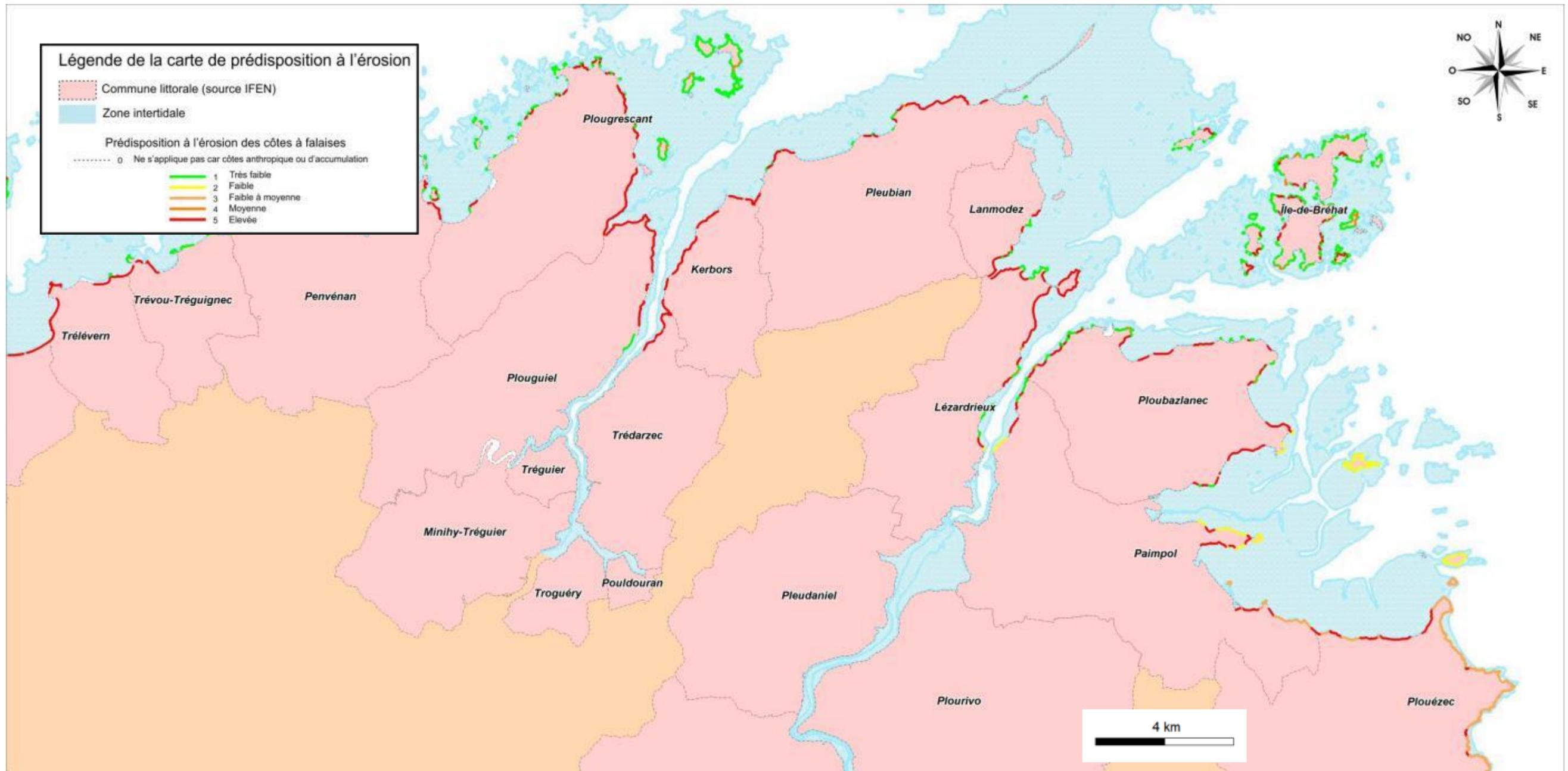


Illustration 66 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C3.

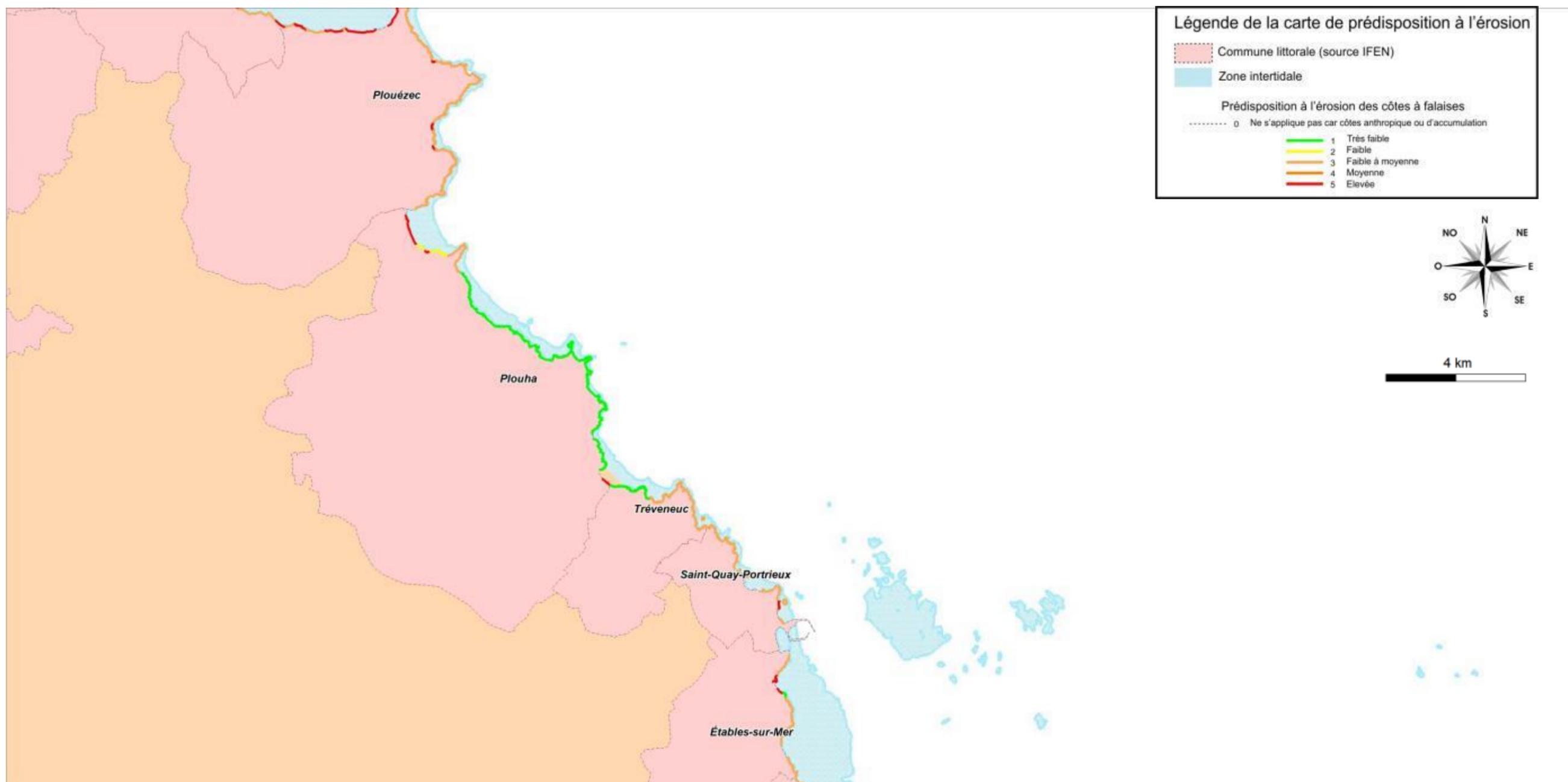


Illustration 67 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C3.



Illustration 68 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C3.

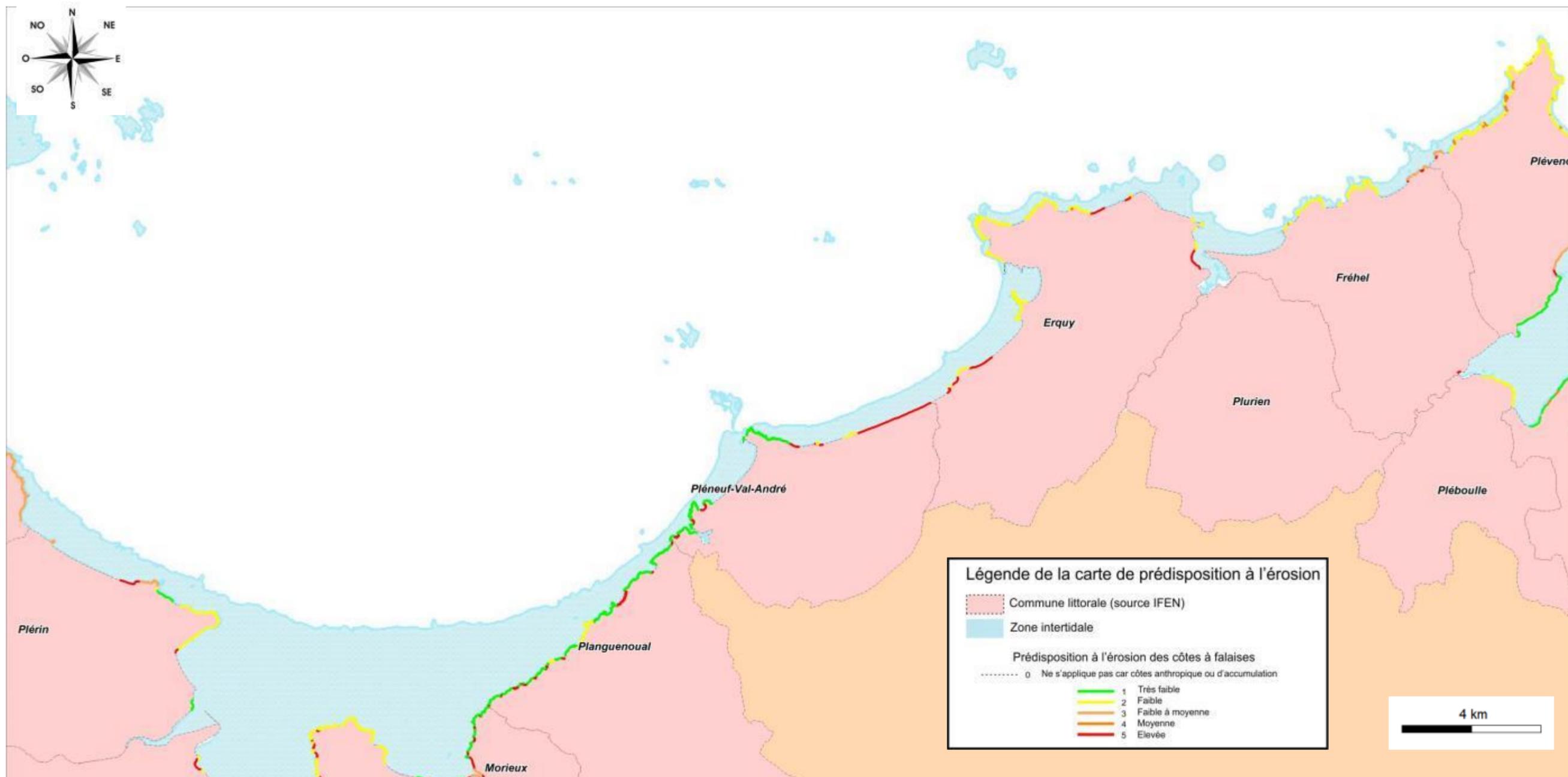


Illustration 69 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C3.

### 4.3. LES COTES D'ACCUMULATION

La caractérisation et l'évolution du trait de côte sur les côtes sédimentaires du linéaire côtier des départements de l'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère, ont été réalisés pour une période semi-séculaire comprise entre 1950 et 2009. Ce travail a été réalisé par Emmanuel Blaise (BREST, UBO, IUEM), dans le cadre de son travail de doctorat, supervisé par le professeur Serge Suanez.

#### 4.3.1. INTRODUCTION

L'analyse des parties de côtes d'accumulation du linéaire côtier des trois départements, a porté sur deux objectifs principaux :

- la caractérisation morpho-sédimentaire de ces côtes meubles ;
- et leur évolution littorale (accrétion, érosion, submersion marine) pour les périodes comprises entre 1949-2007 pour l'Ille-et-Vilaine, 1950-2008 pour les Côtes-d'Armor et 1952-2009 pour le Finistère.

Les seules données existantes, traitant de la cinématique du trait de côte à l'échelle de la région Bretagne, étaient celles du programme EROCOVUL (HENAFF *et al.*, 2006) et qui portait sur la période 1998-2003. Hélas, EROCOVUL ne renseignait que 30 % du linéaire breton, et montrait que 22 % de celui-ci était en érosion, 72 % était stable, et que 6 % était en accrétion. Mais malgré la synthèse de nombreuses études ponctuelles, il était difficile de faire une synthèse régionale car les méthodes d'analyse et/ou les indicateurs morphologiques du trait de côte utilisés pouvaient être très différents d'une étude à l'autre.

Ainsi, il nous est apparu donc nécessaire de mettre en place une méthode homogène à toutes les plages des trois départements.

La quantification de l'évolution du trait de côte des côtes meubles s'est faite pour une période moyenne identique (sur les soixante dernières années), au linéaire côtier à traiter, fonction de la disponibilité des campagnes de photographies aériennes et de leurs qualités.

Deux missions de photographies aériennes ortho-rectifiées pour les périodes comprises entre 1949-2007 pour l'Ille-et-Vilaine, 1950-2008 pour les Côtes-d'Armor et 1952-2009 pour le Finistère, ont été utilisées.

La première partie du travail a consisté à établir une classification des différents types de cotes sédimentaires en fonction de la morphologie et de la nature du matériel de ces dernières. Dans un second temps, il s'est agi de définir un (ou des) indicateur(s) permettant de définir la limite du trait de côte en fonction des caractéristiques morpho-sédimentaires du milieu. Enfin, le travail de numérisation et de quantification de la cinématique du trait de côte a été réalisé sous arc gis en suivant un protocole méthodologique aujourd'hui bien connu (Dolan *et al.* 1978 ; Cromwell *et al.* 1991 & 1997 ; Shosha *et al.* 1992 ; Fente *et al.* 1993 ; Douglas *et al.* 1998 ; Moore, 2000). Dans le cadre de cet article, nous ne présenterons que les résultats obtenus pour le département du Finistère.

#### 4.3.2. MÉTHODOLOGIE

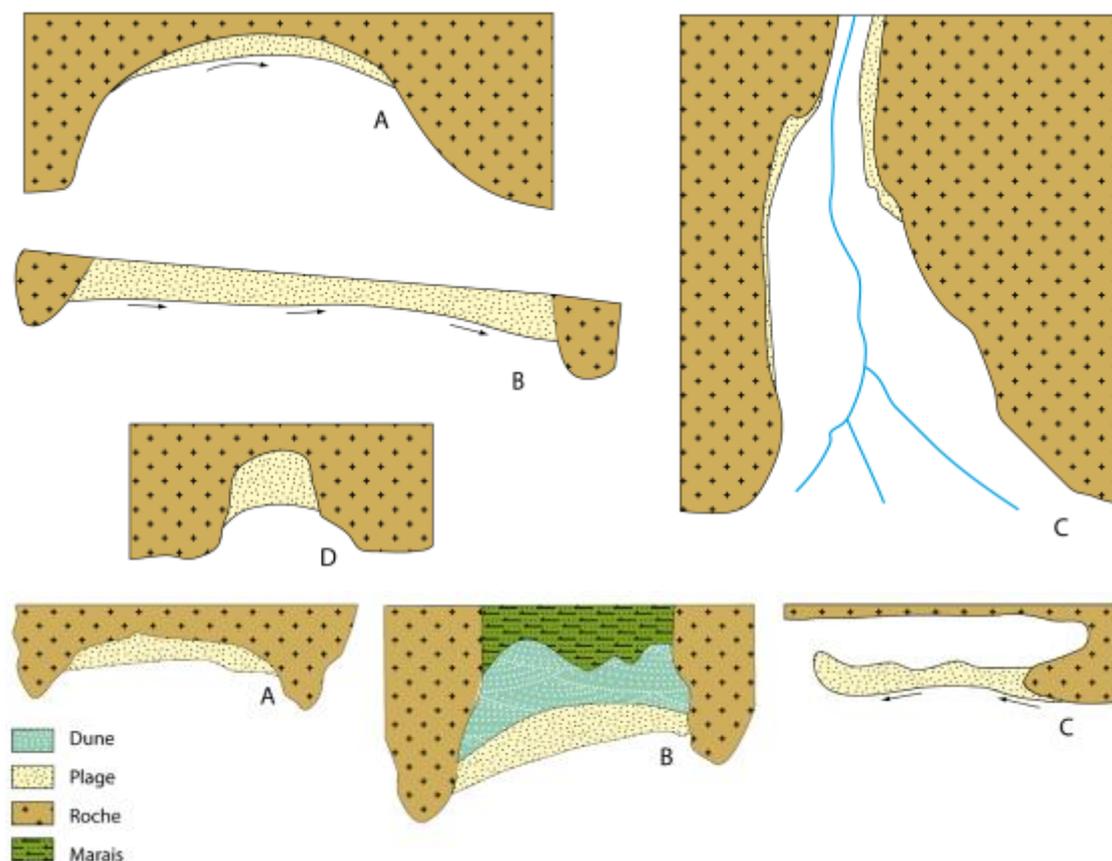
##### **Typologie des différents types de côte sédimentaires**

Afin d'avoir des critères de comparaison de l'analyse des différentes côtes d'accumulation, il a été nécessaire de créer une typologie des côtes basses qui s'est appuyer sur :

- une typologie préliminaire réalisée à l'aide de l'outil d'archives photographiques *Panoramio* disponible via le portail *Google Earth* ;
- les données photographiques acquises par le BRGM Bretagne dans le cadre de cette présente étude pour la validation de la typologie préliminaire ;
- et des validations-terrains finales lorsque s'était nécessaire.

Cette typologie a pris en compte plusieurs critères morpho-sédimentaires :

- l'exposition de la plage : plages de fond de baie, plages ouvertes, d'estuaire ou de poche (Illustration 72) ;
- un critère sédimentologique : plages de galets, plages de sables ou plages mixtes (sables et galets) ;
- et enfin un dernier critère morphologique tel que plages adossées (à une falaise), cordons dunaires, formes fuyantes (flèches de sables et de galets, tombolos), etc. (Illustration 72).



*Illustration 70 : En haut : physionomie des plages selon l'exposition :  
A. plage de fond de baie - B. plage ouverte - C. plage d'estuaire - D. plage de poche ;  
En bas : Physionomie des plages selon la morphologie : A. plage adossée - B. cordon dunaire -  
C. forme fuyante.*

## Choix d'une ligne de référence

En géomorphologie, le trait de côte repose obligatoirement sur une limite physiographique « fixe » que l'on peut suivre dans le temps et dans l'espace.

Néanmoins, cette limite diffère en fonction du type de côte et du contexte marégraphique. De très nombreuses études portant notamment sur l'analyse de la cinématique du trait de côte ont proposé un très large éventail de ligne de référence pouvant être classées en trois grandes familles que sont les indicateurs morphologiques, biologiques, et la position des différents niveaux d'eau (BOAK & TURNER, 2005).

Pour un travail uniforme, de typologie de plages en typologie de plages, une limite du trait de côte adaptée a été prise pour chaque environnement littoral.

La limite de végétation dunaire a été retenue pour les cordons dunaires, qui peut correspondre, soit au sommet de l'escarpement de falaise lorsque la dune est érodée, soit à la limite des dunes embryonnaires de haut de plage lorsque le système plage/dune est en accrétion (Illustration ci-dessous).

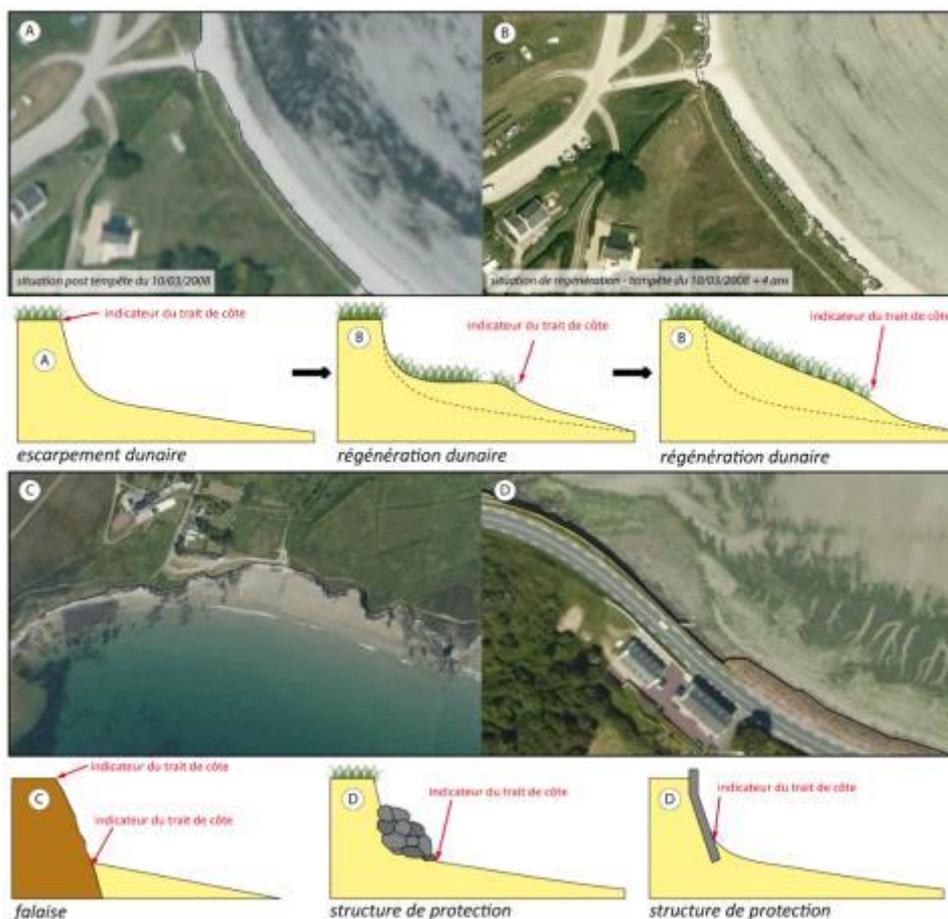


Illustration 71 : Limite de trait de côte retenue : A et B. limite de la végétation dunaire - C. sommet ou pied de falaise - D. pied de l'aménagement de protection.

La limite de végétation constitue la limite la plus pertinente pour l'étude de la dynamique du trait de côte en milieux dunaires en milieu macro tidal, ceci notamment en raison du contraste élevé et perceptible entre le sable (clair) et la végétation (sombre) sur les photographies aériennes (Moore *et al.*, 1999 ; Priest, 1999 ; Boak & Turner, 2005). D'autres parts, la végétation saisonnière quasi invisible sur les photographies aériennes anciennes, est facilement dissociable de la végétation pérenne sur les ortho-photographies de 2009.

La végétation supra littorale a été choisie pour les cordons de galets « végétalisés » ainsi que pour les crêtes sommitales falaises meubles. Pour les falaises rocheuses, le pied de falaise ou le haut de falaise (suivant le contraste et l'exposition de l'ortho-photographie de 1952) ont été retenues. Pour les formes fuyantes mobiles telles que les flèches de galets à pointe libre, c'est le pied du revers qui a été choisi (Stéphan, 2011). Pour finir, lorsque le trait de côte était fortement anthropisé, le contact entre la plage et l'ouvrage a été retenu (Moore *et al.*, 1999) (Illustration 71).

### **Outil utilisé pour l'évolution du trait de côte**

La digitalisation du trait de côte a été réalisée à même l'écran à l'aide du logiciel ArcGIS d'ESRI, à partir de deux séries d'ortho-photographies IGN (missions de mai à juin 1952 et de mai 2009) référencées en Lambert 93 (Illustration 72). Les marges d'erreur inhérentes à l'ortho-correction et au géo-référencement des photographies aériennes, ainsi qu'à la digitalisation du trait de côte, ont été estimées à +/-5 m.

Année	Département	Nature
1949	35	Photographie aérienne noir et blanc ortho-rectifiée -IGN
1950	22	Photographie aérienne noir et blanc ortho-rectifiée -IGN
1952	29	Photographie aérienne noir et blanc ortho-rectifiée -IGN
2007	35	Ortho-photographie couleur IGN
2008	22	Ortho-photographie couleur IGN
2009	29	Ortho-photographie couleur IGN

*Illustration 72 : Campagnes photographiques disponibles.*

L'analyse quantitative du trait de côte a été réalisée à l'aide de l'extension ArcGIS, *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), développé par l'USGS (Douglas *et al.*, 1998 ; Moore, 2000 ; Thieler *et al.*, 2009). Le principe de cette extension est de mesurer les évolutions entre les différentes positions des traits de côte grâce à une série de transects orthogonaux à la plage, disposés le long d'une « ligne de base ».

Les paramètres de construction des transects (longueur, direction et espacement) sont définis par l'opérateur. Cela permet de comparer des changements de position des traits de côte en un grand nombre de points de façon automatique.

L'espacement des transects choisi pour cette analyse est de 50 m. Cette valeur est celle de départ ; il est possible que certains transects aient été espacés ou rapprochés suivant la pertinence de leur position automatique (Illustration 73).

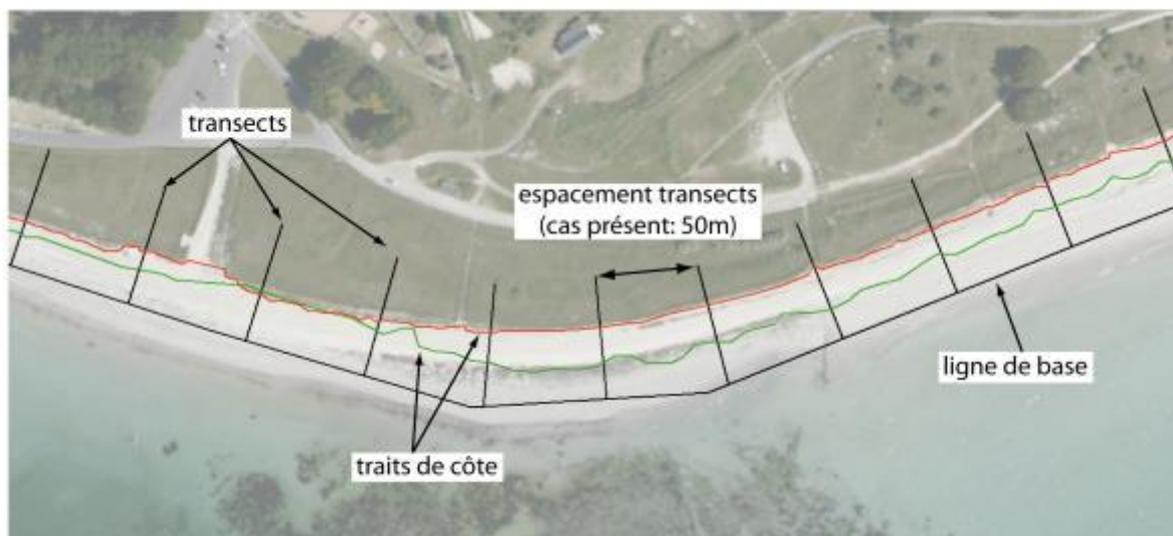


Illustration 73 : Principe du Digital Shoreline Analysis System.

### Nombre de plages par compartiments

La typologie présentée ci-dessus, a permis d'inventorier les plages pour chaque compartiment mais aussi de les classer entre elles. Il est possible d'établir pour chaque compartiment, le bilan ci-dessous (Illustration 74).

Le compartiment C1 : Baie du Mont-Saint-Michel possède 6 plages sur sa façade maritime, dont la raison principale est la présence d'une structure anthropique qui « artificialise » le trait de côte près de 99 % des côtes d'accumulation ou meubles.

compartiment	nombre de plages par compartiment	linéaire côtier total, par compartiment (m)	linéaire côtier renseigné, par compartiment (m)	% du linéaire renseigné par rapport au linéaire total
C1	6 plages	39094	63003	62.05%
C2	61 plages	35199	369960	9.51%
C3	62 plages	45779	287151	15.94%
C4	110 plages	56160	505905	11.10%
C5	45 plages	20876	95833	21.78%
C6	134 plages	89662	346084	25.91%
C7	40 plages	296689	563828	52.62%
C8	16 plages	30475	101226	30.11%
C9	60 plages	49529	386674	12.81%
TOTAL	534	663463	2719664	

Illustration 74 : Synthèse du linéaire côtier de la zone d'étude.

#### 4.3.3. CINÉMATIQUE DU TRAIT DE CÔTE DU COMPARTIMENT C3

La cinématique du trait de côte a été réalisée par convention d'est en ouest en partant du compartiment C1 le plus à l'est vers le compartiment C9.

Les graphiques ci-dessous illustrent cette cinématique du trait de côte, où les nombres en abscisse correspondent à la position de chaque transect (espacés de 50 m) perpendiculaires à la plage et les chiffres en ordonnées au recul ou avancé du trait de côte (en m).

Le trait de couleur « bleu » correspond au trait historique (de 1949) alors que celui rouge correspond au trait subactuel (ici de 2007).

Le linéaire pris en compte dans l'étude est d'environ 45,5 km sur un linéaire total de 100 km pour la zone. Le compartiment compte essentiellement des plages de fond de baie (57 %), principalement localisées sur le rivage ouest de la baie, tandis qu'un ensemble de vastes plages de sables, exposées aux houles dominantes (35 %) se situent sur le rivage est. Ce littoral de la Bretagne regroupe un nombre important de cordons de galets (26 %) même si ce sont les plages de sables qui sont le plus présentes (65 %). De par la morphologie rocheuse de la baie, l'absence de vaste massif dunaire est remarquable ; seuls quelques petits cordons dunaires sont visibles. Cette morphologie se traduit par la présence d'un nombre important de plage de sables adossées (58 %).

### ***La dynamique du trait de côte***

Les résultats de l'analyse montrent que 36 % du littoral du compartiment 3 est en érosion et qu'une part importante du linéaire côtier est artificialisé (40 %).

Dans le détail, on remarque que l'érosion est présente sur tous types de plage.

Cependant, les plages d'estuaires (56 %) (faible effectif pour le compartiment 3) et les plages dites ouvertes (48 %) semblent plus affectées par l'érosion. En effet, ces dernières sont orientées nord-ouest, exposées aux houles dominantes. Si l'on tient compte du critère sédimentaire, l'érosion affecte plus ou moins également chaque type de plage.

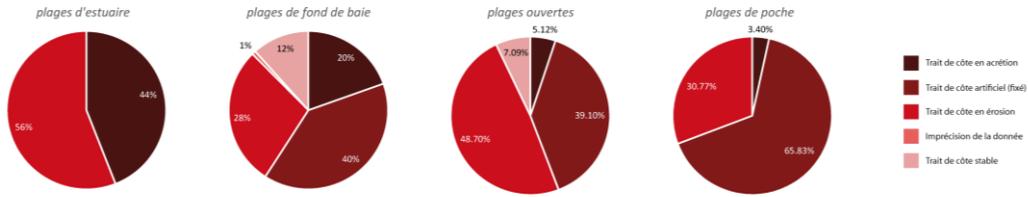
On observe cependant une artificialisation importante des plages de sables (46 %).

Pour finir, le critère morphologique met en évidence la part importante du linéaire côtier des formes fuyantes, sujettes à érosion (56 %) ; tandis que les autres formes littorales observent une dynamique comparable à l'évolution générale du trait de côte au sein du compartiment 3.

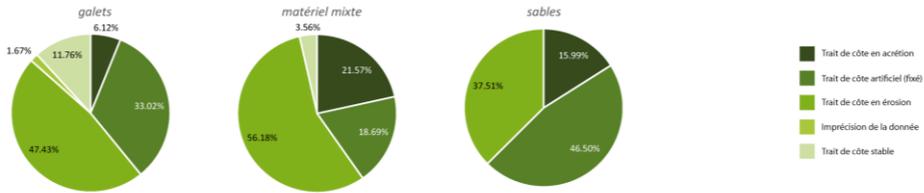
Les graphiques d'évolution de chaque plage du compartiment C3 sont donnés en annexe.

# C3

Evolution du trait de côte suivant l'exposition de la plage de 1952 à 2009



Evolution du trait de côte suivant le sédiment de la plage de 1952 à 2009



Evolution du trait de côte suivant la morphologie la plage de 1952 à 2009

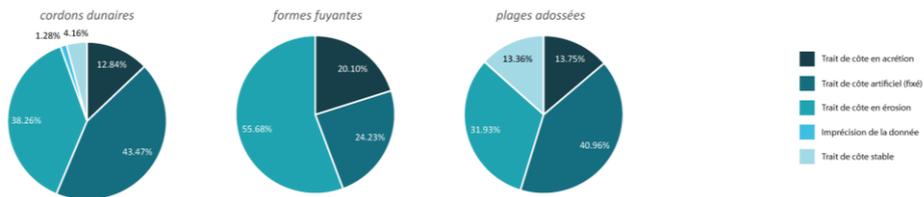


Illustration 75 : Évolution et caractérisation des côtes meubles du compartiment C3.

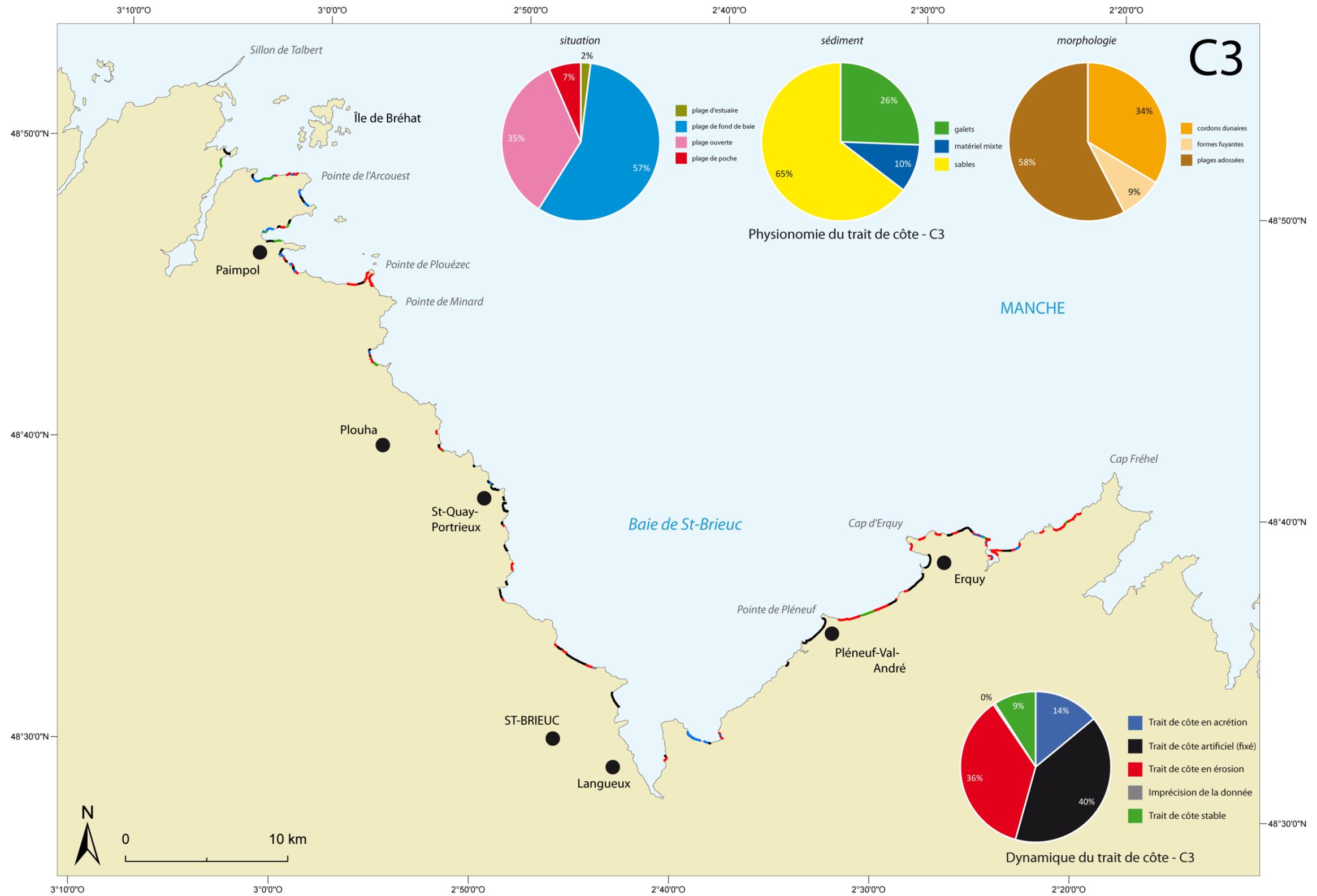


Illustration 76 : Synthèse de la géomorphologie des côtes meubles du trait de côte du compartiment C3.



## 5. Évènements tempétueux dommageables

### 5.1. INTRODUCTION

L'une des étapes dans la réalisation de cet atlas consistait en la création et la synthèse l'utilisation d'une base de données des événements tempétueux dommageables.

Trois sources principales ont alimentées cette base de données : la base de données du BRGM, créée dans le cadre de ce projet (BD BRGM), la base de données de l'UBO (BD UBO) et une base de données réalisée dans le cadre de l'établissement des Plans de Prévention des Risques Littoraux de Bretagne (Marais de Dol de Bretagne, Baie de Saint-Brieuc et de la commune de Saint-Malo).

Quatre étapes distinctes, ont été nécessaires :

1. la première étape de révision de la Base de données de l'UBO, par un travail (1) d'uniformisation avec la BD BRGM, (2) de correction des erreurs (fautes d'orthographe, doublons éventuels, etc.) et (3) de géoréférencement d'évènements complémentaires (500 environ) ;
2. la seconde étape a été : à partir de l'inventaire des événements de tempêtes réalisés dans le cadre des PPRL, de (1) créer une base de données, structurée sur celle du BRGM, et (2) de géoréférencer les points extraits (380 points environ) ;
3. la troisième partie, a été de compiler ces trois sources de données et enfin d'en faire l'analyse statistique et de faire ressortir des éléments pouvant être exploités dans la construction de l'atlas des aléas littoraux ;
4. enfin, la quatrième étape, a été de réaliser des fiches synthétiques, des principaux événements tempétueux.

### 5.2. MÉTHODOLOGIE

#### 5.2.1. La Base de Donnée de l'UBO (Université Bretagne Occidentale)

La base de données fournie au BRGM en provenance de l'UBO, n'avait pas de coordonnées géographiques. Cependant, il a été possible de récupérer une version antérieure à cette base de données, géoréférencée (fournie par la DDTM 29), et la première tâche a été de faire le lien entre les deux bases de différentes versions et d'en extraire les événements qui n'avait toujours pas de coordonnées géographiques, afin de leur attribuer une localisation.

#### ***Pointage des événements sans coordonnées.***

Le géoréférencement s'est fait sous SIG, à partir des cartes IGN au 1/25 000 (BD Scan25-IGN) et en s'appuyant sur des sites internet libre d'imagerie spatiale (Google Earth, Bing, Géoportail etc.). 492 points ont été ainsi localisés sur les 1994 de départ.

#### 5.2.2. Les événements recensés lors de PPRL

Le PPRL de Saint-Malo, contenait plus 70 tempêtes et 109 événements enregistrés, celui du Marais de Dol de Bretagne, 90 événements de tempêtes s'étant déroulés entre le 25

décembre 1081 et le 25 avril 1951, et enfin celui de la baie de Saint-Brieuc 106 événements entre le 18 août 1773 au 28 février 2010.

Chaque événement a été localisé et intégré dans la base de données selon un format prédéfini.

### 5.2.3. Création d'un format pour une base de données commune

Lors de différents comités techniques, il a été décidé d'attribuer différents champs attributaires (champs d'information) aux événements recensés. En fonction des différents partenaires, le BRGM a créé les champs listés ci-dessous (Illustration 77).

Ces champs sont regroupés en fonction de différentes thématiques, telles que : Etat de la mer (coefficient de marée, niveau théorique de la mer au moment de l'évènement, surcote), Météo (vitesses des vents, direction, pression atmosphérique etc.), Aléa et facteur (description de l'évènement : érosion, submersion, forte houle etc.), ou encore Localisation (Département, commune, compartiment etc.).

Certains champs peuvent paraître redondants mais ils ont été maintenus car ils correspondent à des champs des bases de données originelles. Deux champs synthétiques ont été créés celui :

- **Aléa\_interprété** sur lequel il est facile de faire une analyse thématique et contenant la typologie de l'Aléa : érosion, submersion marine, crue et submersion, naufrages en mer, à quai etc. ;
- et celui **Localisation\_description** qui contient une description très précise de la localisation de l'impact avec une description précise des dégâts.

Identifiant	Incrément : Numéro de ligne de l'événement en question
Tri par localisation	XL2E V78Paris et YL2E V78Paris : Coordonnées Lambert 2 Etendu (Base BRGM)
	XL93Euro et YL93Euro : Coordonnées Lambert 93 (Base BRGM)
	Prec Taille Obj en m : Taille de l'objet ayant subi des dégâts (Base BRGM)
	Obj Prec : Objet ayant subi des dégâts (Base BRGM)
	Insee : Numéro INSEE
	Comm : Nom de la commune
	Depart : Département
	Compart : Numéro du compartiment (Base BRGM)
Localisation précise et Dégâts	Localisation_description : Localisation précise de l'événement sur la commune (Base BRGM)
Qualité de la donnée	Qualité : Qualité des informations au sujet de l'événement (numéro entre 1 et 4, 1 bonne qualité et 4 moins bonne qualité) (Base BRGM)
Aléa et facteur	Aléa interprété : Type de l'aléa selon une nomenclature établie par le BRGM (Aménagements, Crues, Éolien/Crues, Érosion, Érosion/Naufrage au mouillage, Naufrage, Naufrage au mouillage, Naufrage en mer, Submersion, Submersion/Crues, Tempête)(Base BRGM)
	Facteur Origine : Facteur à l'origine de l'événement (Base UBO)
	Type Facteur : Marin ou météorologique, ou les deux (Base UBO)
	Facteur : Caractérise l'événement (Base UBO)
	Description_dégâts : Description des dégâts occasionnés par l'événement (Base UBO)
	Type dégâts : Selon une certaine dénomination (Dégâts côtiers, Submersion etc.)(Base UBO)
	Infra_mise_en_danger : Infrastructure ayant subi des dégâts ou étant menacé à la suite de l'événement (Base UBO)
Date	Jour, mois, année : Date, plus ou moins précise de l'événement (Base BRGM)
Météo	Durée_tempête_en_jour : Durée de l'événement si elle dépasse un jour.
	Direction_vent :
	Vitesse_vent_km_h : Vitesse ou force du vent si la vitesse n'est pas clairement énoncé.
	Vitesse_vent_m_s :
	Baromètre_hPa : Pression de l'air en hPa.
Etat de la mer	Coefficients_marée : Coefficient le plus haut sur la durée de la tempête.
	Hauteur_mer : Hauteur de mer théorique la plus importante sur la durée de la tempête.
	Surcôte_m : Hauteur de la surcôte du niveau de la mer.
	Houle_vague :
Dégâts, coûts et victimes	Dégâts (?) :
	Coûts : Coûts des dégâts dans la monnaie de l'époque.
	Nb_victimes :
Traçabilité	Contexte_étude : ATLAS BRGM
	Auteur : Nom et Prénom de la ligne
	Travail_harmo : Personne(s) ayant également travaillé sur les données.
	o_ou_n : Fiche oui ou non
Sources des données	Sources : De 1 à 10 sources pour les informations de la ligne.

Illustration 77 : Champs créés pour chaque évènement tempétueux dommageable : à gauche : leur thématique, à droite : le nom de chaque champ.

#### 5.2.4. Établissement de fiches récapitulatives

Pour synthétiser les données, les évènements tempétueux dommageables sur lesquels il y avait le plus de données récoltées ou qui avaient l'impact le plus important, ont été rassemblés sous forme de fiche, regroupant le plus d'information possible de l'évènement.

Une fiche contient :

1. une partie purement informative sur la date, les communes impactées avec une carte, l'auteur de la fiche et la date de réalisation ;
2. une deuxième partie sur les conditions de la tempêtes quand elles étaient disponibles : Température, direction et vitesse du vent, pression, et enfin le coefficient de marée ;

3. une troisième partie sur les dégâts de la tempête : détails des dégâts par communes, coût et victimes éventuelles ;
4. et une dernière partie sur les sources : regroupement de toutes les sources (journaux, rapports, ouvrages, photos) parlant de la tempête.

En prenant les tempêtes avec le plus grand nombre d'événements et des sources convenables (quantitativement), on a ainsi pu établir 27 fiches donc 27 tempêtes pour la Bretagne mais où à chaque tempête correspond plusieurs événements et sur plusieurs communes.

### 5.3. ANALYSE DES RÉSULTATS

La base de données ainsi constituée permet de faire une analyse des données en exploitant l'ensemble des champs attributaires créés. La base de données sous Système Géographique d'Information (SIG), peut être exportée sous Excel, pour une analyse statistique plus souple et de dégager des tendances sur les tempêtes.

#### ***Analyse temporelle des événements de tempêtes :***

L'analyse temporelle à l'échelle historique est difficilement décriptable (illustration 80 en haut). Plus le temps passe, et plus les moyens technologiques évoluent et plus certainement, il existe de l'information sur les événements de tempêtes. Le pic de la période 2000-2009 est dû à la tempête Johanna du 10 mars 2008 qui a été extrêmement bien répertoriée, mais aussi à la prise de conscience des populations sur les changements climatiques grandement médiatisés. Si on regarde la répartition de plus près ; on remarque qu'il existe des périodes entières dépourvues de tempêtes. Elles peuvent correspondre à une documentation inexistante ou perdue, à une période de guerre où l'homme avait d'autres préoccupations comme la Révolution Française, les Première et Deuxième Guerres Mondiales. En effet, le nombre de tempêtes diminue pendant les deux grandes et augmente entre chacune d'entre-elles.

Si l'analyse temporelle se fait à l'échelle de l'année, on remarque cette fois que les tempêtes surviennent surtout en Automne et Hiver, que les périodes printanières et estivales sont globalement épargnées. Les précipitations étant plus importantes en automne et hiver ; montre que c'est la période où la Bretagne est soumise aux agents météo-marins en provenance de l'Atlantique. Ainsi la mer doit aussi être plus impétueuse, et les pressions plus susceptibles de baisser durant ces saisons. On remarque que la fin de l'hiver comporte le plus de tempêtes, ce qui correspond aux périodes de l'année enregistrant les plus fortes variations climatiques. Une analyse peut être faite aussi en relation avec des niveaux marins élevés soit due à la marée soit due à une dépression atmosphérique ou à la conjoncture des deux (Illustration 78).

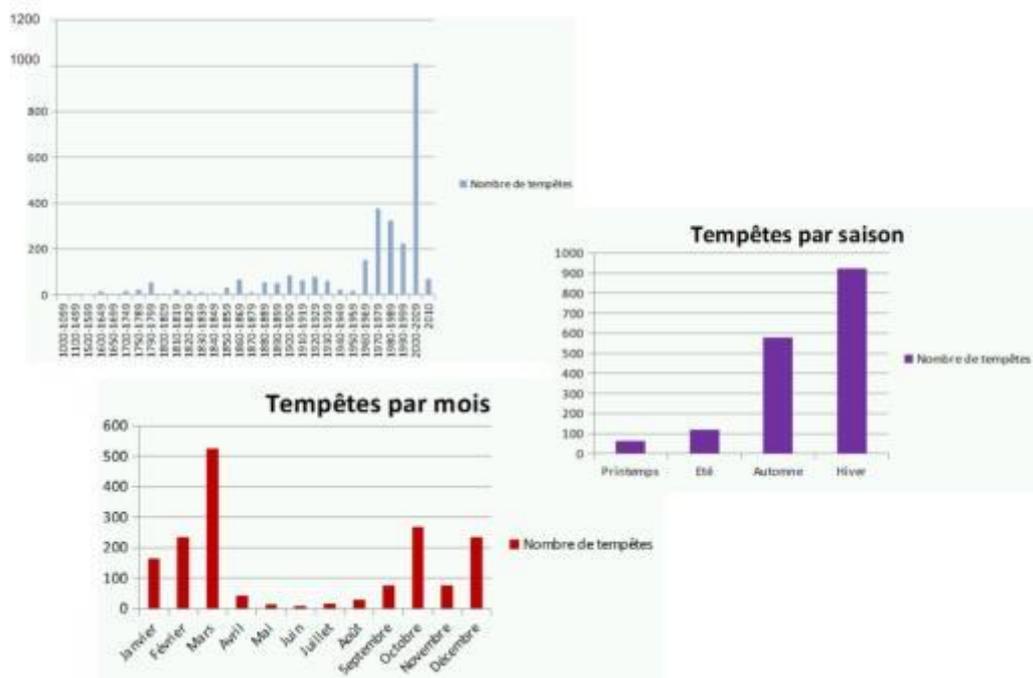


Illustration 78 : En haut : nombres de tempêtes par décennie ; à droite : Nombre de tempêtes par saison enfin en bas : nombre de tempêtes par mois de d'année par compartiments.

**Analyse spatiale des évènements de tempêtes :**

L'analyse spatiale montre que le nombre de tempête est plus important dans le Finistère que dans les autres départements. Mais une analyse plus poussée serait de faire des rapports nombre d'évènements et longueur de côtes (d'exposition). De plus, il est possible que la sensibilité aux agents météo-marins dans le Finistère, par ses habitants, soit plus importante d'ailleurs. On peut cependant dire que les compartiments 1 et 3 semblent peu touchés par rapport à leur taille. Ces deux compartiments n'ont pas d'exposition directe sur l'océan Atlantique. Les compartiments les plus exposés semblent être ceux du Finistère nord et sud (Illustration 82).



Illustration 79 : En haut : nombre de tempêtes par département, en bas : nombre de tempête.

Enfin, pour l'analyse en fonction des types d'aléas (Illustration 79), l'aléa érosion prédomine nettement sur celui de l'aléa submersion. En effet, l'aléa submersion est certainement plus possible pendant une période où il existe un haut niveau marin de marée c'est-à-dire environ 4 fois dans l'année, il est donc intéressant et possible d'ajouter un facteur temporel à cette analyse.

On remarque alors que la plupart des érosions et submersions enregistrées se sont produites après 1950.

L'évolution de la société vers une société des loisirs avec l'arrivée des congés payés, à entrainer une évolution de l'urbanisation. L'urbanisation et l'augmentation de la population ont fait que les populations se sont installées plus près des côtes, dans les zones parfois inondables ou exposées à des tempêtes. Ainsi certainement avant les 50, les hommes prenaient la mer pour gagner leur vie et les aléas ont été plus des naufrages en mer, naufrages au mouillage et autres naufrages que des dégâts côtiers. L'activité côtière de la Bretagne était principalement la pêche, ce qui impliquait de plus nombreux bateaux, et plus souvent en mer, donc plus de risque de naufrages. Et après 1950, l'activité de l'industrie de la pêche a commencé à baisser et les bateaux sont devenus de plus en plus sûrs.

Ainsi après les années 50, les enjeux sont venus s'installer à proximité des aléas, créant des zones à risques.

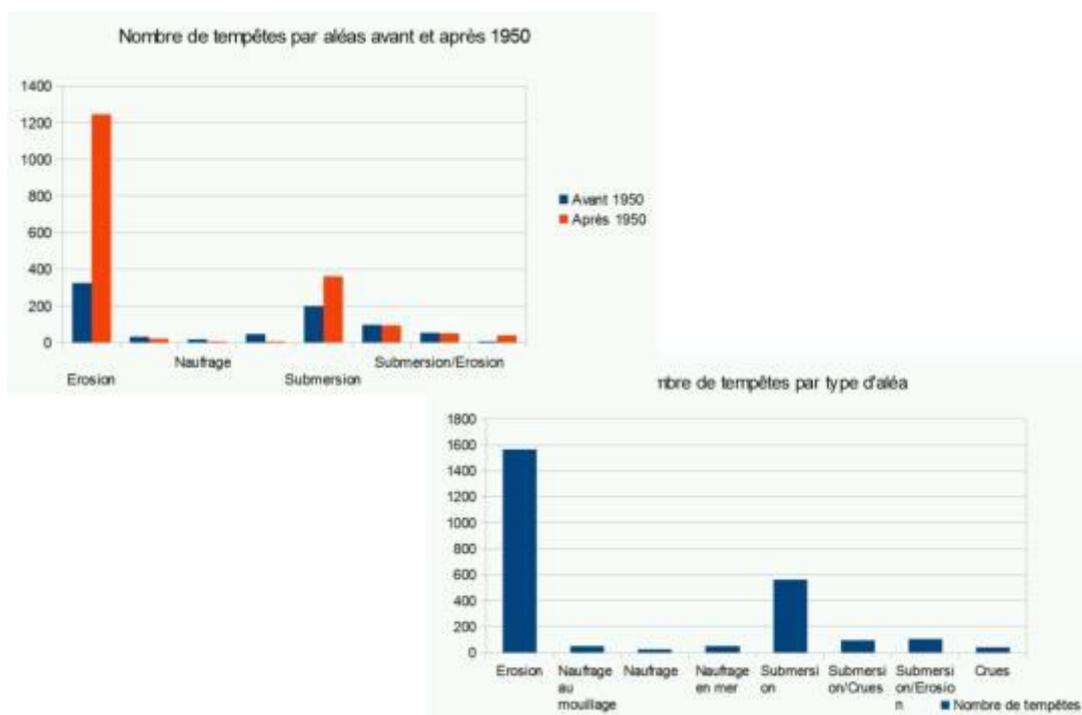


Illustration 80 : En haut : type d'aléa avant et après 1950 - en bas : type d'aléa par tempêtes.

Chaque événement, inventorié et géoréférencé est une occurrence d'un événement lié à un événement climatique ou météo-marin en un lieu précis. Il demeure important de rester prudent sur les résultats, car ils dépendent surtout de la qualité avec laquelle elle a été décrite. Par exemple, la tempête du 10 mars 2008 comporte plusieurs centaines d'occurrences, alors que d'autres événements ne sont relevés qu'en quelques endroits.

#### 5.4. RÉPARTITION DES ÉVÈNEMENTS SUR LE COMPARTIMENT C3

Les événements tempétueux dommageables à la côte ne sont pas pour autant la conséquence des plus fortes tempêtes que la Bretagne ait connue. La conjonction entre niveau de mer élevé (coefficient important) et coup de vent ou train de houles de l'Atlantique, sont des facteurs déterminants dans la genèse d'événements dommageables à la côte.

Les événements qui touchent le compartiment C3 sont des événements recensés lors de la réalisation du PPRL de Saint-Brieuc, recoupés avec la BD du BRGM.

153 événements sont recensés sur le compartiment C3. Pour l'essentiel, ces événements se situent en fond de baie pour deux raisons principales (Illustrations 82 à 85).

La première raison est le fait que le secteur de Saint-Brieuc bénéficiait d'une attention particulière à travers la réalisation d'un PPRL et la seconde raison est le fait que le linéaire de côte est très anthropisé (aménagé).

Les communes du compartiment sur lesquelles un plus grand nombre d'événements a été recensé, se situent entre Saint-Quay-Portrieux et Pléneuf-Val-André. Malgré le fait que la bordure orientale de la baie de Saint-Brieuc soit la plus exposée aux agents météo-marins, elle n'enregistre pas un nombre d'événements plus important. Cette observation montre que le recensement d'événements dommageables à la côte dépend de l'activité humaine. Rares sont les cas où un impact est inventorié sur un linéaire de côte naturel.

Les sources proviennent principalement du PPRL se Briec (99), des Archives Départementale d'Ille-et-Vilaine et des Côtes-d'Armor (28), de la Bibliothèque Nationale de France (BNF Gallica) (10), de la préfecture des Côtes-d'Armor (5) et d'autres sources diverses.

Ce sont principalement des ouvrages documentaires, des correspondances de dignitaires de l'État, des rapports d'ingénierie, ou encore des articles de journaux. Les données de coefficient de marée proviennent du SHOM.

Les évènements s'étalent dans le temps pour le plus ancien est autour de 1773 et le plus récent date de 2010.

74 sont des submersions ou submersion/Erosion, 3 sont des submersions accompagnées de crues, 15 sont des crues, 45 phénomènes d'érosion. Les autres évènements peuvent correspondre à des naufrages ou autres etc. (Illustration 82).

L'un des évènements les plus impressionnants est l'évènement du 6 avril 1962. L'article du Télégramme, intitulé : « Éboulements à Tournemine et Saint-Laurent-de-la-Mer », décrivait l'évènement ainsi :

*« Dans le fond de la baie, les falaises qui gardent Tournemine et Saint-Laurent-de-la-Mer ont été une nouvelle fois creusées par la mer déchainée. Des éboulements importants se sont produits, notamment à Tournemine où des blocs de dix mètres de haut sur plus de huit mètres de circonférence se sont détachés de la falaise. Les éboulis jalonnent toute une partie de la plage. On en note de moins graves à Saint-Laurent, près du préventorium mais la situation des villas et maisons juchées sur la falaise est de plus en plus critique, surtout à Tournemine.*

#### **Une maisonnette en bois détruite à Martin-Plage**

*À la plage de Martin, une cabane en planches a été démantelée par la mer. La digue de soutènement a cédé et la cabane se trouva en équilibre au-dessus du vide. Mais la mer eut vite raison du plancher et tout ce qui se trouvait à l'intérieur fut enlevé par les vagues, notamment un lit, et même une bouteille de gaz butane. Près de là, un garage de particulier qui se trouve à proximité de la grève, a subi lui aussi l'assaut de la marée, et par le portail enfoncé, la mer projeta des galets à l'intérieur qui malmenèrent quelque peu une voiture qui s'y trouvait.*

*Aux Rosaires, les vagues ont déferlé au-delà de la jetée, inondant les terrains de camping, les jardins et les caves où l'eau atteignait un mètre de hauteur.*

*À Tournemine, la falaise a été rongée sur plus de 500 mètres et de dangereux éboulements se sont produits, menaçant plusieurs maisons édifiées en bordure de la falaise.*



Illustration 81 : Photographies de l'évènement du 6 avril 1962.

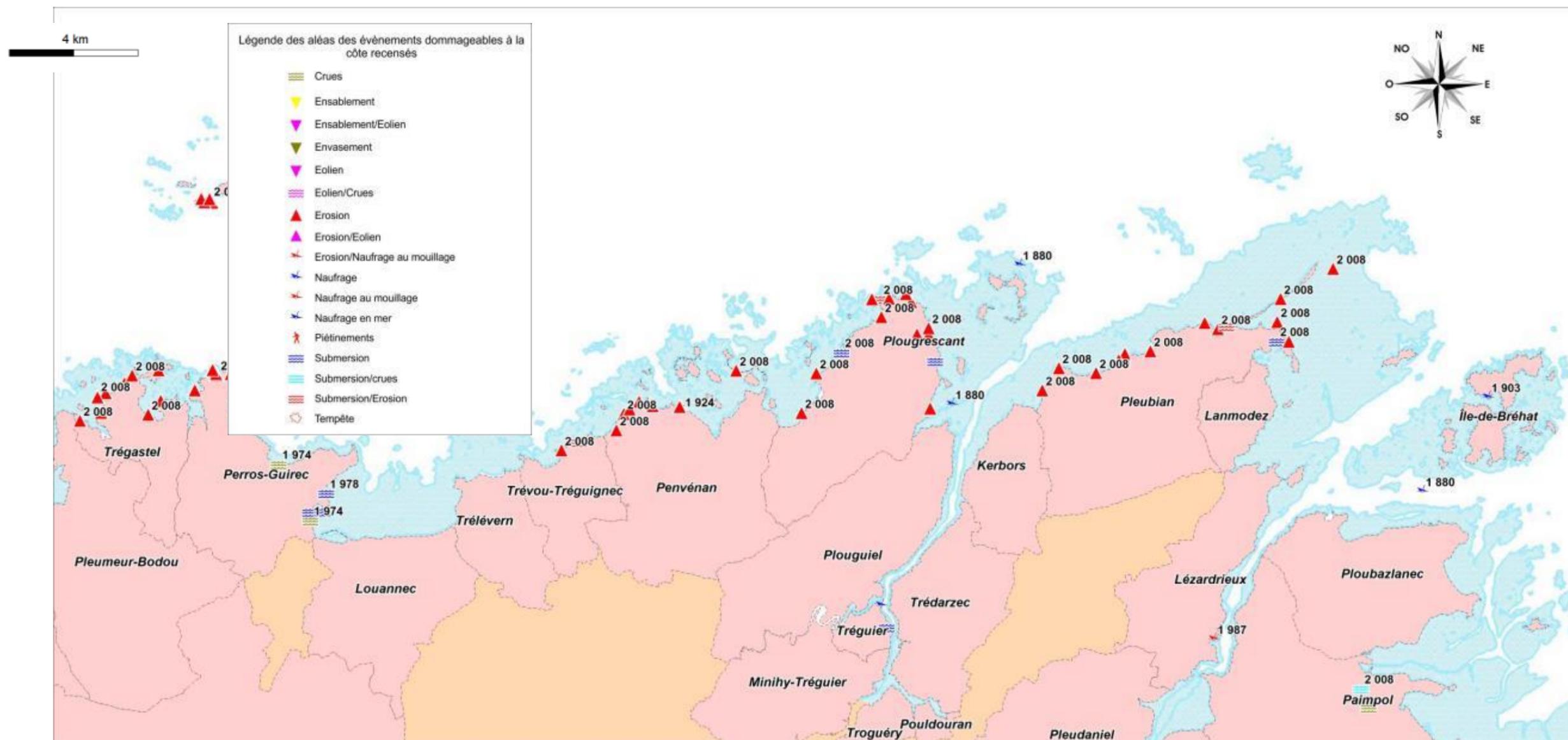


Illustration 82 : Carte synthétique des événements dommageables pour le compartiment C3.

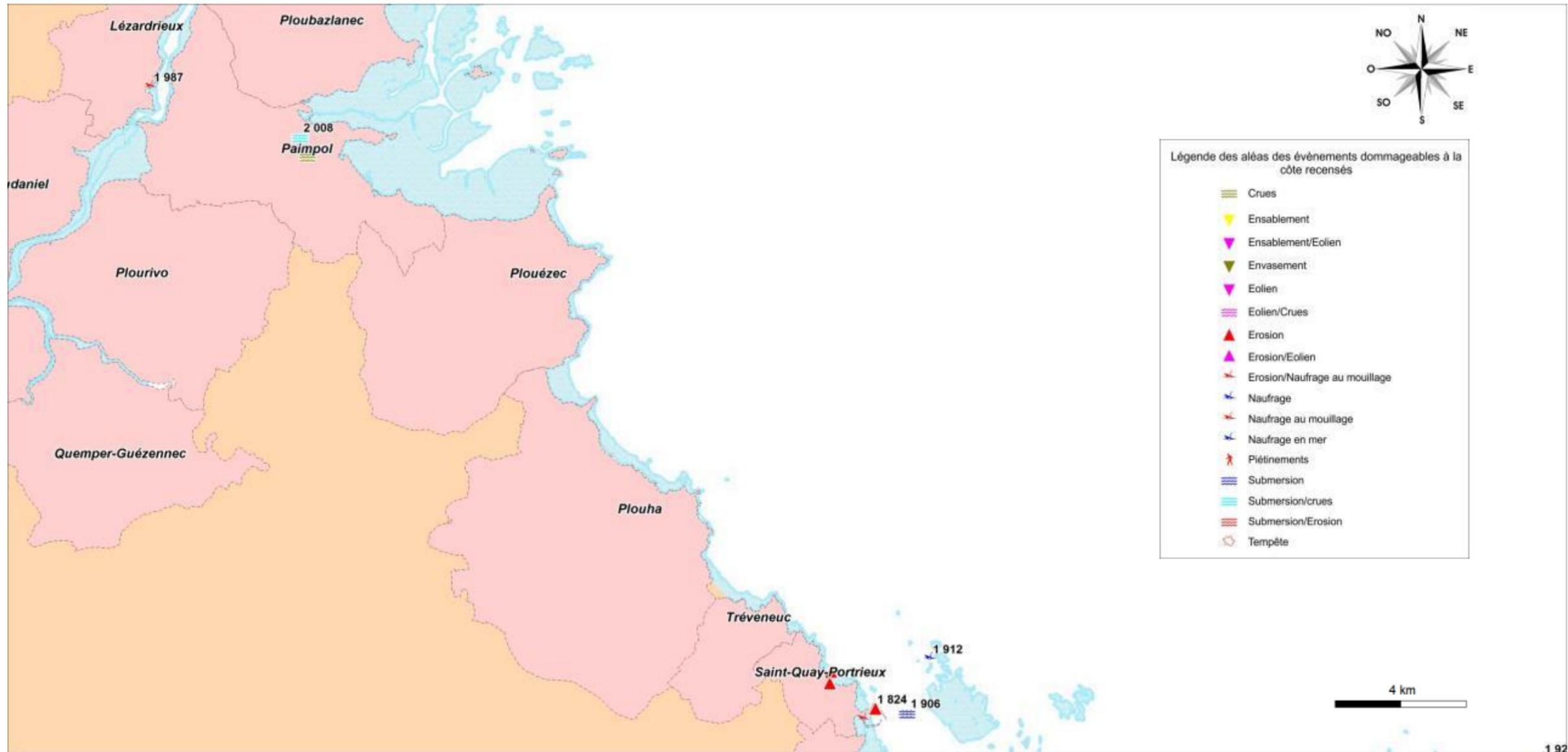


Illustration 83 : Carte synthétique des événements dommageables pour le compartiment C3.



Illustration 84 : Carte synthétique des événements dommageables pour le compartiment C3.

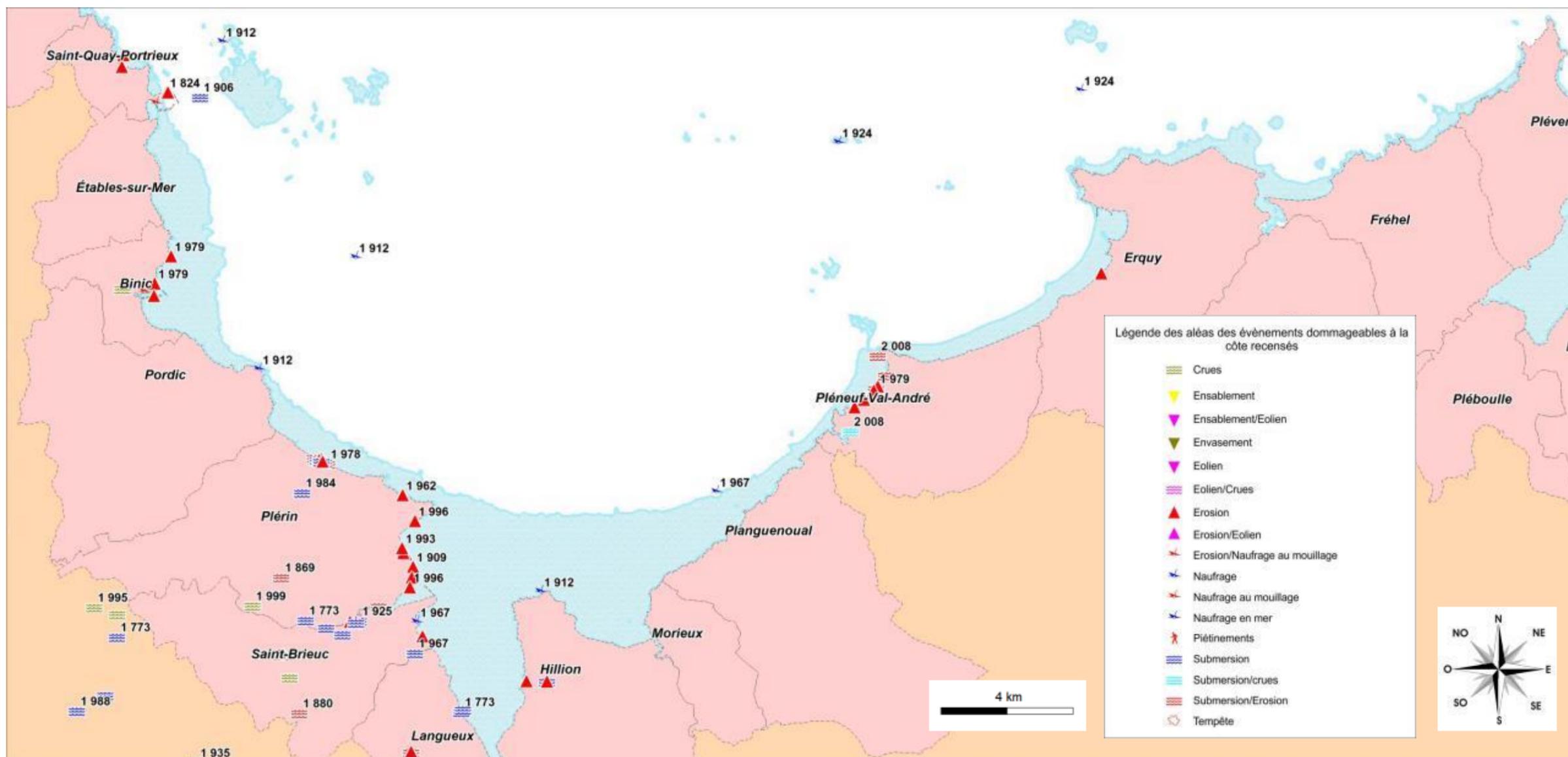


Illustration 85 : Carte synthétique des événements dommageables pour le compartiment C3.



## 6. Synthèse & conclusions

L'analyse **bibliographique** des aléas littoraux « érosion et submersion marine », montre que chaque commune est concernée. La géomorphologie de la côte du compartiment alternant côtes d'accumulation (sableuses ou à galets) et côtes à falaises de roches ou de dépôts de pente, apporte à chaque commune une part d'aléa.

Les falaises de dépôts de pente ou « heads » sont fortement « érodables » et posent des problèmes de stabilité du trait de côte. Ces dépôts de pente sont importants sur la partie Nord de la bordure occidentale de la baie et diminuent vers la commune du Binic pour redevenir importante en fond de baie et sur la commune de Pléneuf-Val-André.

Comme cela était précisé dans le chapitre précédent, l'analyse des **tempêtes** montre, que les secteurs où les impacts sont les plus nombreux sont le fond de la baie de Saint-Brieuc.

L'analyse de la côte à **falaises** montre que l'ensemble des mouvements de terrain comme pour les autres compartiments sont de petites tailles, hormis dans les secteurs de Plouhézec et Plouha, où la relation entre altitude et taille des mouvements de terrain est facilement vérifiable.

En revanche, ils deviennent très nombreux sur les communes de Tréveneuc, Saint-Quay-Portrieux, Etable-sur-Mer, Binic, puis sur la commune de Plérin. De telles densités sont de nouveau observables sur les communes d'Hillion, Morieux, Planguenoual, et Erquy.

La **prédisposition à l'érosion des falaises** est **élevée** pour les falaises constituées de dépôts de pente ou « heads », et les falaises de la bordure occidentale de la baie de Saint-Brieuc, présente une prédisposition à l'érosion moyenne en raison de la présence de roches métamorphiques basiques c'est-à-dire issues de roches magmatiques à volcaniques basiques.

Comme pour le compartiment C2, localement les **filons de dolérites** (roches formant des boules de couleur noire), induisent des phénomènes d'érosion différentielle qui apportent une prédisposition à l'érosion élevée.

L'analyse des côtes à **accumulation** montre que les plages exposées aux agents météorologiques ont en général une tendance à l'érosion, seules quelques plages protégées naturellement par l'île-de-Bréhat, présentent une tendance à l'accrétion.

Enfin les submersions marines vont se localiser en fond de baie et proche des estuaires. Seule la plage de Rosaires sur la commune de Plérin présente un caractère singulier avec une zone basse en arrière d'un cordon anthropisé et avec une orientation vers la mer.



## 7. Bibliographie & webographie

Augris C. et al., *Atlas thématique de l'environnement marin en baie de Saint Brieuc (Côtes-d'Armor)*, 1996, 72 p., Edition IFREMER.

Beigbeder Y., 1964, *Contribution à l'étude géomorphologique et sédimentologique de la partie orientale de la baie de Saint-Brieuc*, Thèse Docto. Spéc. Géographie, Univ. Rennes, 342 p.

Bellessort B., Migniot C., 1987, *Catalogue sédimentologique des côtes françaises, Côtes de la Manche et de l'Atlantique, de la baie du Mont Saint Michel à la frontière espagnole*, n° 65, Édition Eyrolles, coll. de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, 559 p.

Bonnot-Courtois C. et Lançon, 2004, *Erosion Littorale Evaluation du Risque, Rapport Phase 2, Caractéristique de l'aléa « érosion » sur le littoral des Côtes-d'Armor*, GRESARC, 29 p.

Bousquet-Bressolier C., Bonnot-Courtois C., *Géomorphologie et vulnérabilité des rivages de la baie de Saint-Brieuc*, in Norois, N°179, 1998, pp. 495-506.

Cariolet J.-M., 2011, *Inondation des côtes basses et risques associés en Bretagne, vers une redéfinition des processus hydrodynamiques liés aux conditions météo-océaniques et des paramètres morpho-sédimentaires*, Thèse version n°1, UBO, 348 p.

Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Saint-Brieuc (LRPC), 2008, Plan de Prévention des Risques Naturels Inondation Commune de Paimpol (22), Rapport de présentation, Cartographie de l'aléa inondation, 50 p., 10 Annexes et cartes.

Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Saint-Brieuc (LRPC), Servitude de passage des piétons sur le littoral de la commune de Saint-Quay-Portrieux, Visite d'inspection du sentier du littoral, 78 p.

Ministères de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, de l'Équipement, des Transports et du Logement, 1997, *Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPR), Guide général*, Paris, La Documentation française, 76 p.

Pluet J., Zimmermann C., 1984, *Étude de la dynamique actuelle du littoral des Côtes de Nords du Cap d'Erquy au Cap Fréhel*, Mém. Maîtrise Géogr. Phys., Univ. Paris VII, 113 p.

Syndicat Mixte du Pays de Saint-Brieuc, 2008, *Schéma de Cohérence Territoriale du Pays de Saint-Brieuc, Document d'Orientations Générales*, 102 p.

Stephan P., 2009, *Les flèches de galets de Bretagne : morphodynamiques passée, présente et prévisible*, Thèse version 1 UBO, 558 p.

Tabaud M., Lysaniuk B., Schoenenwald N., Buridant J., 2009, Le risque « coup de vent » en France depuis le XVI<sup>e</sup> siècle, *Annales de Géographie*, n° 667, 318-331.

### Webographie

Site internet du Projet ANR **COCORISCO** : Connaissance, compréhension et gestion des risques côtiers : <http://www.cocorisco.fr>

Site internet **GEOPORTAIL** : Le portail des territoires et des citoyens : <http://www.geoportail.gouv.fr/>, portail de l'information géographique de référence : cartes, photographies aériennes, bases de données géographiques, etc.

Site internet : **INFOTERRE**, le visualiseur des données géoscientifiques du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) : <http://infoterre.brgm.fr/>, cartes géologiques du 1/1 000 000 au 1/50 000, dossiers de la Banque de données du Sous-Sol et logs, etc.

Site internet de l'**INSEE** : Institut National de la statistique et des études économiques : <http://www.insee.fr>, statistiques nationales etc.

Site internet institutionnel du **SHOM** : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine : <http://www.shom.fr/>, cartes marines, cartes bathymétriques etc.

Site internet du **MEDDE** : <http://www.prim.net/>, qui favorise la mise à disposition, le partage et l'actualisation d'informations relatives aux risques naturels et technologiques pour renforcer notre résilience individuelle et collective.

## **8. Annexe 1 : Recensement des évènements dommageables**



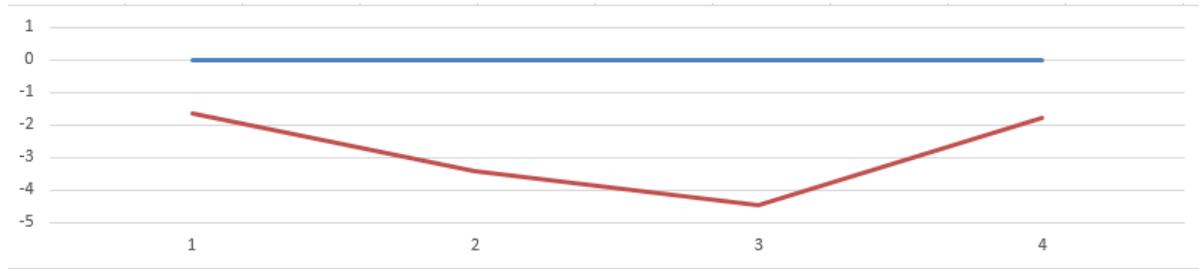
IDENTITE		LOCALISATION				DESCRIPTION ET LOCALISATION PRECISE				QUALITE	ALEA ET FACTEUR	EVENEMENT METEO					ETAT MER			CONSEQUENCE		SOURCES			
BD	ID	XRGF93France	YRGF93France	Insee	Comm	Depart	Compart	Localisation_description	Qualité	Aléa_interprété	Jour	Mois	Année	Jrée (en)	Dir_vent	Vit_vent	Vit_vent	Baro_hPa	Coef_mar	Haut_mer	Surcôt	Agitation	Couts	Nb_victimes	Source_1
BD ATLAS	2362	271658.54	6854642.4	22325	SAINT-QUAY-PORTRIEUX	22	C3	Dégât sur la digue de Portrieux suite à tempête	3	Erosion	23	11	1824	2	-	-	-	-	87	11.01	-	-	-	-	F. Bouttes
BD ATLAS	2363	271706.01	6854644.08	22325	SAINT-QUAY-PORTRIEUX	22	C3	Dégâts sur la digue de Portrieux	3	Erosion	26	3	1826	-	-	-	-	114	12.38	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD ATLAS	2395	257979.09	6875635.88	22210	PLOUBAZLANEC	22	C3	Ploubazlanec (entre l'île de Bréhat et de Loguivy) : Naufrage de 2 embarcations	2	Naufrage en mer	2	11	1880	4	-	-	-	96	10.85	-	-	-	-	1 Archives départementales des Côtes d'Armor	
BD ATLAS	2466	259813.86	6878209.77	22016	ILE-DE-BREHAT	22	C3	Au sémaphore, une gabarre a fait côte	2	Naufrage en mer	27	11	1903	2	O	-	-	40	8.02	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD ATLAS	2488	272564.87	6854516.11	22325	SAINT-QUAY-PORTRIEUX	22	C3	Voilier à deux-mâts submergé par "une vague monstre"	3	Submersion	22	3	1906	1	-	-	-	76	10.14	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2508	274093.39	6847200.91	22251	PORDIC	22	C3	Un sloop naufragé sur les côtes de Pordic	3	Naufrage en mer	14	8	1912	2	-	-	-	108	12.32	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD ATLAS	2510	281605.11	6841180.28	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Baie de Saint-Brieuc plusieurs bateaux brisés contre les rochers	3	Naufrage en mer	14	8	1912	2	-	-	-	108	12.21	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD ATLAS	2550	289712.53	6853152.84	22186	PLENEUF-VAL-ANDRE	22	C3	Naufrage d'un trois-mâts à environ 4 milles au nord de Dahouët	3	Naufrage en mer	8	10	1924	1	-	-	-	57	9.16	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD ATLAS	2552	296222.26	6854498.15	22054	ERQUY	22	C3	Navire en perdition en face d'Erquy	3	Naufrage en mer	8	10	1924	1	-	-	-	57	9.37	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD ATLAS	2562	276709.24	6840449.23	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Port Légué (Saint-Brieuc) un navire a rompu ses amarres et a coulé au large	2	Naufrage au mouillage	21	12	1925	5	-	-	-	74	10.51	-	-	-	1220	-	
BD ATLAS	2586	256462	6869702.25	22162	PAIMPOL	22	C3	très forte tempête dégat à Paimpol	3	Tempête	7	11	1934	-	-	-	-	89	10.61	-	-	-	-	SOCOTEC / CNRS Dinard	
BD ATLAS	2614	286351.23	6843813.46	22173	PLANGUENOUAL	22	C3	Un naufrage en baie de Saint-Brieuc en face de Planguenoual	3	Naufrage	11	3	1967	3	-	rafales de	-	87	10.82	-	-	-	-	2 Archives départementales des Côtes d'Armor	
BD ATLAS	2615	287269.12	6840396.11	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Dégâts très importants sur la côte, un bateau de pêche de Binic éventré sur les rochers en baie de	2	Naufrage en mer	11	3	1967	3	O à SO	-	-	87	7.7	-	-	-	-	2 Archives départementales des Côtes d'Armor	
BD ATLAS	2616	278223.26	6839567.7	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Dans le bassin de Douvenant les eaux ont débordé sur les berges	1	Submersion	11	3	1967	3	-	-	-	87	10.84	-	-	-	-	Archives départementales des Côtes d'Armor	
BD ATLAS	2617	276709.24	6840449.23	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Dans le bassin du port du Légué les eaux ont débordé sur les berges	1	Submersion	11	3	1967	3	-	-	-	87	10.84	-	-	-	-	Archives départementales des Côtes d'Armor	
BD ATLAS	2621	280137.75	6833772.53	22389	YFFINIAC	22	C3	Inondations à Yffiniac	3	Crues	11	2	1974	2	-	-	-	78	10.69	-	-	-	152450	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2628	256462	6869702.25	22162	PAIMPOL	22	C3	Inondations à Paimpol	3	Crues	17	5	1974	1	SO	-	-	50	8.49	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2629	270441.3	6849398.7	22007	BINIC	22	C3	Inondations à Binic	3	Crues	17	5	1974	1	SO	-	-	50	8.84	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2631	274632.13	6839537.08	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Inondations à Saint-Brieuc	3	Crues	17	5	1974	1	SO	-	-	50	8.97	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2643	278429.03	6840007.87	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Une brèche ouverte dans la digue de protection de la promenade du front de mer	1	Erosion	10	1	1978	6	O à NNE	150	-	109	11.81	-	-	10/12 m	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine
BD ATLAS	2644	275897.03	6844658.44	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Sur la plage des Rosaïres, des paquets de mer ont sauté la digue, traversés la route et inondés le	1	Submersion	10	1	1978	6	-	-	-	109	11.81	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2645	270474.54	6855337.5	22325	SAINT-QUAY-PORTRIEUX	22	C3	Casino écroulé	2	Erosion	10	1	1978	6	-	-	-	109	11.67	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2646	271376.73	6854363.58	22325	SAINT-QUAY-PORTRIEUX	22	C3	Bateaux coulés dans le port	2	Naufrage au mouillage	10	1	1978	6	-	-	-	109	11.67	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2647	270516.53	6855653.18	22325	SAINT-QUAY-PORTRIEUX	22	C3	Front de mer sévèrement endommagé	2	Erosion	10	1	1978	6	-	-	-	109	11.67	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2659	271308.33	6849522.51	22007	BINIC	22	C3	Plage de l'avant-port, 60 cabines de bains en bois descellées dont 15 réduites en morceaux, une	1	Erosion	26	3	1979	6	NNO	37 - 75	-	114	12.3	-	-	-	45734.71	-	
BD ATLAS	2660	271288.68	6849197.03	22007	BINIC	22	C3	Le quai de soutènement endommagé sur 20 m	2	Erosion	26	3	1979	6	NNO	37 - 75	-	114	12.3	-	-	-	45734.71	-	
BD ATLAS	2661	271753.5	6850247.35	22007	BINIC	22	C3	Eboulement de la falaise	3	Erosion	26	3	1979	6	NNO	37 - 75	-	114	12.3	-	-	-	45734.71	-	
BD ATLAS	2662	296743.41	6849591.14	22054	ERQUY	22	C3	Digue sapée à la base	3	Erosion	26	3	1979	6	-	-	-	114	12.78	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2664	275897.03	6844658.44	22187	PLERIN	22	C3	Digue des Rosaïres attaquée : revêtement arraché et chaussée recouverte de galets, vagues au-	1	Submersion/Erosion	26	3	1979	6	N à NNO	37 - 75	-	114	12.07	-	-	-	12195.12	-	
BD ATLAS	2674	290668.99	6846555.95	22186	PLENEUF-VAL-ANDRE	22	C3	45 m de digue arrachée, une profonde excavation creusée dans le sous-sol de la digue, 2 lamp	1	Submersion/Erosion	26	3	1979	6	NNO	37 - 75	-	114	12.05	-	-	-	-	114336.7	
BD ATLAS	2675	290717.94	6846611.11	22186	PLENEUF-VAL-ANDRE	22	C3	Désensablement général de la plage (1 à 1,5 m de sable disparu en 24 heures) qui laisse à nu les	1	Erosion	26	3	1979	6	NNO	37 - 75	-	114	12.05	-	-	-	-	114336.7	
BD ATLAS	2676	290943.45	6846910.46	22186	PLENEUF-VAL-ANDRE	22	C3	La première volée longue de 15 m de la cale de descente à la plage de la rue des Dauphins a été	1	Submersion/Erosion	26	3	1979	6	NNO	37 - 75	-	114	12.05	-	-	-	-	114336.7	
BD ATLAS	2686	271030.19	6849304.82	22007	BINIC	22	C3	56 bateaux endommagés, 50 mètres de pontons endommagés	2	Naufrage au mouillage	15	10	1987	2	-	-	-	25	7.9	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2716	290341.86	6846252.41	22186	PLENEUF-VAL-ANDRE	22	C3	Digue-promenade détruite sur 60 m devant "Le Grand Hôtel"	2	Erosion	19	2	1996	3	-	-	-	111	11.89	-	-	-	228673.5	-	
BD ATLAS	2717	275577.8	6844825.45	22187	PLERIN	22	C3	Aux Rosaïres, digue submergée, 23 pavillons et immeubles en front de mer inondés (jusqu'à 1,5	1	Submersion/Erosion	19	2	1996	3	-	-	-	111	11.84	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2718	278245.63	6843098.57	22187	PLERIN	22	C3	4 crevasses dans la falaise de Plérin	3	Erosion	19	2	1996	3	-	-	-	111	11.84	-	-	-	762245.0	-	
BD ATLAS	2719	277261.81	6840832.54	22187	PLERIN	22	C3	A Saint-Laurent, dans le prolongement du port du Légué, la chaussée s'est effondrée sur 10 m,	1	Submersion/Erosion	19	2	1996	3	-	-	-	111	11.84	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD ATLAS	2745	256251.26	6870218.73	22162	PAIMPOL	22	C3	Maisons bordant Le Quinic et le port envahies par les eaux	1	Submersion/Erues	9	3	2008	3	-	-	-	107	11.06	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor	
BD ATLAS	2756	290085.4	6846057.56	22186	PLENEUF-VAL-ANDRE	22	C3	Effondrement de la cale des Murs Blancs	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	106	11.98	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor	
BD ATLAS	2757	290604.11	6846499.3	22186	PLENEUF-VAL-ANDRE	22	C3	Escaliers digue et mur de soutènement de la digue endommagés	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	106	11.98	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor	
BD ATLAS	2758	290714.01	6847435.08	22186	PLENEUF-VAL-ANDRE	22	C3	Môle de Piegu et bateaux endommagés	2	Submersion/Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	106	11.98	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor	
BD ATLAS	2835	274632.13	6839537.08	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Importants dégâts à Saint-Brieuc	3	Tempête	14	8	1912	2	-	-	-	108	12.21	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD ATLAS	2850	289971.92	6845421.4	22186	PLENEUF-VAL-ANDRE	22	C3	Le quai des Terre-Neuves et le déversoir de l'étang de Dahouët inondés	2	Submersion/Erues	9	3	2008	3	-	-	-	106	11.98	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor	
BD ATLAS	2888	273176.73	6855983.9	22325	SAINT-QUAY-PORTRIEUX	22	C3	Un bateau de pêche naufragé	4	Naufrage en mer	14	8	1912	2	-	-	-	108	12.05	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD ATLAS	2889	276708.44	6850177.49	22007	BINIC	22	C3	Un canot perdu corps et biens	4	Naufrage en mer	14	8	1912	2	-	-	-	108	12.32	-	-	-	-	L'équipage	
BD ATLAS	2901	274632.13	6839537.08	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Peu de dégâts	4	Tempête	30	1	1938	2	-	-	-	74	10.2	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD PPRL	2034	281212.93	6838786.17	22081	HILLION	22	C3	Grève	2	Erosion	6	3	1817	-	-	-	-	111	12.3	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc	
BD PPRL	2035	281759.3	6838773.28	22081	HILLION	22	C3		2	Submersion/Erosion	25	2	1838	3	-	-	-	115	12.4	-	-	-	3000 F	-	
BD PPRL	2036	281759.3	6838773.28	22081	HILLION	22	C3	Bourg	2	Submersion	27	2	1869	5	-	-	-	117	12.5	-	-	-	15000 F	-	
BD PPRL	2037	281240.23	6835993.97	22081	HILLION	22	C3	Pont de la Planche	2	Erosion	18	10													

IDENTITE		LOCALISATION						DESCRIPTION ET LOCALISATION PRECISE	QUALITE	ALEA ET FACTEUR		EVENEMENT METEO					ETAT MER			CONSEQUENCE		SOURCES				
BD	ID	XRGF93France	YRGF93France	Insee	Comm	Depart	Compant	Localisation_description	Qualité	Aléa_interprété	Jour	Mois	Année	Jrée(en	Dir_vent	Vit_vent	Vit_vent	Baro_hPa	Coef_mar	Haut_mer	Iurcôt	Agitation	Couts	Nb_victimes	Source_1	
BD PPRL	2091	277914.96	6842315.68	22187	PLERIN	22	C3	Plage de Saint-Laurent	2	Erosion	4	4	1962	2	-	-	-	-	117	12.33	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2092	278155.99	6841587.97	22187	PLERIN	22	C3	Grève de l'Anse à la Vierge	2	Erosion			1964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2093	274648.53	6841633.97	22187	PLERIN	22	C3		1	Submersion/Erosion	1	11	1967	2	NO	150-160	-	985	110	12.16	-	-	-	-	5800 F	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2094	275748.42	6844777.74	22187	PLERIN	22	C3	Côte	2	Erosion	4	7	1973	-	-	-	-	-	94	11.4	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2095	275804.56	6844698.12	22187	PLERIN	22	C3	Les Rosaires	2	Submersion	11	1	1978	-	-	-	-	-	108	12.12	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2096	275674.63	6844760.86	22187	PLERIN	22	C3	Les Rosaires	2	Submersion	29	3	1979	-	-	-	-	-	114	12.33	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2097	274648.53	6841633.97	22187	PLERIN	22	C3		2	Submersion	10	1	1982	-	-	-	-	-	102	11.61	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2098	275225.97	6843899.99	22187	PLERIN	22	C3	Camping des Rosaires	2	Submersion	21	8	1984	-	-	-	-	-	34	8.35	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2099	275659.26	6844774.75	22187	PLERIN	22	C3	Les Rosaires	2	Submersion	27	2	1990	-	-	-	-	-	107	12.03	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2100	275692.23	6844756.23	22187	PLERIN	22	C3	Digue des Rosaires	2	Erosion	17	10	1993	-	NE	-	-	-	112	12.27	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2101	277894.81	6842377.8	22187	PLERIN	22	C3	Plage des Bleuets	2	Erosion	17	10	1993	-	NE	-	-	-	112	12.27	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2102	274648.53	6841633.97	22187	PLERIN	22	C3	Bourg	2	Crues	5	7	1995	-	-	-	-	-	53	9.48	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2103	275724.78	6844738.75	22187	PLERIN	22	C3	Digue des Rosaires	1	Submersion	19	2	1996	2	NE	120	-	-	113	12.24	-	-	-	15 000 00	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2104	278102.98	6841323.5	22187	PLERIN	22	C3	Rue du Phare	1	Erosion	19	2	1996	2	NE	120	-	-	113	12.24	-	-	-	15 000 00	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2105	275750.5	6844726.5	22187	PLERIN	22	C3	Plage des Rosaires	2	Submersion	26	12	1999	4	-	-	-	-	94	11.57	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2106	273860.78	6840878.34	22187	PLERIN	22	C3	Rue de Beaugard	2	Crues	26	12	1999	4	-	-	-	-	94	11.57	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2107	273860.78	6840878.34	22187	PLERIN	22	C3	Rue de Beaugard	2	Crues		4	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2108	273866.05	6840873.01	22187	PLERIN	22	C3	Rue de Beaugard	2	Crues		4	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2109	273866.05	6840873.01	22187	PLERIN	22	C3	Rue de Beaugard	2	Crues		4	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2110	275777.92	6844712.5	22187	PLERIN	22	C3	Camping des Rosaires	2	Erosion	28	2	2010	-	-	-	-	-	108	11.59	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2111	274648.53	6841633.97	22187	PLERIN	22	C3		2	Submersion/Erosion	28	2	2010	-	-	-	-	-	108	11.59	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2112	272328.91	6836685.11	22215	PLOUFRAGAN	22	C3	Chemins ruraux et vicinaux	2	Submersion	31	12	1935	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40000 F	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2113	269892.85	6838508.27	22215	PLOUFRAGAN	22	C3	Barrage de Saint-Barthélémy	2	Submersion	1	2	1988	4	-	-	-	-	82	10.76	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2155	276646.33	6840397.95	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Port de légué	2	Erosion	10	10	1809	3	-	-	-	-	105	12.04	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2156	276646.33	6840397.95	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Port de légué	2	Erosion	25	2	1838	3	-	-	-	-	115	12.4	-	-	-	-	1500 F	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2157	274847.26	6838954.13	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Centre-ville	2	Submersion		6	1850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2158	276646.33	6840397.95	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Port de légué	2	Erosion	21	3	1880	-	-	-	-	-	71	7.86	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2159	275101.15	6837984.31	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Moulin Auchaix	2	Submersion/Erosion	8	9	1880	2	-	-	-	-	93	11.42	-	-	-	1141 F	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2160	274847.26	6838954.13	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		2	Submersion/Erosion	8, 9, 1	10	1880	5	-	-	-	-	88	11.35	-	-	-	-	800 F	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2161	274847.26	6838954.13	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Ville	2	Submersion	16	6	1885	-	-	-	-	-	99	11.66	-	-	-	-	20000 F	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2162	276646.33	6840397.95	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Port de légué	2	Submersion	18	8	1892	-	-	-	-	-	49	9.02	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2163	276273.88	6840084.07	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Prairies de Rohannech'h	2	Submersion	29	11	1910	-	-	-	-	-	70	10.18	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2164	276646.33	6840397.95	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Port de légué	2	Submersion	29	11	1910	-	-	-	-	-	70	10.18	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2165	274847.26	6838954.13	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Ville	2	Submersion	16	9	1929	-	-	-	-	-	65	9.97	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2166	274847.26	6838954.13	22279	SAINT-BRIEUC	22	C3		2	Submersion/Erosion	28	11	1930	2	-	-	-	-	34	8.37	-	-	-	15000 F	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2167	274847.26	6838954.13	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		2	Submersion/Erosion	11	9	1933	-	-	-	-	-	44	9.34	-	-	-	2000 cent	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2168	276646.33	6840397.95	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Port de légué	2	Submersion	15	2	1957	-	-	-	-	-	115	12.09	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2169	274847.26	6838954.13	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		2	Submersion	13	12	1964	2	-	-	-	-	49	8.83	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2170	274851.57	6838949.32	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		1	Submersion/Erosion	1	11	1967	2	NO	150-160	-	985	110	12.16	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2171	274851.57	6838949.32	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		2	Submersion	9	7	1971	-	-	-	-	-	86	11.17	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2172	274851.57	6838949.32	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		2	Submersion	13	2	1972	-	-	-	-	-	72	10.08	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2173	274851.57	6838949.32	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		2	Submersion	4	7	1973	-	-	-	-	-	94	11.4	-	-	-	-	-	2 PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2174	274851.57	6838949.32	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		2	Submersion	8	9	1973	-	-	-	-	-	44	8.81	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2175	274851.57	6838949.32	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Vallée du Gouët	2	Submersion	11	2	1974	-	-	-	-	-	93	11.46	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2176	274851.57	6838949.32	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		2	Submersion/Erosion	6	7	1977	-	-	-	-	-	77	10.56	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2177	276646.33	6840397.95	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3	Le Légué	2	Submersion	21	8	1984	-	-	-	-	-	34	8.35	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2178	274851.57	6838949.32	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		2	Submersion	1	2	1988	4	-	-	-	-	82	10.76	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2179	274847.58	6838945.39	22278	SAINT-BRIEUC	22	C3		3	Crues	5	7	1995	-	-	-	-	-	53	9.48	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2328	270216.29	6840065.65	22372	TREMUSON	22	C3	Moulin de Saint-Barthélémy	2	Submersion	18	8	1773	2	-	-	-	-	98	11.41	-	-	-	-	-	3 PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2329	269615.02	6840869.28	22372	TREMUSON	22	C3	Moulin de la Roche	2	Crues	26	1	1995	-	-	-	-	-	53	8.98	-	-	-	-	-	PPR Baie de Saint-Brieuc
BD PPRL	2330	270224.88	6840678.26	22372																						

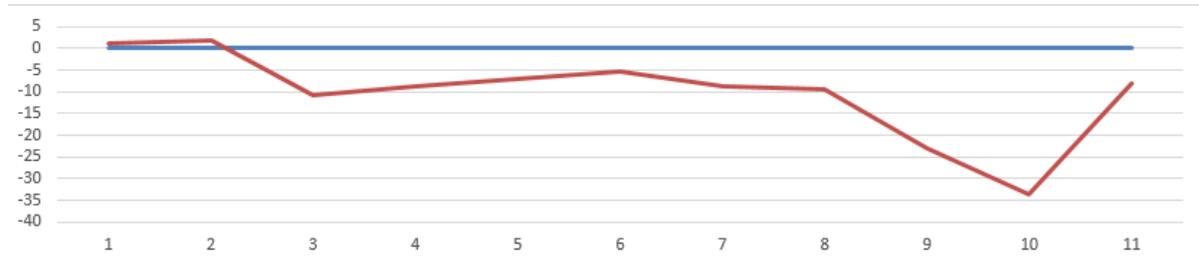
## **9. Annexe 2 : Graphiques d'évolution des plages**



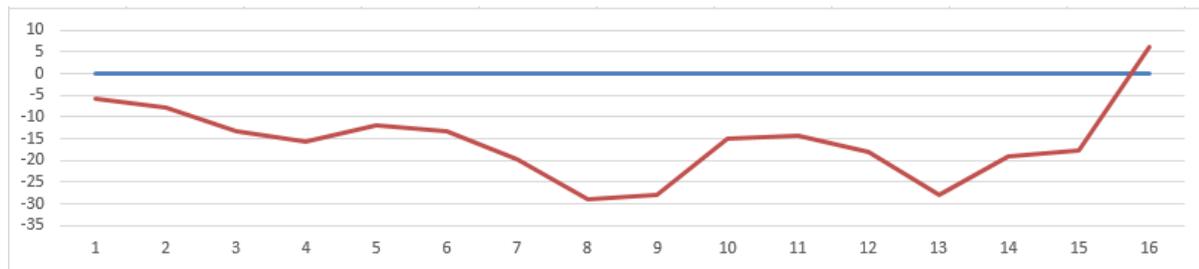
C3 - P1 - La Fosse



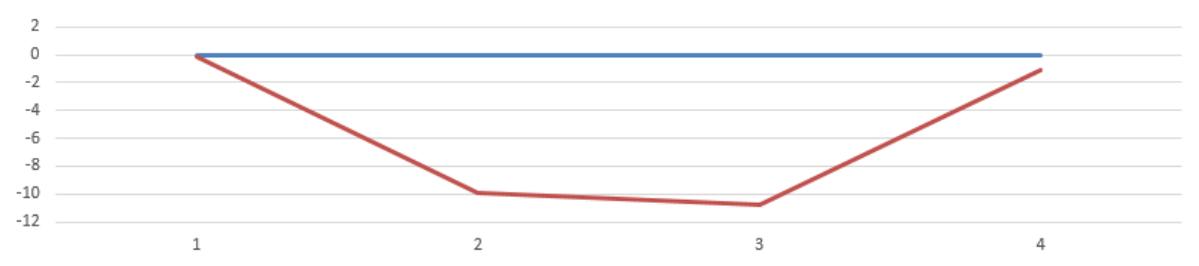
C3 - P2 - Les Grèves d'en Bas



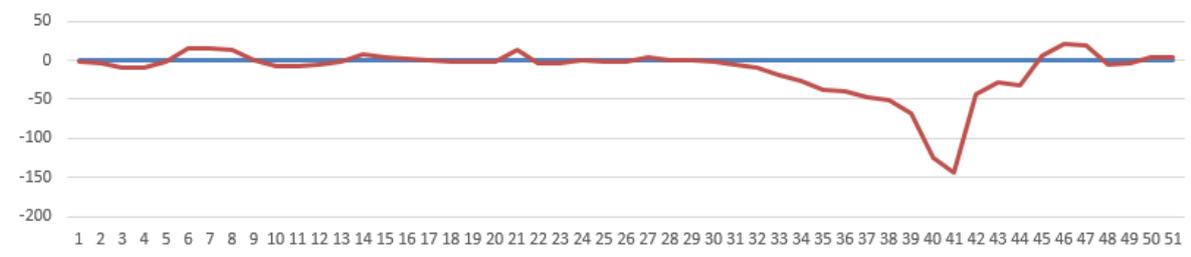
C3 - P3 - Anse du Croc



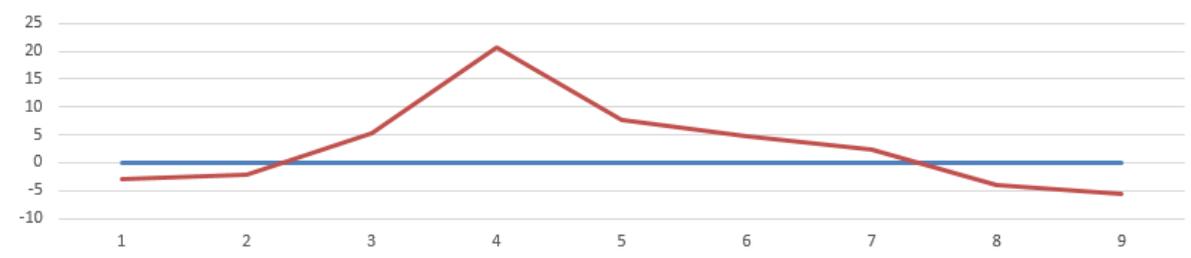
C3 - P4 - Grève des Fosses



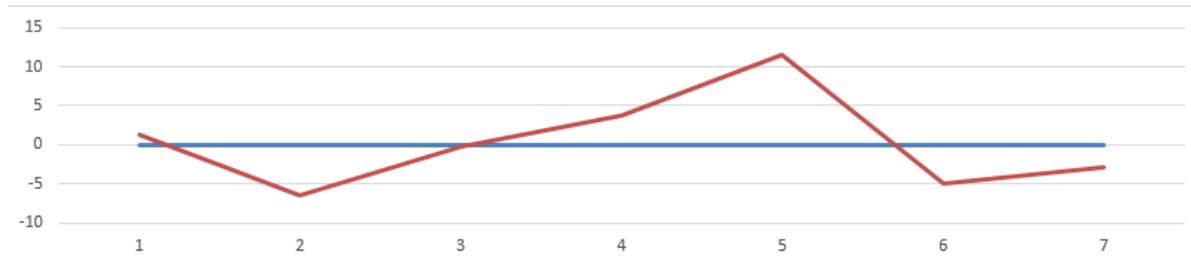
C3 - P5 - Fleche de Sable d'Or les Pains



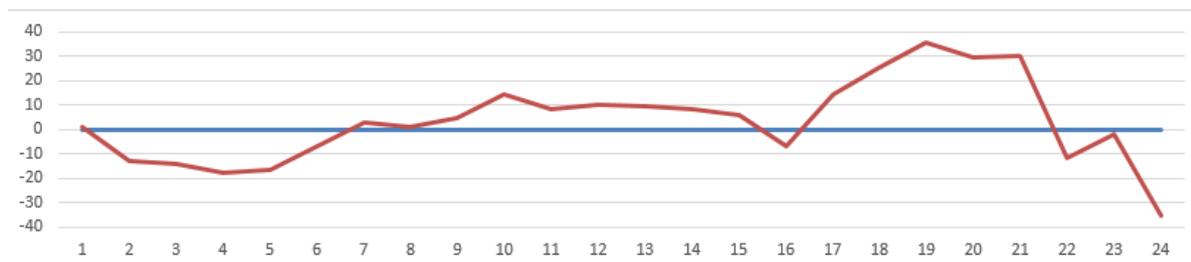
C3 - P6 - Grève la Vallée Denis



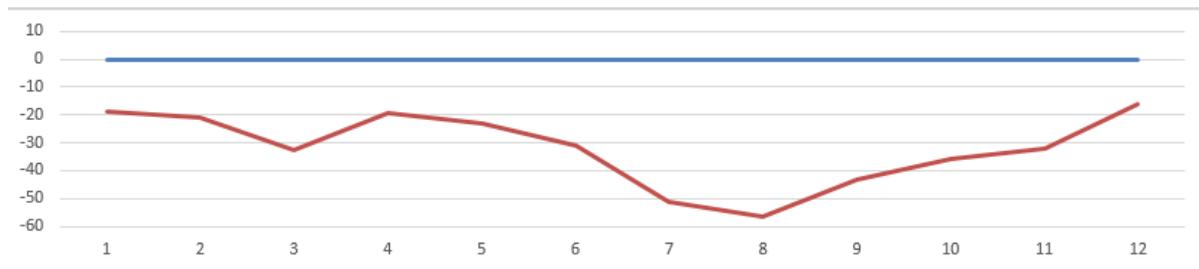
C3 - P7 - St-Michel (sud)



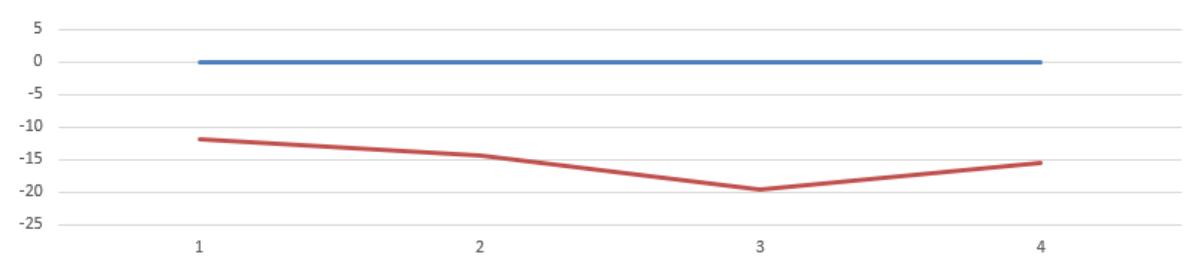
C3 - P8 - St Michel



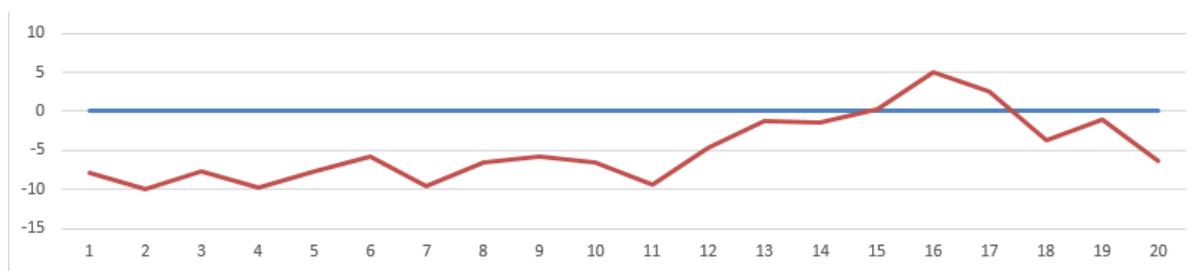
C3 - P9 - La Fosse Eyrand



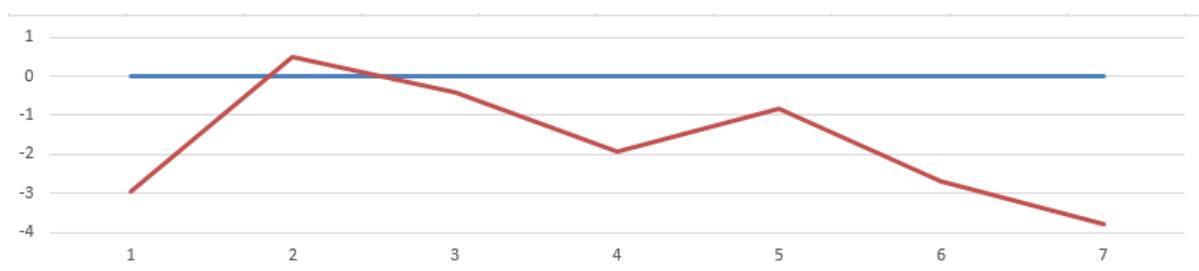
C3 - P10 - Plage du Guen - 2



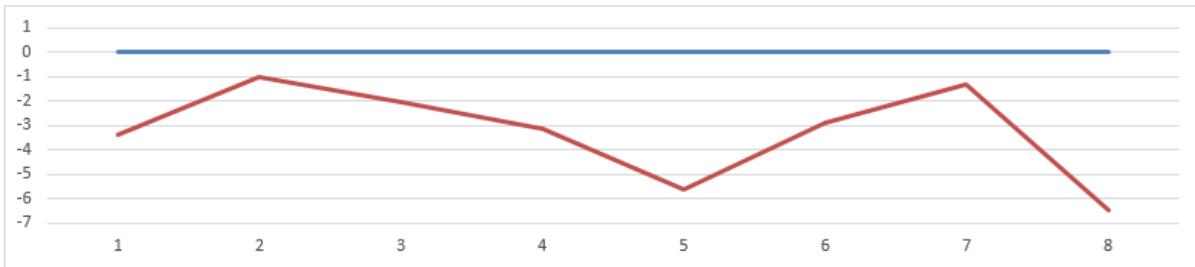
C3 - P11 - Plage du Guen



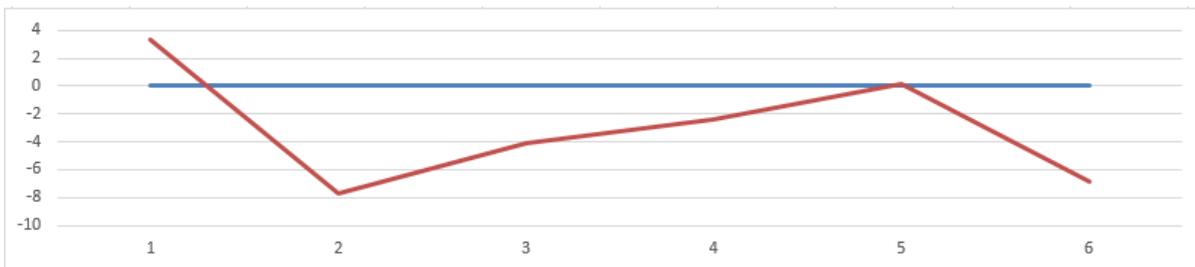
C3 - P12 - Plage du Portuais



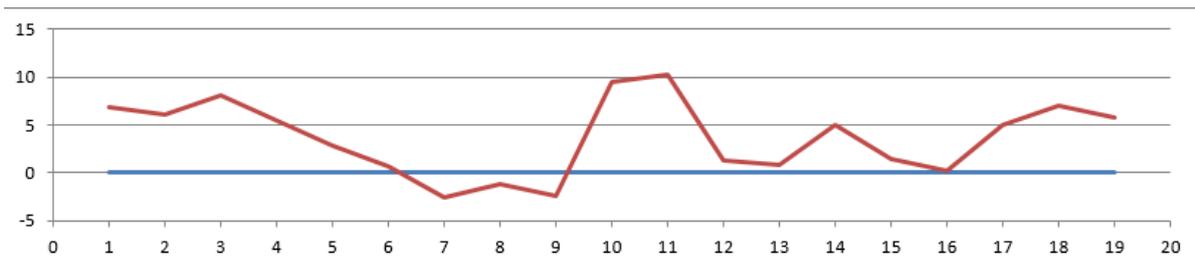
C3 - P13 - Plage du Lourtuais



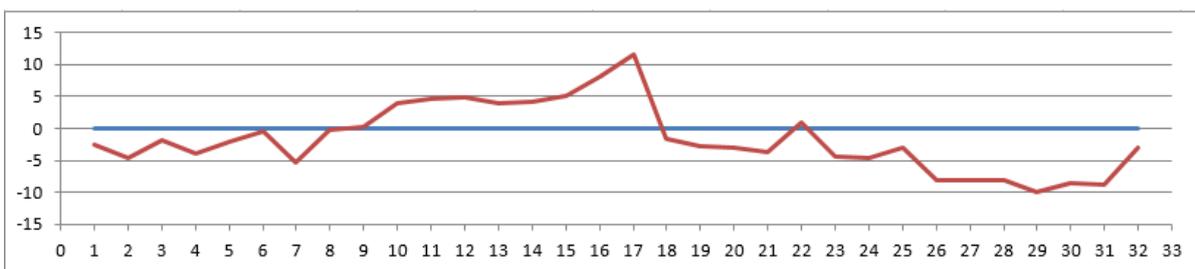
C3 - P14 - Anse de Port Blanc



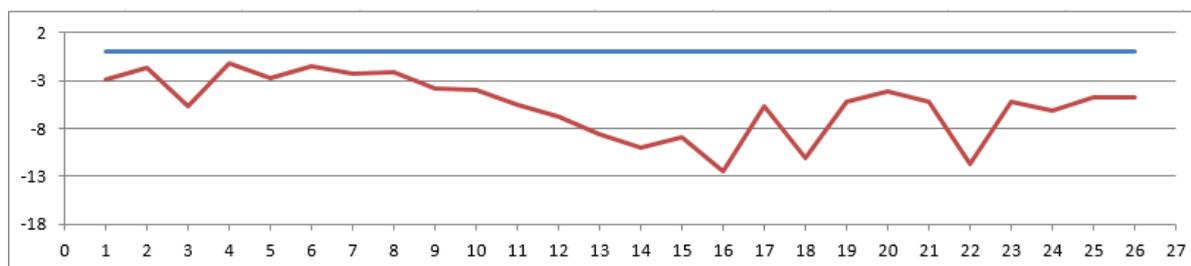
C3 - P15 - Plage du Bourg



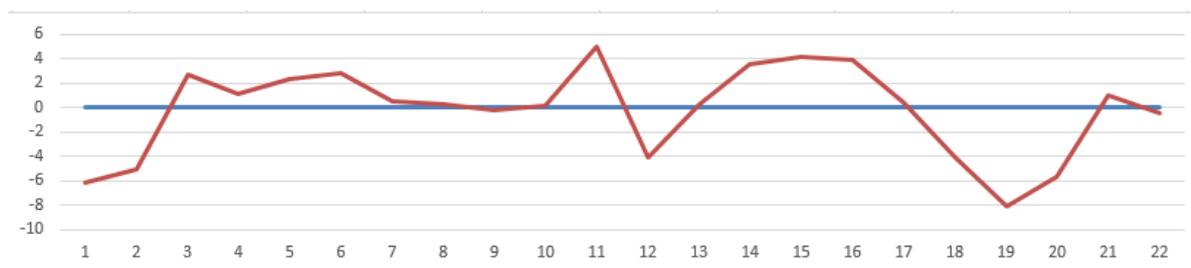
C3 - P16 - Plage de Caroual



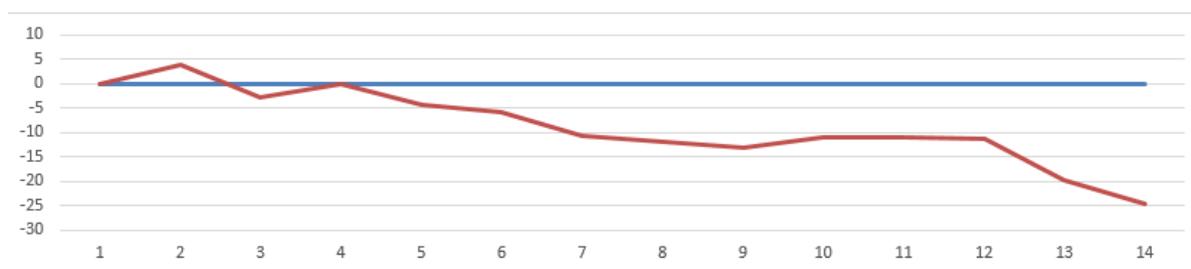
C3 - P17 - Plage de la Ville Berneuf



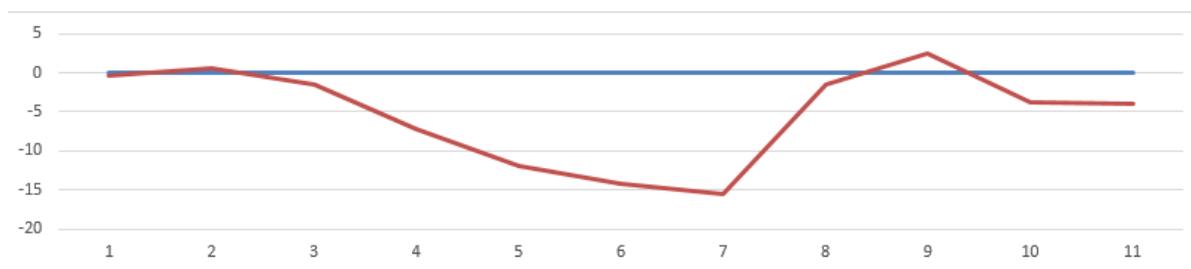
C3 - P18 - Plage de Nantois



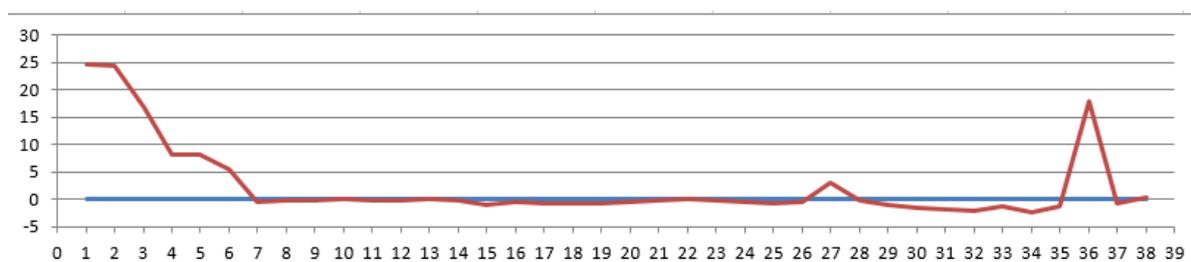
C3 - P19 - Grève de Nantois



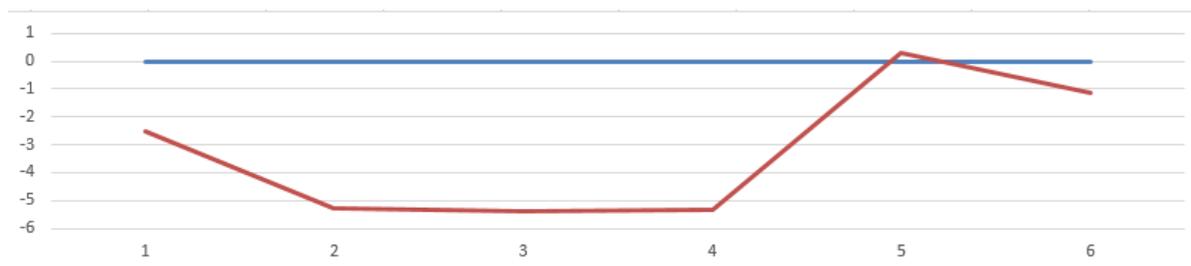
C3 - P20 - Plage des Vallées



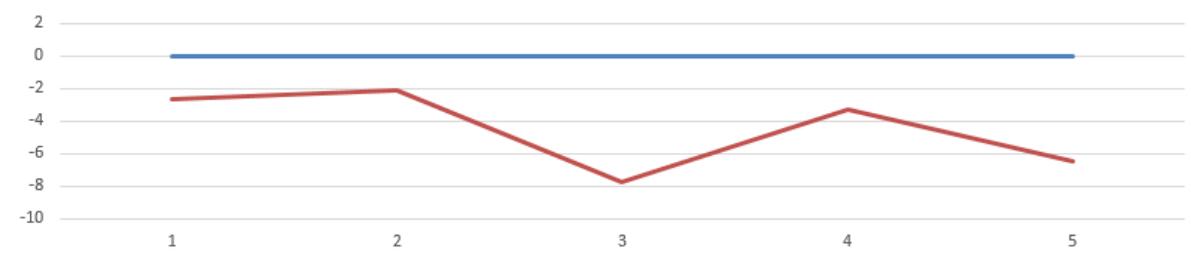
C3 - P21 - Plage du Val André



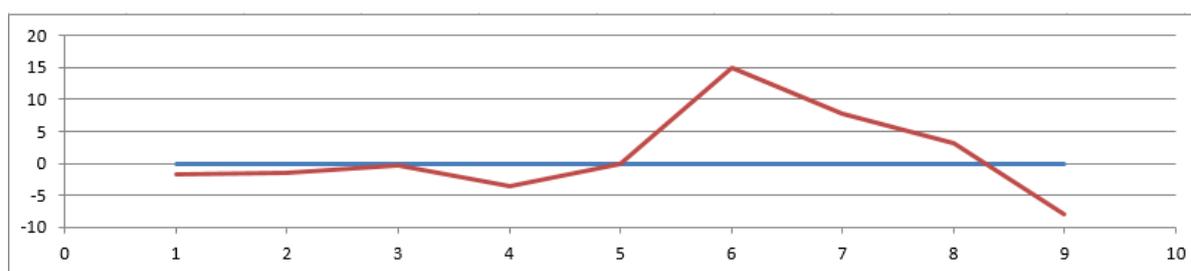
C3 - P22 - Anse du Pisso



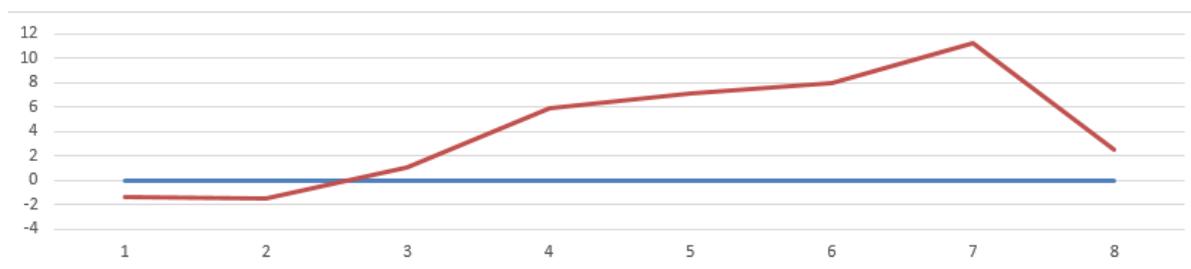
C3 - P23 - Plage du Port Morvan



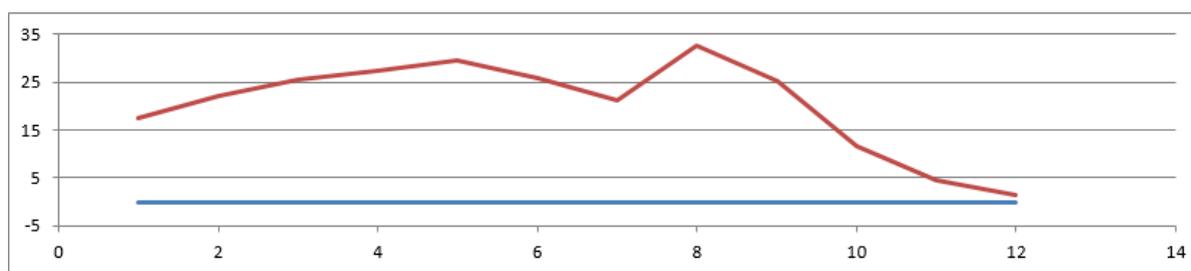
C3 - P24 - Plage de St Maurice



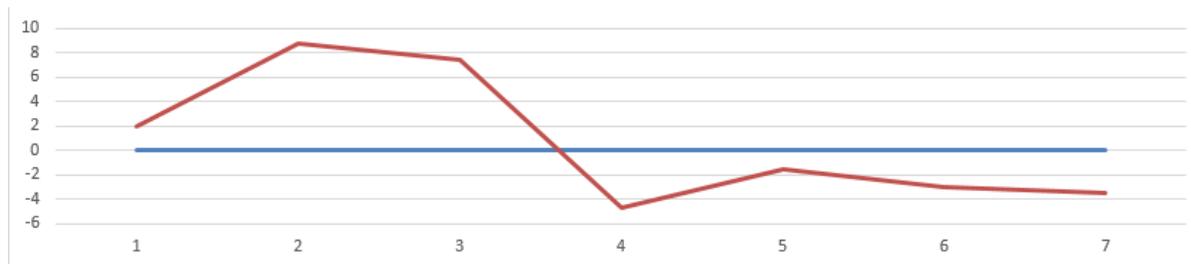
C3 - P25 - Plage de la Grandville



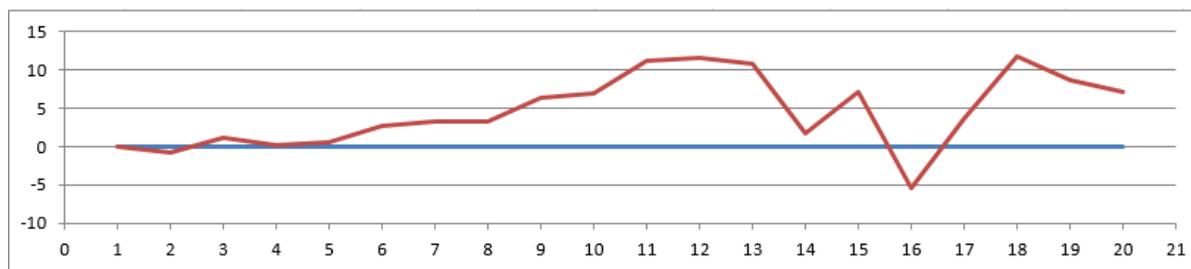
C3 - P26 - Plage Bon Abri



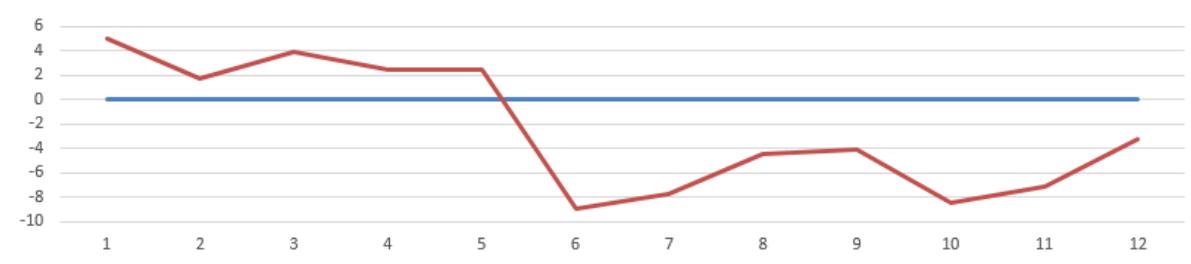
C3 - P27 - Grève d'Hillion



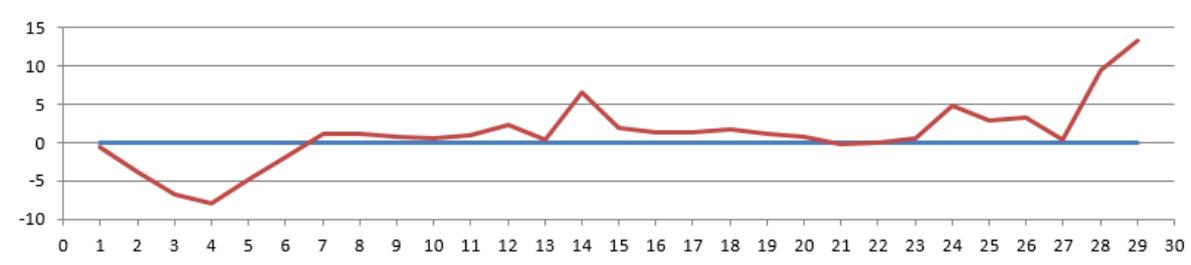
C3 - P28 - St-Laurent de la Mer



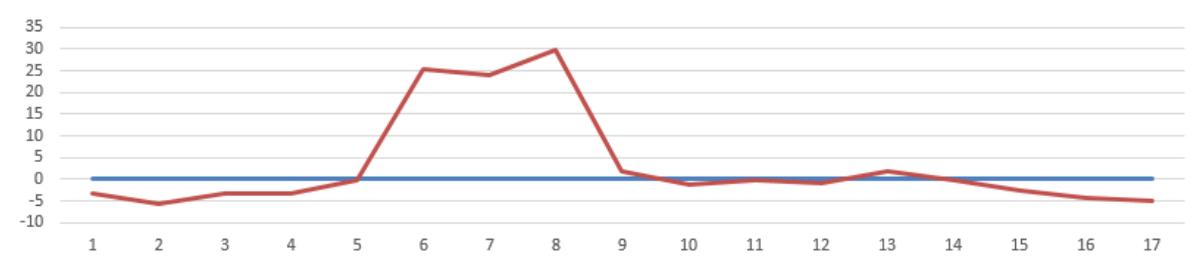
C3 - P29 - Plage des Rosaies - 3



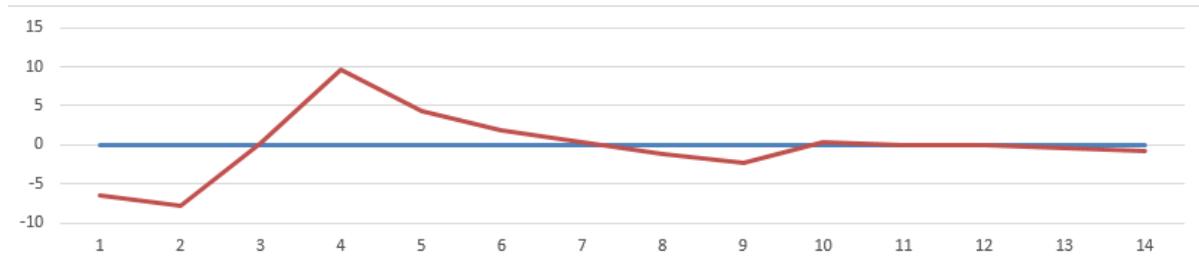
C3 - P30 - Plage des Rosaies



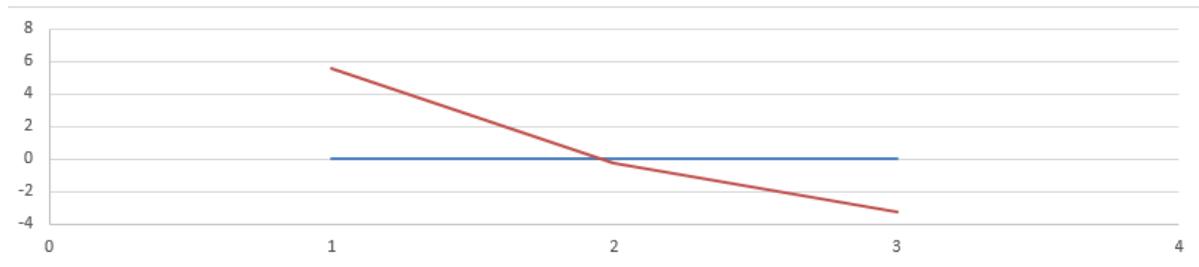
C3 - P31 - Plage des Rosaies - 2



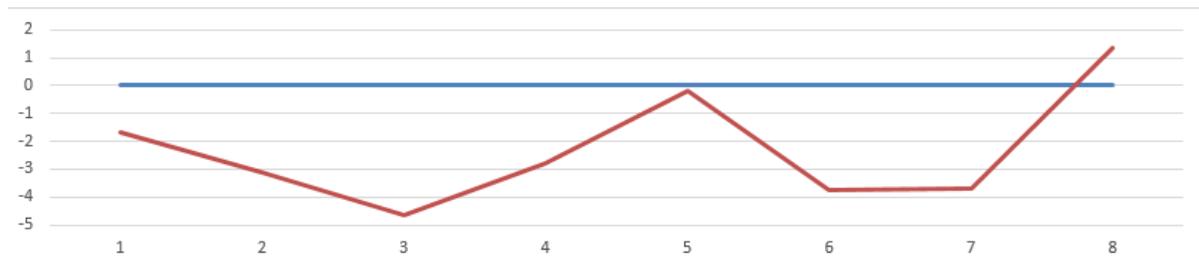
C3 - P32 - Plage de la Blanche



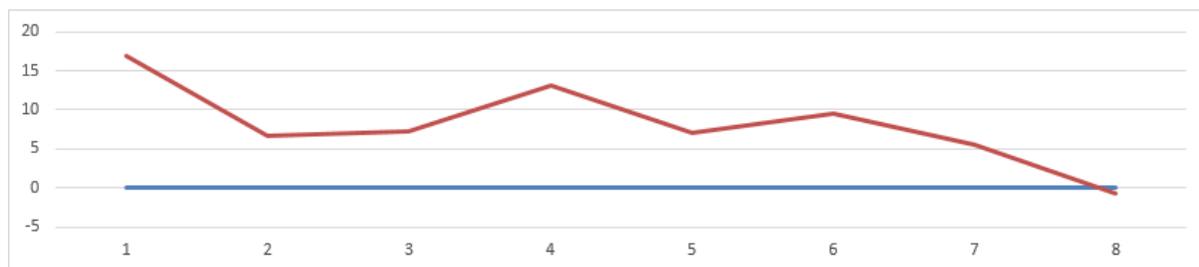
C3 - P33 - Plage Binic (nord)



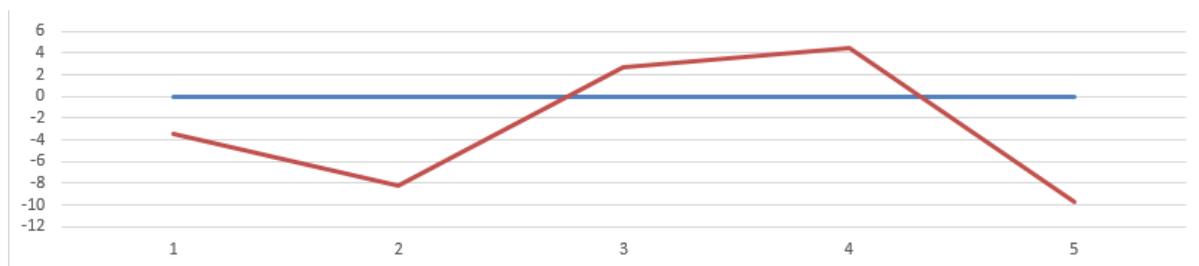
C3 - P34 - Plage Beaumont



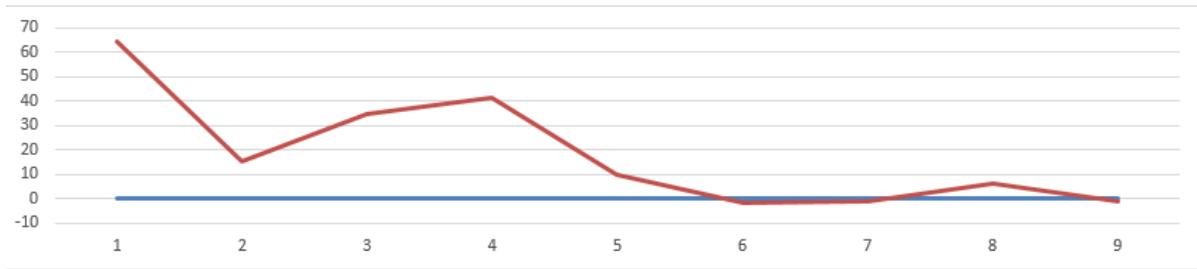
C3 - P35 - Plage les Godelins



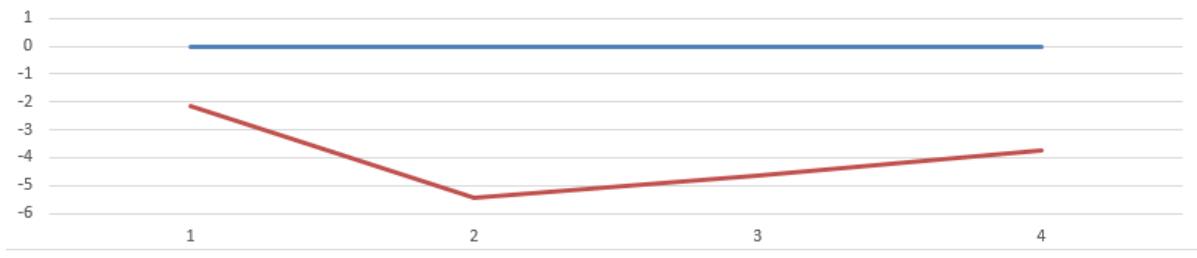
C3 - P36 - Plage de la Grève du Moulin



C3 - P37 - Port St Quay Portrieux



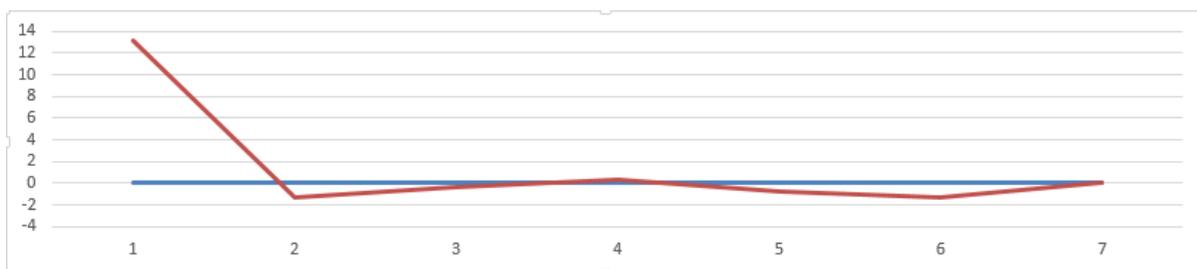
C3 - P38 - Plage nord criée



C3 - P39 - Plage du Casino - 3



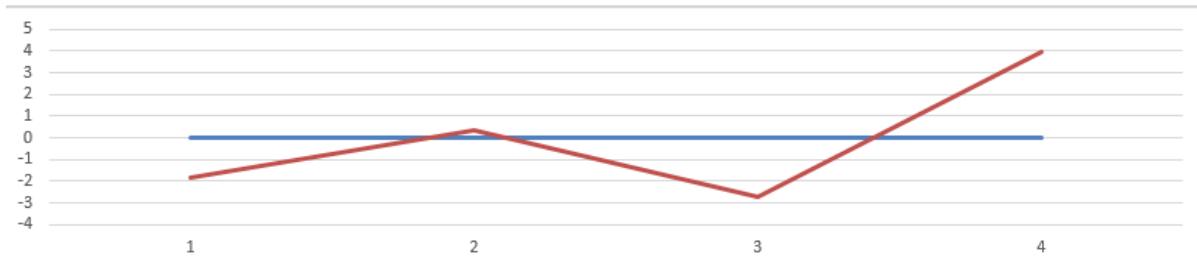
C3 - P40 - Plage du Casino



C3 - P41 - Plage du Casino - 2



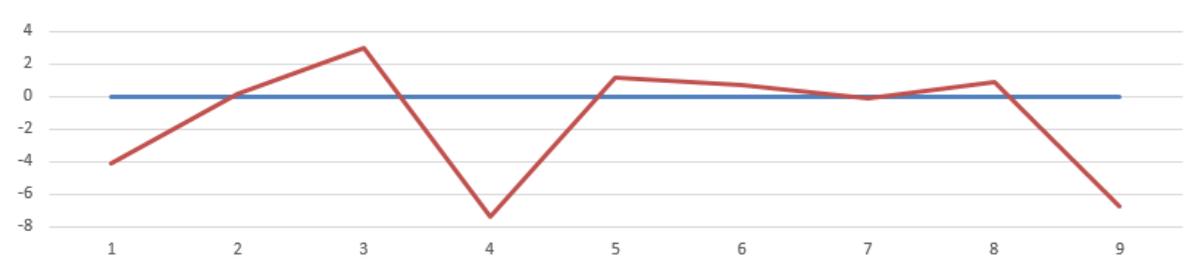
C3 - P42 - Grève de l'Isnain



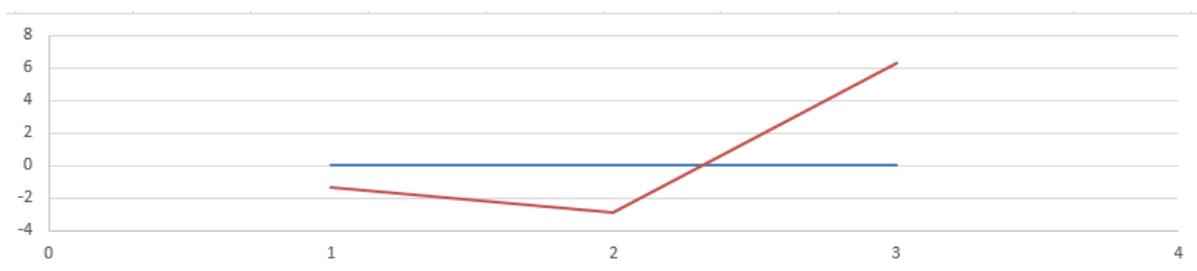
C3 - P43 - Grève de l'Isnain - 2



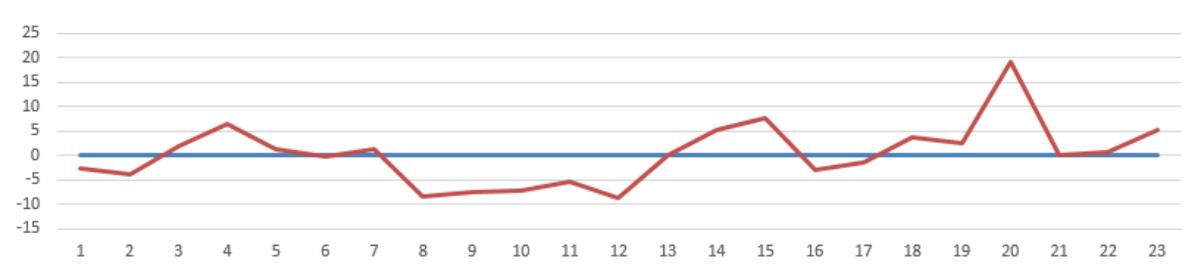
C3 - P44 - Le Palus



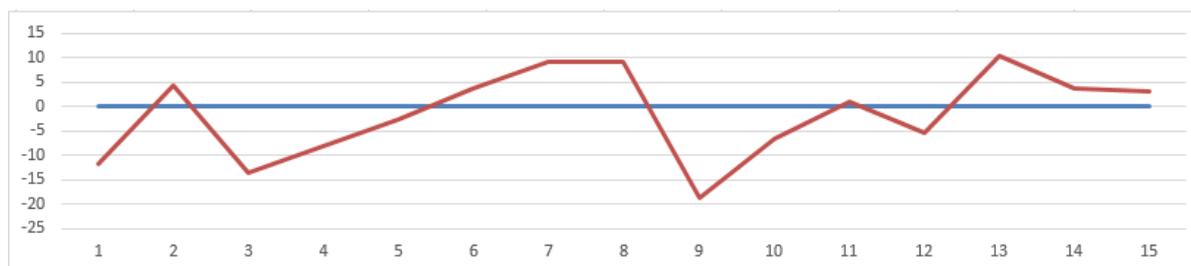
C3 - P45 - Port Logot



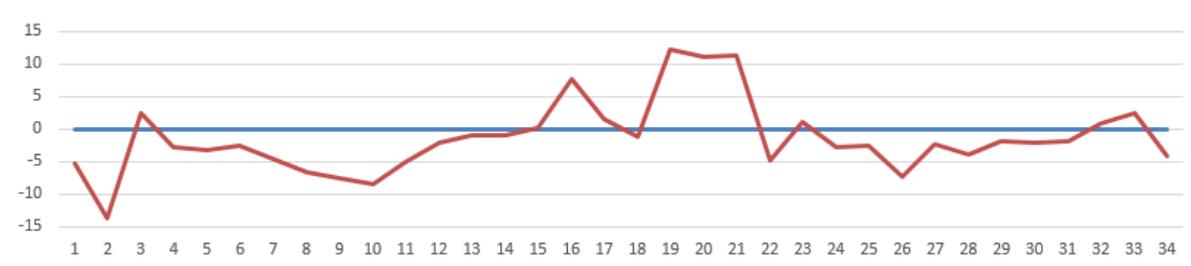
C3 - P46 - Anse de Brehec



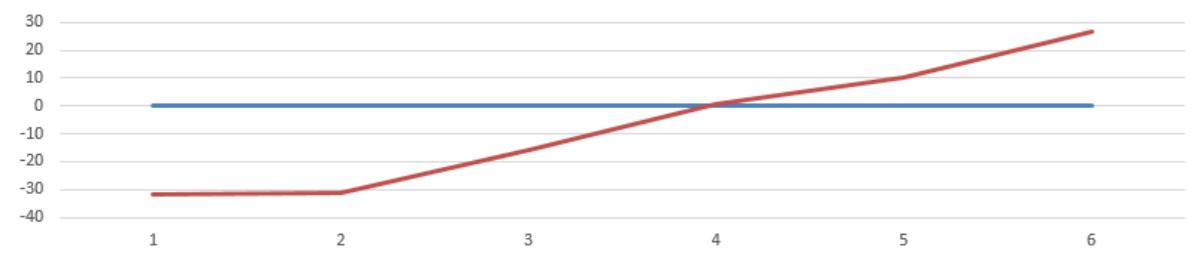
C3 – P47 - Port Lazo



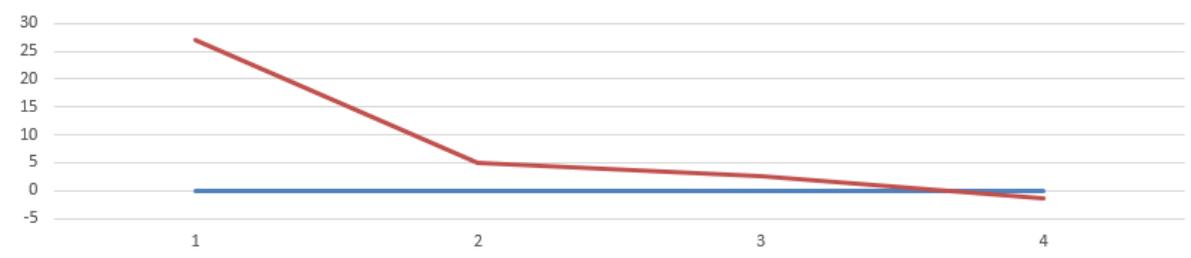
C3 – P48 – Anse de Beauport (est)



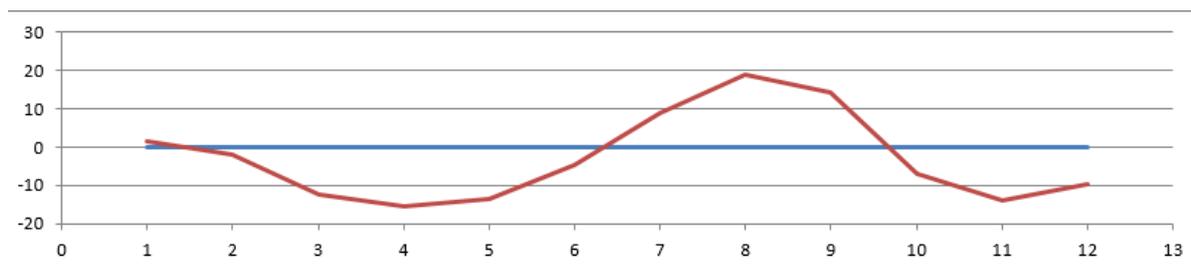
C3 – P49 - Fleche de Kerity - 1



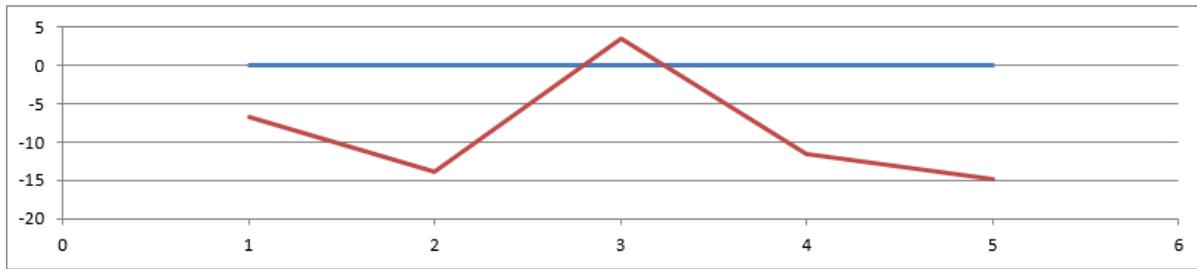
C3 – P50 - Fleche de Kerity - 2



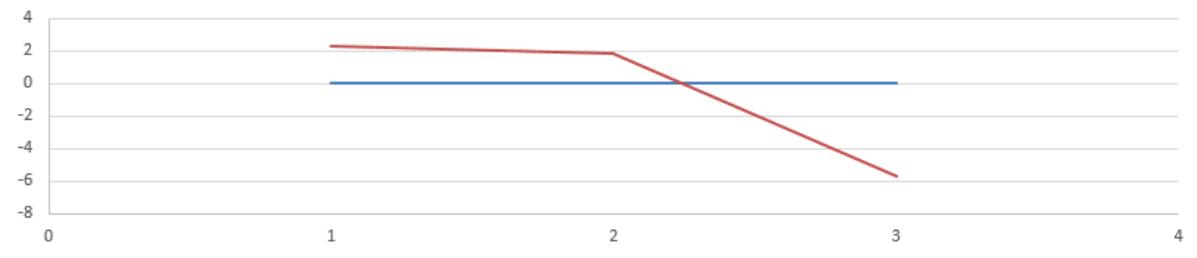
C3 - P51 - Fleche de Kerity - 3



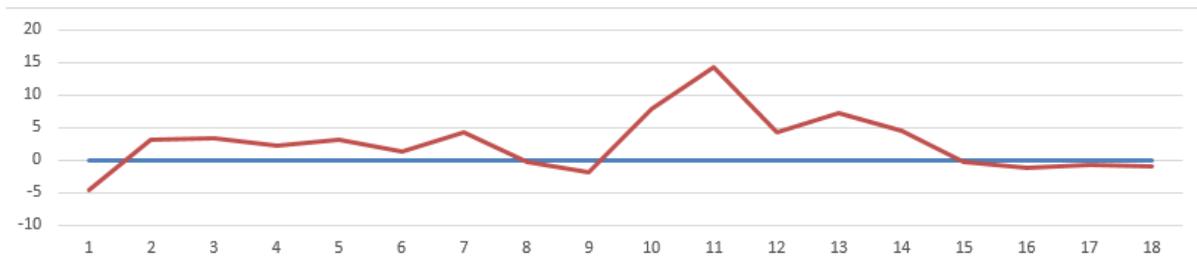
C3 - P52 - Paimpol - centre nautique



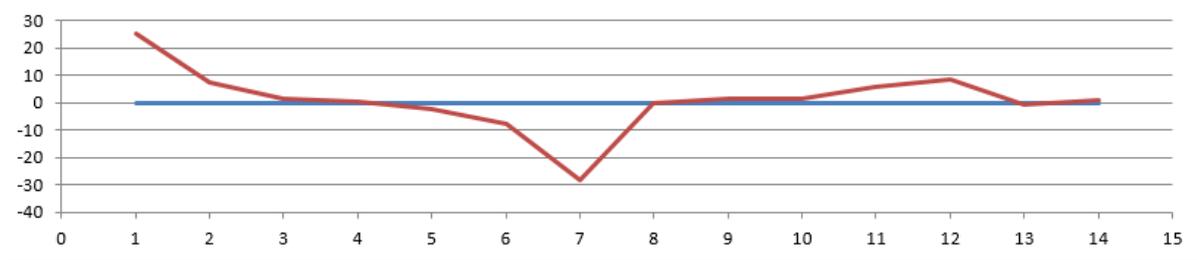
C3 - P53 - Paimpol - centre nautique - 2



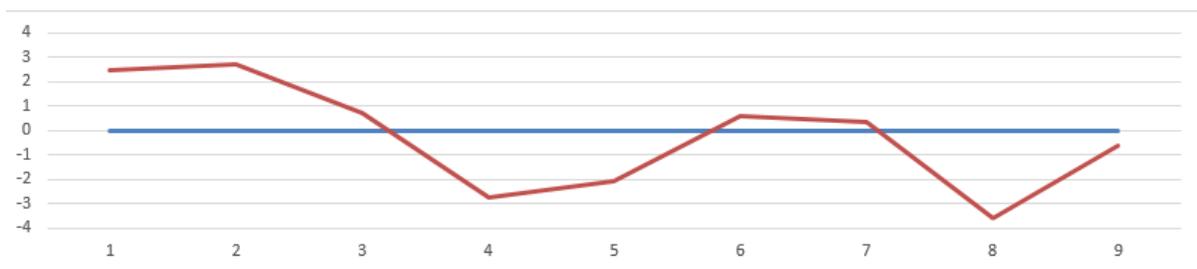
C3 - P54 - Plage de la Tassen



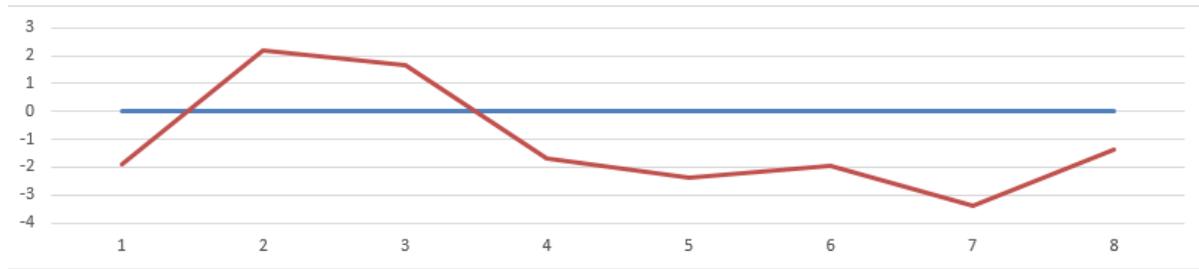
C3 - P55 - Kerpallud



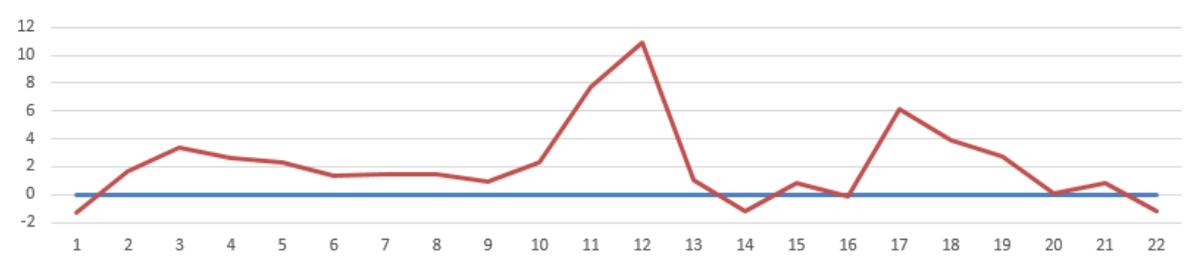
C3 - P56 - Le Porz Don - 2



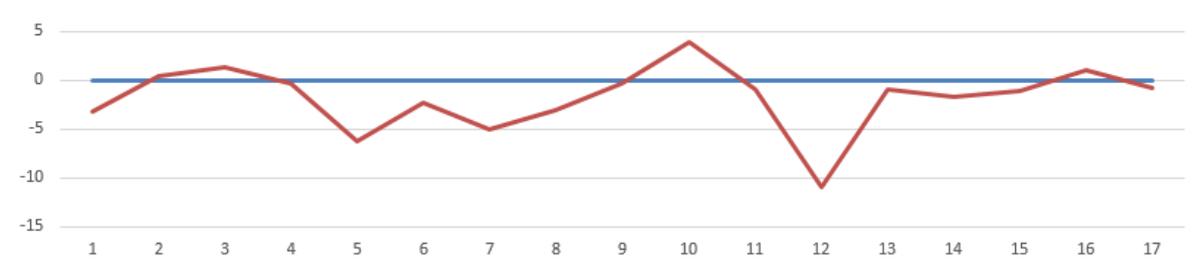
C3 – P57 - Le Porz Don



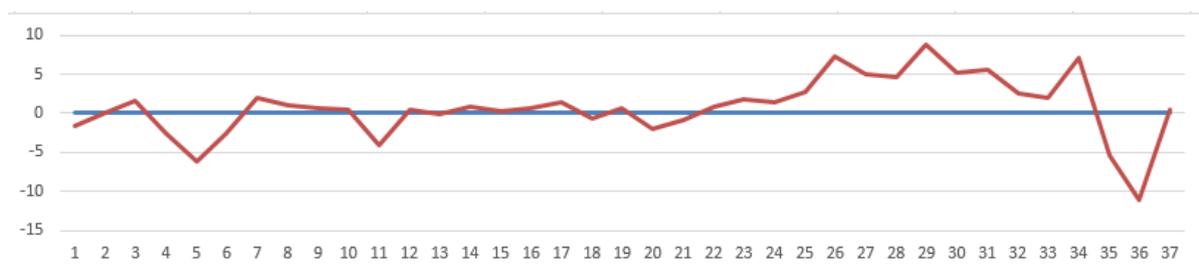
C3 – P58 - Launay Mal Nommé



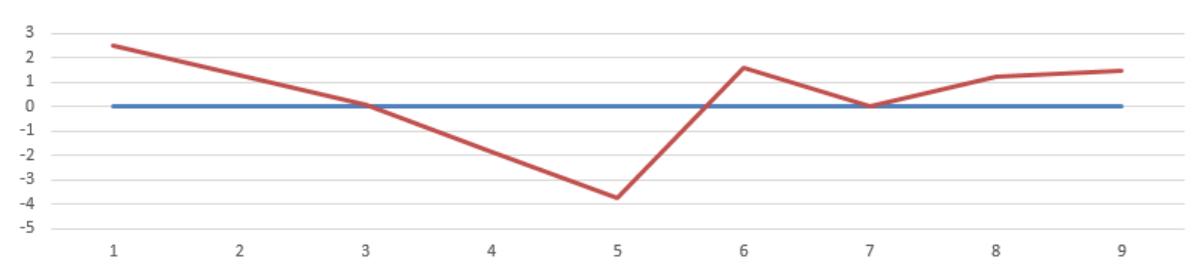
C3 – P59 - Pointe de l'Arcouest



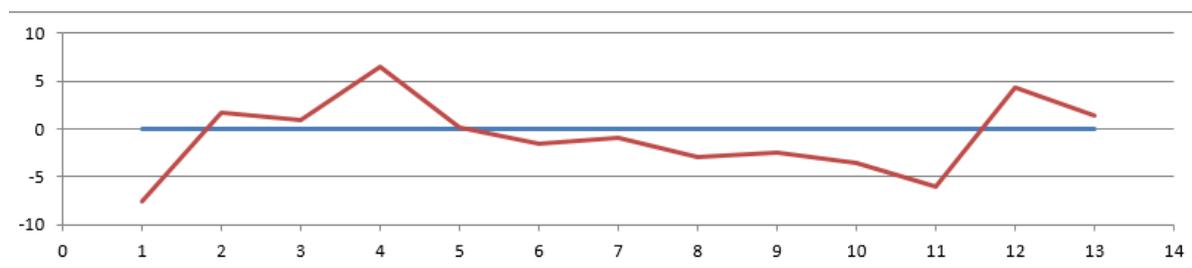
C3 – P60 - Anse de Gouvern



C3 - P61 - Kermouster



C3 - P62 - Tombolo de Kermouster





**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemain  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction régionale BRETAGNE**  
Atalante Beaulieu – 2, rue de Jouanet  
35700 – Rennes – France  
Tél. : 02 99 84 26 70 – Fax : 02 99 84 26 79