

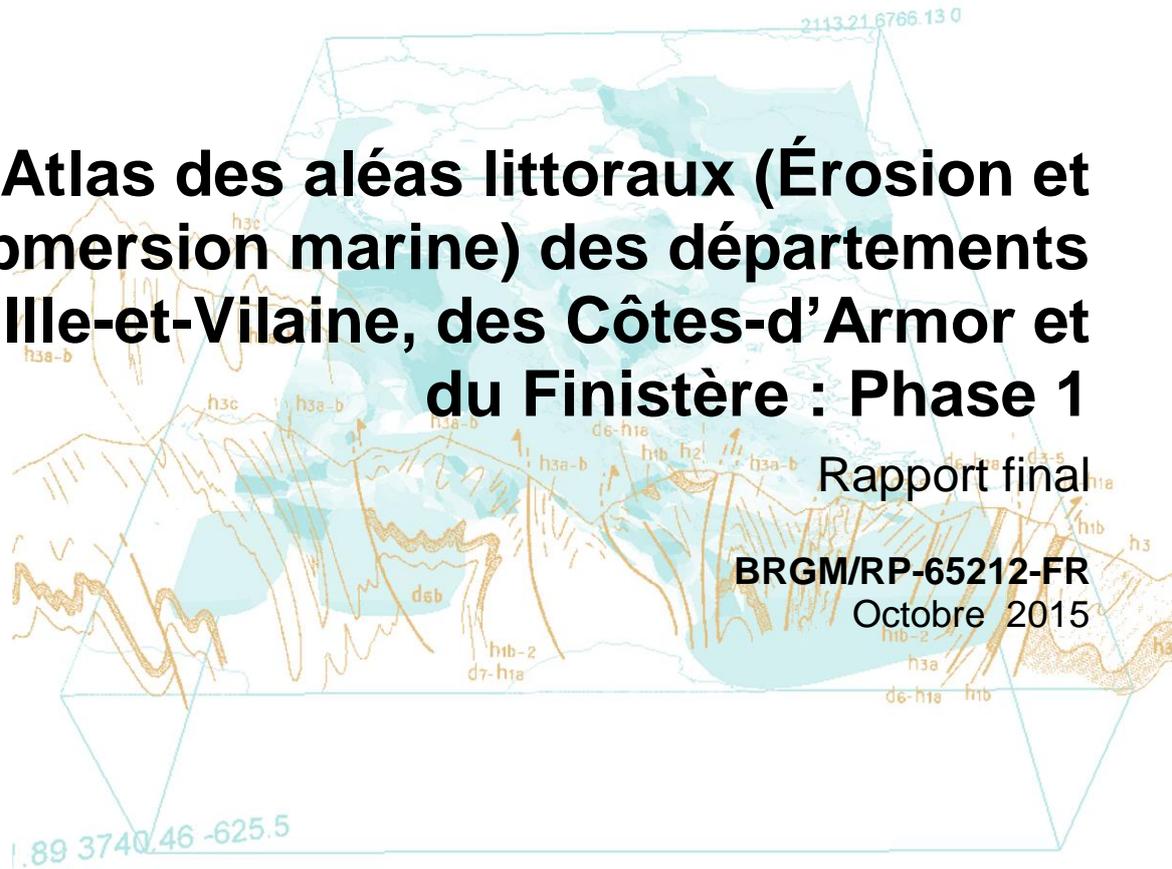


Atlas des aléas littoraux (Érosion et Submersion marine) des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère : Phase 1

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

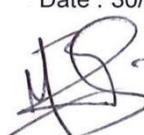
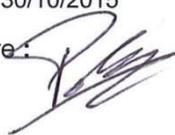
BRGM/RP-65212-FR

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

<p>Approbateur :</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, 153 p., 115 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

Cet 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 évènements 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 8 - COMPARTIMENT 7

Iroise

**(Rade de Brest, Presqu'île de Crozon
et Baie de Douarnenez)**

Sommaire

Chapitre 8 - COMPARTIMENT 7	5
<i>Iroise</i>	5
(Rade de Brest, Presqu'île de Crozon	5
et Baie de Douarnenez)	5
1. Iroise : Présentation	15
1.1. Géographie « humaine ».....	16
1.2. Ports principaux	20
1.3. Arrêtés de catastrophes naturelles et Plan de Prévention des Risques Naturels Littoraux (PPRNL).....	22
1.4. Géomorphologie et géologie littorale	23
2. Paramètres / Agents hydrodynamiques	31
2.1. LA MARÉE.....	31
2.2. ETAT DE MER (VAGUES, HOULES ET NIVEAUX EXTREMES).....	35
2.2.1. La Houle (et les vagues).....	35
2.2.2. Niveaux extrêmes : surcotes et décotes	38
2.3. LES VENTS	41
3. Analyse historique des aléas littoraux	47
3.1. RISQUE NATUREL : QUELQUES RAPPELS.....	47
3.1.1. Les aléas	47
3.1.2. Les enjeux.....	47
3.1.3. Les risques	47
3.1.4. La vulnérabilité	47
3.2. L'ÉROSION LITTORALE ET LA SUBMERSION MARINE SUR LE COMPARTIMENT C7 : IROISE	48
3.2.1. Avant-propos.....	48
3.2.2. Les points en érosion, submersion etc. sur le compartiment C7	49
3.2.3. Les linéaires en érosion ou en accrétion du compartiment C7	56
3.2.4. Les Surfaces submergées sur le compartiment C7	76
4. Acquisitions de terrain (Géomorphologie, Prédilection à l'érosion et Cinématique du trait de côte)	79
4.1. « GÉOMORPHOLOGIE » DU TRAIT DE CÔTE.....	79
4.1.1. Éléments de méthodologie	79

4.1.2. La « géomorphologie » du trait de côte des trois départements.....	85
4.2. PRÉDISPOSITION A L'ÉROSION DES CÔTES A FALAISES	89
4.2.1. Le levé de terrain ayant trait à l'érosion	89
4.2.2. Synthèse des éléments relevés lors de la phase terrain	92
4.2.3. Les critères d'évaluation de la prédisposition des côtes rocheuses à l'érosion	104
4.2.4. La prédisposition à l'érosion des falaises littorales	107
4.3. LES COTES D'ACCUMULATION.....	113
4.3.1. INTRODUCTION.....	113
4.3.2. METHODOLOGIE.....	114
4.3.3. CINEMATIQUE DU TRAIT DE COTE DU COMPARTIMENT C7	117
5. Evènements tempétueux dommageables	121
5.1. INTRODUCTION	121
5.2. MÉTHODOLOGIE	121
5.2.1. La Base de Donnée de l'UBO (Université Bretagne Occidentale).....	121
5.2.2. Les évènements recensés lors de PPRL	121
5.2.3. Création d'un format pour une base de données commune.....	122
5.2.4. Établissement de fiches récapitulatives	123
5.3. ANALYSE DES RÉSULTATS	124
5.4. REPARTITION DES EVENEMENTS UR LE COMPARTIMENT C7	127
6. Synthèse & Conclusions	133
7. Bibliographie	135

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation du compartiment 7 entre la pointe du Raz et la pointe Saint-Mathieu (département du Finistère (29)).....	15
Illustration 2 : En haut : Panorama (vue vers l'Ouest) vers la poite du Raz des falaises sud du compartiment ; Dessous : Panorama depuis la pointe des Espagnols (vue vers le Nord) du Goulet de Brest (Entrée de la Rade de Brest) ; Dessous : Panorama de la Plage de Saint-Anne – La Palue (Rade de Douarnenez, vue vers l'Ouest) ; en bas : Panorama d'une bordure d'estuaire ici celle du Faou (microfalaises et schorre)	16
Illustration 3 : Communes du compartiment C7 (en rouge plein : Trait de côte SHOM-IGN HistoLittV2.0, en noir : le bâti (BD Bati IGN)	17
Illustration 4 : Classe de population pour les communes du compartiment C7 : Iroise (Source INSEE, 2009).	18
Illustration 5 : Indice de vieillissement pour les communes du compartiment C7 : Iroise (Source INSEE : 2009)	19
Illustration 6 : Rapport résidences secondaires/logement principaux pour les communes du compartiment C7 : Iroise (Source INSEE, 2010).....	20

Illustration 7 : Carte de localisation des ports du compartiment C7 : Iroise (Source RefMar2013 du SHOM)	21
Illustration 8 : Références Altimétriques Maritimes pour les sites de la zone de marée des abords de Brest (Source RefMar2013 du SHOM).....	21
Illustration 9 : Arrêtés de catastrophes naturelles « littoraux » pour les communes Compartiment C7: Iroise (Source GASPARD ; prim.net)	22
Illustration 10 : A gauche : Sillon des Anglais (commune de Landévennec) (cliché : S. Le Berre, 12 mai 2005, dans Stéphan et al., 2012) ; a droite : Sillon de l'Auberlac'h (Commune de Plougastel-Daoulas, cliché dans Stéphan et al., 2012))	24
Illustration 11 : Extrait de la carte géologique au million de la France (eds BRGM, 2003)	25
Illustration 12 : Géomorphologie et bathymétrie du compartiment	26
Illustration 13 : Cartographie des types sédimentaires pour les fonds de la Mer d'Iroise (Raffin, 2003, dans Guillou, 2007).	27
Illustration 14 : Cartographie des types sédimentaires des fonds de la rade de Brest (Trodec et Le Goff, et al., 1997, dans Guillou, 2007).....	28
Illustration 15 : Carte des formations superficielles de la Baie de Douarnenez (Augris et al., 2005)....	29
Illustration 16 : Amplitude du marnage en Bretagne (d'après les données du SHOM).....	31
<i>Illustration 17 : Axe d'écoulement préférentiel du flot et du jusant dans la Rade de Brest</i>	<i>32</i>
Illustration 18 : En haut : Courants de marée instantanés de surface en morte-eau par vent nul et en bas : en vive-eau par vent nul (Augris et al., 2005)	33
Illustration 19 : Caractéristiques des houles du large (Talec, 1989 dans Guillou, 2007).	35
Illustration 20 : Hauteur significative et période de la houle à la pointe du Toulinguet (source CETMEF dans Guillou, 2007).	35
Illustration 21 : Rose des houles dans l'anse de Bertheaume entre avril 2003 et novembre 2004 (d'après Dehouck et al., 2008)	36
Illustration 22 : Roses des houles annuelles obtenues au large des secteurs d'étude pour quatre noeuds du modèle ANEMOC, et résultantes associées (période 1979-2002) (dans Stéphan, 2009).....	36
Illustration 23 : Propagation de la houle océanique en Rade de Brest et hauteur de vagues à la côte établies par le SAUM (1977) (dans Stéphan, 2009)	37
Illustration 24 : En haut, Plan de vagues pour une houle d'Ouest de période de 7s et en bas idem mais pour une période de 11s (Augris et al., 2005).....	38
Illustration 25: Résultats des statistiques pour le port de Brest par rapport à l'IGN 69, en haut – hauteur d'eau, en bas – surcote/decote (© CETMEF/SHOM 2012).....	39
Illustration 26 : Carte des niveaux extrêmes de pleine mer sur une période de retour de 10, 50 et 100 ans (SHOM et CETMEF, 2012).....	40
Illustration 27 : Illustration de la surcote de pleine mer et de la décote de basse mer (CETMET/SHOM, 2012)	41
Illustration 28 : Rose des vents à la pointe de Saint-Mathieu (Dehouck, 2006 source Météo-France).....	42
Illustration 29 : Rose des vents annuels et mensuels à la station Météo-France de Lanvéoc-Poulmic (période 1955-2006) (dans Stéphan, 2009).....	43
Illustration 30 : A gauche, vitesses et directions des vents ; à droite, répartition de la fréquence en fonction de la vitesse des vents par mois de l'année - à la Pointe du Raz entre 1951 – 1975	44
Illustration 31 : Roses des vents à la station de la Pointe du Raz entre Novembre 2003 et mai 2014 puis pour les mois de janvier, mars, mai, juillet, septembre et novembre (Source WindFinder.com).....	45

Illustration 32 : Schéma synthétique des définitions d'aléas, enjeux et risques (COCORISCO)	47
Illustration 33 : Champs attributaires associés aux données d'aléa littoraux saisies : A gauche : les ponctuels, au milieu : les linéaires et à droite : les surfaciques.....	49
Illustration 34 : Le cadre morphodynamique du littoral de la Rade de Brest (Rochar, 2001).....	50
Illustration 35 : Synthèse des instabilités sur la commune de Daoulas (LRPC - CETE de l'Ouest, 2007).....	51
Illustration 36 : Situation du sentier étudié à Logonna-Daoulas (LRPC - CETE de l'Ouest, 2008).....	51
Illustration 37 : Exemple de photographies présentant deux zones de glissement de terrain à Logonna-Daoulas (CETE Ouest, 2008)	52
Illustration 38 : Synthèse des instabilités à Relecq-Kerhuon (CETE Ouest, 2004).....	52
Illustration 39 : Carte de risque de dégradation du littoral (CETE Ouest, 2004)	53
Illustration 40 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C7	54
Illustration 41 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C7	55
Illustration 42 : Evolution de la ligne de rivage devant les dunes de Kersiguéno et de Goulien (Hallegouet B., Henaff A. 1995)	57
Illustration 43 : Mobilité des cordons dunaires et flèches (Dehouck, 2006)	58
Illustration 44 : Conséquence de l'aménagement de l'anse de Morgat (Crozon) - synthèse de la dynamique sédimentaire (Latteux B., 2003).....	59
Illustration 45 : Photographie aérienne IGN de 2000 avec superposition des limites entre plage et mer observées sur les photographies aériennes IGN de 1952, 1978 et 1990 (Latteux B., 2003).....	60
Illustration 46 : Conséquences de la Construction de la Jetée d'IFREMER sur l'action de la houle dans l'Anse de Saint-Anne (Suanez et Fichaut, 2008).....	61
Illustration 47 : En haut : Bilan de l'évolution des cordons littoraux entre 1952 et 2006 (Stephan et al., 2007) ; En bas : Localisation des cordons littoraux de la rade de Brest (Stephan P. et al., 2012).....	62
Illustration 48 : En haut : Photo du Sillon des Anglais ; En bas : Evolution du Sillon des Anglais entre 1952 et 2009 (Stephan P. et al., 2012)	63
Illustration 49 : Evolution de la flèche de Troaon par macro-cannibalisation entre 1952 et 2011 (Stephan et al., 2012).....	64
Illustration 50 : Evolution de la flèche de Saint-Jean par micro-cannibalisation entre 1952 et 2009 (Stephan et al., 2012).....	65
Illustration 51 : En haut : Le Sillon de l'Auberlac'h à Plougastel-Daoulas ; En bas : Evolution du Sillon de l'Auberlac'h entre 1952 et 2011 : recul épisodique par roll over (Stephan et al., 2012)	66
Illustration 52 : Impact du môle de l'Auberlac'h sur le fonctionnement morphosédimentaire des plages avoisinantes et de la flèche littorale (Stephan et al., 2012).....	67
Illustration 53 : En haut : Flèches en chicane de Mengleuz et de Rosmélec dans l'Anse du Moulin du Pont ; En bas : Mobilité de la flèche de Mengleuz entre 1948 et 2007 (Stephan et al., 2012)	68
Illustration 54 : Mobilité de la flèche du Faou entre 1948 et 2009 (Stephan P. et al., 2012).....	69
Illustration 55 : Flèches en chicane du Loc'h à Landévennec (Photo M. Jonin, dans Stephan et al., 2012).....	70
Illustration 56 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beautemps-Beaupré de 1817 dans le secteur du Poulmic (Stephan et al., 2012)	70
Illustration 57 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beautemps-Beaupré de 1817 dans le secteur du Fret (Stephan et al., 2012)	71

Illustration 58 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamique de Beautemps-Beaupré de 1817 dans le secteur de l'île longue (Stephan et al., 2012)..	71
Illustration 59 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beautemps-Beaupré de 1817 dans le secteur de Quéléren (Stephan et al., 2012)	72
Illustration 60 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beautemps-Beaupré de 1817 dans le secteur de Traonlions (Stephan et al., 2012) ...	72
Illustration 61 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beautemps-Beaupré de 1817 dans le secteur de Tinduff (Stephan et al., 2012)	73
Illustration 62 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beautemps-Beaupré de 1817 dans le secteur de Ty an Aod en rivière du Faou (Stephan et al., 2012).....	73
Illustration 63 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C7	74
Illustration 64 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C7	75
Illustration 65 : Localisation du secteur inondé depuis 1960 au niveau du quartier de la Cantine, sur la commune de Relecq-Kerhuon (Cariolet, 2010)	77
Illustration 66 : Sources composants le trait de côte HistolittV2.0 pour la Bretagne	80
Illustration 67 : Schéma de principe de caractérisation du trait de côte.....	81
Illustration 68 : 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)	82
Illustration 69 : Minute de terrain au niveau de Camaret-sur-Mer (29)	83
Illustration 70 : Module de Young et coefficient de Poisson pour quelques familles de roches (Mestat, 1993)	84
Illustration 71 : Ordre de résistance des minéraux à l'altération (Goldich, 1938).....	84
Illustration 72 : Synthèse du linéaire côtier étudié pour les départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère.	85
Illustration 73 : 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).....	86
Illustration 74 : linéaire en kilomètre des différents linéaires de cotes rocheuses.....	87
Illustration 75 : 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).....	89
Illustration 76 : GPS © Trimble Juno3B	90
Illustration 77 : Dictionnaire d'attributs réalisé pour cette étude.....	91
Illustration 78 : Schéma de principe d'un glissement de terrain (Landevennec, 29)	92
Illustration 79 : Schéma de principe d'un glissement banc sur banc (A : Binic, 22 ; B : Cap à la Chèvre, 29)	93
Illustration 80 : Schéma de principe d'un glissement de dièdres (A : Kerfany, 29 ; B : Plouha, 22).....	93
Illustration 81 : Schéma de principe d'un éboulement/Chute de blocs (A : Pointe du Van, 29 ; B : Planguenoual, 22)	94
Illustration 82 : Ravinement important des formations superficielles composées de sols sombres épais (1 m) sur un manteau latéritique (Cap à la Chèvre, 29).....	94
Illustration 83 : Sous-cavage (A : secteur Saint-Coulomb, 35 ; B : Plouha, 22).....	95
Illustration 84 : Effondrement sur la bordure nord de l'anse de Dinan (Camaret, 29).....	95

Illustration 85 : 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 ³ , entre Camaret et la pointe des Espagnols (29), suivant un plan N150 satellite de la faille Kerforne.	97
Illustration 86 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	99
Illustration 87 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	100
Illustration 88 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	101
Illustration 89 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	102
Illustration 90 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	103
Illustration 91 : Tableau d'attribution des notes du degré d'altération pour les formations géologiques littorales	105
Illustration 92 : Tableau d'attribution des notes du degré d'érosion pour les formations géologiques littorales.....	105
Illustration 93 : 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).....	106
Illustration 94 : Tableau d'attribution des notes en fonction de la densité cavités (nombre de cavités par kilomètre linéaire pour chaque formation géologique littorale)	107
Illustration 95 : 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.....	108
Illustration 96 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C7 ...	109
Illustration 97 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C7 ...	110
Illustration 98 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C7 ...	111
Illustration 99 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C7 ...	112
Illustration 100 : 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.	114
Illustration 101 : 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.....	115
Illustration 102 : Campagnes photographiques disponibles	116
Illustration 103 : Principe du Digital Shoreline Analysis System	117
Illustration 104 : Synthèse du linéaire côtier de la zone d'étude.....	117
Illustration 105 : Evolution et caractérisation des côtes meubles du compartiment C6	119
Illustration 106 : Synthèse de la géomorphologie des côtes meubles du trait de côte du compartiment C7.....	120
Illustration 107 : Champs créés pour chaque évènement tempétueux dommageable : A gauche : leur thématique, à droite : le nom de chaque champ.	123
Illustration 108 : 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	125
Illustration 109 : En haut : Nombre de tempêtes par département, en Bas : Nombre de tempête.....	126

Illustration 110 : En haut : Type d'aléa avant et après 1950 :En Bas : Type d'aléa par tempêtes	127
Illustration 111 : Extrait d'un article du Télégramme du 18 décembre 1989	128
Illustration 112 : Carte synthétique des évènements dommageables pour le compartiment C7	129
Illustration 113 : Carte synthétique des évènements dommageables pour le compartiment C7	130
Illustration 114 : Carte synthétique des évènements dommageables pour le compartiment C7	131
Illustration 115 : Carte synthétique des évènements dommageables pour le compartiment C7	132

Liste des annexes

8. Annexe 1 : Tableau des évènements dommageables	137
9. Annexe 2 : Graphiques d'évolution des plages	139

1. Iroise : présentation

Le compartiment C7, pourrait être redécoupé en trois compartiments : Rade de Brest, Baie de Douarnenez et Presqu'île de Crozon - côté océan, compte tenu des contrastes géomorphologiques qui le composent. Il s'étend exactement depuis la pointe de Saint-Mathieu au Nord, jusqu'à la pointe du Raz au Sud (après la fameuse baie des Trépassés). Ce compartiment est lui aussi bordé à l'Ouest par l'Océan Atlantique, qui jongle entre l'entrée de la Manche, la Rade de Brest et la Baie de Douarnenez, ce qui définit un contexte maritime particulier qu'est la mer d'Iroise (Illustration 1).

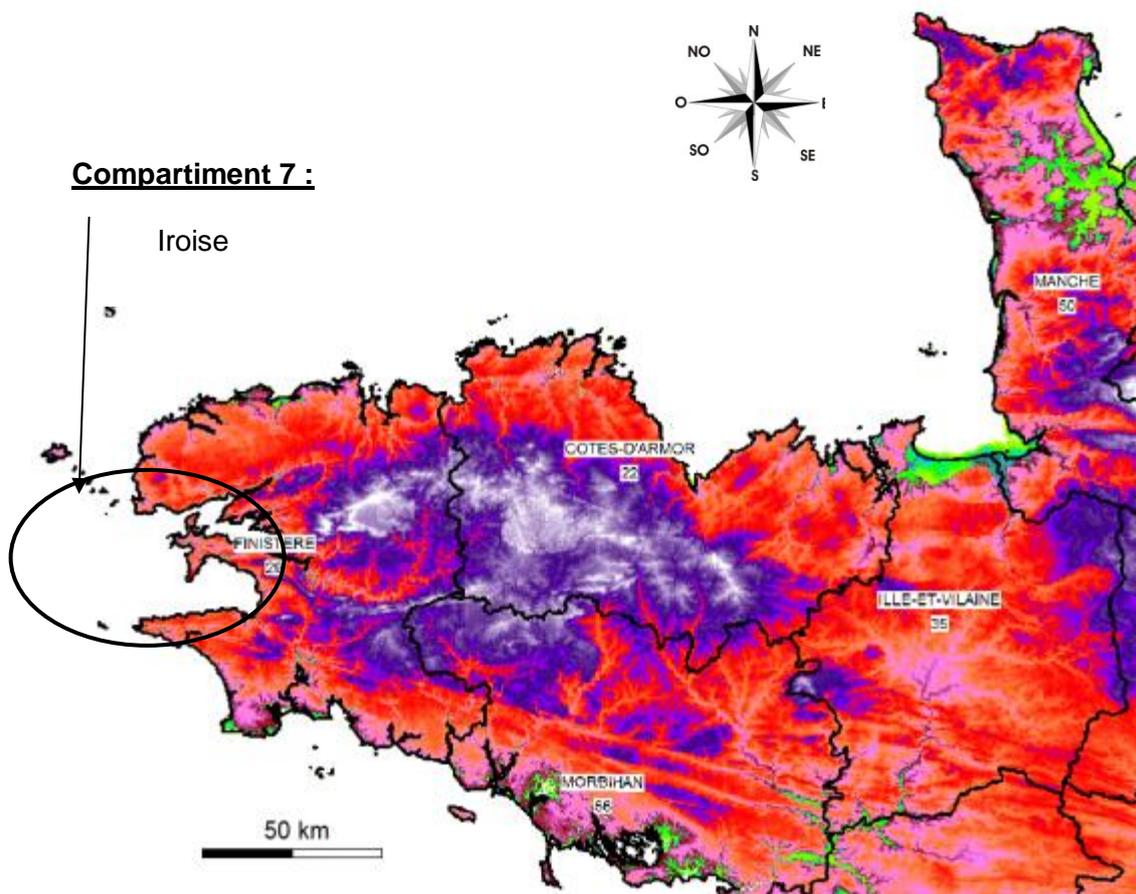


Illustration 1 : Localisation du compartiment 7 entre la pointe du Raz et la pointe Saint-Mathieu (département du Finistère (29)).

Cette configuration offre à la mer d'Iroise la réputation de l'une des mers des plus dangereuses d'Europe, où la navigation est confrontée à de forts courants et de nombreux écueils comme ceux du passage du Four, du raz de Sein, ou encore du passage du Fromveu.

Ce compartiment abrite deux des plus réputés ports bretons : le port de Brest et sa vocation militaire et le port de Douarnenez, grand port sardinier.

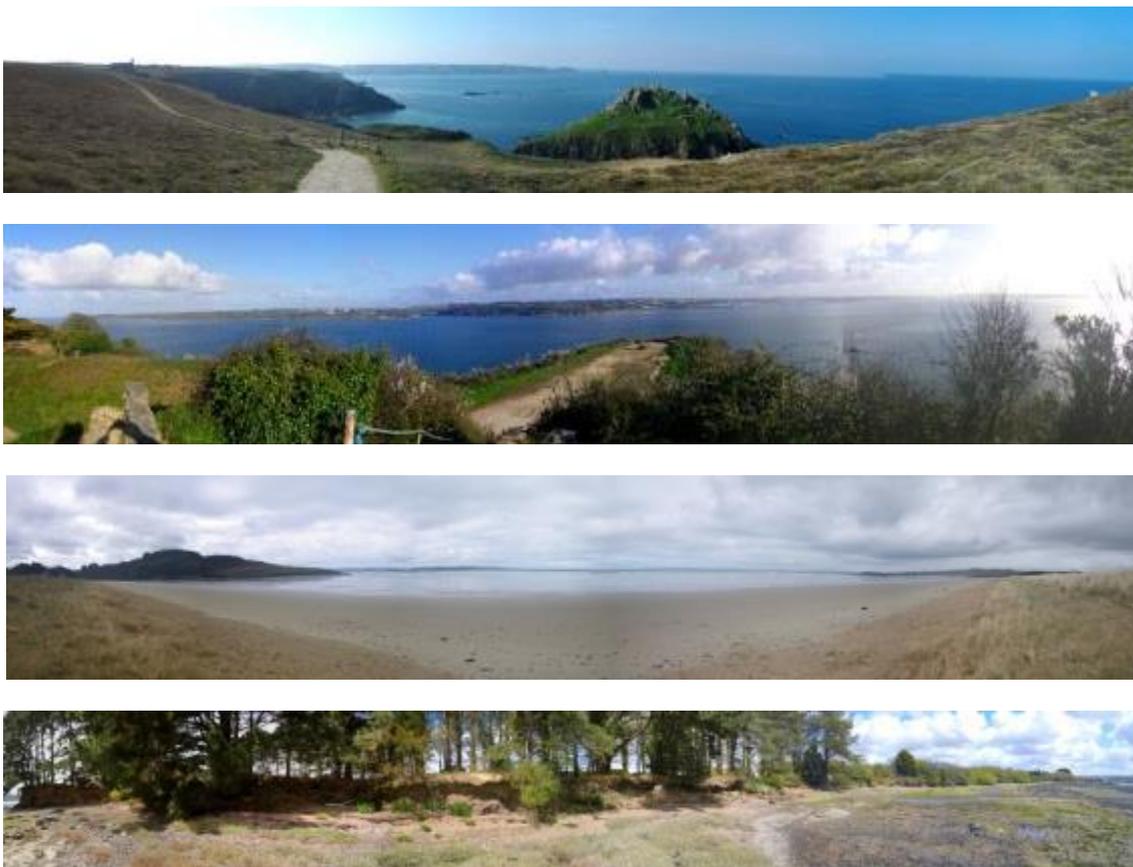


Illustration 2 : En haut : Panorama (vue vers l'Ouest) vers la poite du Raz des falaises sud du compartiment ; Dessous : Panorama depuis la pointe des Espagnols (vue vers le Nord) du Goulet de Brest (Entrée de la Rade de Brest) ; Dessous : Panorama de la Plage de Saint-Anne – La Palue (Rade de Douarnenez, vue vers l'Ouest) ; en bas : Panorama d'une bordure d'estuaire ici celle du Faou (microfalaises et schorre).

1.1. Géographie « humaine »

Depuis la pointe du Raz, sur la commune de Plogoff au Sud jusqu'à la pointe Saint-Mathieu sur la commune de Plougonvelin au Nord, le compartiment C7 s'étend sur environ 524 km (Calcul réalisé à partir du trait HistoLittV2.0 IGN-SHOM), de côte exposée à l'océan (Illustration 3).

Ce compartiment comprend 33 communes, qui totalisent une population de **258 713** habitants (donnée de l'INSEE, 2009). Les communes de Plogoff et Plougonvelin appartiennent respectivement aussi aux compartiments C8 et C6.

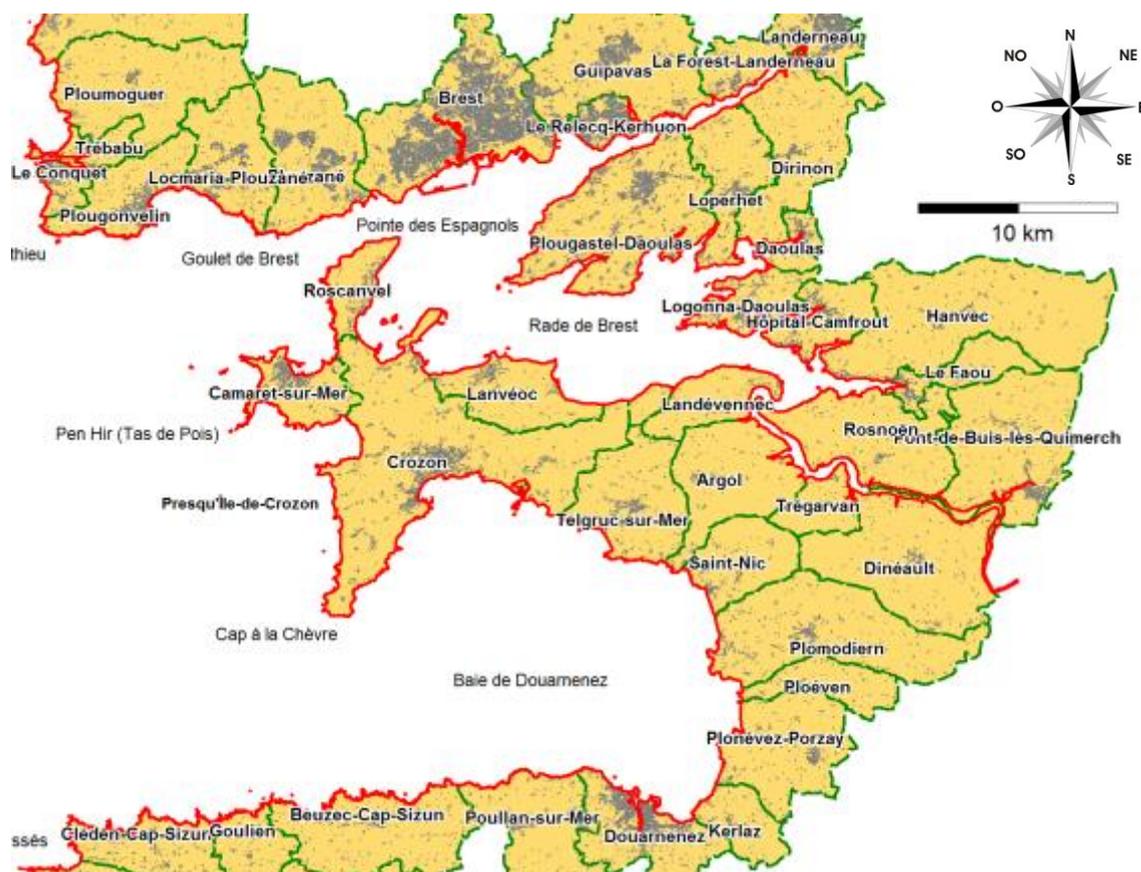


Illustration 3 : Communes du compartiment C7 (en rouge plein : Trait de côte SHOM-IGN HistoLittV2.0, en noir : le bâti (BD Bati IGN)).

L'habitat (Illustration 3) n'est situé en bord de mer que pour les communes dont la géomorphologie côtière est basse, et c'est notamment le cas pour Douarnenez, Crozon (secteur Morgat), Camaret-sur-Mer, Brest (secteur portuaire) et Plougonvelin. Pour les autres communes, le schéma d'urbanisation est celui d'un bourg historique en retrait du littoral avec l'aménagement des parties basses de ces communes en quartiers à vocation économique tels que la pêche, l'aquaculture ou le tourisme (Illustration 3).

Brest est l'agglomération principale du compartiment et le poumon économique finistérien, avec ces 149 634 habitants. Les autres communes les plus habitées du compartiment, sont : Douarnenez (15 827), Guipavas (12 584), Plougastel-Daoulas (12 248), Plouzané (12 045) et Le Relecq-Kerhuon (10 866).

La majorité des communes ont une population de moins de 2 000 habitants, à l'exception (du nord au sud) des communes de : Plougonvelin, Locmaria-Plouzané, Loperhet, Camaret-sur-Mer et Plomodiern qui sont dans la tranche comprise entre 2 000 et 5 000 habitants.

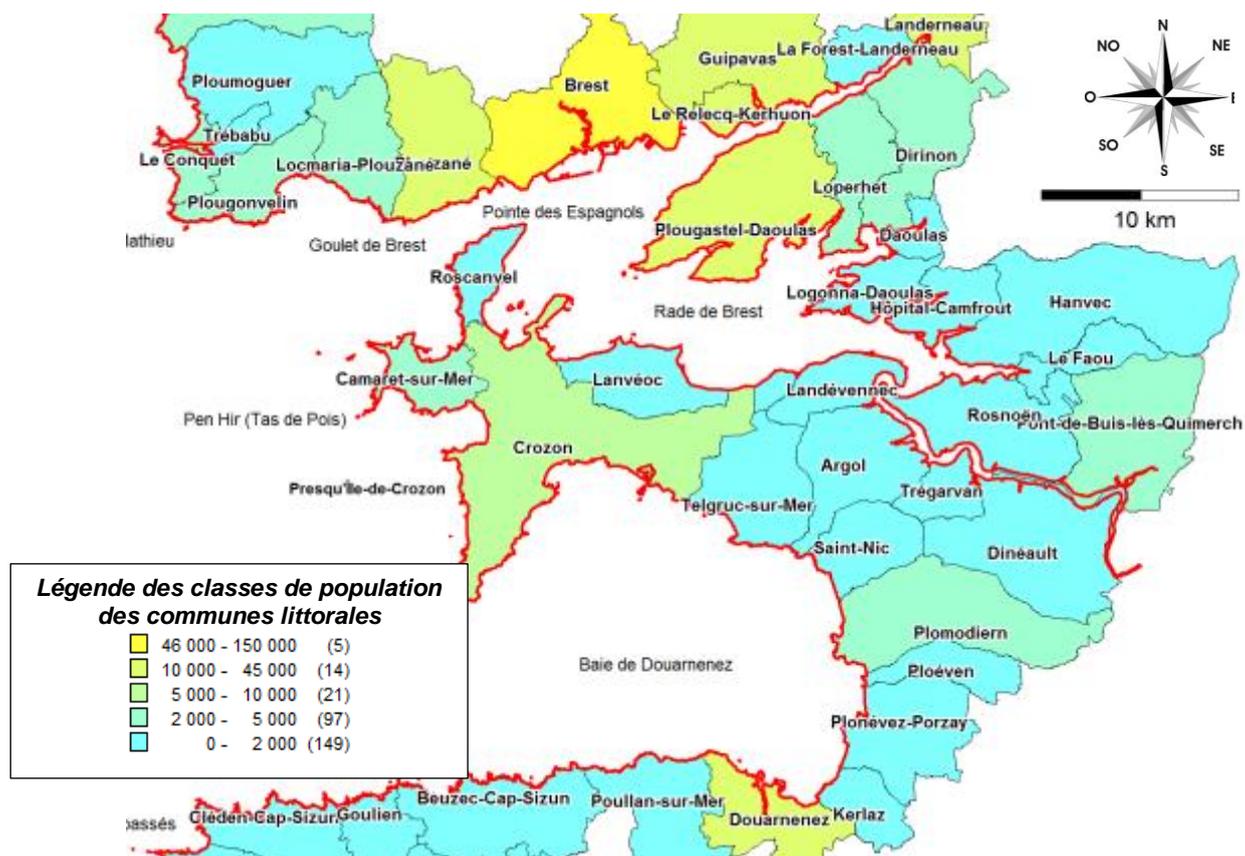


Illustration 4 : Classe de population pour les communes du compartiment C7 : Iroise (Source INSEE, 2009).

La répartition des âges de la population, illustrée par l'indice de vieillissement : rapport entre la population des plus de 65 ans et plus et celle des moins de 20 ans.

Cette répartition des âges pour le compartiment C7 est assez inégale et montre au Nord du compartiment, autour de la Rade de Brest un indice de vieillissement compris entre 0 et 100, soulignant une population vieillissante par rapport au centre (sur la presqu'île de Crozon) et au sud du compartiment (sur le Cap Sizun), où les communes ont entre 100 et 200, soit des populations dans lesquelles les moins de 20 ans sont légèrement supérieurs aux 65 ans, et donc des communes relativement équilibrées.

Sur le cap Sizun (proche de la pointe du Raz), les communes de Plogoff, Clédén-Cap Sizun et Goulien ont des indices de vieillissement compris entre 200 et 400, soulignant une population relativement jeune (Illustration 5).

Enfin, la commune Trégarvan affiche un indice de vieillissement, compris entre 400 et 600, correspondant à la population la plus jeune du compartiment.

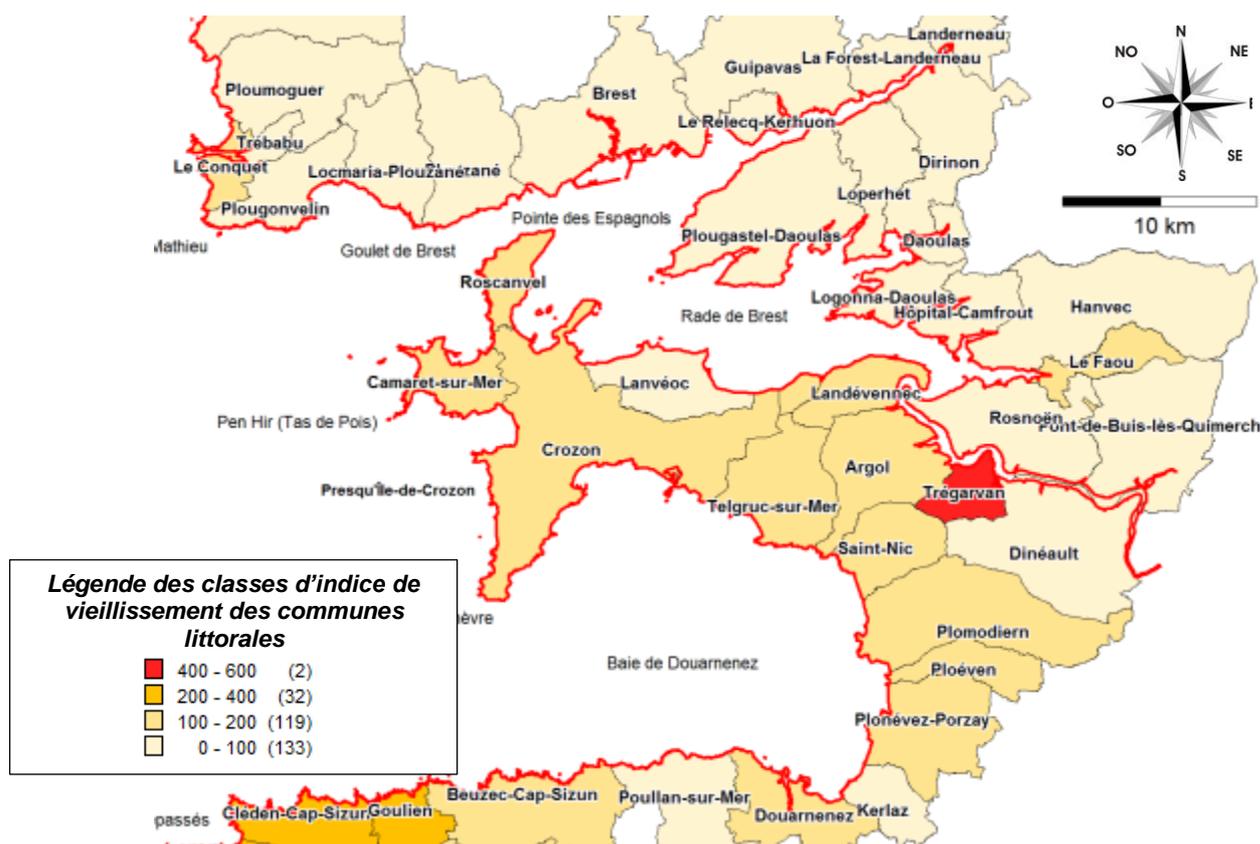


Illustration 5 : Indice de vieillissement pour les communes du compartiment C7 : Iroise (Source INSEE : 2009).

La répartition de la population à l'échelle du compartiment peut fortement varier d'une saison à l'autre, notamment sur le littoral, avec 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.

Le contraste observé sur l'indice de vieillissement, est le même sur le rapport entre résidences secondaires sur résidences principales. On remarque sur le Nord de la Rade de Brest, des communes avec un rapport inférieur à 10 % (Illustration 6), ce qui est en accord avec l'activité économique du secteur, puisque ces communes ont situées à la périphérie de l'agglomération de Brest, qui ne constituerait pas un secteur de villégiature.

La presqu'île de Crozon, les deux pointes du Raz et Saint-Mathieu, sont constituées de communes avec des rapports assez élevés compris entre 25 et 50 %, ce qui souligne une côte où les résidences secondaires sont importantes.

La palme revient à la commune de Saint-Nic avec un rapport supérieur à 50 %.

Enfin, un groupe de communes autour de l'embouchure de l'Aulne, de Douarnenez et Lanvéoc ont des rapports compris entre 10 et 25 %.

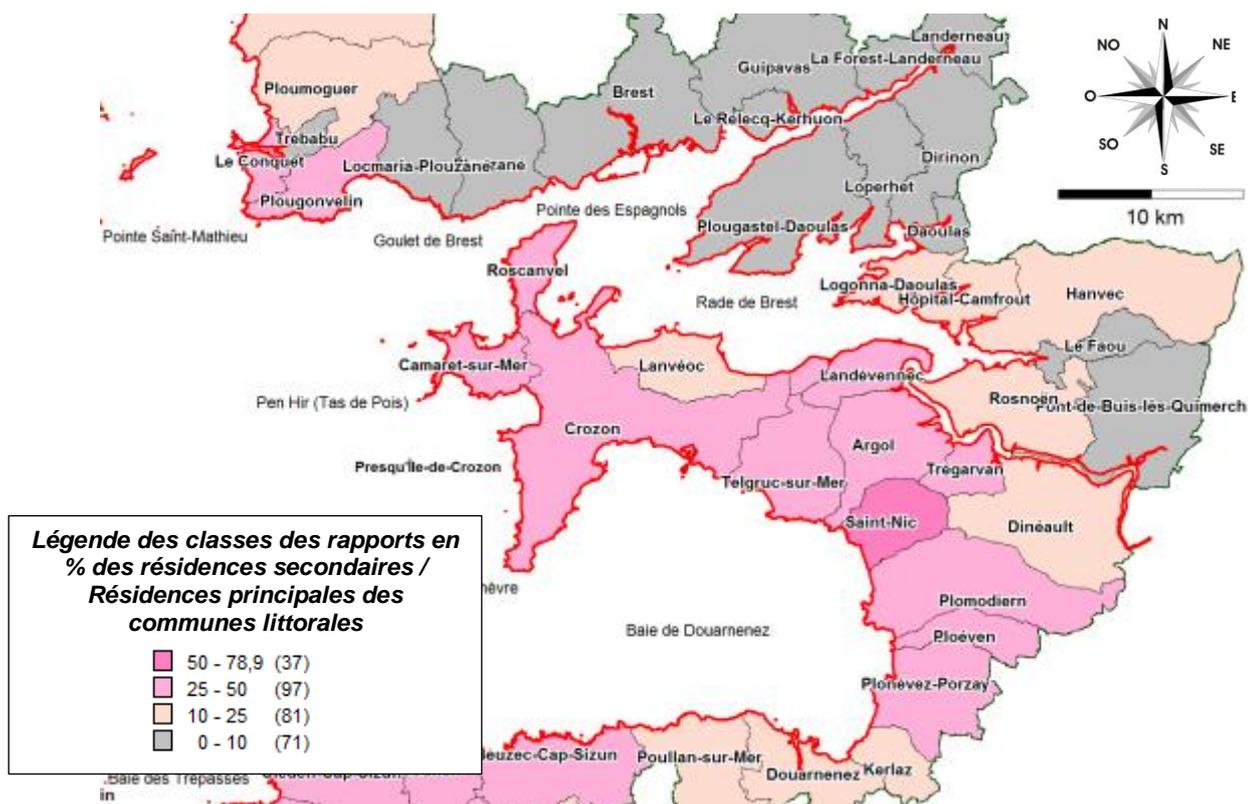


Illustration 6 : Rapport résidences secondaires/logement principaux pour les communes du compartiment C7 : Iroise (Source INSEE, 2010).

Les SCoTs visent à coordonner les politiques menées en matière d'urbanisme, d'habitat, de développement économique, d'implantations commerciales et de déplacements sur le territoire dans l'optique de mieux maîtriser le développement.

Le compartiment C7 est à cheval sur le SCoT (Schéma de Cohérence Territoriale) du pays de Brest et le Scot Ouest Cornouaille.

Celui du Pays de Brest compte 89 communes dont cinquante sont littorales, suivant la loi littorale. Les communes du compartiment concernées sont celles situées tout autour de la Rade de Brest et sur le littoral de la Presqu'île de Crozon.

Celui Ouest Cornouaille, est élaboré par le Syndicat Intercommunautaire Ouest Cornouaille Aménagement, qui s'appuie sur l'Agence Ouest Cornouaille Développement pour mettre en place ce document de planification. Le territoire concerné par ce SCoT comprend 4 intercommunalités : Pays Bigouden Sud, Haut Pays Bigouden, Cap Sizun et Douarnenez Communauté. Soit 38 communes au totale.

1.2. Ports principaux

Pour l'ensemble du compartiment C7, le port de Brest est le port de référence principal. Il est accompagné par dix sites ou ports de référence secondaires, qui sont du Nord au Sud : Trez-Hir, Le Dellec, Moulin Blanc, Landerneau, Tinduff, Pont de Térénez, Camaret-sur-Mer, Morgat, Douarnenez et enfin Port du Vorlen.

Le port de Brest est port de référence car il possède l'observatoire permanent de mesure de la marée et des données marégraphiques le plus ancien (Illustration 7).

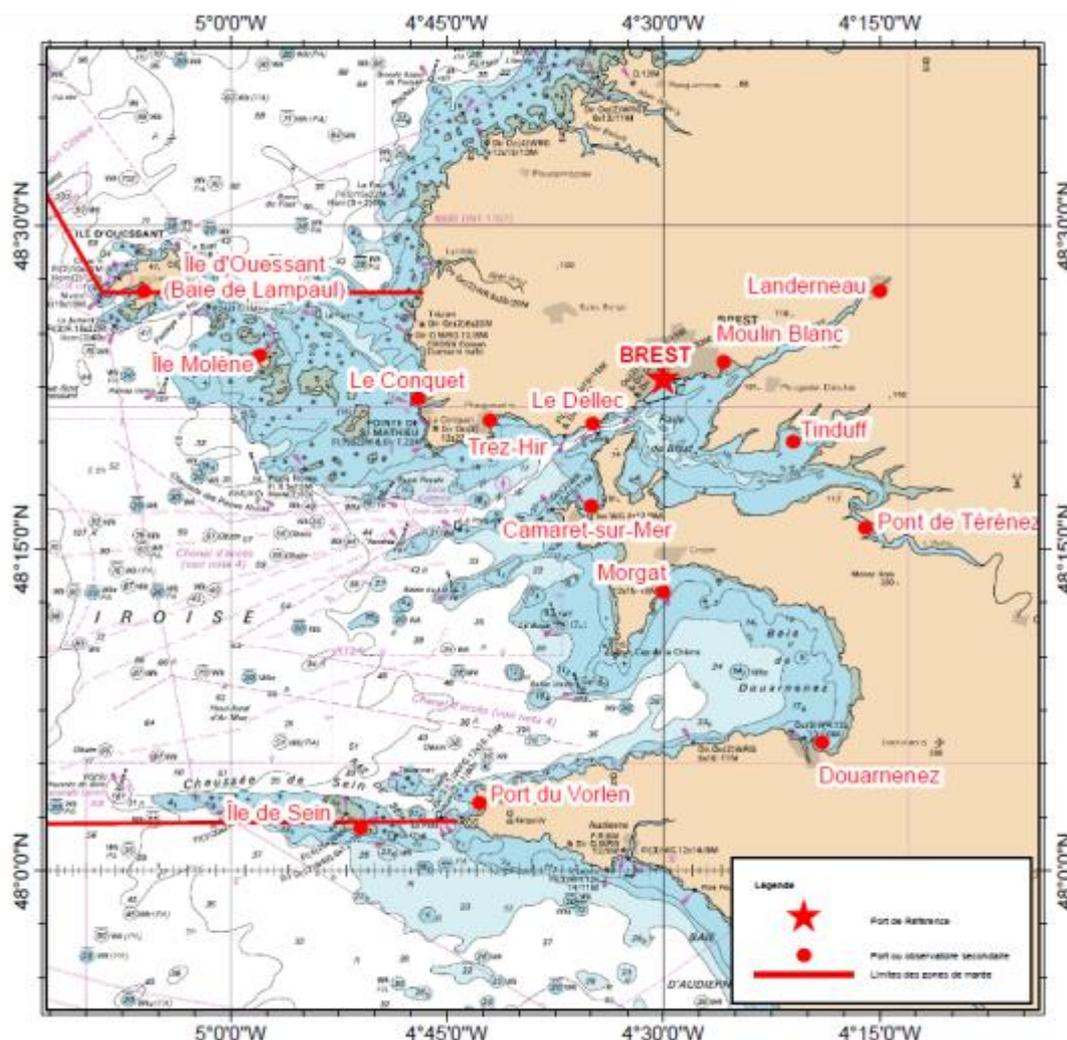


Illustration 7 : Carte de localisation des ports du compartiment C7 : Iroise (Source RefMar2013 du SHOM).

Dans les 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).

Nom	Repère fondamental	Organisme	Date	ZH/RF	RF/Ref	ZH/Ref	ZHGRS80	Ref
Brest	NO-47	IGN	2010	9.541	5.906	-3.635	47.07	IGN69
Le Conquet	NO-100	IGN	2010	20.280	16.777	-3.503		IGN69
Camaret-sur-Mer	O.LM-66	IGN	2010	13.693	10.379	-3.314		IGN69
Trez-Hir	O.ML3-4	IGN	1986	61.165	57.734	-3.431		IGN69
Le Dellec ¹	NO-68	IGN	1996	84.438	80.847	-3.591	47.18	IGN69
Rade de Brest								
Moulin Blanc	NO-36	IGN	1996	11.004	7.278	-3.726		IGN69
Landerneau	OQ-431	IGN	1996	8.621	4.893	-3.728		IGN69
Tinduff								
Pont de Térénez	Repère scellé dans le mur du souterrain n° 4 de la pyrotechnie	SHOM	2007	11.897	8.154	-3.743		IGN69
Baie de Douarnenez								
Morgat ¹	O.LK3-214	IGN	1986	7.925	4.553	-3.372	47.31	IGN69
Douarnenez	O.LK3-41	IGN	2010	32.295	28.963	-3.332		IGN69
Port du Vorlen	O.LK3-249	IGN	1986	73.856	70.611	-3.245		IGN69
Île de Sein	O.LK3-479-I	SHOM	2010	10.066	7.065	-3.001		IGN69

Illustration 8 : Références Altimétriques Maritimes pour les sites de la zone de marée des abords de Brest (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 GASPAR, téléchargée durant l'été 2012, montre qu'il existe 18 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 et chocs mécaniques liés à l'action des vagues.

Seule la commune de Landerneau a été reconnue pour des arrêtés de catastrophes naturelles liés à la mer, c'est-à-dire intitulé : « Chocs mécaniques liés à l'action des vagues », et « Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues », pour les dates respectivement des 22 novembre 1984 et 10 mars 2008.

L'ensemble des autres communes n'ont qu'un seul arrêté mais dont les intitulés peuvent être soit : « Chocs mécaniques liés à l'action des vagues », soit « Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues ».

Pour les communes d'Argol, Brest, Camaret-sur-Mer, Châteaulin, Cléden-Cap-Sizun, Crozon, Douarnenez, le Faou, Kerlaz, Landevennec, Plogoff, Port-Launay, Rosnoën et Saint-Nic, cet arrêté a pour date le 10 mars 2008, alors que pour les communes de Plougastel-Daoulas, à la date du 22 novembre 1984, et de Plougonvelin, à la date du 16 décembre 1989.

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

LIB_COMMUNE	LIB_RISQUE_JO	DAT_DEB	DAT_FIN	DAT_PUB_ARRETE	DAT_PUB_JO
Argol	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Brest	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	25/06/2009	01/07/2009
Camaret-sur-Mer	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Châteaulin	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Cléden-Cap-Sizun	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Crozon	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Douarnenez	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Faou	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	09/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Kerlaz	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	11/06/2008	14/06/2008
Landerneau	Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	22/11/1984	24/11/1984	14/03/1985	29/03/1985
Landerneau	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Landevennec	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	09/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Plogoff	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Plougastel-Daoulas	Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	22/11/1984	24/11/1984	14/03/1985	29/03/1985
Plougonvelin	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	16/12/1989	18/12/1989	16/03/1990	23/03/1990
Port-Launay	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Rosnoën	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Saint-Nic	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008

Illustration 9 : Arrêtés de catastrophes naturelles « littoraux » pour les communes Compartiment C7: Iroise (Source GASPAR ; prim.net).

Un autre arrêté de catastrophe naturelle intitulé : « Tempête », existe pour le compartiment C7 et dont l'ensemble des communes sont concernées, pour l'évènement du 15 octobre 1987. Ce jour-là, le niveau de pleine-mer théorique était de 5.05 m (à Brest) pour un coefficient de 25. La tempête de 1987 fut l'une des plus importantes tempêtes que la péninsule bretonne ait essuyée.

1.4. Géomorphologie et géologie littorale

Le compartiment C7 est géologiquement situé à la jonction de trois domaines géologiques différents du Massif Armoricain.

Au Nord, Le domaine du Léon, domaine de socle caractérisé par un assemblage complexe de formations géologiques dont les âges et les dispositions géométriques sont encore assez mal connus (Thomas *et al.*, 2002), et qui se distinguent des autres domaines du Massif Armoricain (Ballèvre *et al.*, 2013). Les formations géologiques qui le composent et que l'on retrouve sur ce compartiment sur la bordure nord de la Rade de Brest, sont des roches magmatiques métamorphisées de type métaquartzdiorite et métagranodiorite (comme au niveau de l'anse de Berthaume, le gneiss de Brest) d'âge compris entre 520 et 455 Ma (n°6) et des roches sédimentaires métamorphisées de type métawackes, schistes et micaschistes (n°7) d'âge compris entre 500 et 670 Ma (Illustration 11).

Cette partie du compartiment correspond à des falaises d'altitudes moyennes, comprises entre 40 et 60 m NGF. Ces falaises sont entrecoupées de vallons et de têtes de vallons de petites tailles, remplis par des dépôts de pente qui génèrent des mouvements de terrain de type glissement ou éboulement (Illustration 12).

Le centre compartiment, depuis l'embouchure de l'Elorn et jusqu'à la limite de commune entre Crozon et Telgruc-sur-Mer, se situe dans l'un des bassins paléozoïques de Bretagne, le bassin de Châteaulin. Le bassin de Châteaulin est constitué de roches sédimentaires d'âge paléozoïques de type quartzites, grès, schistes, alternance schisto-gréseuses etc. A la base du bassin, on retrouve des roches sédimentaires de type quartzites, grès et schistes d'âge ordovicien (500-435 Ma) et qui correspond à la Formation du Grés armoricain ou du Cap à la Chèvre (n°2). Au-dessus, la série sédimentaires se poursuit avec d'autres roches sédimentaires de type schistes, grès, quartzites, et calcaires d'âge dévonien inférieur (410-390 Ma) (n°3), et enfin par d'autres roches sédimentaires de type schistes, ampélites, calcaires et grès d'âge dévonien moyen-supérieur (390-355 Ma) (N°4). La formation n°5 correspond aux formations géologiques précédentes mais indifférenciées (Illustration 11).

Sur ce secteur du compartiment occupé par les roches sédimentaires du Paléozoïque, la géomorphologie est complexe. Ces roches génèrent des formes de côtes rocheuses variées, et la présence importante de quartzites sur l'ensemble de la pile sédimentaire, s'alternant avec la présence de partie schisto-gréseuse, apporte des contrastes lithologiques qui entraînent un fort découpage du trait de côte, la création de cavités et d'effondrements, tout autant que de mouvements de terrain de grande taille, balayant tout leur spectre typologique (glissement banc sur banc, glissement dièdre, éboulement etc.) (Illustration 12). Sur la Presqu'île de Crozon, les roches du Paléozoïques, forment des falaises parmi les plus hautes de Bretagne, avec des altitudes qui frôlent les 100 m NGF, notamment sur le Cap à la Chèvre ou entre la Pointe de Tréboul et Pen ar Vir, à la limite des communes de Crozon et Telgruc-sur-Mer.

Les roches paléozoïques reposent sur les schistes du Briovérien (n°1) qui s'abritent au fond de la baie de Douarnenez. Ces schistes briovériens semblent de par leur position géomorphologique, être plus tendres, ce qui explique leur position en retrait par rapports aux roches de la Presqu'île de Crozon et du Cap Sizun / Pointe du Raz.

Cette partie centrale du compartiment (le rade de Brest) et jusqu'à Douarnenez, est découpé par des petits cours d'eau côtiers, hormis à Landevennec avec l'embouchure de l'Aulne. A l'entrée de chaque embouchure, on retrouve un cordon de galets plus ou moins roulés ou émoussés en fonction des matériaux d'origine. Leur évolution et mode de mis en place ont été étudiés par Stéphan *et al.*, en 2012 pour une revue (Illustration 10). De nos propres

observations, les cordons semblent être situés dans des positions d'équilibre hydrodynamique relatif entre les eaux continentales et les eaux océaniques.

Enfin, le Sud du compartiment appartient au domaine sud armoricain, composé par des orthogneiss granitiques (n° 8) et déformés par la présence du Cisaillement Sud Armoricain (CSA), accompagnés par des roches métamorphiques de type briovérien (n° 1) (Illustration 11). Ces roches arment le cap Sizun – Pointe du Raz.

Les falaises du Cap Sizun – Pointe du Raz, sont composées de roches orthogneissiques granitiques, mais sur lesquelles il est possible d'observer des dépôts de pente perchés entre 40 m NGF à l'Est proche de Douarnenez et de 80 m NGF vers l'Ouest proche de la pointe du Van.



Illustration 10 : A gauche : Sillon des Anglais (commune de Landévennec) (cliché : S. Le Berre, 12 mai 2005, dans Stéphan et al., 2012) ; a droite : Sillon de l'Auberlac'h (Commune de Plougastel-Daoulas, cliché dans Stéphan et al., 2012)).

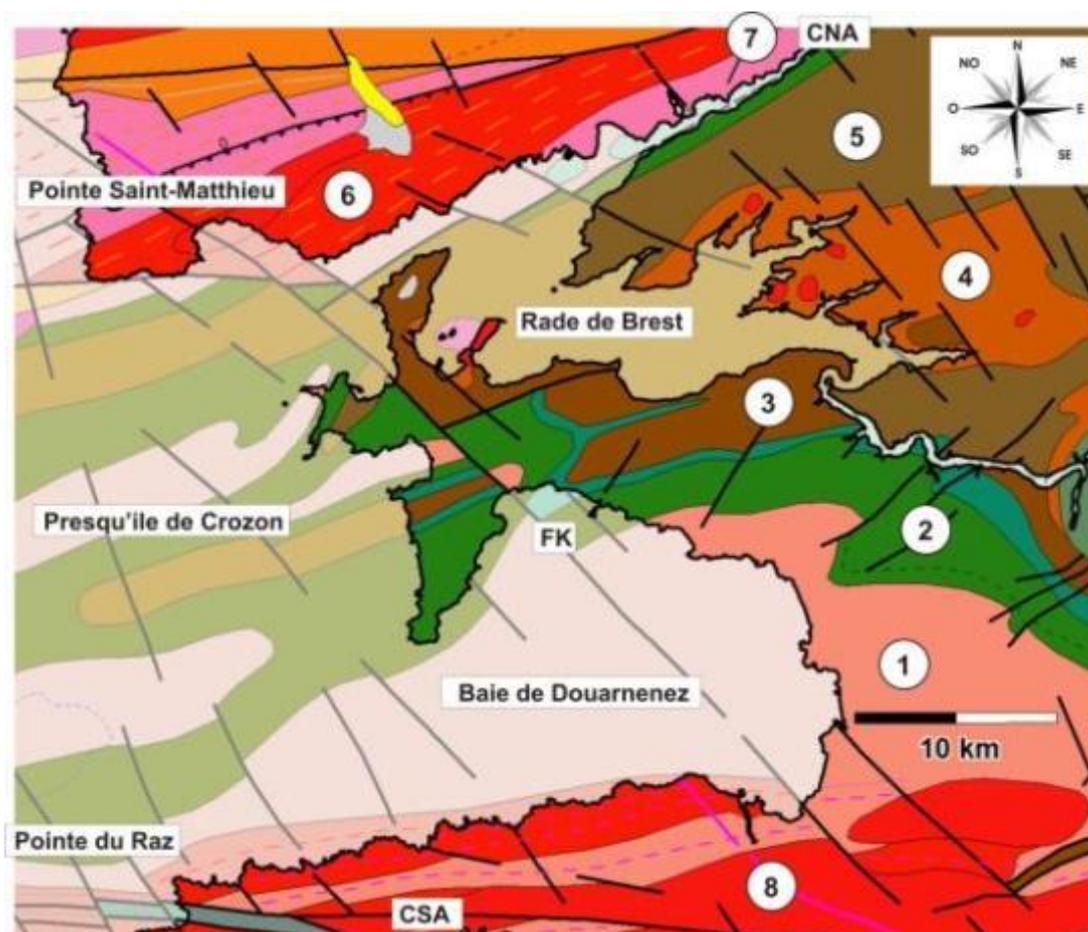


Illustration 11 : Extrait de la carte géologique au million de la France (éd. BRGM, 2003).

LEGENDE : 1 : Roches sédimentaires métamorphisées : wackes, schistes, grès, arkoses d'âge Briovérien sup. à Cambrien (580-520 Ma) ; 2 : Roches sédimentaires : Quartzites, grès et schistes d'âge ordovicien (500-435 Ma) ; 3 : Roches sédimentaires : Schistes, grès, quartzites et calcaires d'âge dévonien inférieur (410-390 Ma) ; 4 : Roches sédimentaires : Schistes, ampélites, calcaires, grès d'âge dévonien moyen-supérieur (390-355 Ma) ; 5 : Roches sédimentaires : Schistes, quartzites et ampélites d'âge silurien, dévonien inférieur (435-390 Ma) ; [6 : Roches métamorphiques : métaquartzdiorites, métagranodiorites (520-455 Ma) et 7 : Roches métamorphiques : micaschistes, paragneiss et amphibolites d'âge Cambro-Briovérien (670-500 Ma)] autour du Cisaillement Nord Armoricaïn (CNA) ; 8 : Leucogranites péralumineux (en rouge) (335-305 Ma) et micaschistes, paragneiss (en saumon) autour du Cisaillement Sud Armoricaïn (CSA)

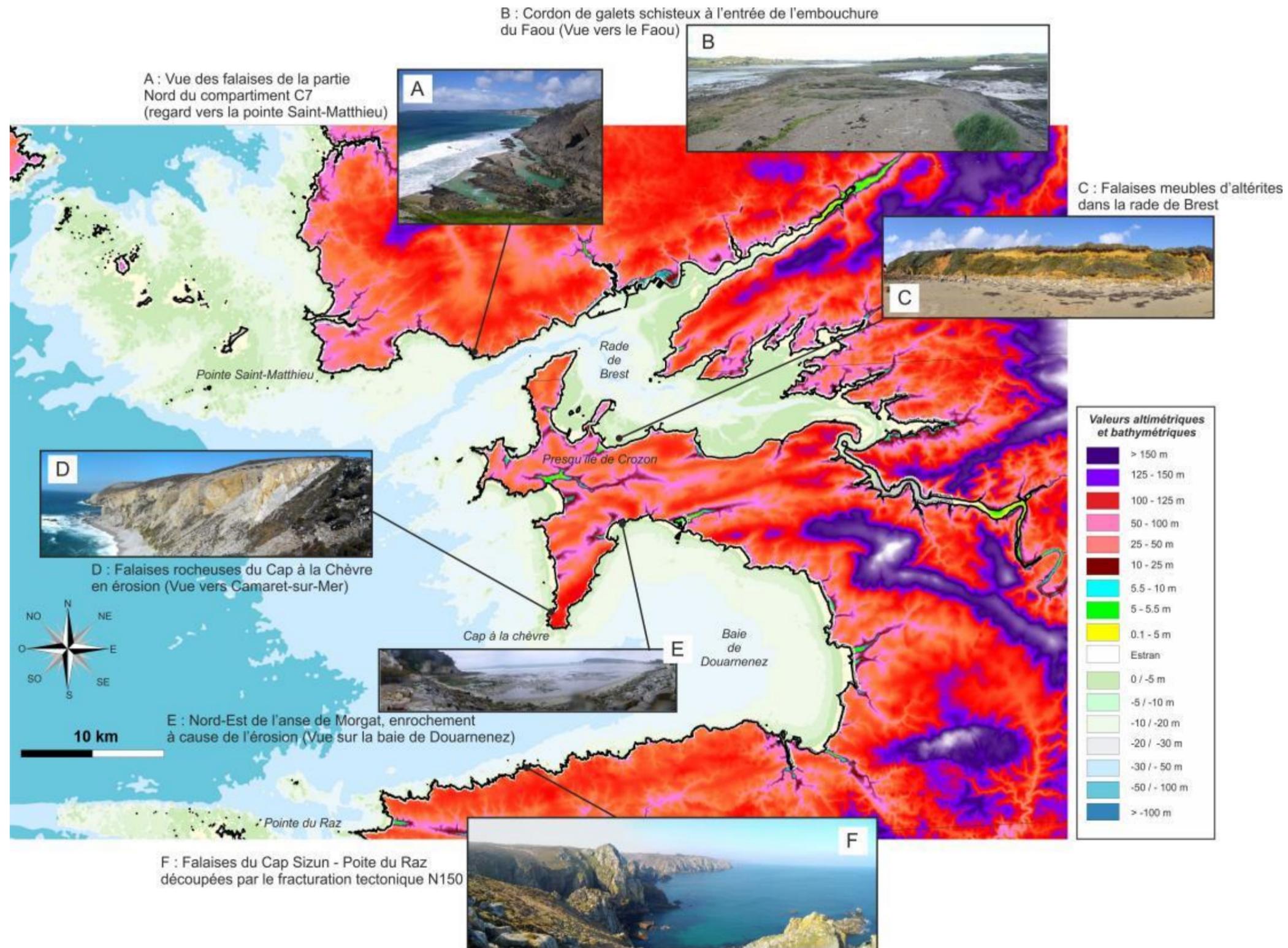


Illustration 12 : Géomorphologie et bathymétrie du compartiment.

On trouve le plus grand nombre de plages sur la partie exposée aux agents météo-marins de la presqu'île de Crozon que sur la partie Rade, et dans la baie de Douarnenez, depuis Douarnenez jusqu'à Morgat (Crozon). Sur la partie nord du compartiment, abritées dans des anses regardant vers le Sud, on trouve aussi ci-et-là des plages plus adossées que de véritables massifs dunaires protégeant des marais maritimes comme c'est le cas dans les deux secteurs cités ci-dessus.

Ce compartiment C7 s'illustre à travers la présence de deux sous-environnements remarquables. La rade de Brest qui constitue une baie semi-fermée peu profonde de 180 km² dont la moitié de la superficie se situe sous l'isobathe 5 m et ouverte sur l'océan que par un goulet d'à peine 1,75 km, et la Baie de Douarnenez, d'une superficie de 195 km², semi-ouverte à l'Ouest à travers un détroit de 9 km. Au large, les profondeurs maximales atteignent 80 m et décroissent rapidement à l'approche du littoral pour avoisiner les 30 m au centre de la Baie de Douarnenez.

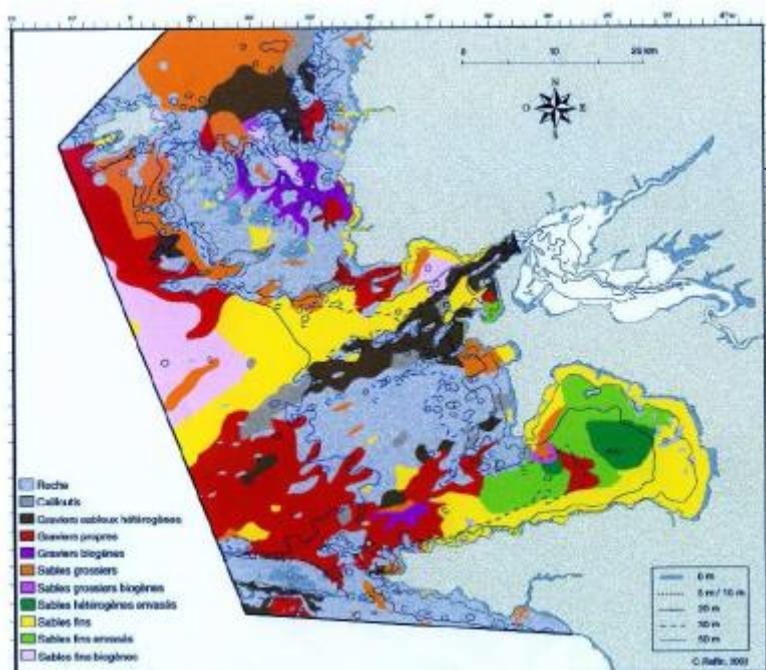


Illustration 13 : Cartographie des types sédimentaires pour les fonds de la Mer d'Iroise (Raffin, 2003, dans Guillou, 2007).

A partir d'une compilation de Le Berre (1999) d'observations et données sédimentologiques de Hinschberger et al. (1968), Marec et Hinschberger (1975), Chassé et Glémarec (1976) et le SHOM (1996), Raffin (2003) en sortie une carte des faciès bio-sédimentaires (Illustration 13).

Les fonds de la Mer d'Iroise sont sur une majeure partie occupés par le substratum rocheux, en trois endroits distincts : (1) la chaussée de Sein, (2) l'archipel de Molène et abords de l'île de Ouessant, et (3) entre les entrées de la rade et de la baie de Douarnenez.

On ne trouve les sédiments superficiels marins que dans l'axe des deux entités : Rade et Baie et à l'intérieur des deux entités géomorphologiques.

Comme c'est souvent le cas, les sédiments sont granodécroissants à l'approche du littoral.

En rade de Brest, les fonds sont composés de dépôts graveleux grossiers et de sables pour partie coquilliers dans le centre Ouest de la rade, et de sédiments envasés à des degrés divers sur les bords de la rade et dans les fonds d'estuaires.

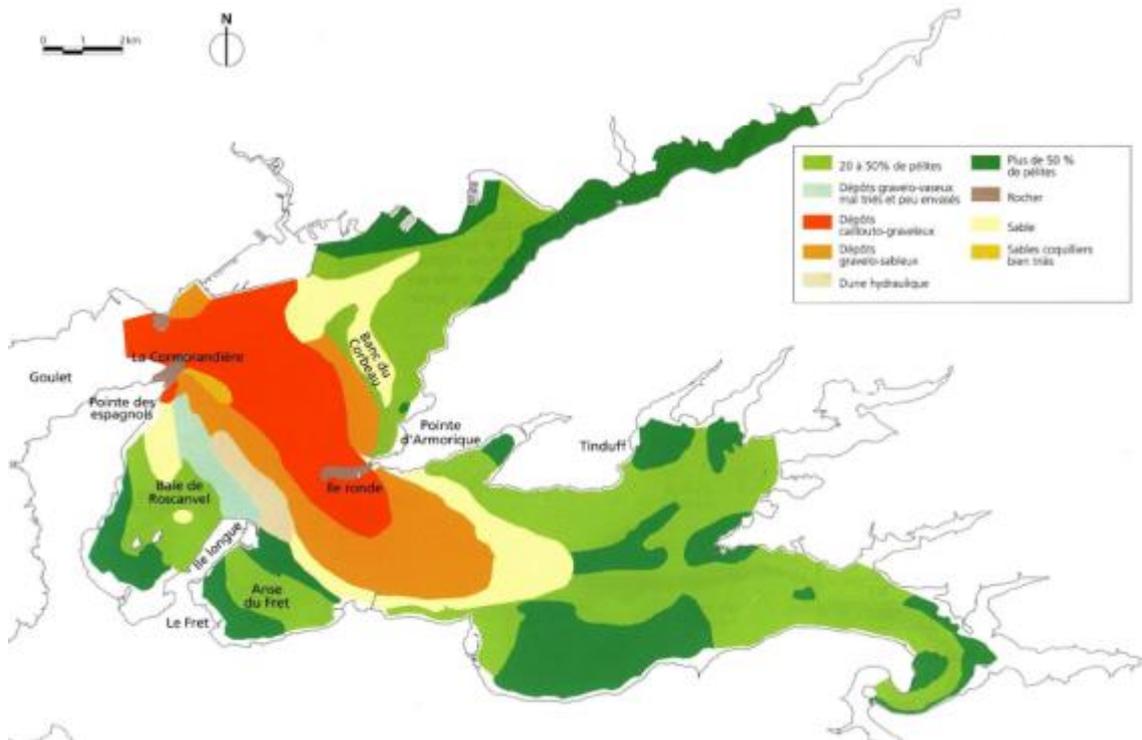


Illustration 14 : Cartographie des types sédimentaires des fonds de la rade de Brest (Troadec et Le Goff, et al., 1997, dans Guillou, 2007).

En Baie de Douarnenez, la granulométrie des sédiments est caractérisée en grande partie par des sables dans les 2/3 Nord de la baie. Dans la partie septentrionale de la Baie de Douarnenez, la distribution granulométrique est répartie en 6 classes pour Augris et al. (1988). Le substrat est constitué de sables grossiers siliceux et calcaires, de graviers dans la partie centrale, de sables fins dans le secteur abrité à l'Est du cap de la Chèvre, et de dépôts de maërl dans la partie septentrionale, entre l'île de l'Aber et la pointe du Bellec. Les fonds rocheux se limitent à l'entrée du plan d'eau, dans le prolongement du cap de la Chèvre, et à proximité des pointes en fond de baie, tout particulièrement entre les pointes de Lanvélliau et du Guern, au Nord-Ouest de la baie. Des cailloutis envasés sont enfin présents en périphérie des affleurements rocheux.

Les substrats de sables grossiers coquilliers et de maërl se présentent sous la forme de rubans sableux de quelques centimètres à quelques décimètres d'épaisseur, d'une largeur de quelques mètres à plus de 100 m pour une longueur d'onde kilométrique. Ces rubans sableux sont modelés par des mégarides de houle hautes de 5 cm à 1,5 m. On distingue deux familles de mégarides classées en fonction de leur longueur d'onde. Les premières, d'une longueur d'onde comprise entre 1 et 2 m, apparaissent au large de la côte du cap Sizun, de la pointe de Castelmeur à la pointe de la Jument, sur les sables grossiers coquilliers à la périphérie des affleurements rocheux de fond de baie situés face à Pentrez et, de manière disséminée, à l'Est du cap de la Chèvre. Leur présence est également observée au centre de la baie sur les sables grossiers et les graviers. Le deuxième type de mégarides, de longueur d'onde supérieure à 2 m, se développent au Nord-Ouest de Porz Lesven, au large de Porz Peron et au niveau de la Basse Kreiz. Les rides de plus courtes longueurs d'onde comprises entre 5 et 20 cm et d'une hauteur inférieure à 5 cm peuvent se superposer à ces mégarides. A noter enfin la présence, au centre de la baie, de sillons

sablo-graveleux profonds de 1 à 2 m, larges d'environ 200 m, longs de 900 à 1200 m, et tapissés de mégarides (dans Guillou, 2007).

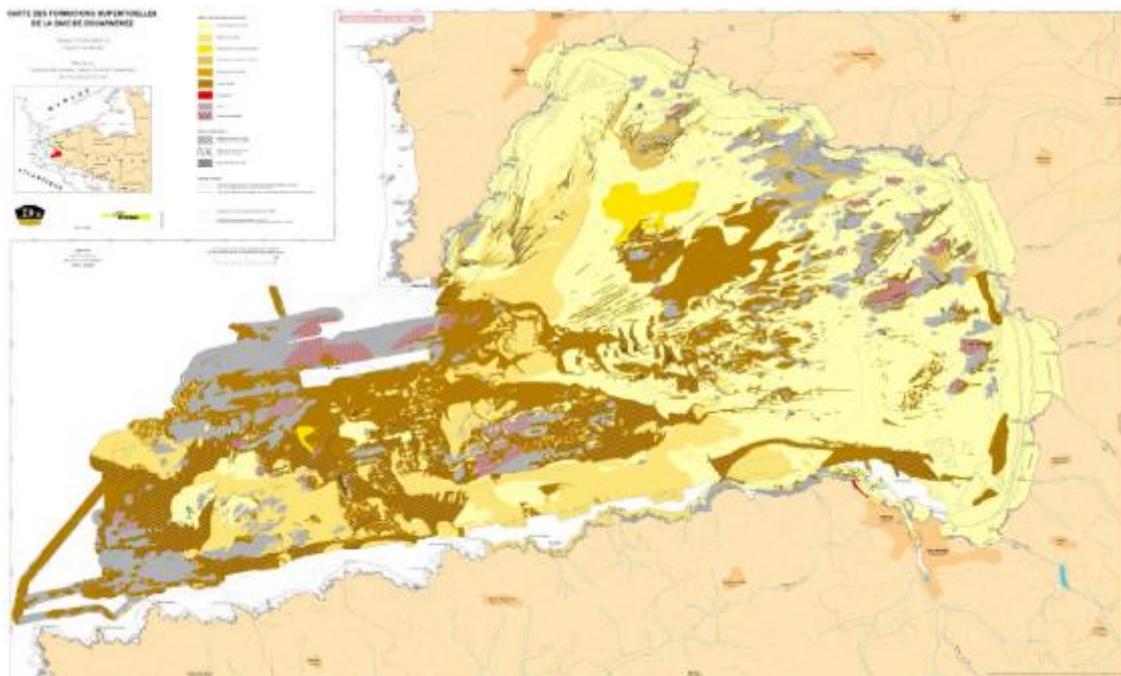


Illustration 15 : Carte des formations superficielles de la Baie de Douarnenez (Augris et al., 2005).

2. Paramètres / Agents hydrodynamiques

2.1. LA MARÉE

La marée est une onde oscillatoire périodique du niveau de la mer due aux effets conjugués de l'attraction de la Lune et du Soleil sur les particules liquides des océans (Ehrhold, 1999). Le caractère périodique de la marée a 3 cycles :

- cycles de pleine-mer : cycle semi-diurne de 12h25 ;
- cycles mensuel ou semi-lunaire : cycle de vive-eau/morte-eau (interaction entre le soleil, la terre et la lune) ;
- cycle annuel : cycle solstice/équinoxe lié à la variation de la distance de la terre au soleil.

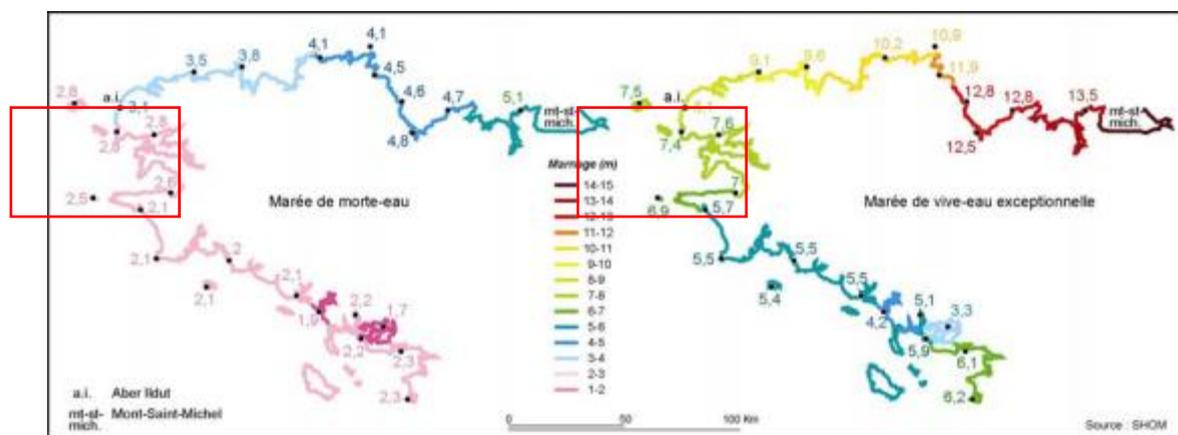


Illustration 16 : Amplitude du marnage en Bretagne (d'après les données du SHOM).

La Bretagne est soumise à un contexte de marée de type macro-tidal (Illustration 16).

Si la marée dans le compartiment C7 a une amplitude plus faible que sur le Nord de la Bretagne, elle reste le phénomène hydrodynamique majeur avec des courants très forts au niveau de l'étranglement du goulet et au niveau du passage du Raz de Sein. Elle arrive sur le compartiment C7, par le Sud-Ouest, avec une amplitude moyenne inférieure à 5 mètres mais en général, comprise entre 2.5 mètres à la pointe du Raz et 7.6 mètres à Brest lors des gros coefficients (Illustration 16). La marée commande d'importantes masses d'eau et génère de forts courants lors du flot et du jusant.

En Iroise, les marnages voisins respectivement de 6 m en condition de vive-eau moyenne (coefficient 95) et de 3 m en condition de morte-eau moyenne (coefficient 45), font régner de forts courants alternatifs, supérieurs à 2 nœuds à la sortie du chenal du Four, de 5 nœuds dans le goulet de la rade de Brest et 8 nœuds dans le raz de Sein (e.g., SHOM, 1968; Mariette et al., 1982; Dupuy, 1993, dans Guillou, 2007) (Illustration 17).

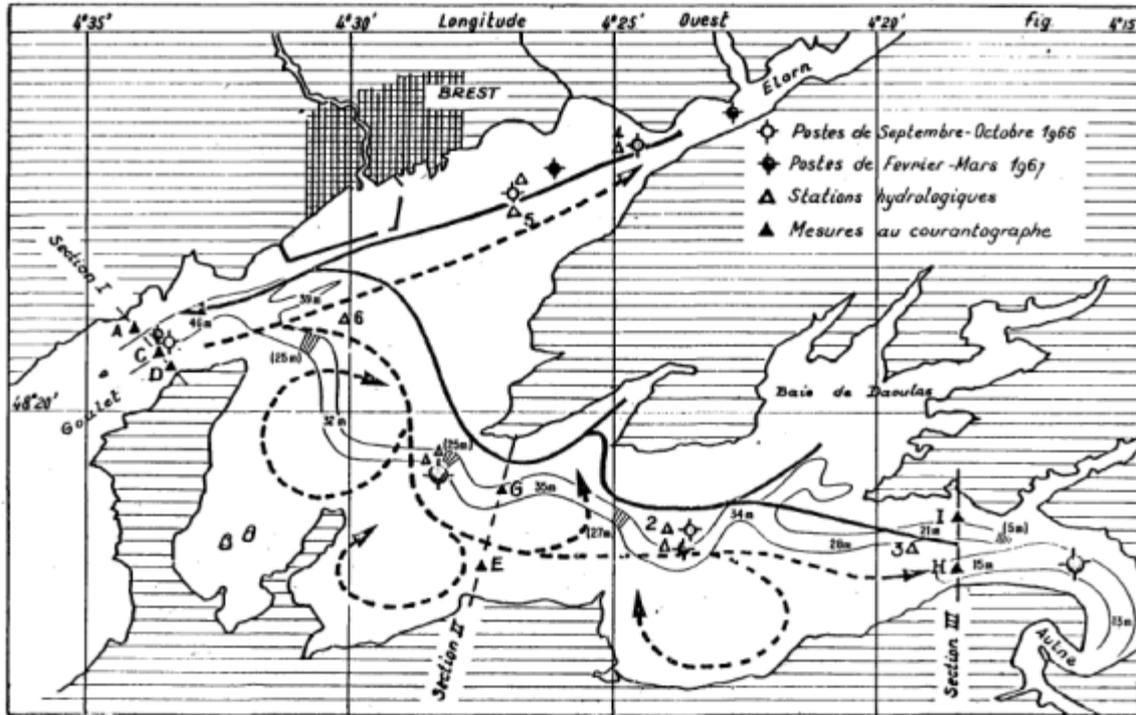


Illustration 17 : Axe d'écoulement préférentiel du flot et du jusant dans la Rade de Brest.

En Baie de Douarnenez, le régime hydrodynamique est différent avec un marnage qui varie de 2,6 m en morte-eau moyenne à 5,5 m en vive-eau moyenne avec des écarts de phase inférieurs à 10° sur l'ensemble de la baie (source SHOM).

À l'exception du Sud du cap de la Chèvre où les courants atteignent 1 nœud en condition de vive-eau moyenne (SHOM, SEAMER, 2001), les courants de marée demeurent inférieurs à 10 cm.s⁻¹. Ils déterminent une recirculation avec un remplissage de fond dans le Sud et une vidange de surface dans le Nord (Augris *et al.*, 2005) (Illustration 18).

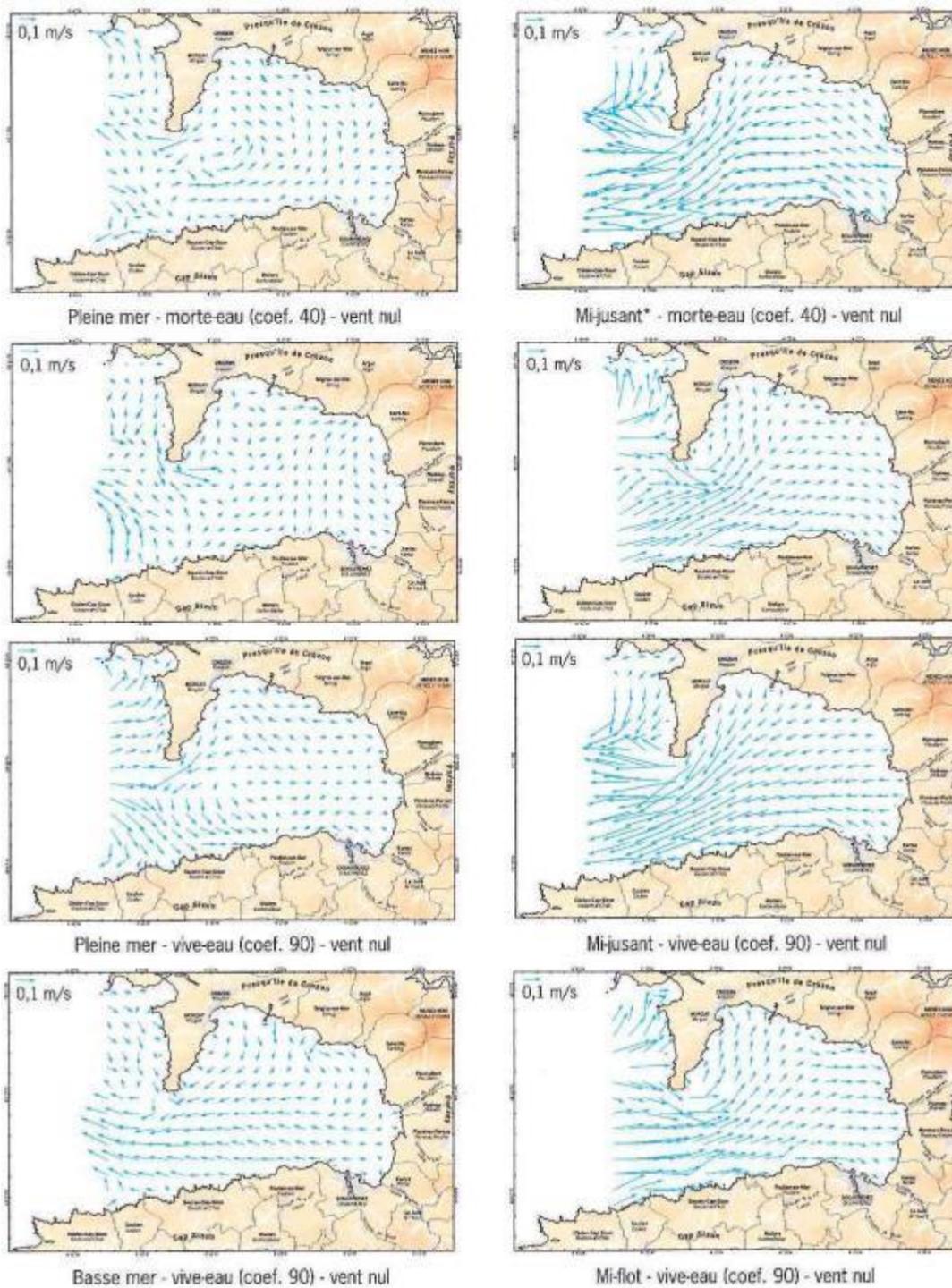


Illustration 18 : En haut : Courants de marée instantanés de surface en morte-eau par vent nul et en bas : en vive-eau par vent nul (Augris et al., 2005).

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

2.2.1. La Houle (et les vagues)

En mer d'Iroise, l'agitation est induite par des houles très longues générées en Atlantique du Nord-Est (pour un fetch de l'ordre de 1 000 km) auxquelles se superposent une mer du vent locale, plutôt méridienne, lors du passage des dépressions sur la péninsule bretonne. Tous climats de vagues confondus, l'incidence principale des vagues, est très homogène, avec une orientation N200-N220.

Des mesures réalisées à la pointe de Luguenez (cap Sizun) du 7 décembre 1975 au 10 novembre 1978 par le Laboratoire National d'Hydraulique d'Electricité de France (EDFLHN) et l'étude du Service Technique Central des Ports Maritimes et des Voies Navigables (STCPMVN) en prévision des travaux d'extension du port de Douarnenez, donnent des hauteurs significatives maximales de 5,60 m avec des périodes maximales de l'ordre de 15 s pour des périodes moyennes de 7 à 12-13 s (Illustration 19).

	Direction (°)	Hauteur significative (m)	Période (s)
Sud-Ouest	255	5,40	9 à 15 s
Ouest	275	5,60	9 à 15 s
Nord-Ouest	295	5,40	9 à 15 s

Illustration 19 : Caractéristiques des houles du large (Talec, 1989 dans Guillou, 2007).

D'autres observations réalisées à la pointe du Toulinguet pendant 2 ans et demi du 21 décembre 1994 au 10 juillet 1997, par le CETMEF, indiquent des vagues de hauteurs significatives inférieures à 1 m pendant 70 % du temps, de 2 m pendant 90 % du temps et dépassant 3 m pendant 0,5 % du temps. Les périodes de ces houles se situent autour de 7-8 secondes (Illustration 20).

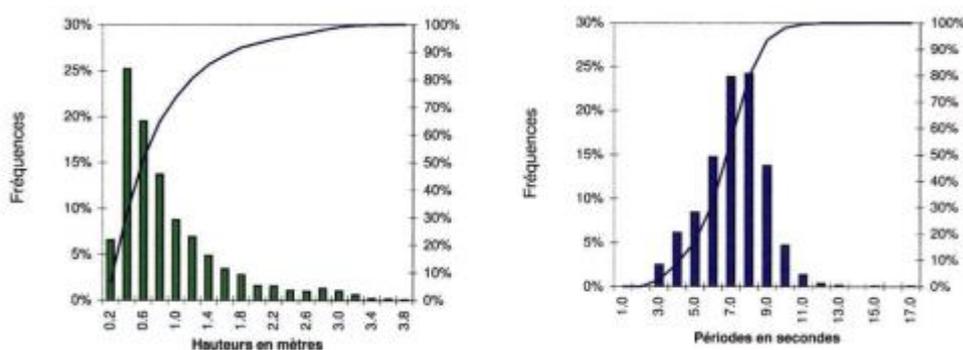


Illustration 20 : Hauteur significative et période de la houle à la pointe du Toulinguet (source CETMEF dans Guillou, 2007).

Au niveau de l'anse de Bertheaume à l'entrée de la rade de Brest en avant du goulet, pour des hauteurs maximales (Hs), les mesures de direction de vagues sont Ouest-Sud-Ouest (220 environ) entre avril 2003 et novembre 2004 (Dehouck *et al.*, 2008) (Illustration 21). Sur les plages de Porsmilin et Trégana, la hauteur maximale (Hs) est de 1,5 m et cette agitation induit des courants de retour sur les deux sites mais aussi des courants sagittaux sur Tregana (Dehouck, 2006).

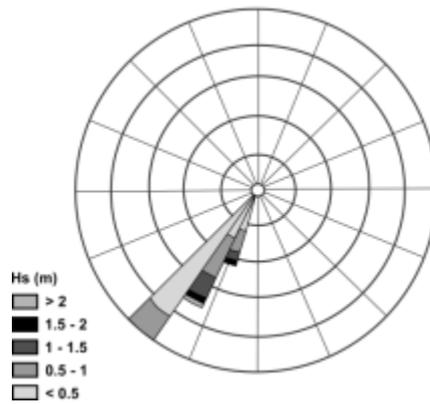


Illustration 21 : Rose des houles dans l'anse de Bertheaume entre avril 2003 et novembre 2004 (d'après Dehouck et al., 2008).

Cependant la rose des houles annuelles obtenues au large pour un nœud du modèle ANEMOC, et résultantes associées, et sur une période de 1979 à 2002, au niveau d'Ouessant, montre des orientations Ouest et Ouest-Nord-Ouest (Illustration 22) (Stéphan, 2009).

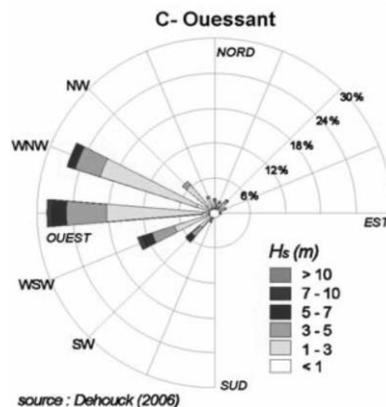


Illustration 22 : Roses des houles annuelles obtenues au large des secteurs d'étude pour quatre noeuds du modèle ANEMOC, et résultantes associées (période 1979-2002) (dans Stéphan, 2009).

La rade de Brest est soumise à l'action de deux régimes de vagues. Celles issues des grandes houles de secteur Ouest qui entrent dans la rade au niveau du goulet et celles générées au sein même de la rade par les vents locaux.

Comme la rade est quasiment complètement fermée des grandes houles du large de secteur Ouest, par les 2 km de largeur du goulet (entre la pointe du Porzic et la pointe des Espagnols), ces houles du large sont réfractées le long des rives du goulet et au niveau des hauts fonds rocheux, ce qui se traduit par une convergence des orthogonales de houle (Illustration 23) (Stéphan, 2009).

Le phénomène va se répéter à chaque rétrécissement de la rade. Des superpositions de trains d'onde vont générer au sein de la rade des vagues plus ou moins importantes. L'addition de train d'ondes pourra entraîner la création de hautes vagues alors que la soustraction, la création de vagues de moindre hauteur. Ainsi il sera possible d'avoir des hauteurs identiques sur le pourtour de la rade malgré des houles réfractées une à deux fois (Illustration 23).

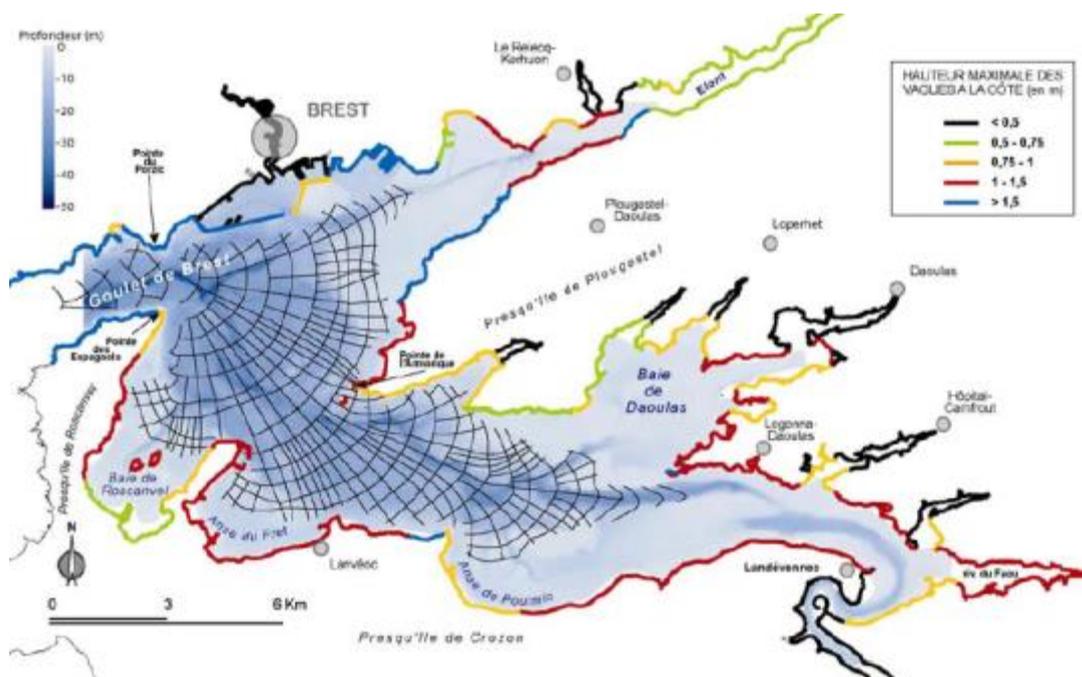


Illustration 23 : Propagation de la houle océanique en Rade de Brest et hauteur de vagues à la côte établies par le SAUM (1977) (dans Stéphan, 2009).

La Baie de Douarnenez est soumise à des vagues de courte période et de faible amplitude, en raison du fetch très court, dans toutes les directions sauf pour celle venant de l'Ouest.

Ainsi, les vagues qui pénètrent dans la baie, viennent de l'Ouest et du Sud-Ouest, et passent le rétrécissement du cap à la Chèvre et du cap Sizun, où elles sont une première fois légèrement réfractées et se propagent jusqu'au fond de la baie (Illustration 24). Le cap à la Chèvre a une influence importante sur les trains de houles en jouant un rôle d'écran, mais les vagues les plus grosses, de période supérieure à 10s, sont plus fortement réfractées et atteignent les zones situées en arrière de celui-ci (Augris *et al.*, 2005).

Les sites exposés à la houle sont, pour les plus battus, de la pointe de Brézellec (sur la Cap Sizun) et du cap de la Chèvre (Pointe Sud de la presqu'île de Crozon), les sites abrités sont l'Ar Kador et Morgat (dans le réentrant Nord de la baie), et les sites d'exposition moyenne sont les pointes du Millier et Porz Meilh (avant Douarnenez).

Les épures de réfraction fondées sur la loi de Snell établies par le STCPMVN montrent, qu'en se propageant dans la baie, une houle de 15 s de période tend à s'épanouir sous l'effet de la réfraction par les fonds, notamment derrière le cap de la Chèvre, où l'on observe une convergence des orthogonales de houle au niveau de l'île de l'Aber. La propagation des houles en Baie de Douarnenez est soumise aux effets d'atténuation par frottement sur le fond accentués en faibles profondeurs. La perte d'énergie apparaît en particulier pour les houles de période supérieure à 5 s (Illustration 24).

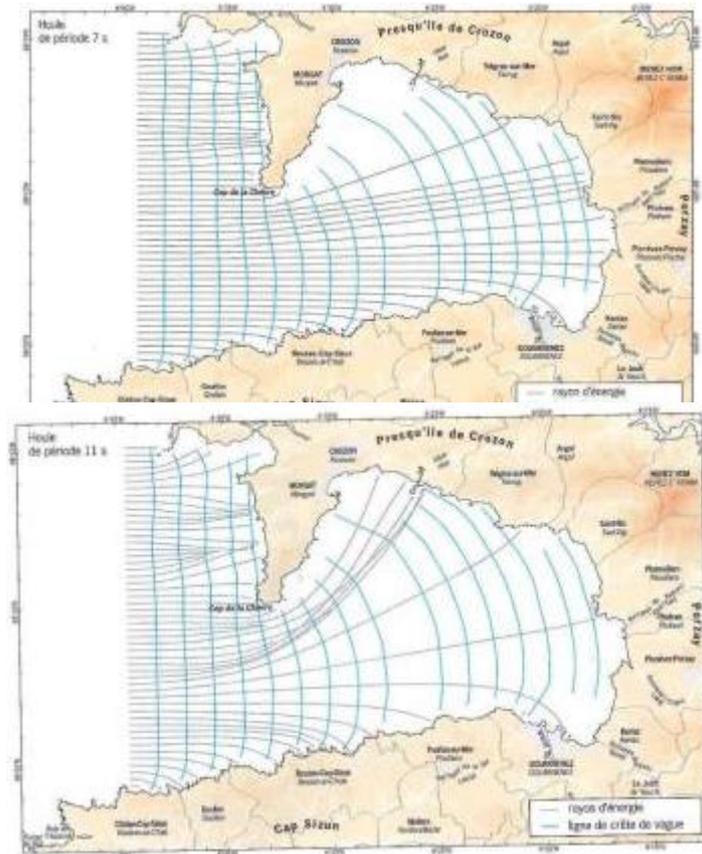


Illustration 24 : En haut, Plan de vagues pour une houle d'Ouest de période de 7s et en bas idem mais pour une période de 11s (Augris et al., 2005).

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.

L'Iroise appartient à la zone « Bretagne Ouest » qui comprend le littoral situé entre Roscoff (Finistère) et La Pointe du Raz (Finistère). Les ports de référence concernés sont Le Conquet (29) et Brest (29), auxquels s'ajoutent 18 sites secondaires pour les calculs en pleine mer et 22 en basse mer.

Le Compartiment C7 a donc pour port de référence le port de Brest.

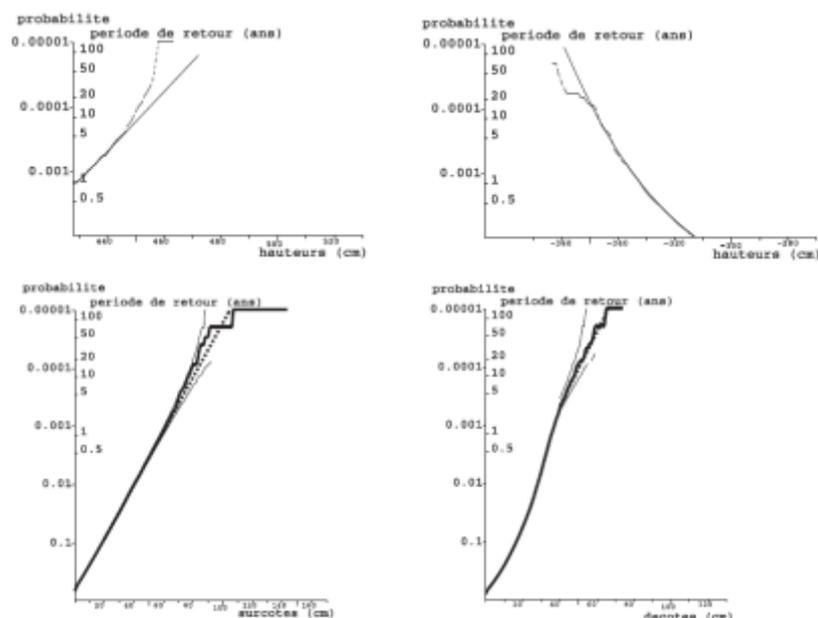


Illustration 25 : Résultats des statistiques pour le port de Brest par rapport à l'IGN 69, en haut – hauteur d'eau, en bas – surcote/decote (© CETMEF/SHOM 2012).

L'illustration 25 correspond aux résultats de l'analyse statistique des niveaux de mer, pour le port de Concarneau, 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.

Le SHOM et le CETMEF réalisent ainsi des cartes par secteur des niveaux de mers extrêmes pour des périodes de retour de 10, 20, 50 et 100 ans pour les basses et pleines mers (Illustration 26).

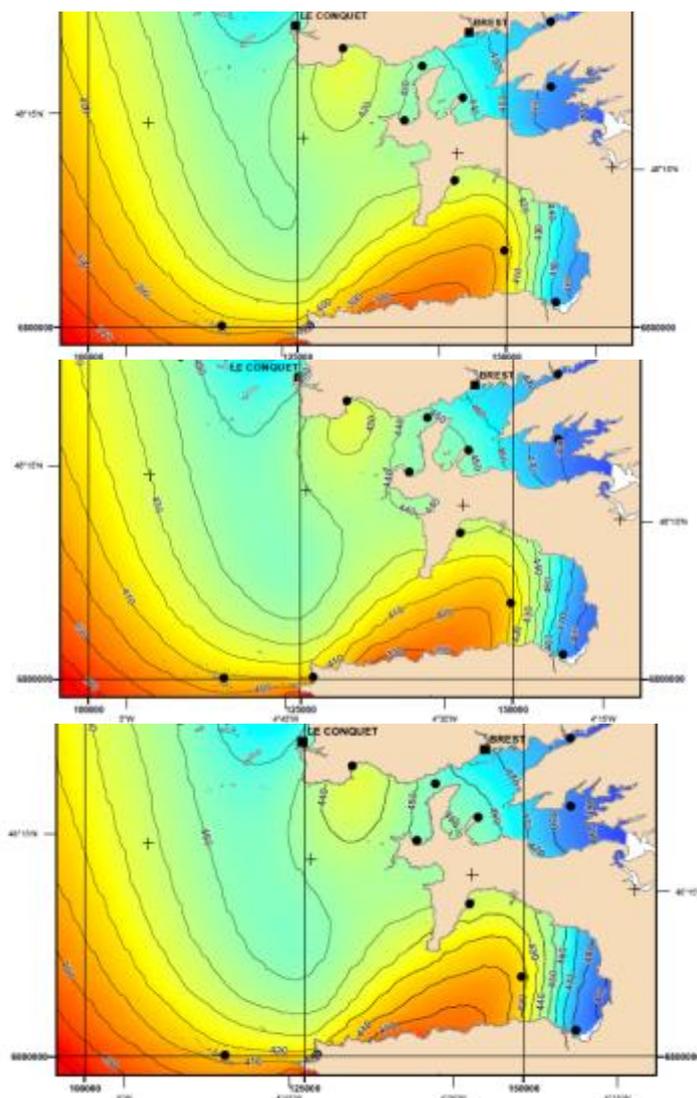


Illustration 26 : Carte des niveaux extrêmes de pleine mer sur une période de retour de 10, 50 et 100 ans (SHOM et CETMEF, 2012).

Les cartes des niveaux extrêmes sur l'Iroise (Illustration 26), montre que :

- pour une période de retour de 10 ans, le niveau extrême de pleine mer varie entre 3,90 m à la pointe du Raz et de 4,30 m à la Pointe de Saint-Mathieu, avec des niveaux supérieurs à 4,70 m dans les estuaires de la rade de Brest et des niveaux supérieurs à 4,60 m en fond de baie de Douarnenez ;
- pour une période de retour de 50 ans, le niveau extrême de pleine mer varie entre 4,00 m à la pointe du Raz et de 4,45 m à la Pointe de Saint-Mathieu, avec des niveaux supérieurs à 4,80 m dans les estuaires de la rade de Brest et en fond de baie de Douarnenez ;
- pour une période de retour de 100 ans, le niveau extrême de pleine mer varie entre 4,10 m à la pointe du Raz et de 4,50 m à la Pointe de Saint-Mathieu, avec des niveaux supérieurs à 4,90 m dans les estuaires de la rade de Brest et en fond de baie de Douarnenez.

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 27). 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 27 : Illustration de la surcote de pleine mer et de la décote de basse mer (CETMET/SHOM, 2012).

L'inventaire des événements tempétueux qui accompagne cette étude, avait aussi pour objectif la compilation de valeurs de surcote disponibles dans les diverses sources consultées : articles de journaux, rapports d'études ou études spécifiques. Une seule valeur de surcotes, a été trouvée dans la base de données tempêtes constituée. Il s'agit d'une estimation faite lors d'une étude BRGM d'appui administration sur une reconnaissance de Catastrophe naturelle suite au passage de Joachim au niveau du Fort Bertheaume (Schroetter et Idier, 2012), la surcote a été estimée à 0,51 m pour l'évènement du 15/12/2011.

Pour une période de retour de 10 ans, l'analyse des niveaux extrêmes du SHOM et du CETMEF (2012), donne une valeur de la surcote de 0,9 m (Illustration 25)

2.3. LES VENTS

A la station Saint-Mathieu, la rose des vents montre un déséquilibre entre les vents océaniques (de directions 180 à 360°) auxquels sont associés les vents de tempête (> 14 m/s) et les vents de terre (de directions 20 à 160°) comptant pour une forte proportion relative des vents de faible intensité (< 6 m/s).

Les vents forts (> 11 m/s) et les vents de tempête proviennent en proportion égale (1 à 3 %) de toutes les directions avec une légère prédominance des vents de secteur Sud.

On constate une forte composante méridienne des vents à la pointe Bretagne (~36 % : 12 % de vents de Nord, 8 % de Nord-Nord-Ouest, 9 % de Sud, 7 % de Sud-Sud-Ouest) tandis que les vents de secteur Ouest (Ouest-Nord-Ouest à Ouest-Sud-Ouest) ne représentent que 15 %. Néanmoins, la fréquence relative des vents de secteur Nord est associée à une grande proportion de vents d'intensité modérée (6-11 m/s) (Illustration 28) (Dehouck, 2006)

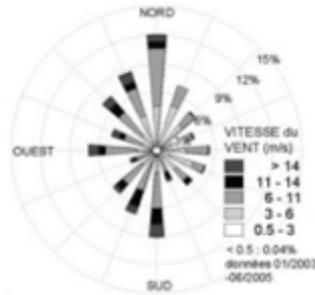


Illustration 28 : Rose des vents à la pointe de Saint-Mathieu (Dehouck, 2006 source Météo-France).

Stéphan (2009) fait une synthèse des données en rade de Brest étudiées par Guilcher et al. (1957), Berthois et Auffret (1968), SAUM (1977), Morel (1993), et constate que les résultats de leurs travaux sont en accord avec l'examen des enregistrements météorologiques effectués à la station Lanvéoc-Poulmic par Météo-France sur la période 1955-2006 (Illustration 29).

La direction prédominante des vents annuels est de secteur Ouest (de Sud-Ouest à Nord-Ouest), impliquant des rives orientales de la rade plus souvent battues par les vagues générées sur le plan d'eau. Les vents de Nord-Est sont également fréquents, notamment entre les mois d'avril et juin.

Les vents de vitesses inférieures à 8 m/s sont les plus fréquents mais ne génèrent qu'un faible clapot sur la plupart des points de la côte. Les vents supérieurs à 8 m/s, sont moins fréquents, mais sont les plus morphogènes, et ont pour direction principale le Sud-Ouest surtout en hiver, entre les mois de novembre et février (Illustration 30).

Ces vents forts sont le plus souvent associés au passage de dépressions atmosphériques près des côtes traduisant un contexte tempétueux. Les vagues qu'ils engendrent peuvent former des bermes et des levées de tempêtes sur la crête des cordons de galets. C'est lors de ces événements que s'effectue l'essentiel du transport sédimentaire.

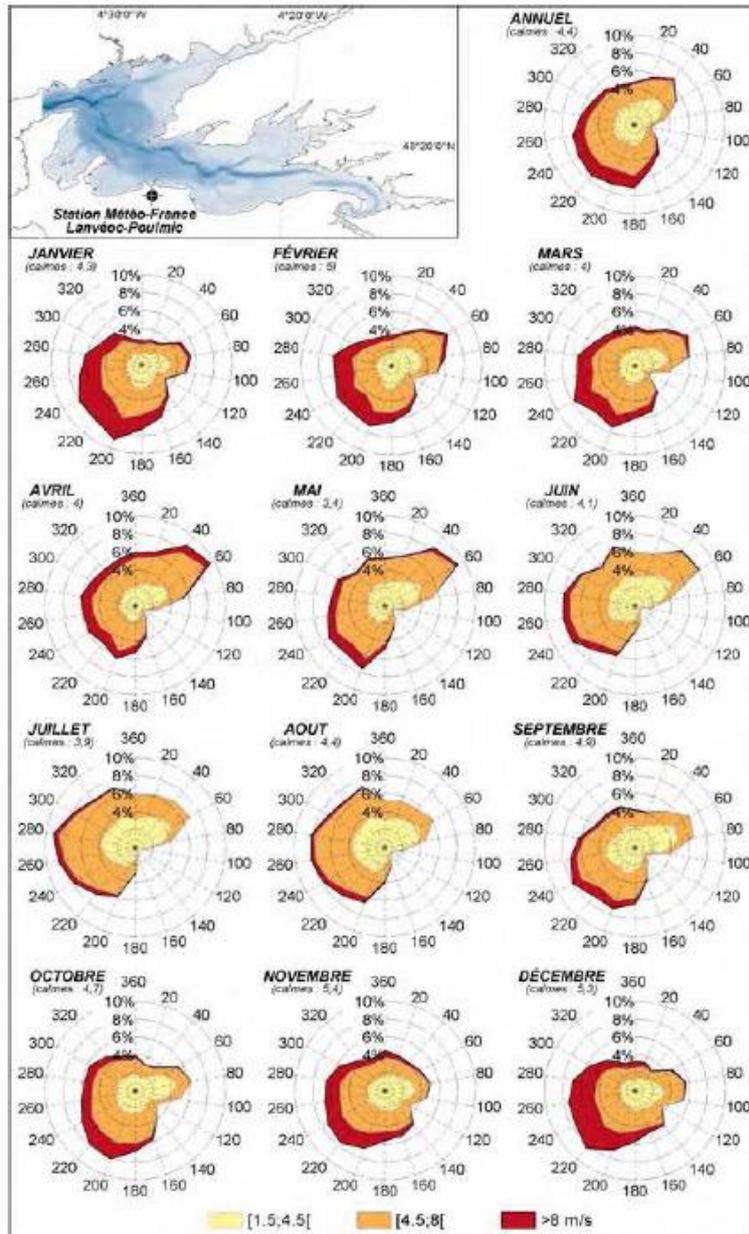


Illustration 29 : Rose des vents annuels et mensuels à la station Météo-France de Lanvéoc-Poulmic (période 1955-2006) (dans Stéphan, 2009).

Les fréquences moyennes regroupées sur une rose des vents au niveau de la Pointe du Raz et pour la période 1951-1975 (Illustration 30, à gauche), font apparaître deux directions principales : Des vents de secteur Nord et des vents de secteur Sud-Ouest. Sur la partie nord de la baie d'Audierne, les conséquences sont un refoulement des masses d'eau côtières vers le large par vent de secteur Nord et, au contraire, une concentration des eaux du large vers le littoral par les vents de secteur Sud-Ouest.

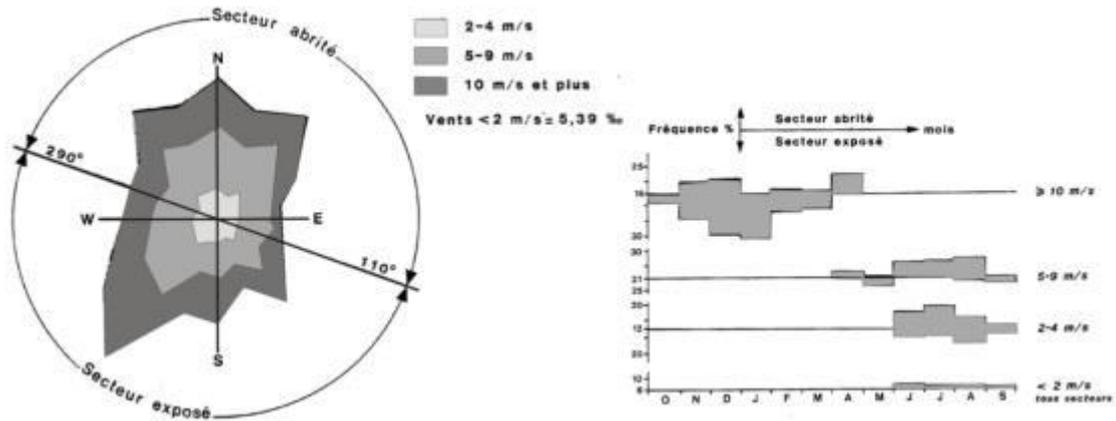


Illustration 30 : A gauche, vitesses et directions des vents ; à droite, répartition de la fréquence en fonction de la vitesse des vents par mois de l'année - à la Pointe du Raz entre 1951 - 1975.

La répartition durant l'année de la force des vents (Illustration 31, à droite), fait apparaître une prédominance des coups de vent (> 10 m/s) d'octobre à mars et de novembre à avril (fréquences > 20 %). Au contraire, les périodes faiblement ventées (2 - 4 m/s) sont surtout observées en période estivale, soit de juin à septembre quel que soit la direction (fréquences > 12 %). Les périodes de calme (< 2 m/s) correspondent également à cette période (> 6 %). Les vents de forces intermédiaires (4 - 10 m/s) soufflent régulièrement toute l'année (fréquences > 15 % tous les mois), avec un maximum estival : juillet, août et septembre (fréquences > 25 %).

D'autres statistiques basées sur les observations des directions des vents pour la période novembre 2003 à mai 2014, à la Pointe du Raz, montrent deux directions annuelles principales :

- des vents de secteur Nord-Nord-Est à Nord-Nord-Ouest,
- et des vents de secteur Sud-Ouest (Illustration 31).

Au sud du compartiment C7, à partir de la station de Penmarc'h, mais pour la période de septembre 2010 à avril 2014, la direction des vents dominants qui s'affiche préférentiellement, est la direction Nord-Ouest à l'année, et sur l'ensemble des autres mois de l'année, mais avec des directions de vents non négligeables en mars de secteur Est-Sud-Est (Illustration 31).

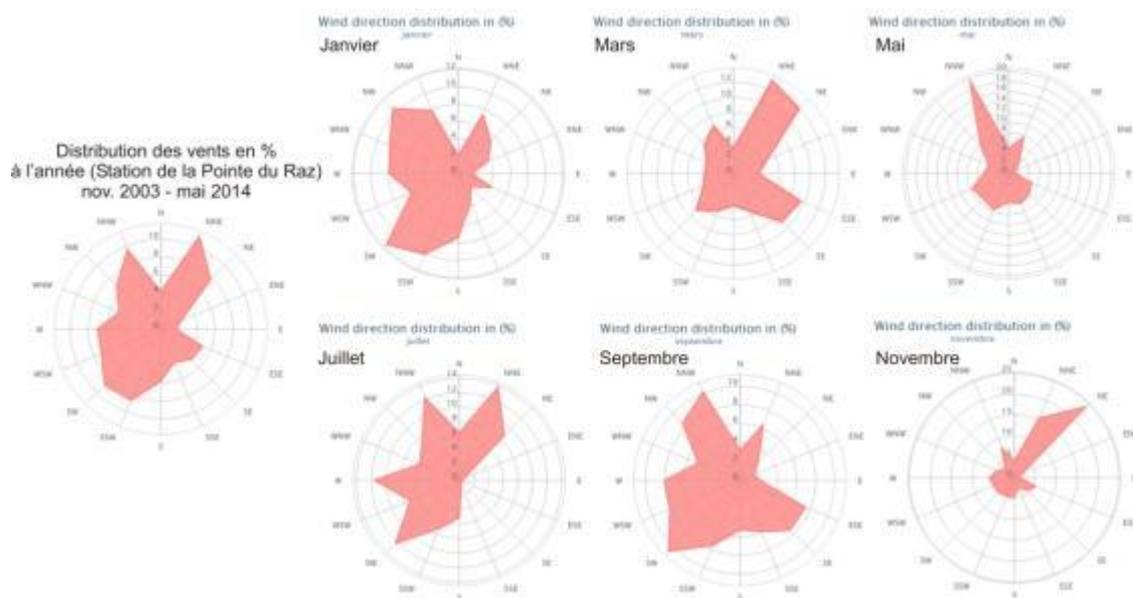


Illustration 31 : Roses des vents à la station de la Pointe du Raz entre Novembre 2003 et mai 2014 puis pour les mois de janvier, mars, mai, juillet, septembre et novembre (Source WindFinder.com).

3. Analyse historique des aléas littoraux

3.1. RISQUE NATUREL : QUELQUES RAPPELS

Avant de présenter la synthèse des aléas sur la côte Iroise, quelques rappels s'imposent sur les termes aléa, enjeu, risque et vulnérabilité.



Illustration 32 : 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 SUR LE COMPARTIMENT C7 : IROISE

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

Illustration 33 : 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 évalué 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 su 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 C7

Il a été possible grâce aux informations récoltées dans les différents documents consultés, d'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 mer d'Iroise est caractérisée par un trait de côte très irrégulier, formé par une suite de falaises et de criques sableuses. Les côtes les plus touchées par les agents météo-marins sont les côtes orientées au Nord, au Sud et à l'Ouest (CETMEF, 2010).

À l'extrémité Sud du compartiment entre les communes de Plogoff et de Cap Sizun, la plage de la Baie des Trépassés, orientée à plein-Ouest et entourée des pointes du Van et du Raz, est particulièrement touchée par les agents météo-marins. Plusieurs cas d'érosion ont été recensés par le CETMEF, dans une fiche de site présentant la zone. Bien que le trait de côte semble stable, il a connu plusieurs épisodes érosifs et de submersion entre 1978 et 2008, dont l'Hôtel-Restaurant situé entre la plage et le marais maritime en arrière, en a déjà fait les frais.

Dans la Rade de Brest, des études sur les mouvements de terrain, ont recensé un nombre d'éboulement de falaises dont les causes pouvaient être les houles, notamment, une étude

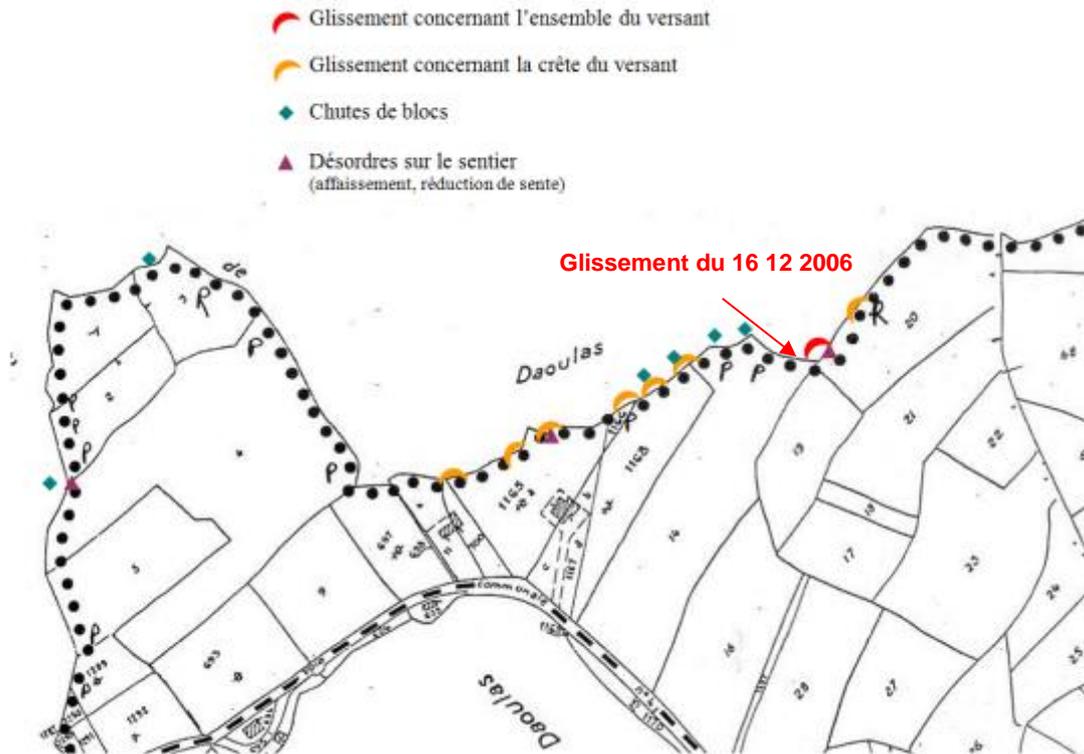


Illustration 35 : Synthèse des instabilités sur la commune de Daoulas (LRPC - CETE de l'Ouest, 2007).

Ce secteur est principalement constitué de formations rocheuses et superficielles, et le diagnostic du LRPC est que les causes pourraient être de ces glissements de terrain et chutes de blocs, seraient anthropiques, dues à la sur-fréquentation des sentiers côtiers.

Le même état des lieux a été effectué sur la commune de Logonna-Daoulas ; l'étude s'est portée sur l'ensemble du sentier côtier reliant l'Anse du Roz à l'Anse du Bourg (Illustration 36).



Illustration 36 : Situation du sentier étudié à Logonna-Daoulas (LRPC - CETE de l'Ouest, 2008).

Le secteur est constitué de formations rocheuses et superficielles. De nombreuses chutes de blocs et de glissements de terrain ont été observées le long du sentier et à chaque parcelle. Le LRPC a établi un diagnostic (Illustration 37).



Illustration 37 : Exemple de photographies présentant deux zones de glissement de terrain à Logonna-Daoulas (CETE Ouest, 2008).

Si, dans certains secteurs, l'origine de ces érosions comme sur la commune de Logonna-Daoulas peut être anthropique ; on constate malgré tout que sur les falaises meubles *au sens large*, l'érosion marine et un fort niveau marin participent (1) à la liquéfaction de ces abrupts meubles mais aussi (2) au déblaiement des matériaux tombés qui redonnaient un soupçon d'équilibre aux pentes. L'érosion marine est donc également responsable dans les répétitions successives de ces glissements.

La dernière commune de la rade de Brest étudiée par le LRPC est la commune de Relecq-Kerhuon en 2004. L'analyse porte sur une section côtière d'environ 400 mètres (Illustration 38).

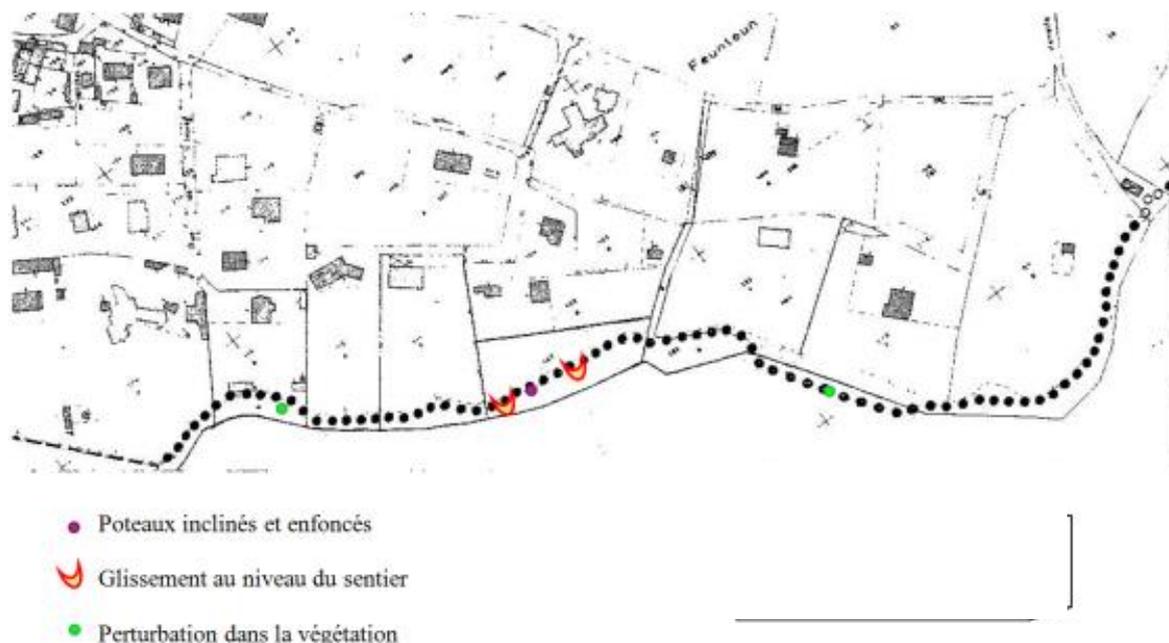


Illustration 38 : Synthèse des instabilités à Relecq-Kerhuon (CETE Ouest, 2004).

Comme pour les deux communes précédentes, le plan cadastral a servi de fond d'étude pour les événements touchant le littoral. Deux glissements principaux ont été recensés.

Pour la Commune de Relecq-Kerhuon, des cartes supplémentaires de prévention ont été réalisées afin de qualifier l'aléa « mouvement de terrain ».

Ces cartes présentent le littoral selon son exposition à l'aléa et la vulnérabilité du site, le tout synthétisé dans une carte de risque, comme le montre l'illustration 39.

Cette carte est principalement réalisée à destination de la sauvegarde du sentier littoral.

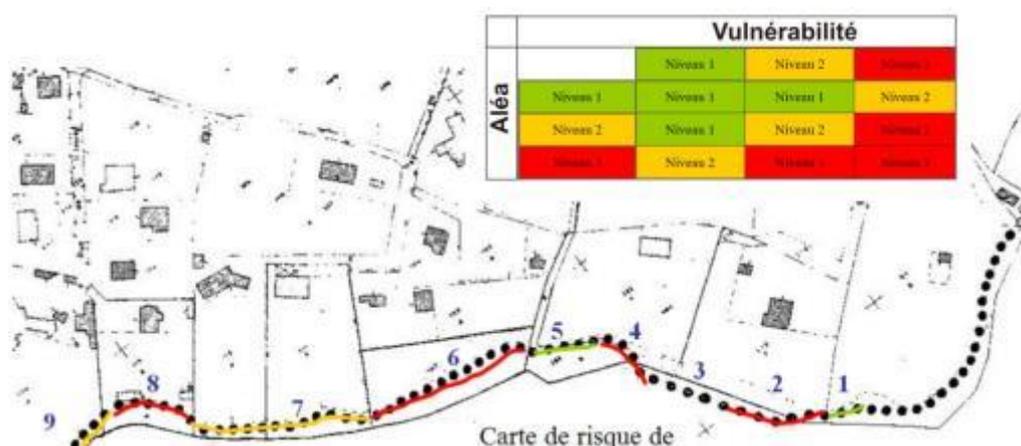


Illustration 39 : Carte de risque de dégradation du littoral (CETE Ouest, 2004).

L'ensemble des informations récoltées sont synthétisées sur les cartes qui suivent des illustrations 40 et 41.

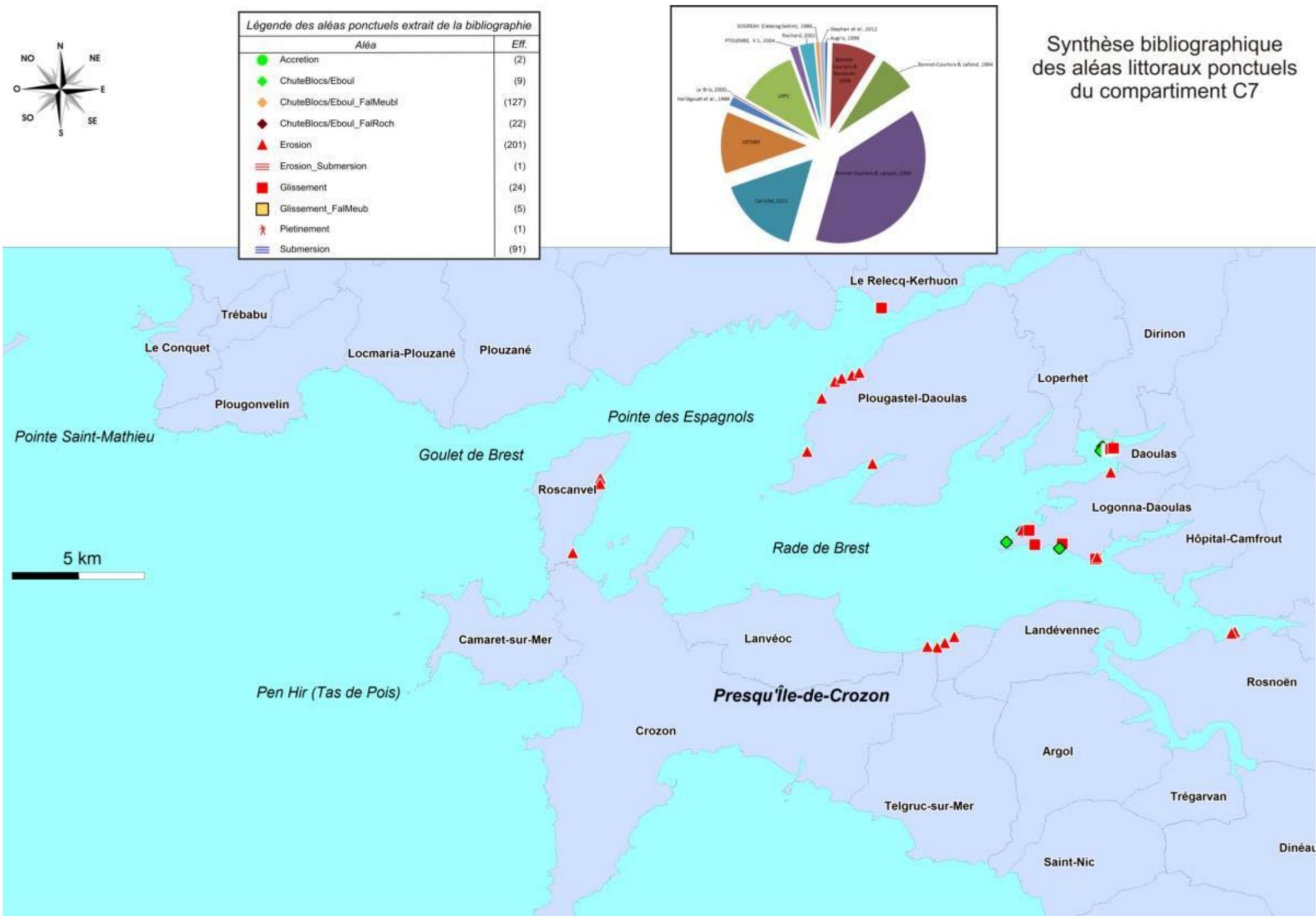
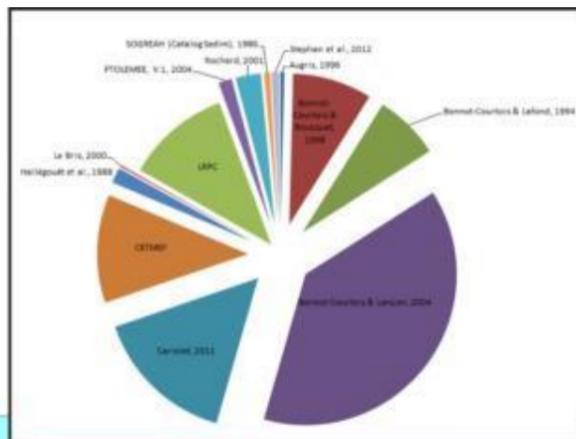
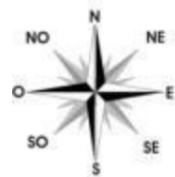
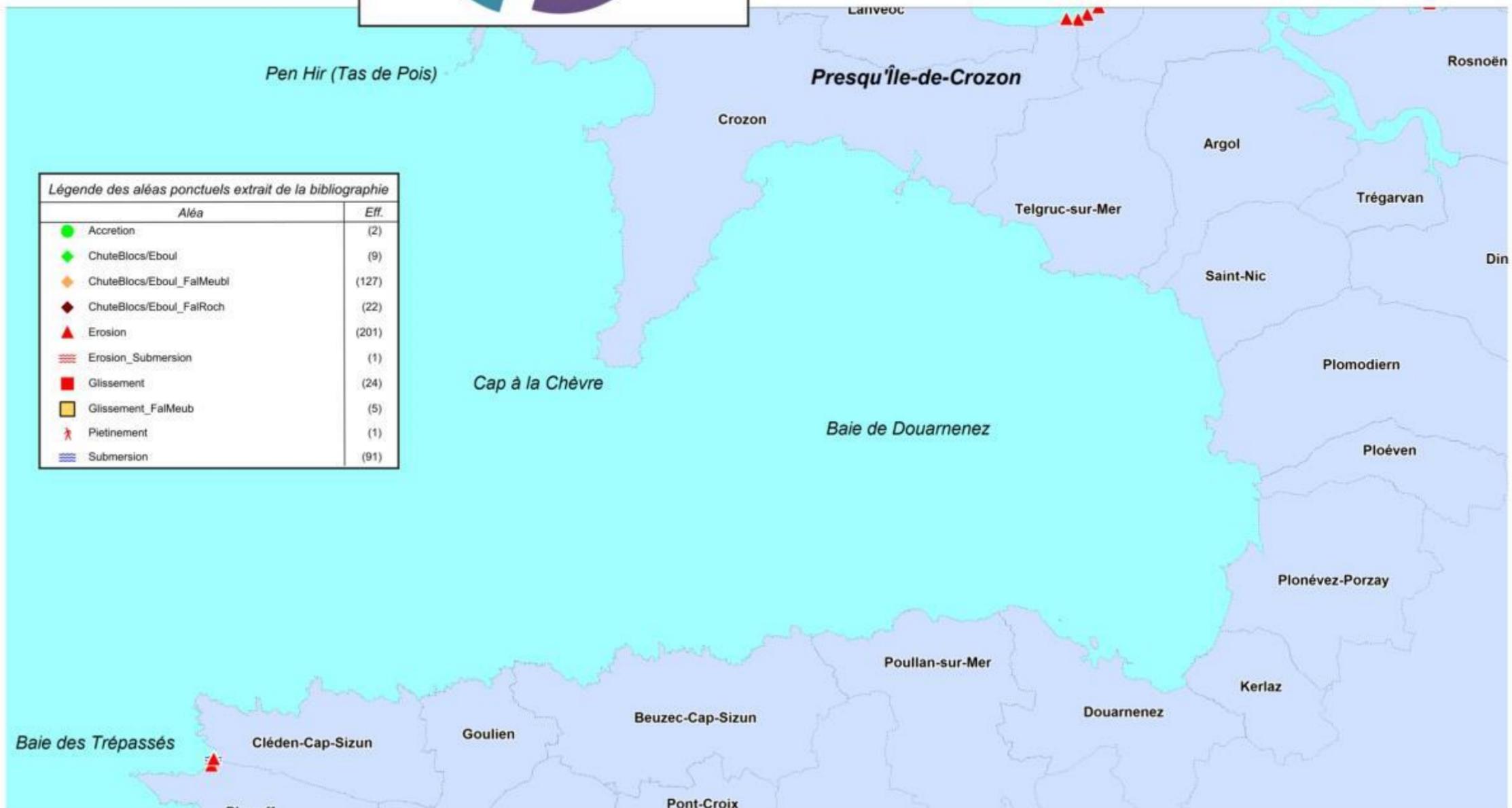


Illustration 40 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C7.



Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C7



Légende des aléas ponctuels extrait de la bibliographie

Aléa	Eff.
● Accretion	(2)
◆ ChuteBlocs/Ebouil	(9)
◇ ChuteBlocs/Ebouil_FalMeubl	(127)
◆ ChuteBlocs/Ebouil_FalRoch	(22)
▲ Erosion	(201)
≡ Erosion_Submersion	(1)
■ Glissement	(24)
□ Glissement_FalMeub	(5)
✂ Pietinement	(1)
≡≡≡ Submersion	(91)

Illustration 41 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C7.

3.2.3. Les linéaires en érosion ou en accrétion du compartiment C7

Pour les secteurs de linéaire de côte en érosion ou autre, il a aussi été possible grâce aux informations récoltées dans les différents documents consultés, d'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.

Garreau (1973) faisaient remarquer que l'érosion différentielle marine accentuait les contrastes lithologiques entre les formations volcaniques par exemple de la pointe de Lostmarc'h, et les roches schisto-gréseuses encaissantes. Dans le secteur de l'anse du Caon, les schistes, attaqués par la mer, reculent, formant la baie tandis que la pointe du Bellec au sud, armée par des sills doléritiques et d'un filon de Kersanton, forment un saillant. Les mêmes observations pouvaient être faites pour Penn-ar-Vir plus au Nord. Ceci est particulièrement vrai pour l'ensemble du compartiment où de façon systématique, il est possible d'associer résistance mécanique des roches et signes des reliefs. En positif, les roches riches souvent en silice (quartzites massives, granites etc.) et en négatif, les roches schisto-gréseuses ou schisteuses ; et par dichotomie ou suivant une loi fractale, ce qui est valable pour les grandes caps rocheux, le devient à plus petites échelles pour des pointes ou avancées vers la mer.

Entre ces caps, les plages telles celles de Dinan, sur la presqu'île de Crozon, exposées Ouest à Sud-Ouest, ou celles de Lostmarc'h et de la Palue (ouverte à toutes les incidences de vagues) sont stables ou en progradation (accrétion) ; tout comme celles de Kersiguéno et de Goulien qui connaissent quant à elles une accrétion remarquable depuis le XVIIIème siècle.

Sur cette anse, une falaise fossile teint lieu de dossier au massif dunaire, au niveau des plages de Kersiguéno et de Goulien. Cette falaise serait antérieure au XVIIIème et remonterait à l'époque périglaciaire de Bretagne septentrionale. Cette falaise morte a été retrouvée sous les dunes des sables de Kersiguéno et a permis de reconstituer la carte de l'évolution de la ligne de rivage sur plusieurs périodes (Illustration 42).

On observe sur cette plage (Illustration 42) une accrétion importante (Hallegouet et Henaff, 1995), due à la force éolienne, qui dépose le sable sur l'arrière plage, formant des dunes prenant petit à petit le pas sur la mer.

Les auteurs expliquent aussi cette accrétion par la sur-fréquentation du lieu dans les années 1970-80, où de nombreux touristes en s'installant l'été dans cette anse, ont abimé la végétation. L'état du couvert végétal en bordure de mer est alors dégradé, et ne parvient plus à retenir l'affluence de sable apportée par le vent, qui est remonté sur l'arrière plage.

L'accumulation de sable dans le fond de l'Anse de Dinan serait aussi accentuée par les houles déposant le sable accumulé sur le bord de mer.

Ce phénomène est assez particulier dans ce secteur exposé aux agents météo-marins atlantiques car l'accrétion est aussi la tendance pour le secteur de Lostmarc'h – la Palue (Illustration 43).

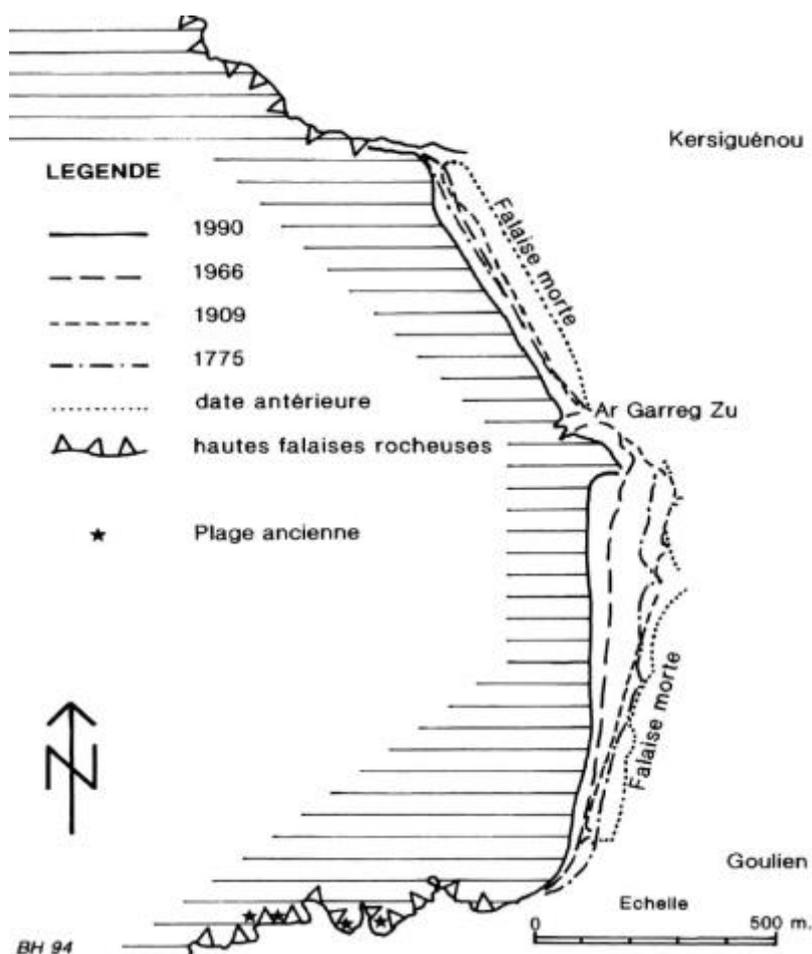


Illustration 42 : Evolution de la ligne de rivage devant les dunes de Kersiguénoù et de Goulien (Hallegouet B., Henaff A. 1995).

En revanche, cette tendance n'est pas généralisable à l'ensemble du compartiment C7. Les cordons dunaires et les flèches en baie de Douarnenez (Illustration 43 dans Dehouck, 2006) ont une tendance érosive.

Dans la Baie de Douarnenez, l'Anse de Morgat située à l'extrémité Nord de la Baie entre la Cap à la Chèvre et la flèche de l'Aber (Illustration 44), abrite un port maritime, celui de Crozon-Morgat, à l'extrémité Ouest de la plage du même nom.

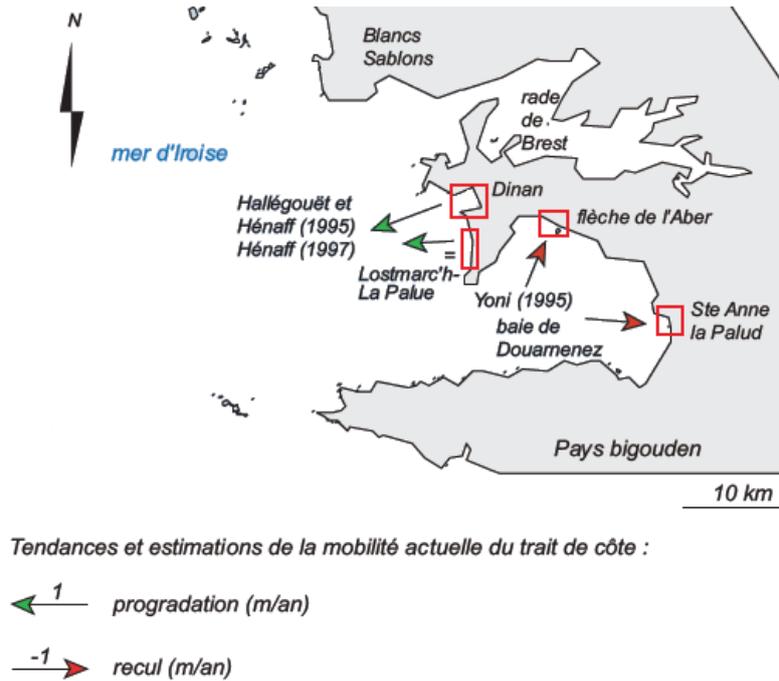


Illustration 43 : Mobilité des cordons dunaires et flèches (Dehouck, 2006).

Pendant plusieurs années, la plage de Morgat connaissait une érosion conséquente du fait de l'engouffrement de la houle dans l'Anse.

La houle dominante avec une orientation Ouest-Est, entre dans la Baie de Douarnenez, et est diffractée sur la pointe rocheuse pour venir toucher l'Ouest de la plage de Morgat.

Cette plage qui avait présenté un grand intérêt pour les amateurs de pêche, était devenue trop dangereux à cause des courants. Pour ramener de la quiétude, et ses pêcheurs sur la côte, un môle de 105 m de long fut créé en 1861 à l'extrémité Ouest de la plage, plus tard rattaché au vieux quai. Cet aménagement allait permettre le développement d'un petit port de pêche protégé de la houle.

La transformation du port de pêche en port de plaisance, avec la construction d'hôtels le long de la côte, de restaurants ont entraîné la construction d'aménagements de protection devant chaque endroit stratégique de la côte.

Ainsi en 1971, une digue en enrochement fut mise en place, enracinée à la falaise.

Cette construction qui ne fit l'objet d'aucune étude d'impact, est venue modifier et affecter la dynamique sédimentaire de l'anse, en créant des secteurs en érosion et des secteurs avec apports et sédimentation comme il est possible de le voir sur l'illustration 44 ci-dessous.

Sur deux cartes des sédiments de l'anse, après et avant les aménagements, il est possible de constater que sur celle avant l'aménagement, la répartition des sédiments de la plage à l'estran, était homogène parallèlement (*long-shorre*) et perpendiculairement (*cross-shorre*) à la plage, montrant une répartition homogène de l'énergie des vagues à la côte ; alors que sur la carte des sédiments après l'aménagement, il y avait une répartition déséquilibré des sédiments grossiers à l'Est de la baie (plus forte énergie des vagues) et plus fins à l'Ouest (plus faible énergie des vagues) (Illustration 45).

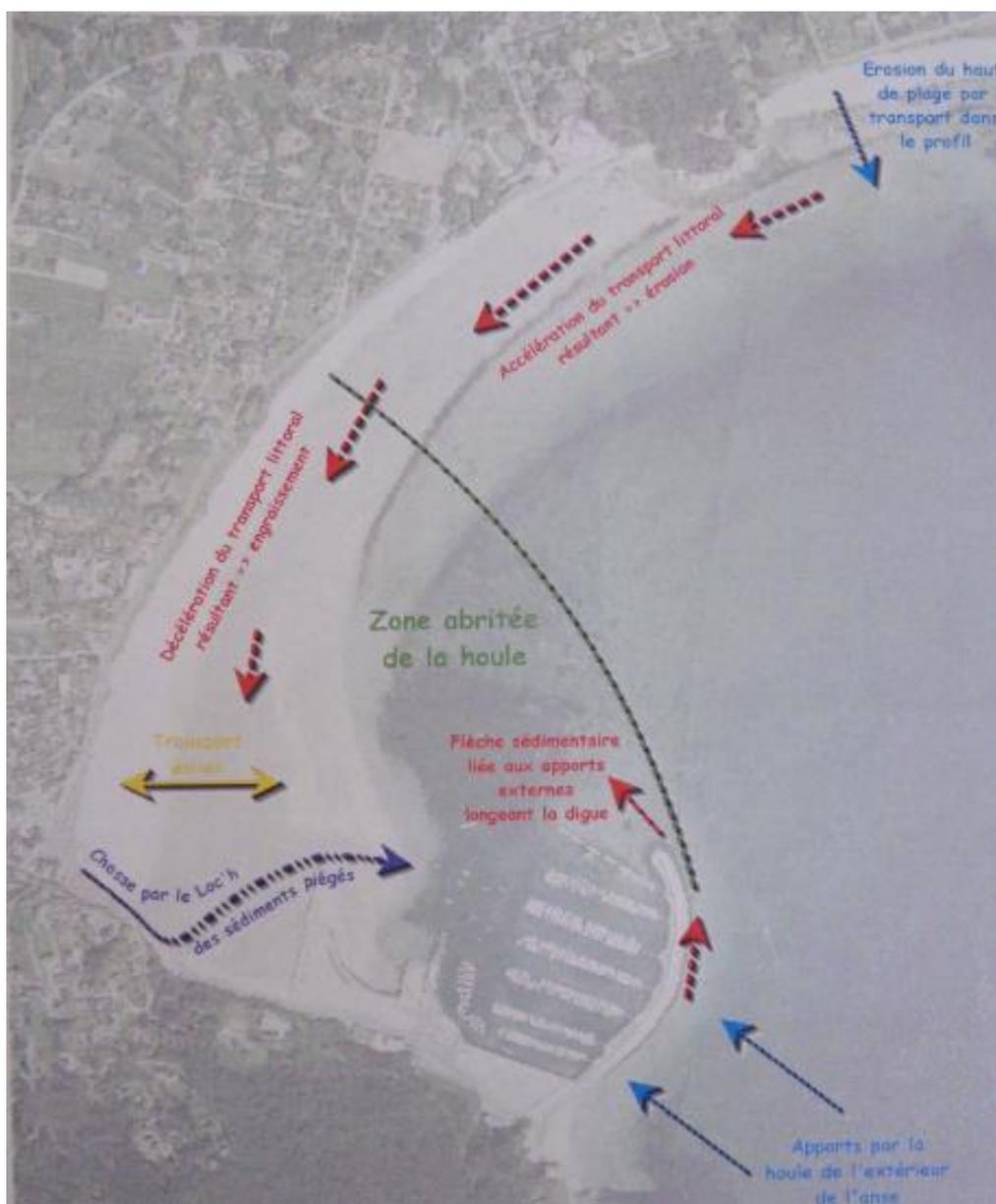


Illustration 44 : Conséquence de l'aménagement de l'anse de Morgat (Crozon) - synthèse de la dynamique sédimentaire (Latteux B., 2003).

Latteux (2003), dans son « Diagnostic et état actuel de la plage et du port de Morgat », montre que l'aménagement de l'anse de Morgat a créé une zone abritée de la houle en arrière de la digue, formant une plage de sable longeant cette digue, et arrêté par l'embouchure du Loc'h. L'accrétion sédimentaire se fait par la dérive des sédiments qui se déplacent le long du trait de côte et du haut de la plage vers le bas, mais aussi par les apports de la rivière le Loc'h, débouchant sur la plage, avec une participation non négligeable du transport éolien orienté Ouest-Est (Illustrations 44 et 45).



Illustration 45 : Photographie aérienne IGN de 2000 avec superposition des limites entre plage et mer observées sur les photographies aériennes IGN de 1952, 1978 et 1990 (Latteux B., 2003).

L'illustration 45 résumé assez clairement l'évolution des sédiments de l'estran de l'anse de Morgat entre 1952 et 1990.

En rade de Brest, un autre aménagement, sur l'anse de Sainte-Anne-du-Portzic, a entraîné une modification de la dynamique sédimentaire et une érosion de la plage. Une étude menée par Suanez et Fichaut (2008), a abouti à la proposition d'un rechargement de la plage.

L'historique du site remonte au début du XX^{ème} siècle, moment où la plage devint touristique, principalement sur sa partie Est. Contre les falaises, sur lesquelles venaient s'adosser des accumulations de galets de faible volume, des hôtels et restaurants de bord de mer se sont installés. Afin de protéger ces constructions, la falaise fut renforcée par des perrés maçonnés. A l'Ouest de l'Anse, au contraire, le cordon de galet avait conservé son aspect naturel. Mais un mur fut construit à partir des années 1950 et qui fut prolongé en 1963. Cet ouvrage aura pour conséquence l'érosion de la plage en contrebas, avec la réflexion des vagues sur l'ouvrage. Les galets disparaîtront petit à petit entraînant une diminution du niveau de la plage. Une digue sera créée afin de contrer les trains de houle, et permettre de dévier leur trajectoire. Mais cette digue aura l'effet inverse de ce qui était attendu (Illustration 47).

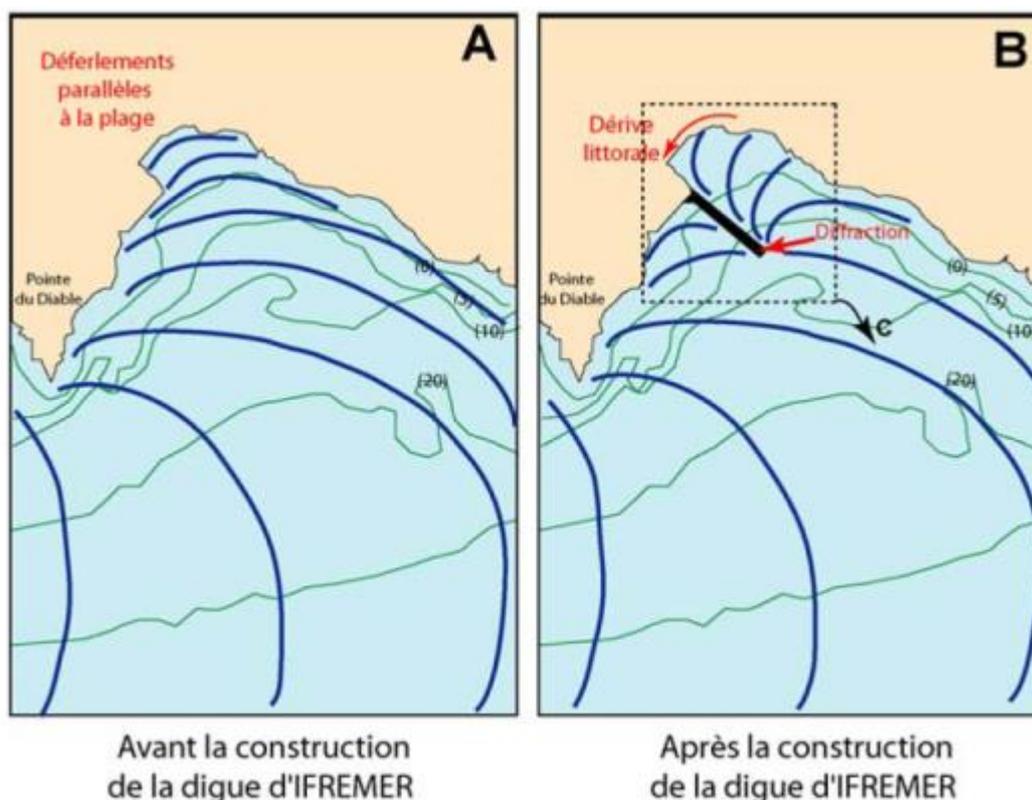


Illustration 46 : Conséquences de la Construction de la Jetée d'IFREMER sur l'action de la houle dans l'Anse de Saint-Anne (Suanez et Fichaut, 2008).

La houle subie une diffraction suite à la construction de la Jetée IFREMER, et touche désormais tout l'Est de l'Anse. Une dérive littorale locale est créée, érodant une côte, en créant un transport sédimentaire le long du trait de côte. La houle touche également la partie Ouest entre la jetée et la Pointe du Diable (Illustration 46 ; Suanez et Fichaut, 2008).

La rade de Brest, possède sur la quasi-totalité des embouchures de fleuves côtiers, un certain nombre de cordons littoraux (sablo-graveleux) ou de flèches à pointe libre ou sillons, et pourraient être les marqueurs naturels de la limite furtive entre l'hydrodynamisme marin et continental. Ces objets géomorphologiques délicats ont donc fait l'objet d'une étude de la cinématique entre 1952 et 2006, de différentes limites géomorphologiques afin d'avoir une tendance de leur évolution dans le temps (Illustration 47 ; Stephan *et al.*, 2007 ; 2012).

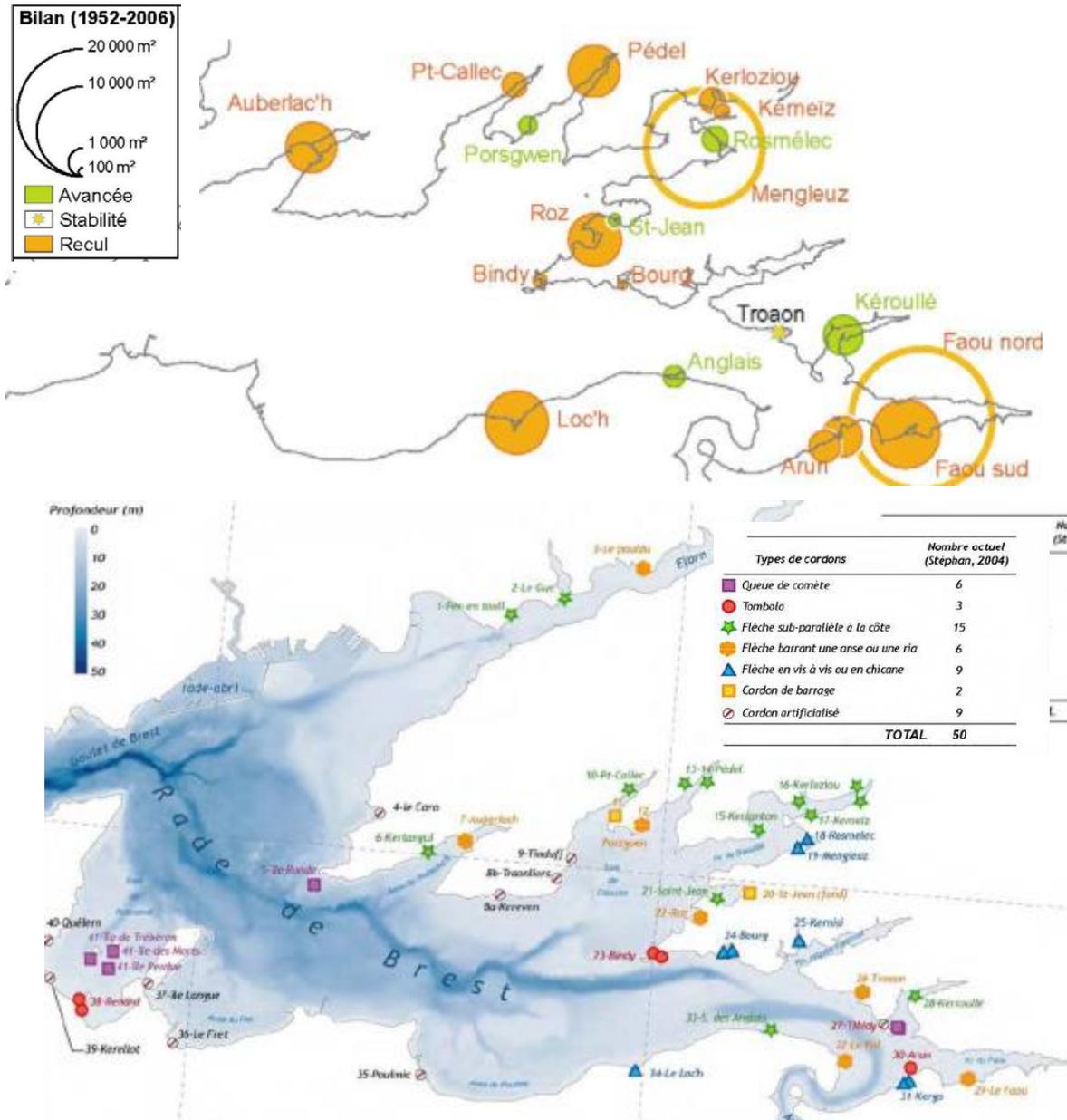


Illustration 47 : En haut : Bilan de l'évolution des cordons littoraux entre 1952 et 2006 (Stephan et al., 2007) ; En bas : Localisation des cordons littoraux de la rade de Brest (Stephan P. et al., 2012).

L'évolution de chaque sillon de la Rade de Brest et du marais maritime associé, quand il y en avait un, a été étudiée en détail afin de comprendre leur cinématique face aux agents météorologiques de la rade. Parmi la myriade de sillons, quelques sillons ont été sélectionnés sur la base de leur particularité ou de leur singularité géomorphologique.

1 - Le sillon des Anglais

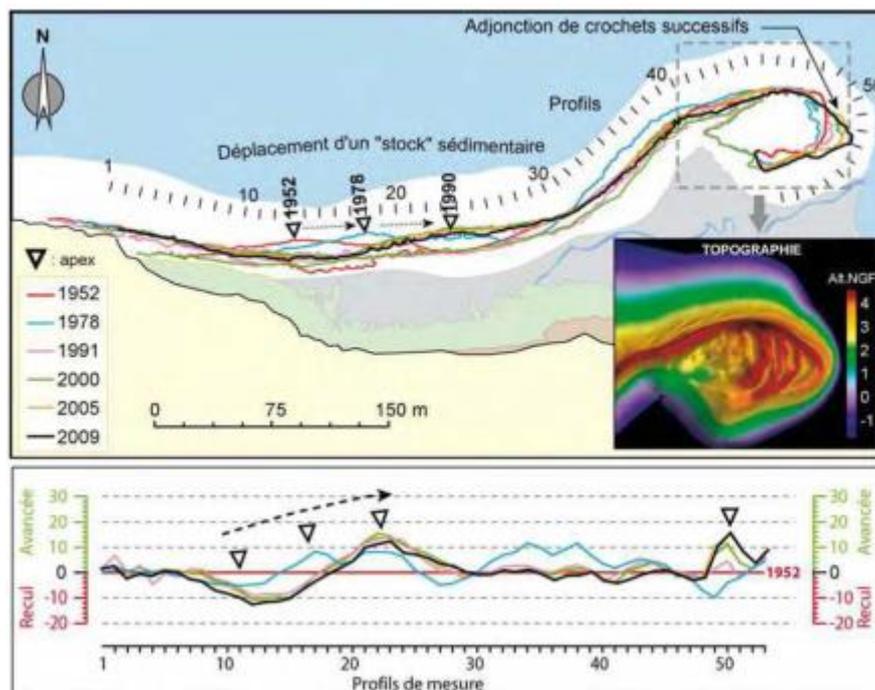


Illustration 48 : En haut : Photo du Sillon des Anglais ; En bas : Evolution du Sillon des Anglais entre 1952 et 2009 (Stephan P. et al., 2012).

Sur l'illustration 48 en haut, le Sillon des Anglais est orienté sub-Est-Ouest (Illustration 48 en bas), les houles viennent de la droite du sillon sur la photographie, et il est possible d'observer sur le flanc nord du sillon, des crêtes de barres et bâches, orientées avec un angle de 10 à 15 ° par rapport au sillon. Le Sillon des Anglais est le seul sillon de la Rade ayant connu une avancée significative au cours des 60 dernières années. Cet avancement est caractérisé par le déplacement des rides de galets le long du cordon, formant une crête successive à son extrémité. Cette accrétion est due à une bonne alimentation sédimentaire, provoquée par les falaises de « head » (de dépôts de pente), en amont hydraulique du sillon qui délivrent une quantité importante de sédiments au rivage, transportés par une dérive de

Ouest vers l'Est, jusqu'au Sillon des Anglais, limité à l'Est par l'exutoire d'un petit cours d'eau côtier (Illustration 48 en bas).

2 - La flèche de Troaon

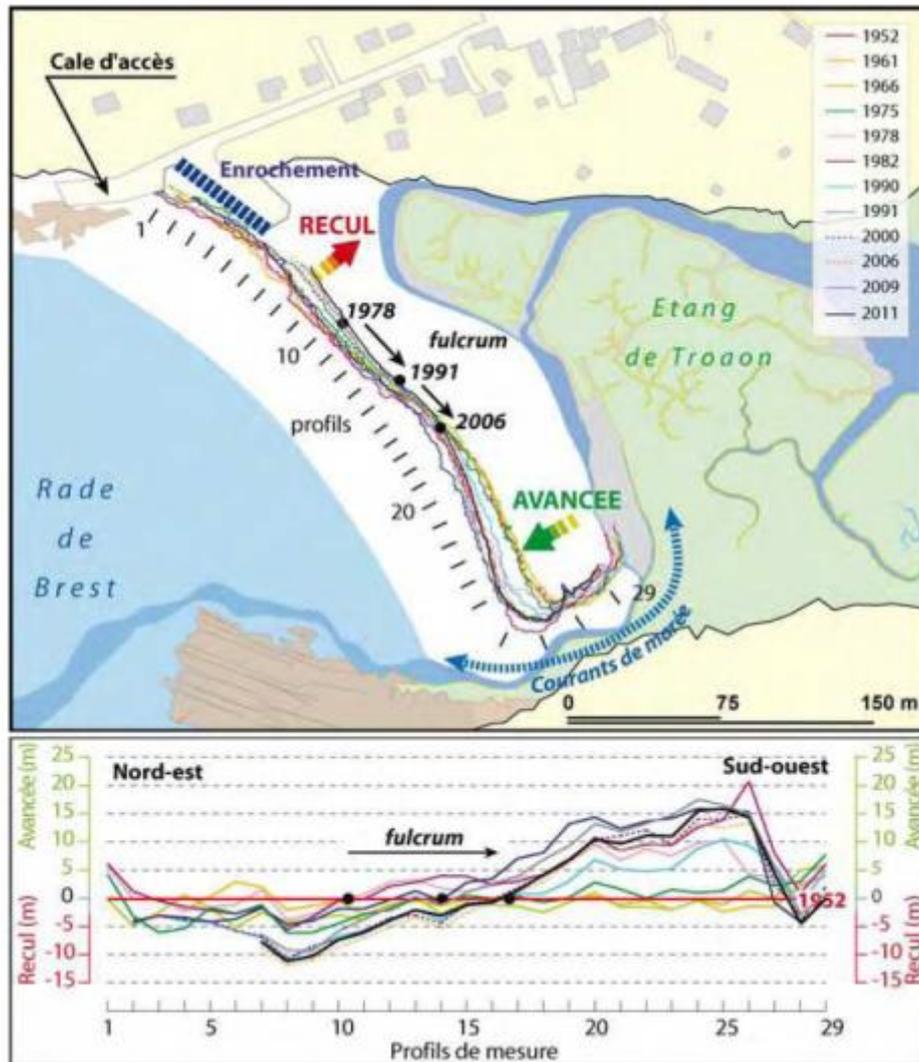


Illustration 49 : Evolution de la flèche de Troaon par macro-cannibalisation entre 1952 et 2011 (Stephan et al., 2012).

À la flèche du Troaon, une cale en enrochement a été construite afin de contrer le recul de l'enracinement du cordon. Ce recul est expliqué par les courants de marée frappant de plein fouet le haut de la flèche, au niveau de la côte, et par le déplacement des sédiments vers le Sud de la flèche. Mais comme ces sédiments rencontrent les courants de marée et ceux du Troaon, la flèche ne peut s'allonger vers le Sud, et s'engraisse, créant une zone en accrétion (Illustration 49).

3 - La flèche de Saint-Jean

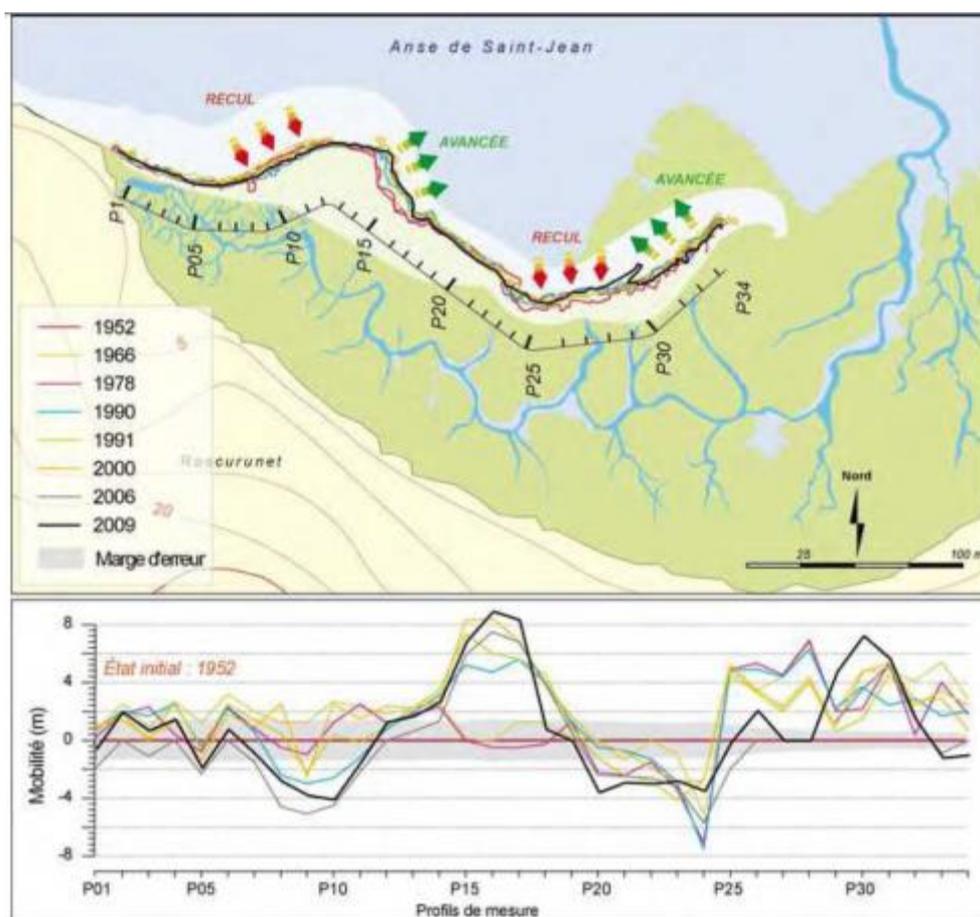


Illustration 50 : Evolution de la flèche de Saint-Jean par micro-canibalisation entre 1952 et 2009 (Stephan et al., 2012).

La flèche de Saint-Jean présente deux parties distinctes qui se répètent. Dans chacune d'elles, on remarque des phénomènes de recul et d'avancée du cordon.

Les agents météo-marins qui viennent frapper le cordon ont une orientation Ouest-Est, et provoquent (notamment les courants) le transport des sédiments vers l'Est, le long du sillon. Il est possible ainsi d'observer des secteurs avec un départ de sédiments (en érosion) et des secteurs avec un dépôts des sédiments (en accrétion). Cette dynamique forme les sinuosités caractéristiques de ce cordon (Illustration 50 en bas).

4 - Le sillon de l'Auberlac'h

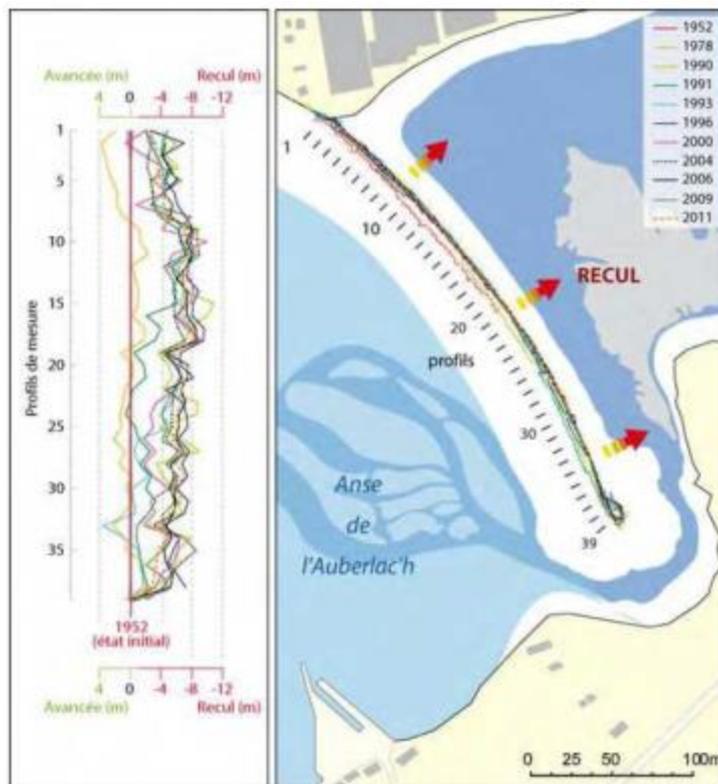


Illustration 51 : En haut : Le Sillon de l'Auberlac'h à Plougastel-Daoulas ; En bas : Evolution du Sillon de l'Auberlac'h entre 1952 et 2011 : recul épisodique par roll over (Stephan et al., 2012).

Le Sillon de l'Auberlac'h est un cordon de galets, soumis à l'érosion par « roll over ». La tendance de l'évolution est considérée comme une érosion, même si celle-ci s'effectue sans perte de matériel. Le cordon migre progressivement vers l'intérieur des terres, tout en conservant son volume initial. Le cordon de l'Auberlac'h présente cette évolution lente depuis 1952. C'est un cordon robuste peu sensible au franchissement des vagues par temps de tempête. Malgré cela, le recul cordon vers les terres n'est pas compensé. Le retrait est donc estimé à -6 m entre 1952 et 2006.

Une étude plus précise de l'Anse de l'Auberlac'h sur la commune de Plougastel-Daoulas, a montré que le môle en amont hydraulique au cordon de l'Auberlac'h, en 1872, puis allongé en 1932, avait bloqué le transit des sédiments venant de l'Ouest (Illustration 52).

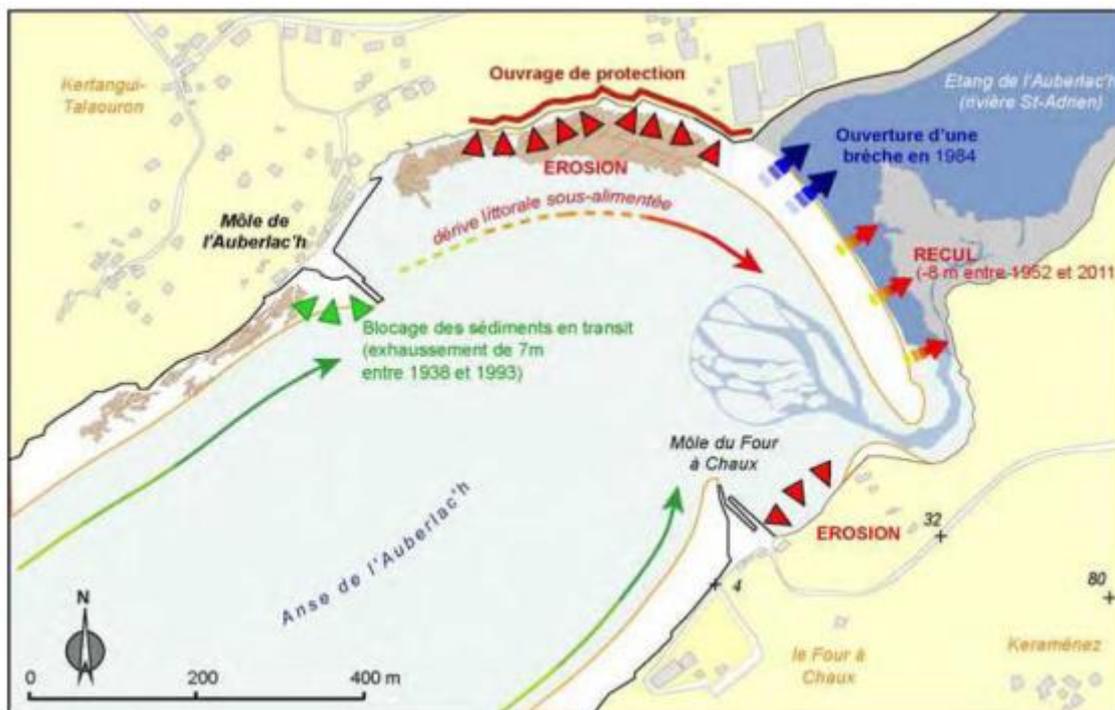


Illustration 52 : Impact du môle de l'Auberlac'h sur le fonctionnement morphosédimentaire des plages avoisinantes et de la flèche littorale (Stephan et al., 2012).

Ce môle perturbe la dérive littorale, limite les apports sédimentaires, et réoriente les trains de houles, ce qui a eu pour effet, de générer des secteurs en érosion et en accrétion alors qu'il devait certainement exister un équilibre des forces hydrodynamiques sur l'ensemble de l'anse.

Un second ouvrage de protection : le môle du Four à Chaux, a alors été créé de l'autre côté de l'anse (au Sud), pour palier à cette évolution ; mais il a eu pour effet de générer le même phénomène d'érosion directement derrière l'ouvrage et d'accrétion ailleurs, en des secteurs où les forces hydrodynamiques sont en équilibres (Illustration 53).

5 - La flèche de Mengleuz

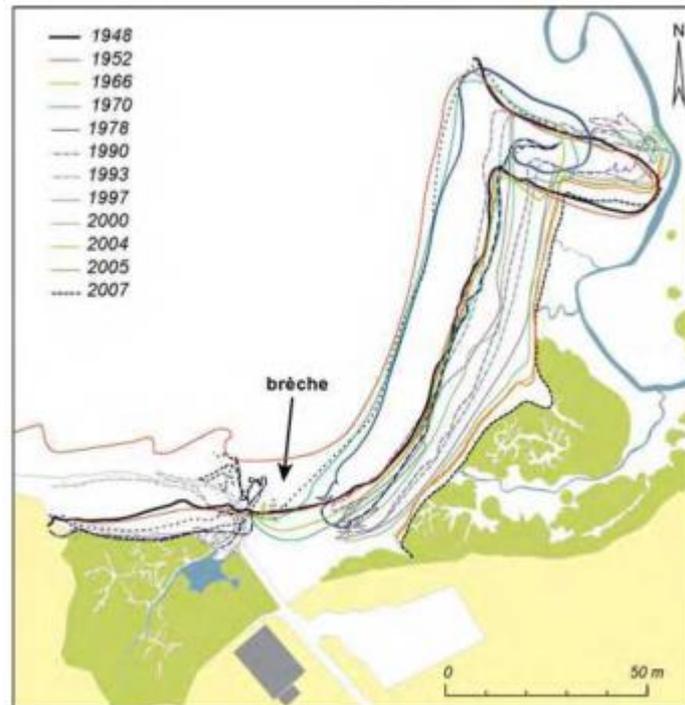


Illustration 53 : En haut : Flèches en chicane de Mengleuz et de Rosmélec dans l'Anse du Moulin du Pont ; En bas : Mobilité de la flèche de Mengleuz entre 1948 et 2007 (Stephan et al., 2012).

Tout comme l'Auberlac'h, la flèche de Mengleuz subit une évolution par « roll over ». La seule différence réside dans la vitesse de mobilité. En effet, la flèche de Mengleuz se caractérise par une dynamique de « roll over » rapide sur une période récente.

Cette flèche a en effet connu l'ouverture d'une brèche en 1966. Ce phénomène a provoqué une crise sédimentaire de la flèche, entraînant son démantèlement progressif. La flèche ne parvient plus à recevoir d'apports sédimentaires, ce qui accélère son recul depuis 1978 suite à son abaissement et sa sensibilité au franchissement marin (Illustration 53).

6 - La flèche du Faou

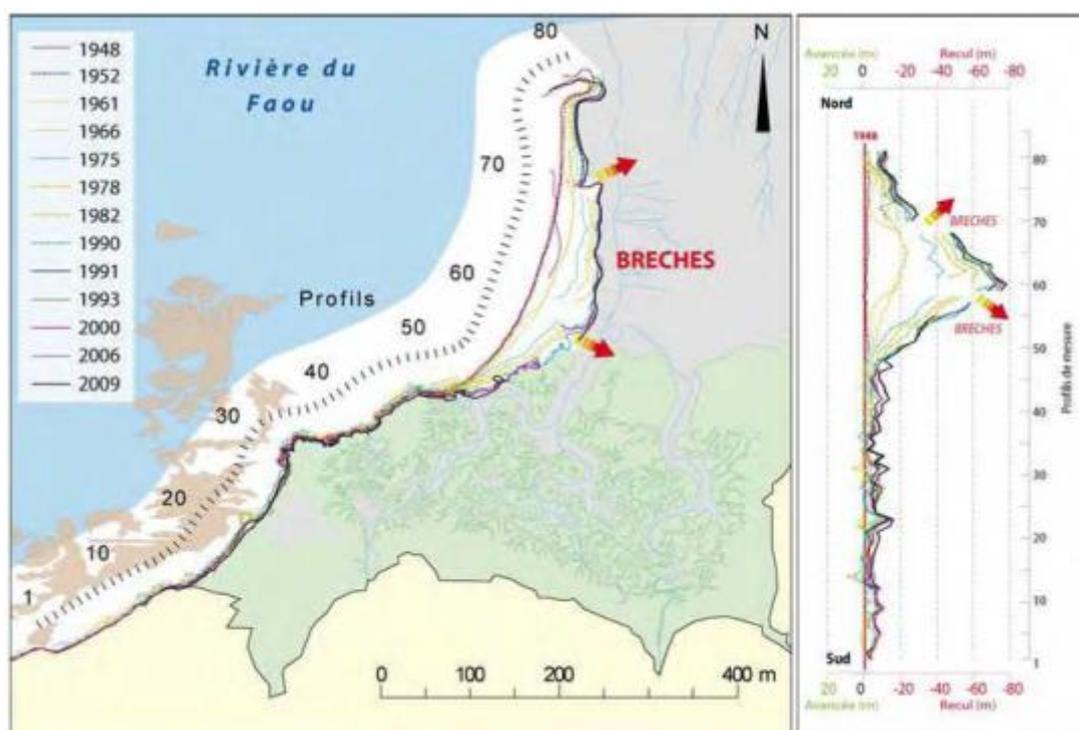


Illustration 54 : Mobilité de la flèche du Faou entre 1948 et 2009 (Stephan P. et al., 2012).

La flèche du Faou est également soumise à une évolution en « roll over » rapide et régulière. Cette évolution est due à deux brèches survenues pendant l'hiver 1974 lors d'un épisode tempétueux. Les brèches se sont ensuite élargies par manque d'apports de sédiments ce qui a engendré le démantèlement progressif du cordon (Illustration 54).

7 - Le site du Loc'h

Le site du Loc'h sur la commune de Landévennec, est composé de deux flèches en chicane protégeant l'étang du Loc'h, situé en arrière. Les échanges entre l'étang et la mer, s'effectuaient par un chenal de marée, situé entre les deux flèches. Mais la création d'une brèche en décembre 2003, dans la flèche interne, a modifié le remplissage et la vidange de l'étang. Les courants de flots et de jusant ont alors profité de cette brèche pour accentuer leurs pressions sur la flèche externe qui aujourd'hui est en érosion. Malgré de forts apports sédimentaires dirigés vers l'Est, ce déséquilibre n'est pas compensé (Illustration 55).



Illustration 55 : Flèches en chicane du Loc'h à Landévennec
(Photo M. Jonin, dans Stephan et al., 2012).

Sur d'autres sillons, l'analyse a porté sur la comparaison entre les cartes IGN actuelles et les cartes hydrographiques de Beautemps-Beaupré de 1817.

8 – L'anse du Poulmic

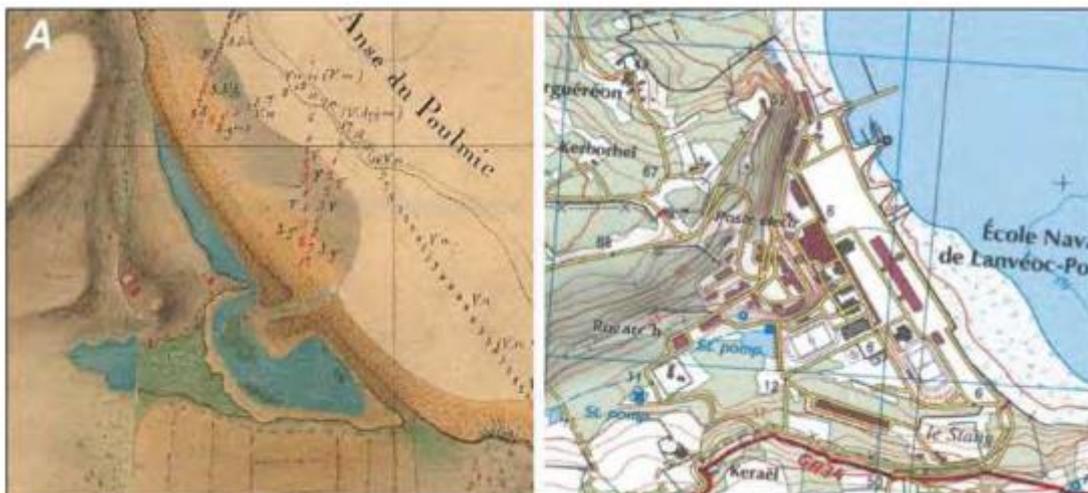


Illustration 56 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beautemps-Beaupré de 1817 dans le secteur du Poulmic (Stephan et al., 2012).

Sur la carte de Beautemps-Beaupré de 1817, le fon de l'anse du Poulmic, correspondait à un cordon littoral de galets protégeant en arrière un marais maritime. L'étang, en arrière du trait de côte, était en communication avec la mer en la faveur d'un grau (d'une passe, d'un chenal). Actuellement, l'étang a été réduit comme une « peau de chagrin ». Le secteur est entièrement anthropisé avec l'installation de l'école navale. Il est possible d'observer un bourrelet sédimentaire en amont du de l'ancien grau qui certainement dû aux épis et digues créés à complètement disparu pour se reconstruire après cette ancien grau plus au Sud (Illustration 56).

9 – L'étang du Fret

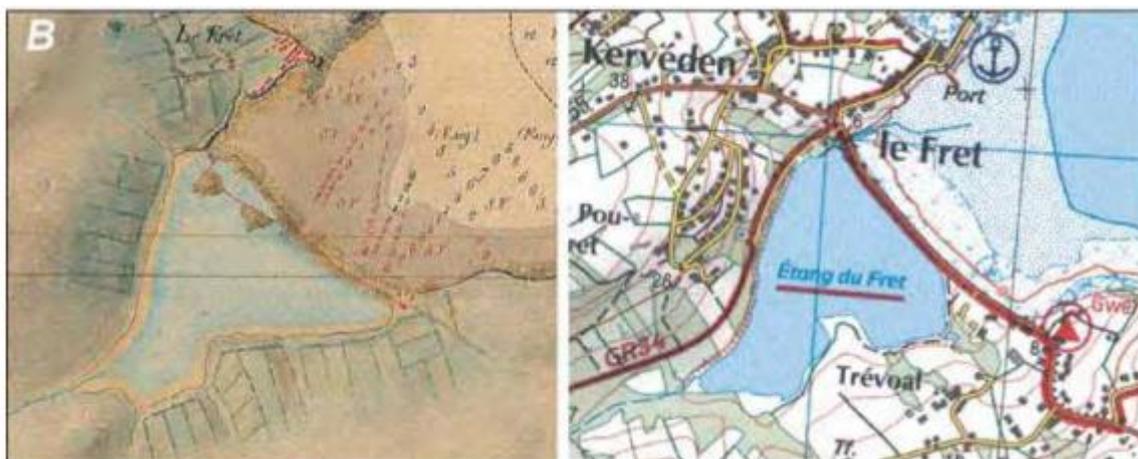


Illustration 57 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamique de Beautemps-Beaupré de 1817 dans le secteur du Fret (Stephan et al., 2012).

L'étang du Fret était certainement déjà aménagé, et il n'existe pas de grandes différences entre 1817 et maintenant. L'étang a gardé la même forme, excepté sa partie Sud. Une route-digue a été créée entre l'étang et la mer, sur un ancien sillon dès 1817 (Illustration 57).

10 – L'Île-Longue

La comparaison entre les cartes de Beautemps-Beaupré de 1817 et les cartes IGN actuelles au niveau de l'île longue à Crozon montre de grands changements.

En 1817, on remarque l'existence d'un marais maritime sur la côte Est, que le passage vers l'Île-Longue était certainement un passage à gué, en la faveur d'un tombolo faisant face aux houles diffractées de la rade, tout comme un petit îlot à l'Est maintenant relié à la Presqu'île de Crozon.

Aujourd'hui, après les aménagements militaires, l'île est totalement rattachée à la côte et est entièrement artificialisée. Il se pourrait que l'anse située à l'Ouest de Taladerc'h soit une anse récente post aménagement, gagnée sur les terrains agricoles qui venaient mourir en bord de mer (Illustration 58).

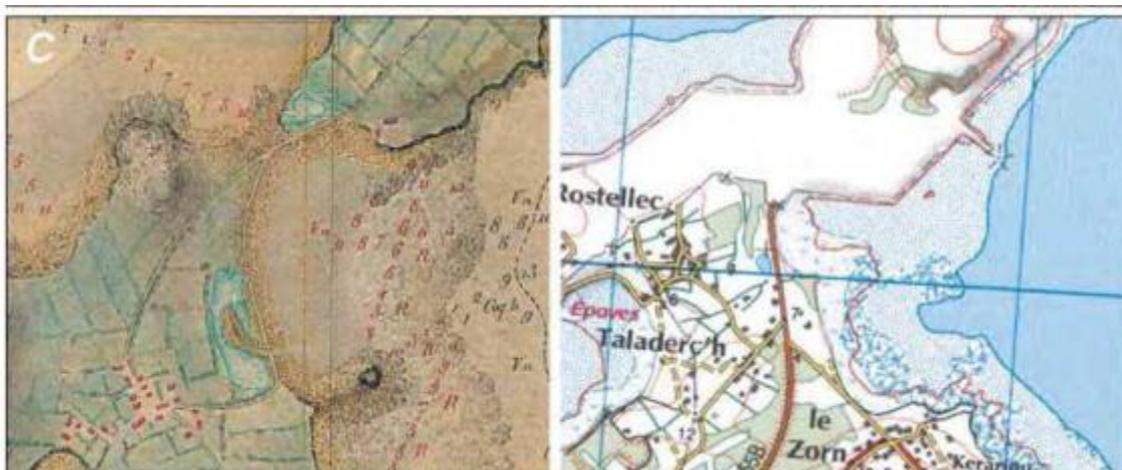


Illustration 58 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamique de Beautemps-Beaupré de 1817 dans le secteur de l'île longue (Stephan et al., 2012).

11 – La cale de Quéléren

A l'Ouest de l'île longue, sur la commune de Roscanvel, la cale de Quéléren a entre 1817 et aujourd'hui, été profondément modifiée. Un sillon avec une flèche à pointe libre, abritait l'étang, et rejoignait la mer par une passe située au Sud.

Actuellement, cet étang ne communique avec la mer que par un étroit canal et une route a été créée entre l'étang et la mer, sur le sillon, avec en amont une digue et un port, formant la cale de Quéléren. Les impacts de ces aménagements sur cette partie aval de la cale ne sont pas clairement identifiables. Ils pourraient situer en amont des aménagements (Illustration 59).



Illustration 59 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beutemps-Beaupré de 1817 dans le secteur de Quéléren (Stephan et al., 2012).

12 – La grève de Penn al Lann

Sur la côte Est de la commune de Plougastel-Daoulas, la grève de Penn al Lann, était autrefois un marais maritime, protégé derrière un cordon littoral. Elle formait une petite anse naturelle. Aujourd'hui cette anse a entièrement disparue au profit d'aménagements routiers et d'habitations (Illustration 60).



Illustration 60 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beutemps-Beaupré de 1817 dans le secteur de Traonlions (Stephan et al., 2012).

13 – Porz Tinduff

Plus au Nord, toujours sur la commune de Plougastel-Daoulas, la cale de Porz Tinduff est un cas similaire au précédent. En 1817, un étang ou marais maritime était protégé en arrière d'un cordon littoral et communiquait avec la mer en la faveur d'une passe. Le cordon était attaché au Nord à la côte rocheuse et avec une orientation Nord-Sud, soulignant un apport

sédimentaire du Nord vers le Sud, véhiculé par les agents météo-marins. Aujourd'hui, la construction de deux digues consécutives, a entraîné le colmatage de l'étang (plus alimenté) (Illustration 61).

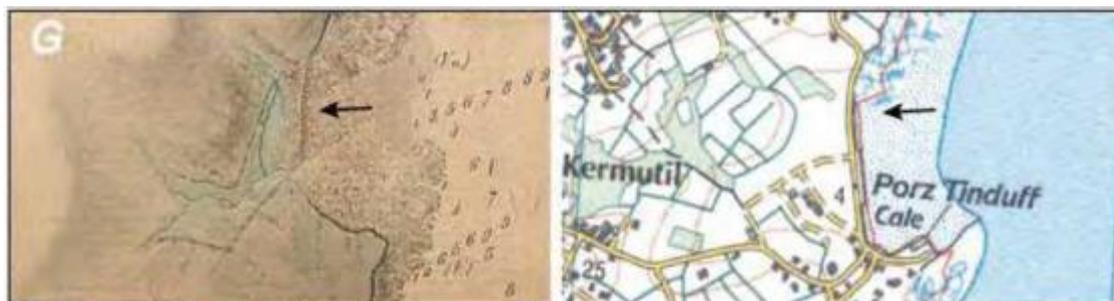


Illustration 61 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beutemps-Beaupré de 1817 dans le secteur de Tinduff (Stephan et al., 2012).

13 – La flèche du Faou

À 500m à l'Ouest de la flèche du Faou, un sillon existait au niveau de Ty an Aod en situation protégée, grâce aux apports sédimentaires importants du fond de rade (secteur sur lequel le fetch est le plus long). Ce sillon progradant vers le Sud, s'est petit à petit, totalement refermé sur lui-même, isolant un étang (probablement aidé par la main de l'homme) (Illustration 62).

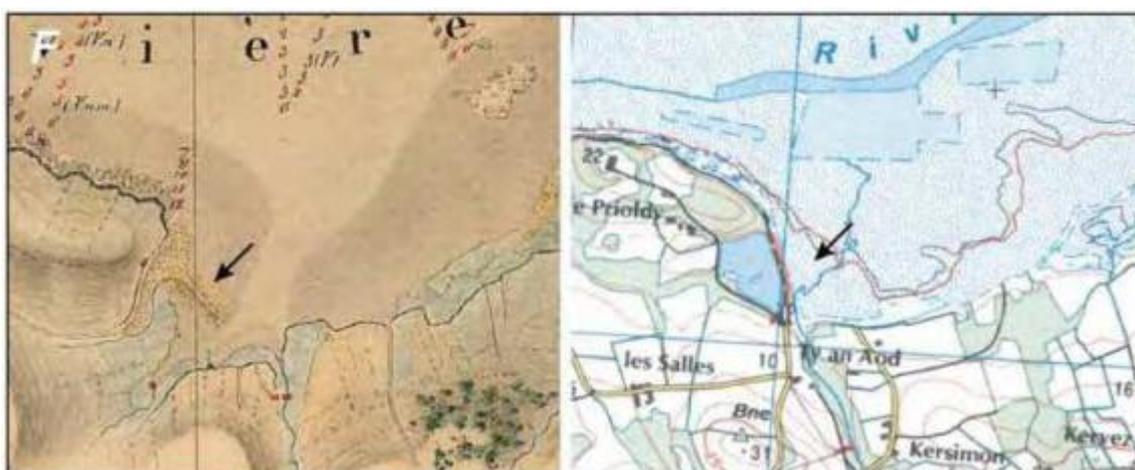
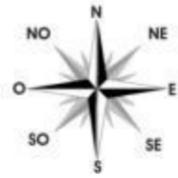


Illustration 62 : Comparaison des cartes IGN actuelles avec les cartes hydrodynamiques de Beutemps-Beaupré de 1817 dans le secteur de Ty an Aod en rivière du Faou (Stephan et al., 2012).

La synthèse des aléas littoraux du linéaire côtier du compartiment C7, Iroise, est résumée dans les deux illustrations qui suivent (Illustrations 63 et 64).



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 ...

Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C7



Illustration 63 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C7.

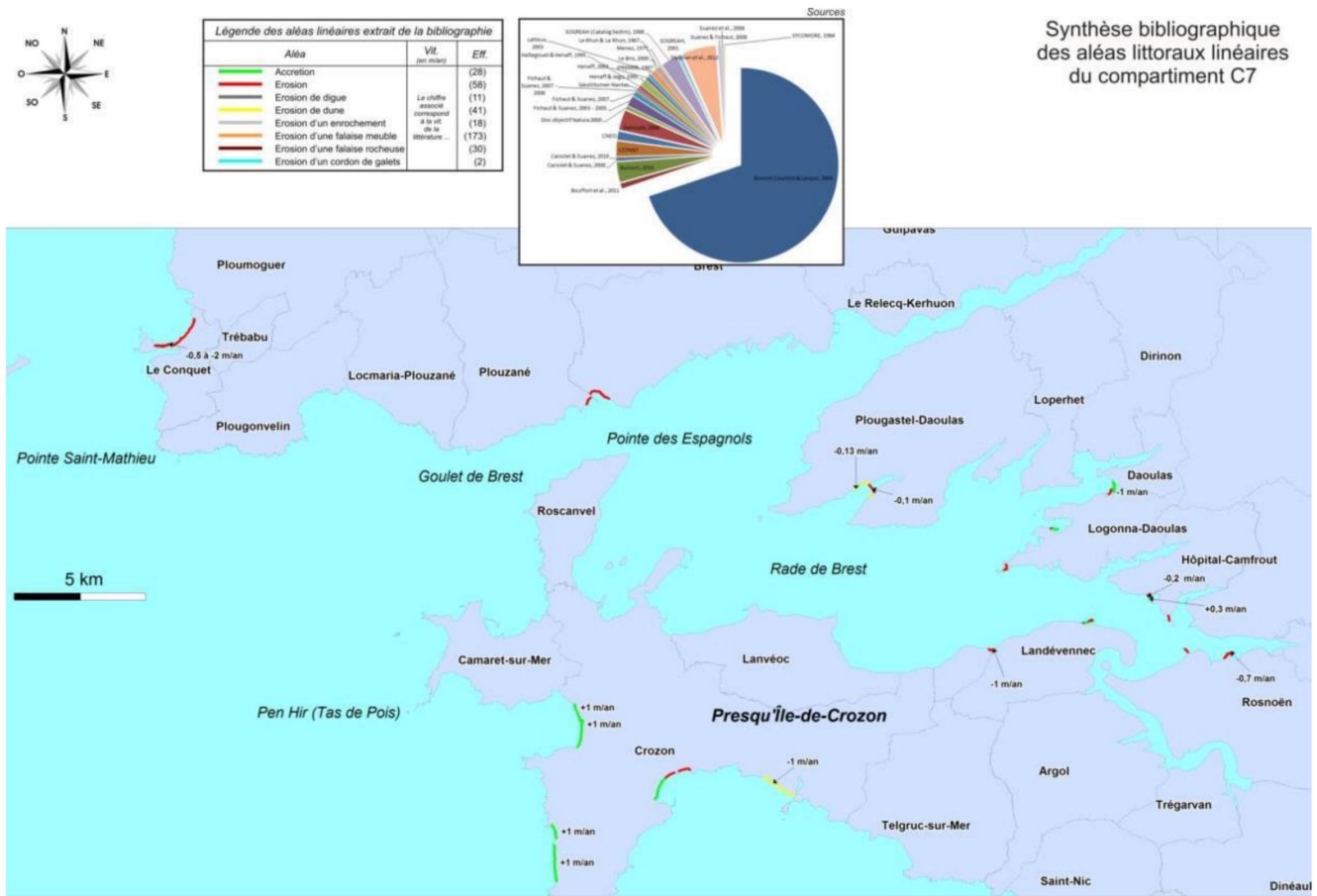


Illustration 64 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C7.

3.2.4. Les Surfaces submergées sur le compartiment C7

Peu de documents cartographiques existent sur les submersions marines ayant pu avoir lieu. Les inondations en lien avec les niveaux marins ont souvent lieu au niveau de villes et petites agglomérations situées dans les estuaires ou en fond de ceux-ci.

Seule la ville de Camaret, à juste titre, bénéficie d'un PPR littoral, puisqu'elle a connu au moins trois cas de submersion au niveau de son port depuis 1960, inondant les boutiques en arrière.

Enfin, trois autres villes ont connu des submersions depuis 1960 lors de tempêtes : il s'agit des communes de Plougastel-Daoulas, de Le Faou et de Douarnenez.

La commune de Plougonvelin mais aussi la ville de Brest n'ont pas été épargnées. Le port de cette dernière, entièrement artificialisé, a été touché deux fois par un franchissement de digue lors de tempêtes en 1954 et 1987.

D'autres cas sont exposés notamment sur les communes du Relecq-Kerhuon, au niveau de « La Cantine » où la zone a été touchée par plusieurs tempêtes lui ayant valu trois inondations depuis 1960, lors desquelles plusieurs routes ont été inondées.

Le secteur de la Cantine, est situé dans la rade de Brest et est orienté Sud-Sud-Ouest.

Une route littorale qui longe le bord de mer, a été de nombreuse fois inondée suite à des phénomènes de franchissement. Le 9 février 1974, la route a par exemple été coupée à trois endroits entre la Cantine et les anciens abattoirs (Illustration 65).

Plus récemment, le parking a été inondé à plusieurs reprises, notamment le 10 mars 2008 (Fichaut et Suanez, 2008).

L'orientation du vent semble être prépondérante et notamment celle de secteur Sud-Ouest, qui augmente la surcote et génère une houle locale appelée mer du vent (Stéphan, 2006).

Depuis la création du polder d'Océanopolis en 1975-1976, le « champ de vent d'afflux » sur la plage de la Cantine s'est rétréci, comme en témoigne les directions de vents au moment des submersions de 1967, 1974 et 1984, passant d'Ouest-Sud/Ouest à Sud-Sud-Ouest.

Sur ce site, le passage de fronts froids actifs dans l'heure précédant la submersion ne joue pas de rôle significatif.

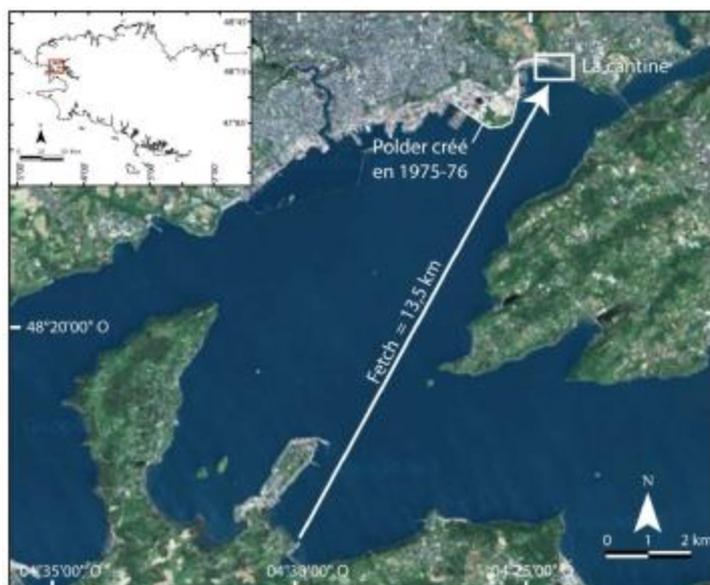


Illustration 65 : Localisation du secteur inondé depuis 1960 au niveau du quartier de la Cantine, sur la commune de Relecq-Kerhuon (Cariolet, 2010).

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 66).

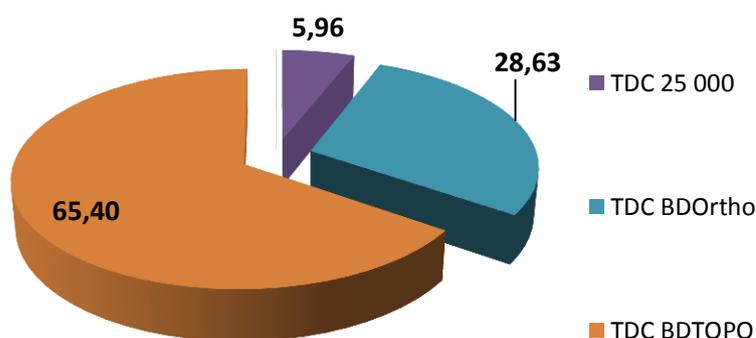


Illustration 66 : Sources composant le trait de côte HistolittV2.0 pour la Bretagne.

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 67).

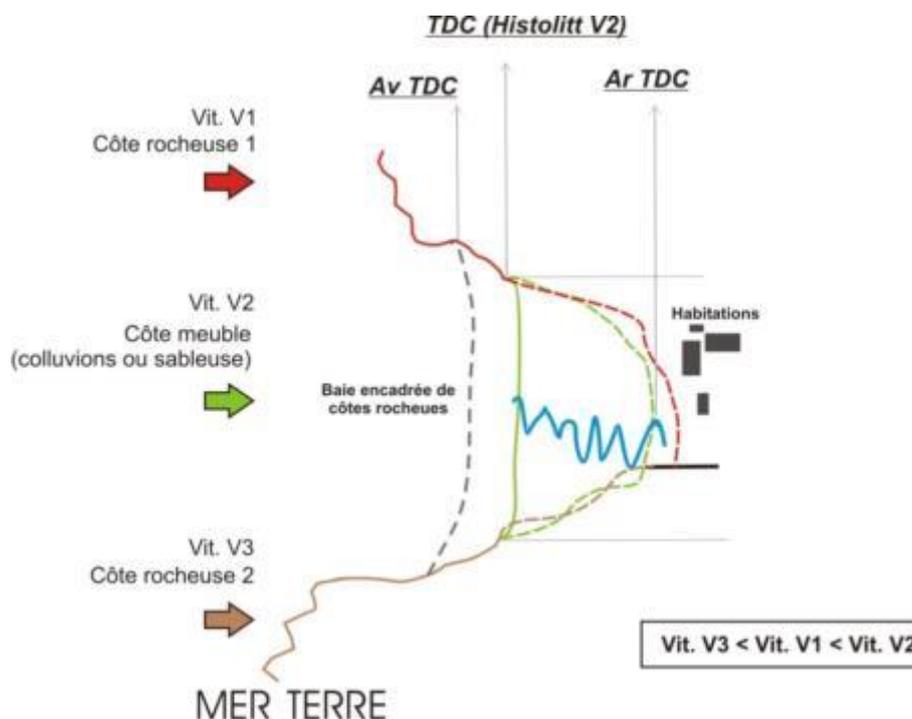


Illustration 67 : Schéma de principe de caractérisation du trait de côte.

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 68).

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.

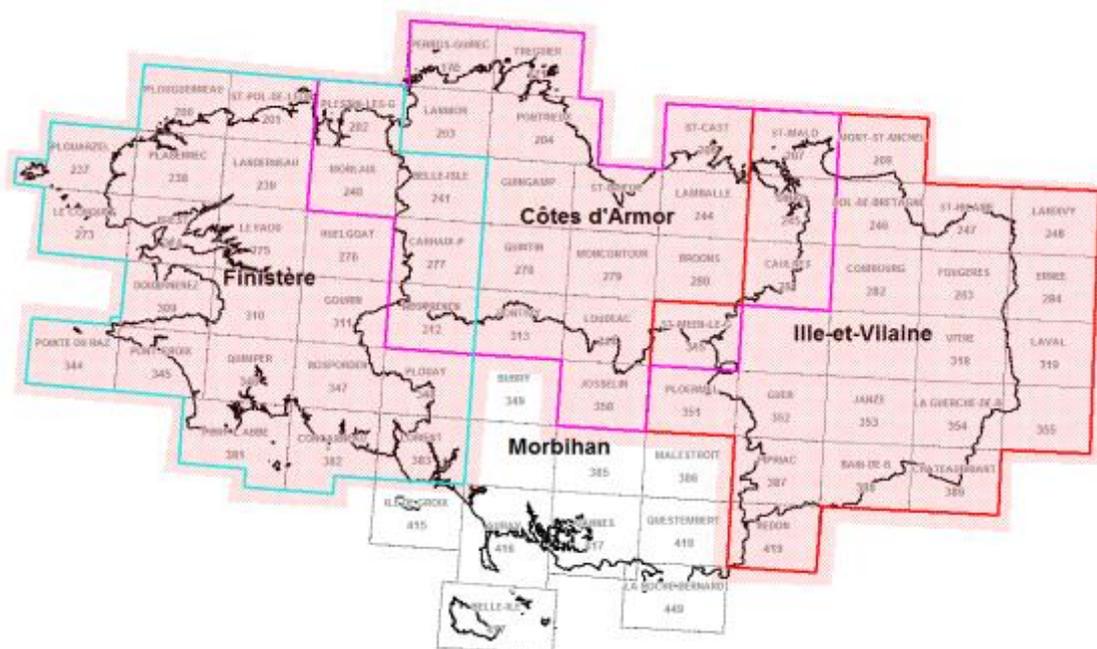


Illustration 68 : Patchwork des cartes géologiques au 1/50 000 pour les trois départements concernés (en rouge : harmonisation de l'Ille-et-Vilaine ; en rose : des Côtes-d'Armor et en bleu : du Finistère ; en surcharge : harmonisation des trois départements).

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 69).



Illustration 69 : 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 70) ;

Matériau	Module de Young E (GPa)	Coefficient de Poisson ν
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 70 : 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 71).

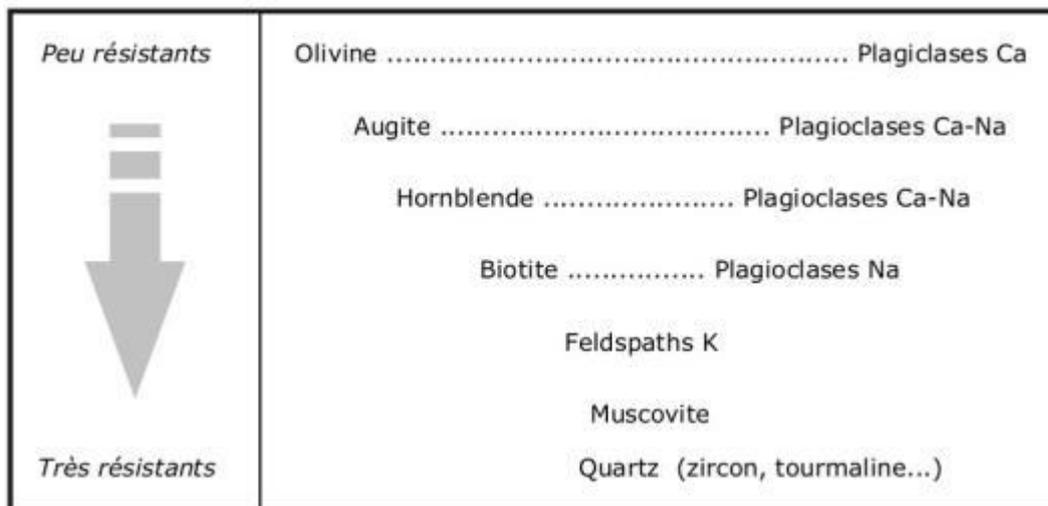


Illustration 71 : Ordre de résistance des minéraux à l'altération (Goldich, 1938).

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 **2 071,5 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 73).

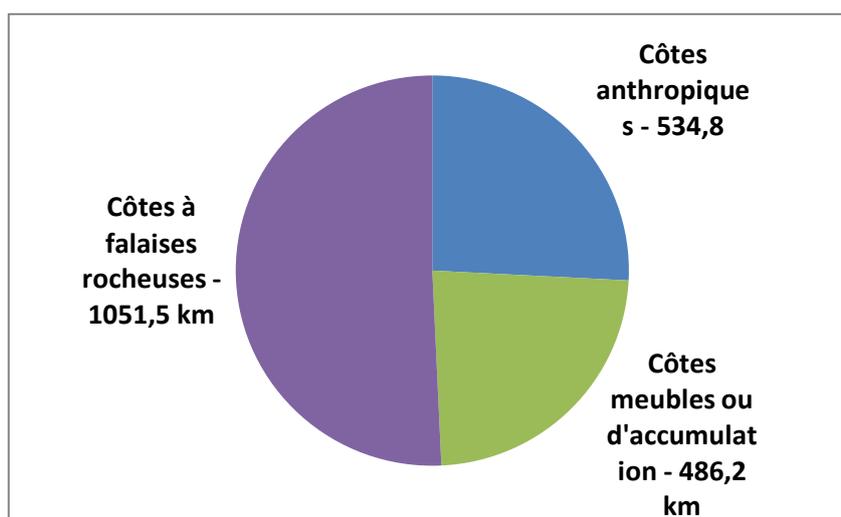


Illustration 72 : Synthèse du linéaire côtier étudié pour les départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère.

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 74 et 75) :

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)	,22								
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 gres 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 a volcaniques basiques	24,00	1,48	0,00	8,02	33,50	0,40	39,58	0,31	31,48
Roches volcanites et metavolcanites 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 73 : 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.

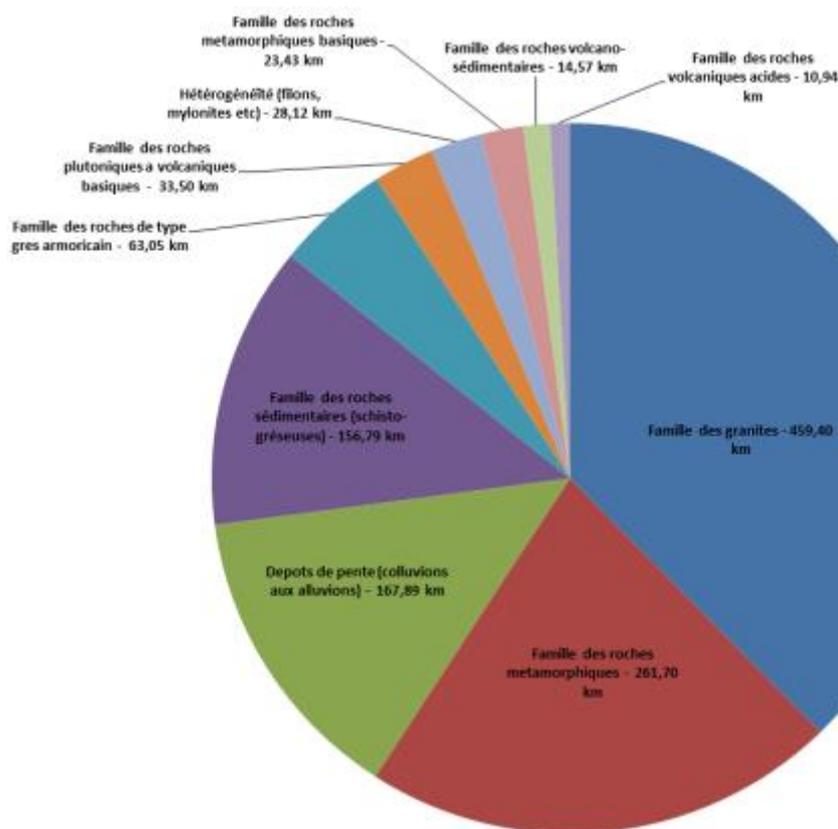


Illustration 74 : linéaire en kilomètre des différents linéaires de côtes rocheuses.

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 74).

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 grés 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 « stable »** (Illustration 60). Les formations géologiques qui présentent **un rapport [linéaire en érosion/linéaire stable]** 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 71, 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 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 76), 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		
Côtes basses et anthropiques	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 75 : 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 77). 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 pointes, des lignes ou des surfaces.



Illustration 76 : 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 portatif 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 affiché 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.

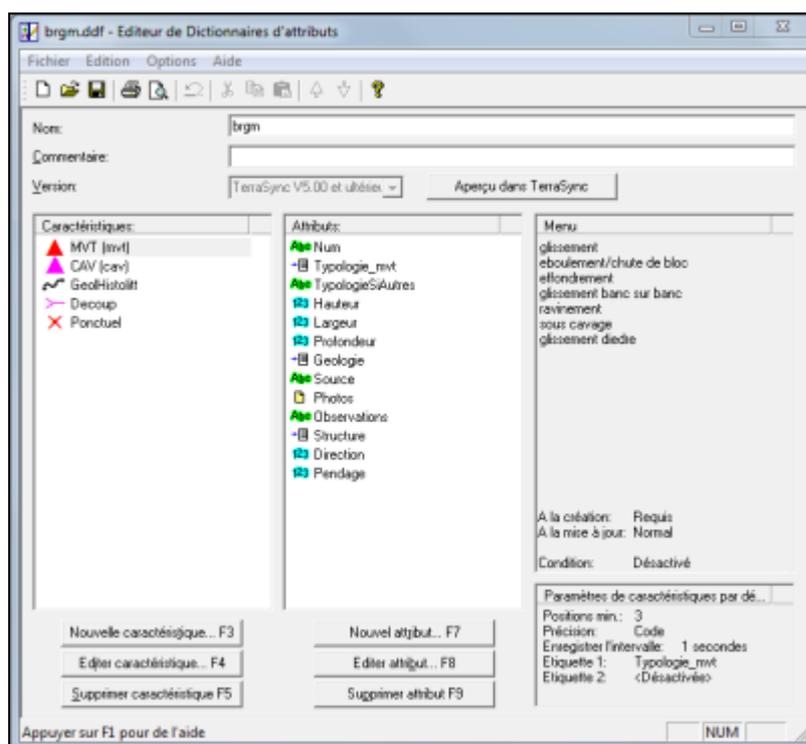


Illustration 77 : Dictionnaire d'attributs réalisé pour cette étude.

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 64).

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 78).

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), 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 79)

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 79).



Illustration 78 : Schéma de principe d'un glissement de terrain (Landevennec, 29).

Glissements banc sur banc (Illustration 80)

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 80).



Illustration 79 : Schéma de principe d'un glissement banc sur banc (A : Binic, 22 ; B : Cap à la Chèvre, 29).

Glissements de dièdres (Illustration 81)

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 81).



Illustration 80 : Schéma de principe d'un glissement de dièdres (A : Kerfany, 29 ; B : Plouha, 22).

Éboulement, chute de blocs (Illustration 82)

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 82).



Illustration 81 : Schéma de principe d'un éboulement/Chute de blocs (A : Pointe du Van, 29 ; B : Planguenoual, 22).

Ravinement (Illustration 83)

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 83).



Illustration 82 : Ravinement important des formations superficielles composées de sols sombres épais (1 m) sur un manteau latéritique (Cap à la Chèvre, 29).

Sous-cavage (Illustration 84)

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 84).

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



Effondrement (Illustration 85)

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 85).

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



• 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 m³**, soit un effectif total de **52**

2.13 % des volumes font moins de **20 000 m³**, soit un effectif total de **54**, et **0.9 %** des volumes sont supérieur à **50 000 m³**, pour un effectif total de **23**, et enfin **4** sont inférieurs à **100 000 m³** et **4** les plus importants sont inférieurs à **167 000 m³**.

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 86 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 86), à partir du Cap de la chèvre et allant vers le Nord sur la commune de Crozon, on remarque la présence de tête 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 86), 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 pas des effondrements.

En **C** (Illustration 86), 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 grés armoricain très grésos-quartzitiques et une alternance de grés 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 grés résistent. Ce processus d'érosion différentiel entre les grés s.s. et le matériel schisto-gréseux pourrait être à l'origine de la formation des fameux tas de pois.

Enfin en **D** (Illustration 86), 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.

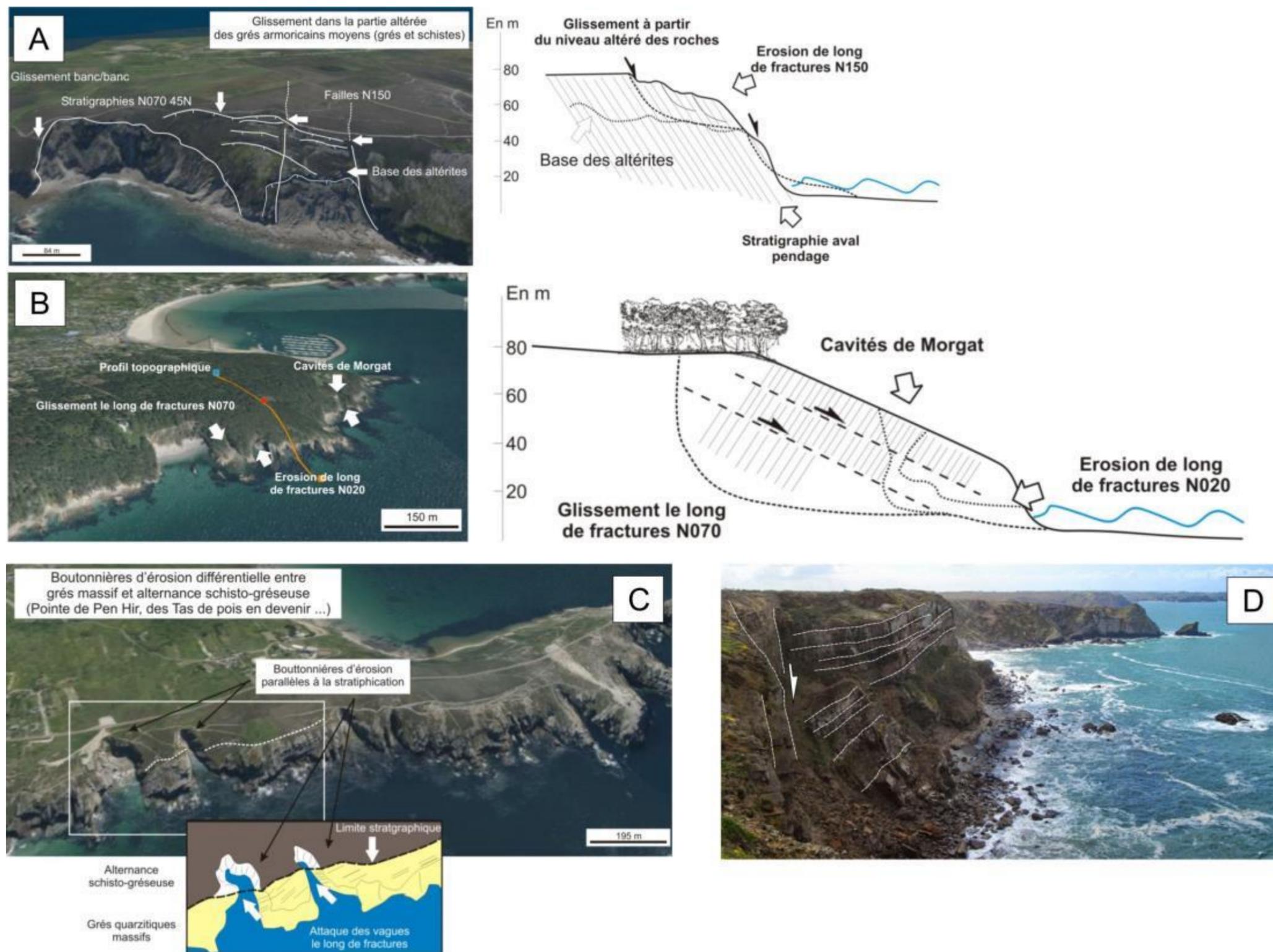


Illustration 85 : A : Glissement de terrain en tête de falaise sur la base des altérites meubles (Cap à la Chèvre, Crozon 29) ; B : Glissement le long de failles orientées vers le vide et formation de cavité dans la zone d'action des vagues (Morgat, Crozon 29) ; C : Erosion différentielle et formation de boutonnières d'érosion (Pointe de Pen Hir, Camaret 29) ; D : Bloc glissé de plusieurs milliers de m³, 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 87 à 89).

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 87 à 91).

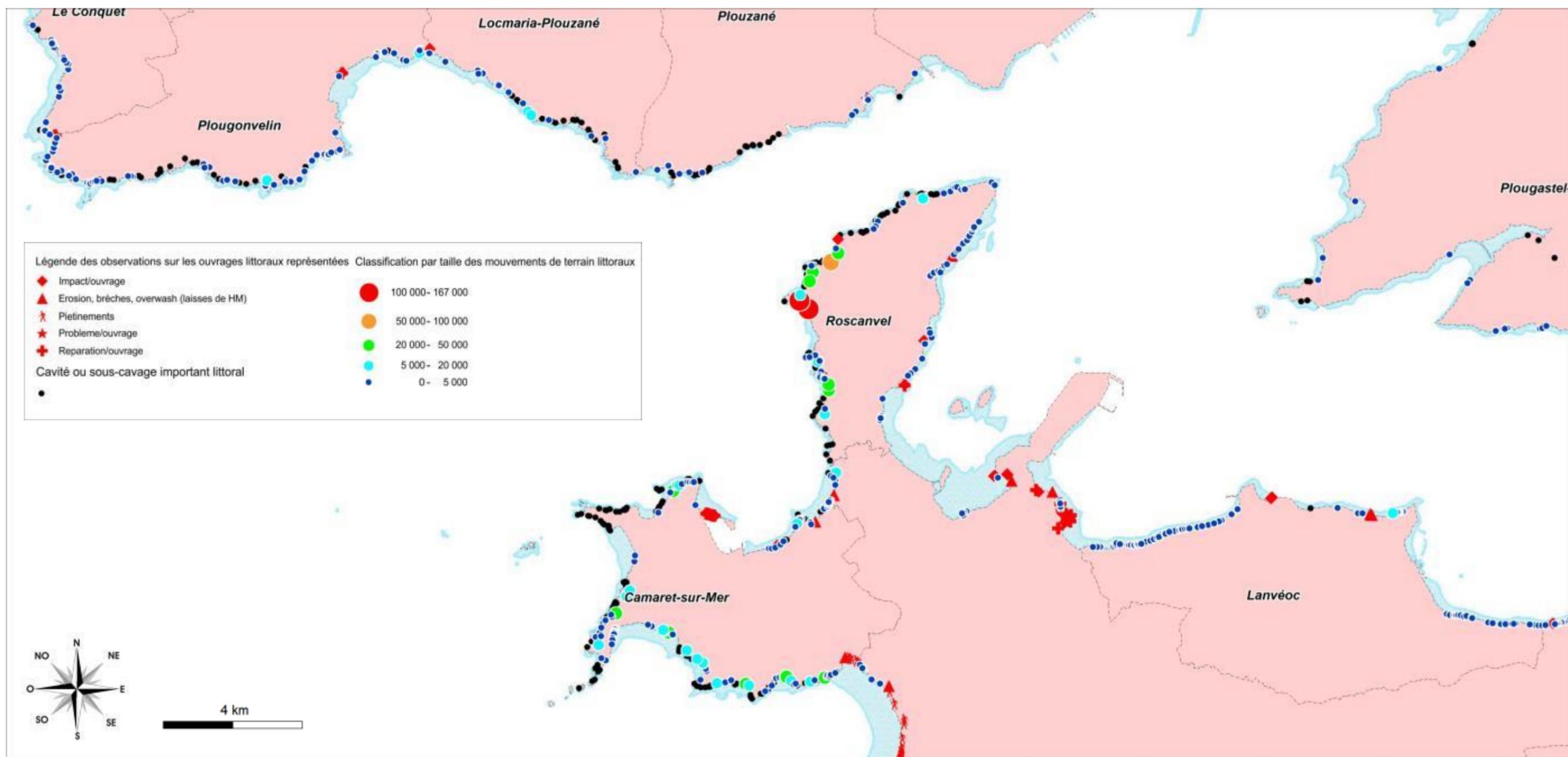


Illustration 86 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

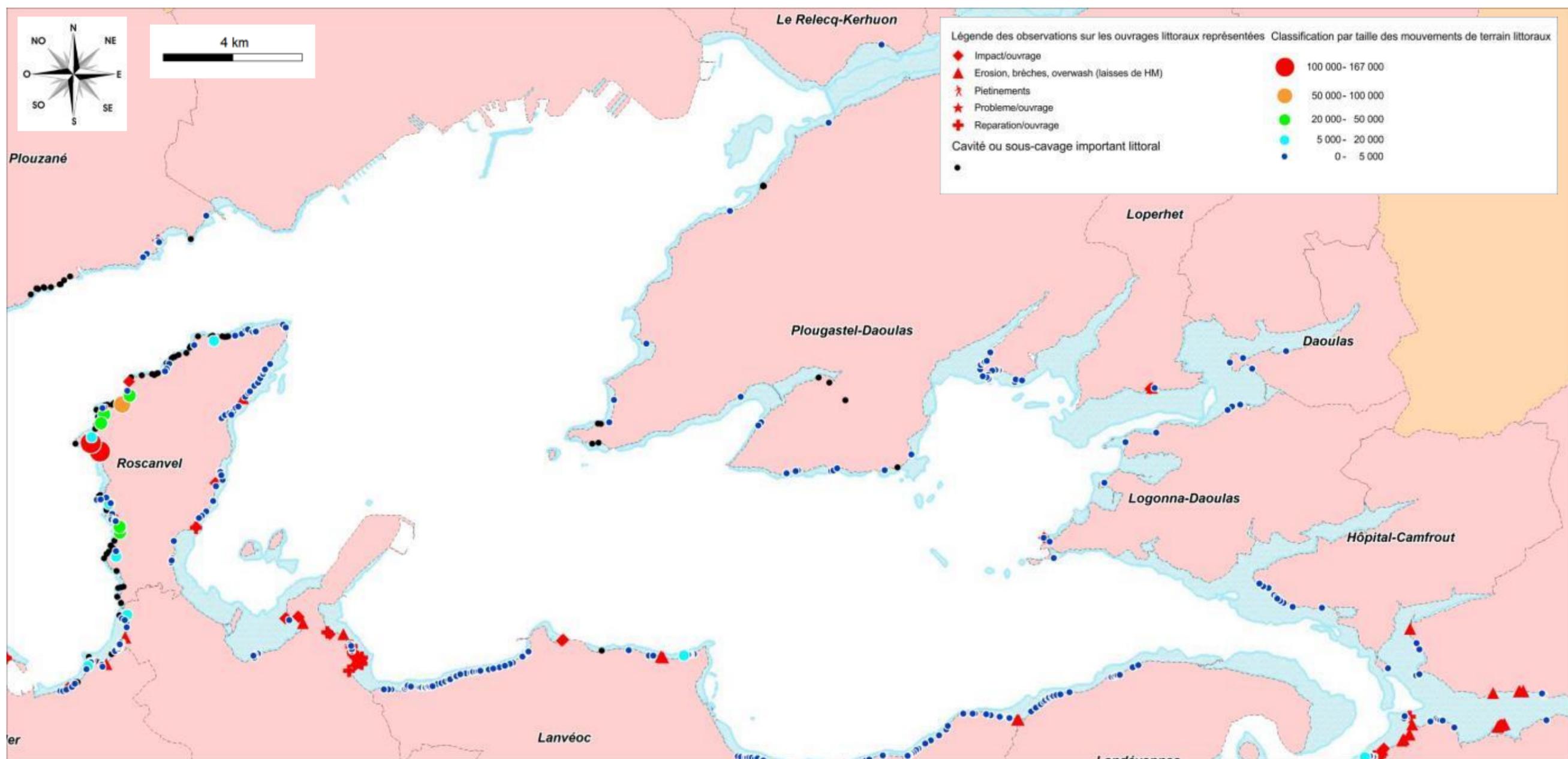


Illustration 87 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

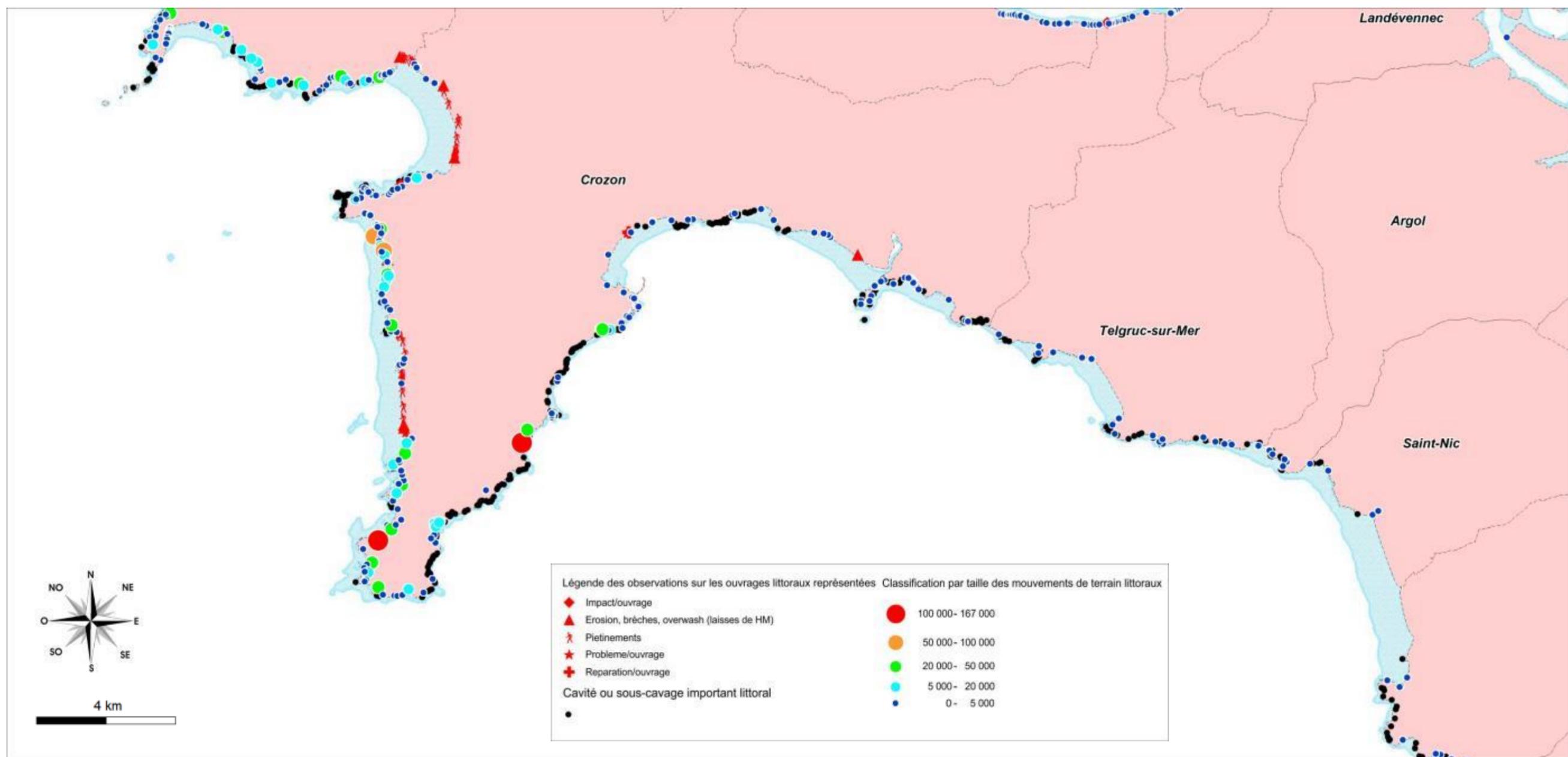


Illustration 88 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

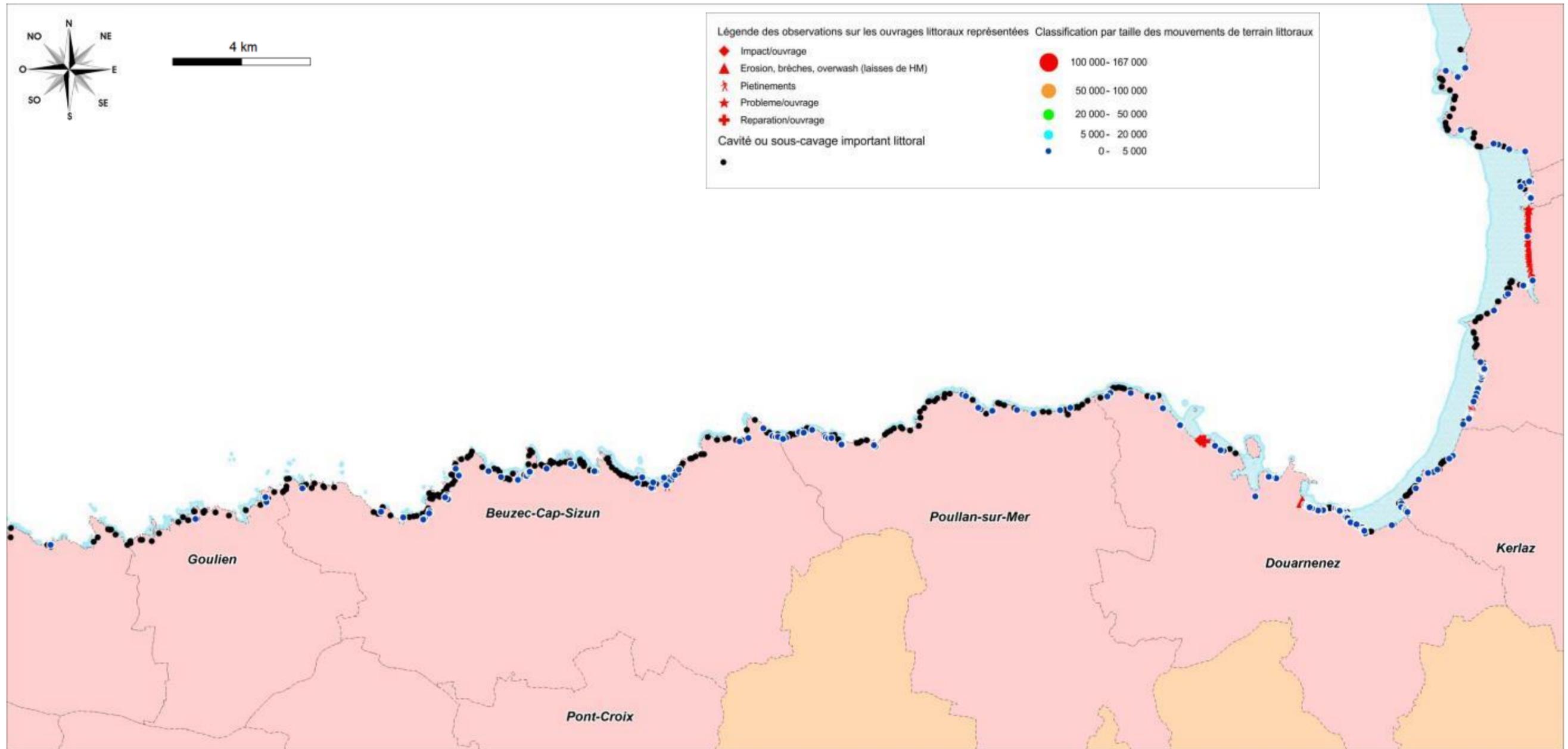


Illustration 89 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

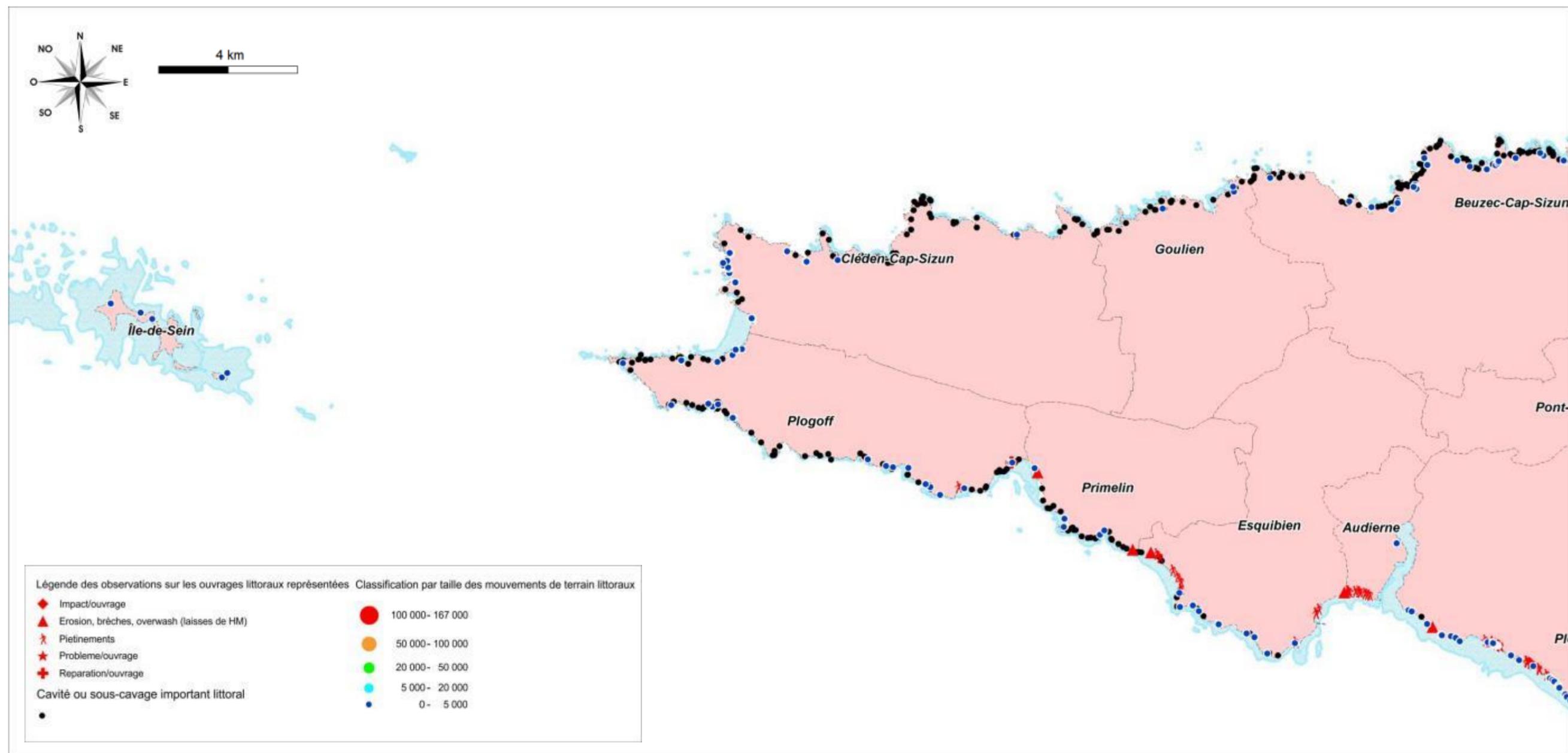


Illustration 90 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

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 avérés 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. 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,

- de 3 pour un pourcentage de 16.34 pour les roches métamorphiques basiques,
- de 4 pour un pourcentage de 25.07 pour les roches sédimentaires (schisto-gréseuses),
- et enfin de 5 (très élevé) pour un pourcentage de 39.58 pour les roches plutoniques à volcaniques basiques (Illustration 92).

		en km	altéré	en érosion	altéré en érosion	Total	Roch alt./Roch saine	en %	Note alt.
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	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 gres 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 a 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	-	-	-
	Depots de pente (colluvions aux alluvions)	75,64	-	92,25	-	167,89	-	-	-

Illustration 91 : 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 attribué 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) :

- où la note de 1 (faible) correspond à la formation géologique des roches de type grès armoricain,
- de 2 pour des pourcentages de 4,17 à 6,36 telles que les roches granitiques et métamorphiques,
- de 3 pour un pourcentage de 14,97 pour les roches métamorphiques basiques,
- de 4 pour un pourcentage de 22,59 pour les roches sédimentaires (schisto-gréseuses),
- et enfin de 5 pour un pourcentage de 31,48 pour les roches plutoniques à volcaniques basiques (Illustration 93).

		en km	altéré	en érosion	altéré en éro	Total	En érosion/Non érodé	en %	Note_Ero
Trait de côte (total 22, 29 et 35)		2084,22							
Falaises rocheuses et meubles	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 a 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	-	-	-
	Depots de pente (colluvions aux alluvions)	75,64	-	92,25	-	167,89	1,22	121,96	20

Illustration 92 : 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 élevée respectivement) :

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

		altéré	en érosion	altéré en éro	Total	Nbre/mvt	Mvt/km	Note_mvt	
	Trait de côte (total 22, 29 et 35)	2084,22							
Falaises rocheuses et meubles	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 grès 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 métavolcanites 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 93 : 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
	Depôts de pente (colluvions aux alluvions)	75,64	-	92,25	-	167,89	55	0,33	1

Illustration 94 : 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 96).

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 96 à 100).

		en km	altéré	en érosion	altéré en érosion	Total	Moyenne	Note finale
Falaises rocheuses et meubles	Trait de côte (total 22, 29 et 35)							
	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 gres 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 a 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
	Depots de pente (colluvions aux alluvions)	75,64	-	92,25	-	167,89	7,7	5

Illustration 95 : 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.

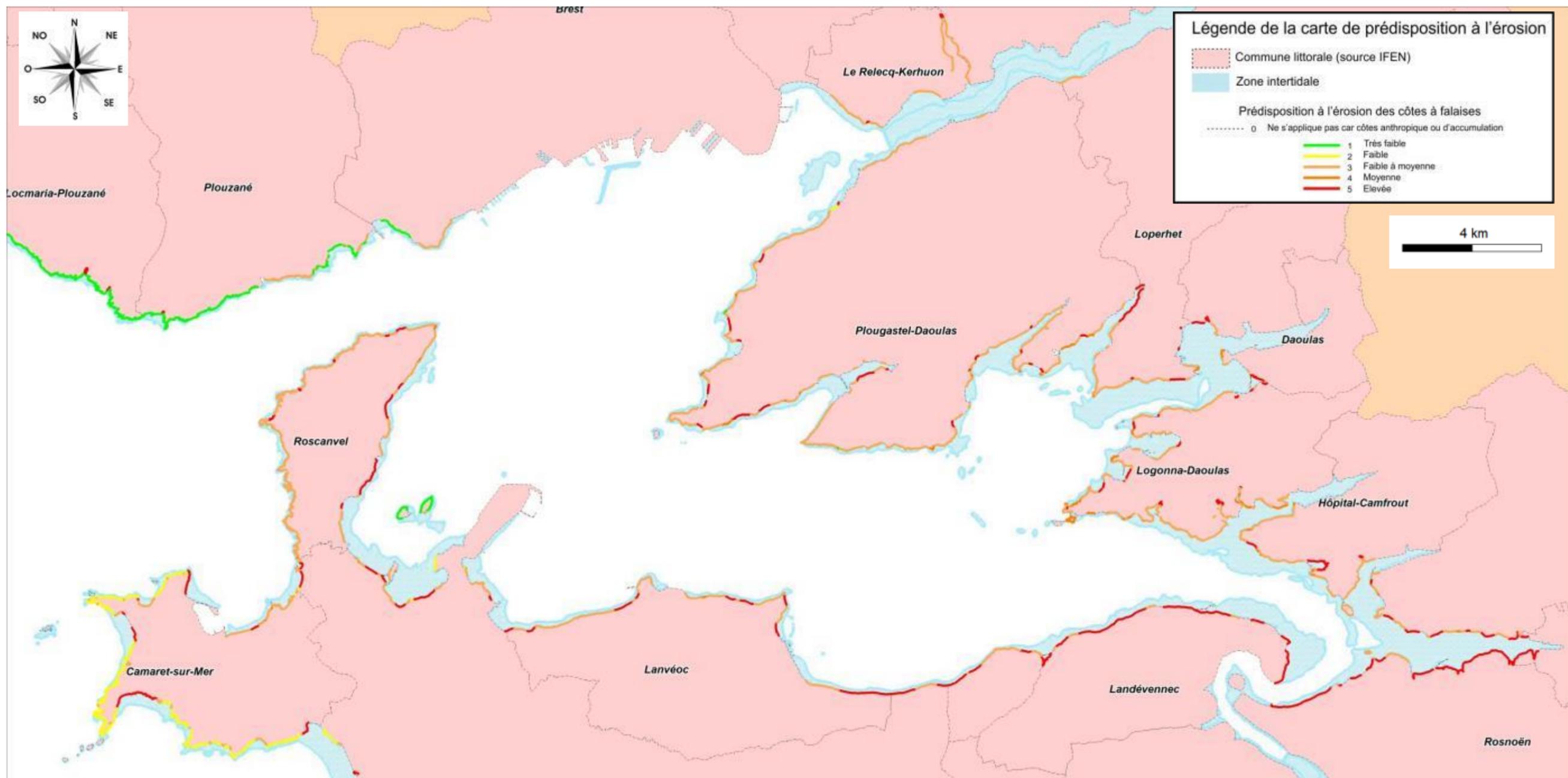


Illustration 96 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C7.

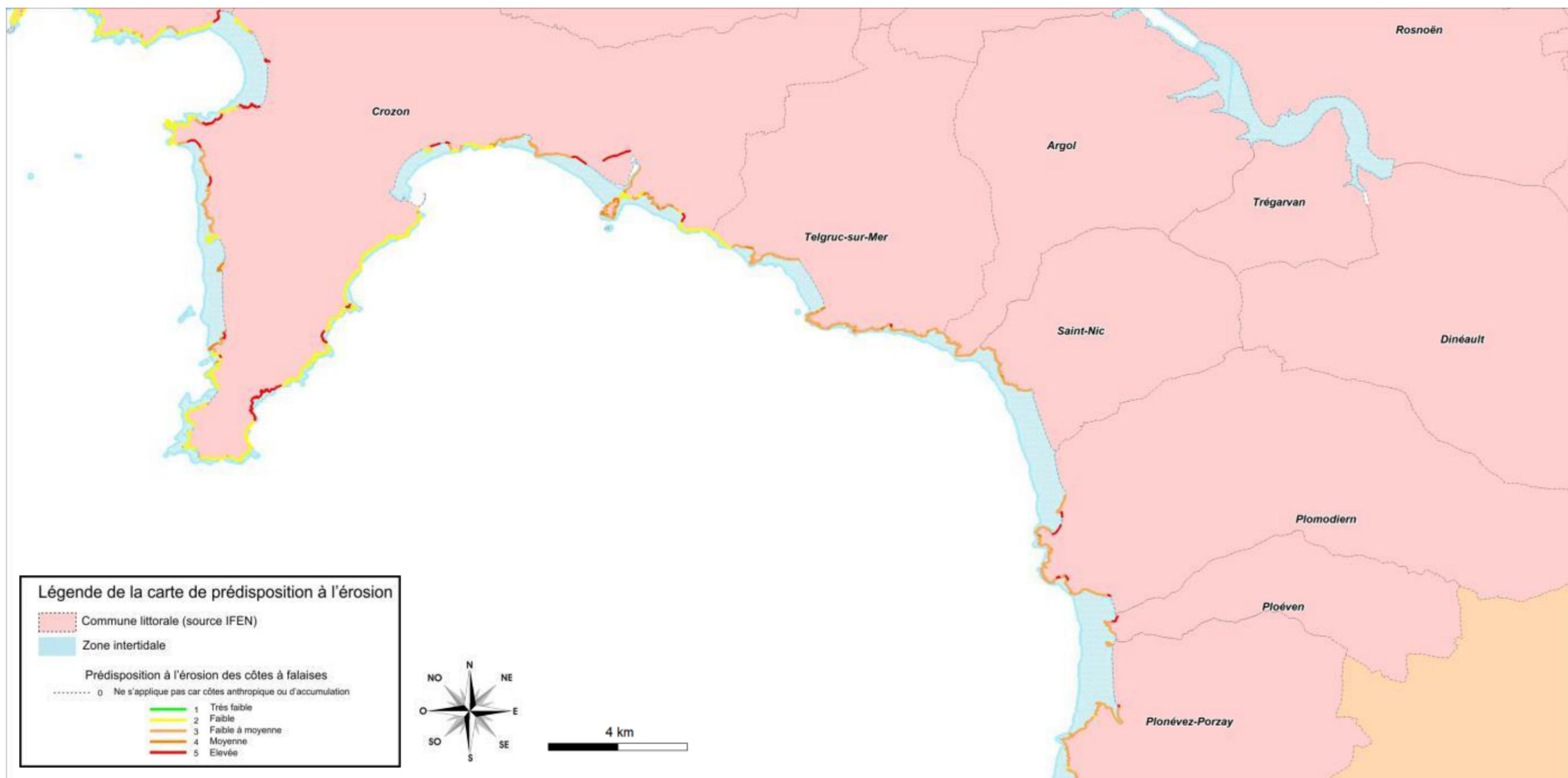


Illustration 97 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C7.

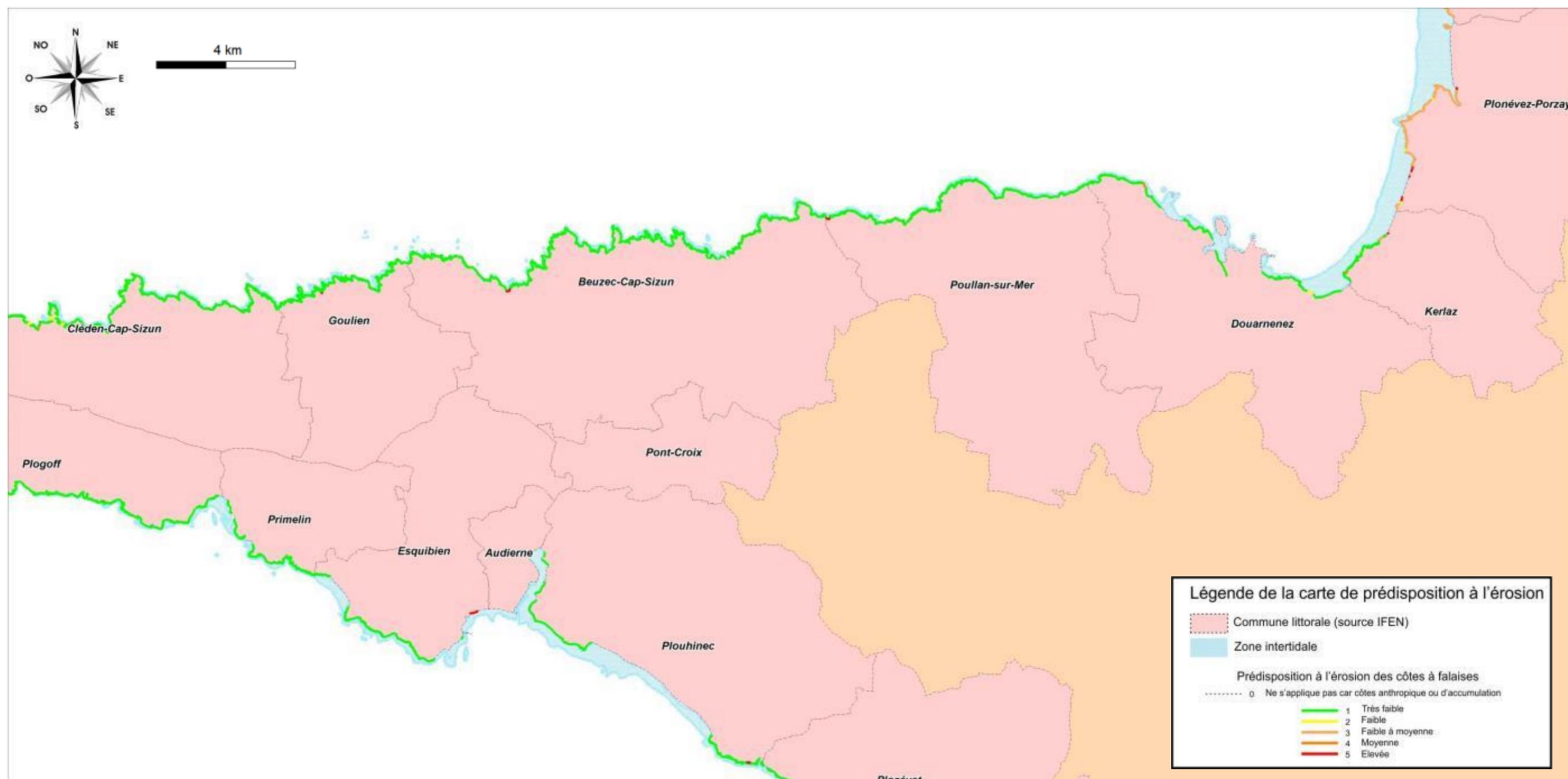


Illustration 98 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C7.

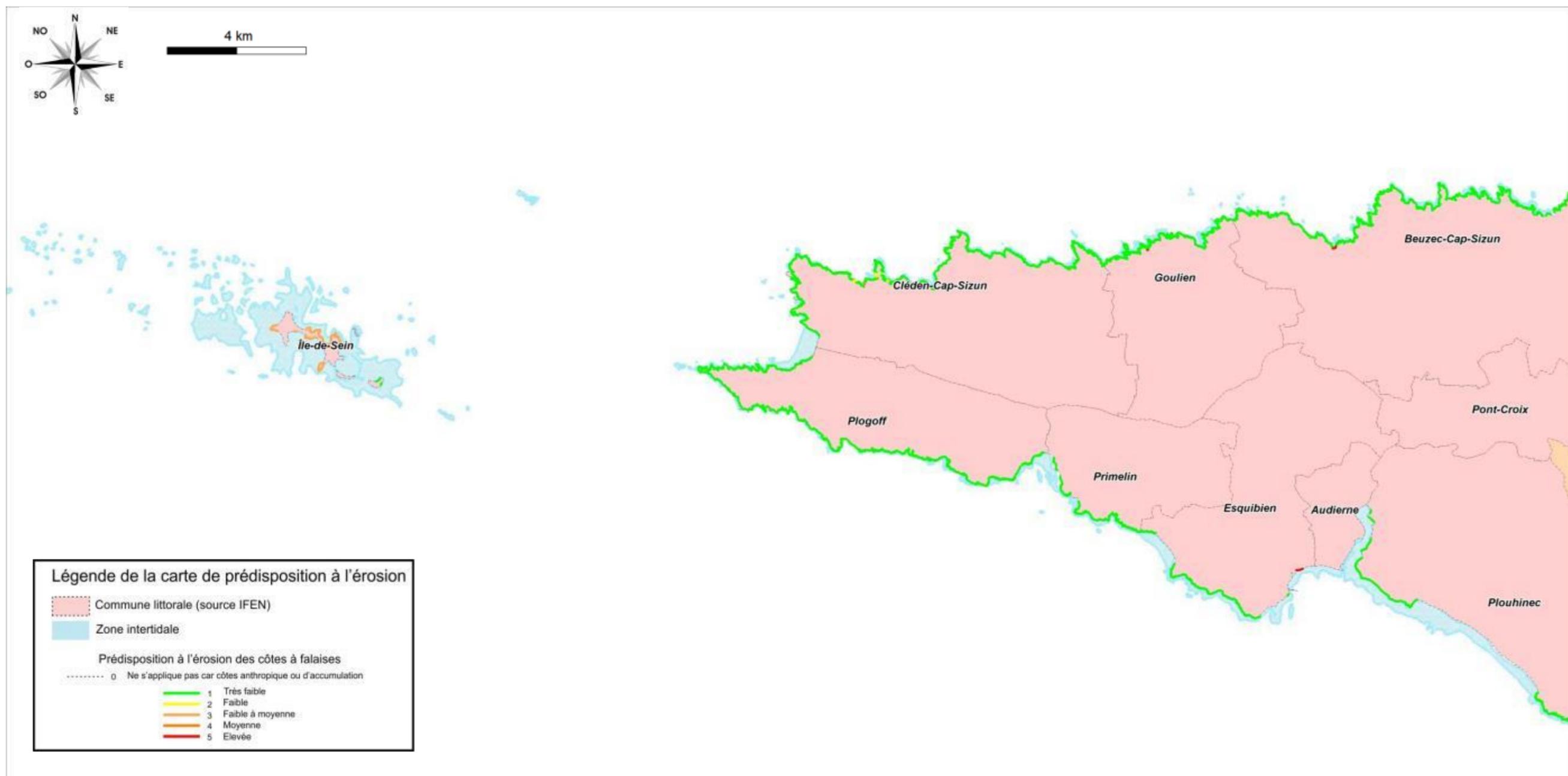


Illustration 99 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C7.

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 101).
- 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 101).

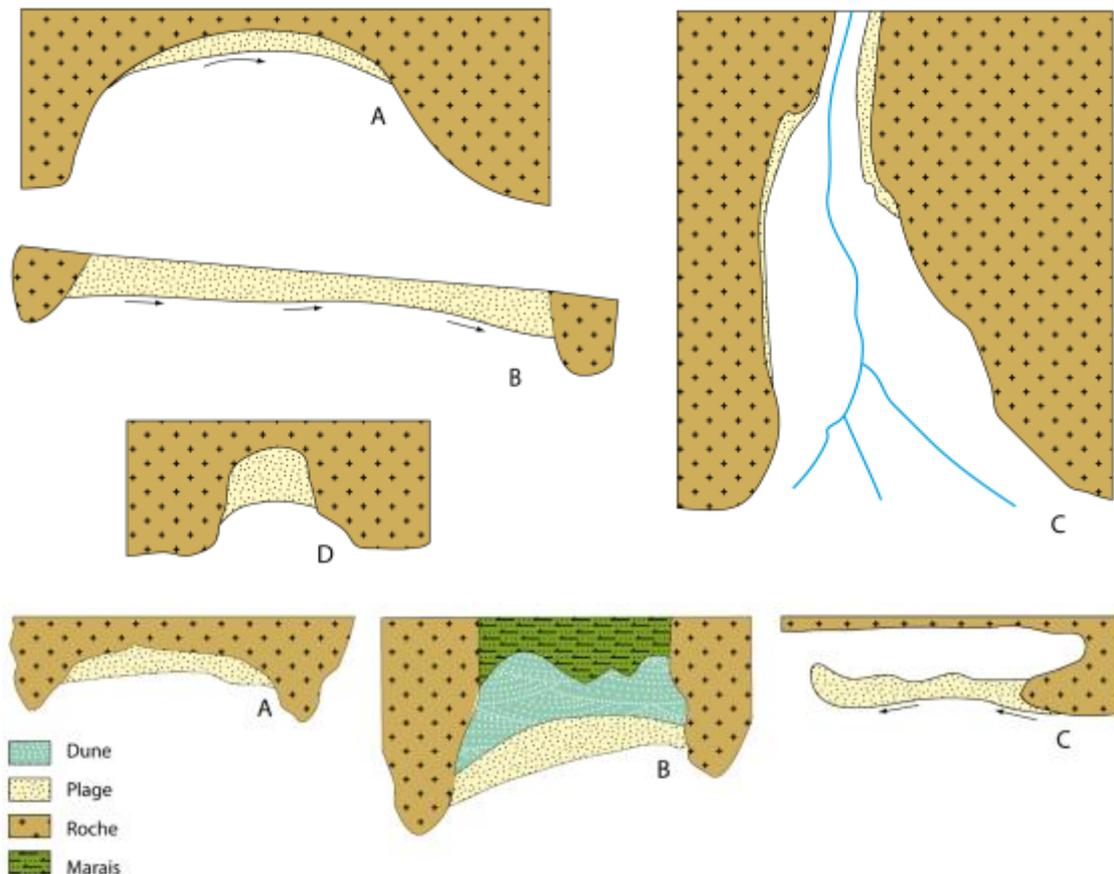


Illustration 100 : En haut : Physionomie des plages selon l'exposition : A. plage de fond de baie – B. plage ouverte – C. plage d'estuaire – D. plage de poche ; En bas : Physionomie des plages selon la morphologie : A. plage adossée – B. cordon dunaire – C. forme fuyante.

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).

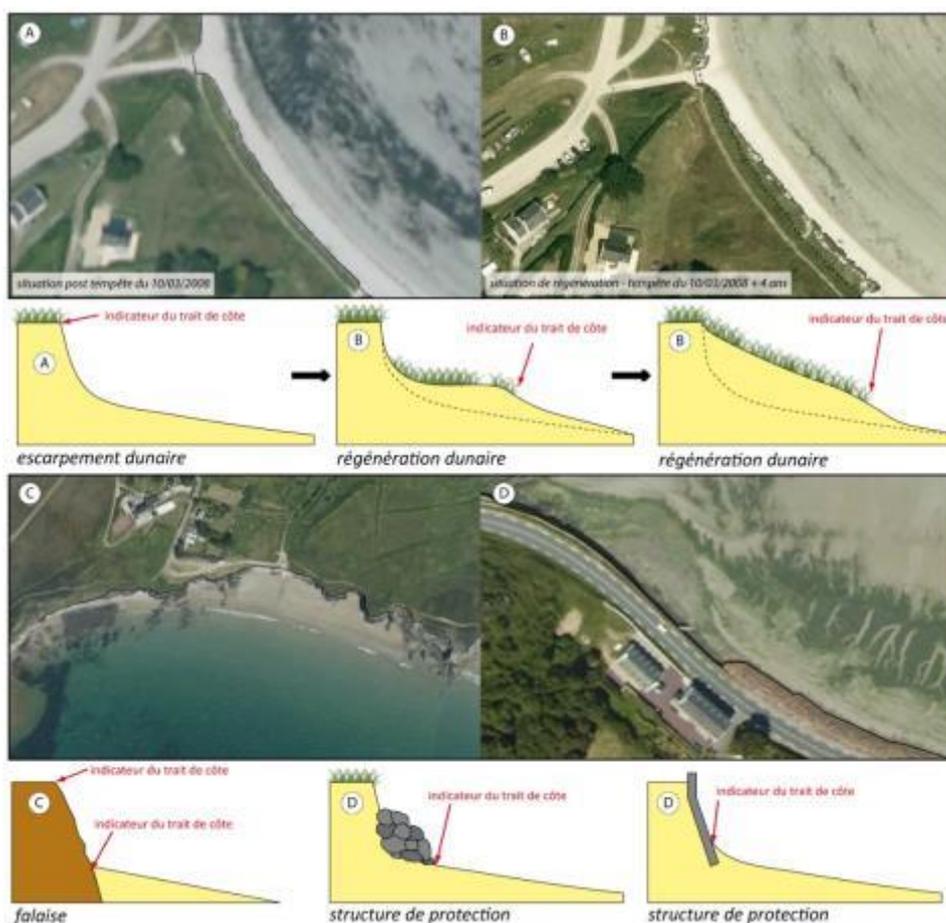


Illustration 101 : Limite de trait de côte retenue : A et B. limite de la végétation dunaire – C. sommet ou pied de falaise – D. pied de l'aménagement de protection.

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 102).

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 103). 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 102 : 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 104).

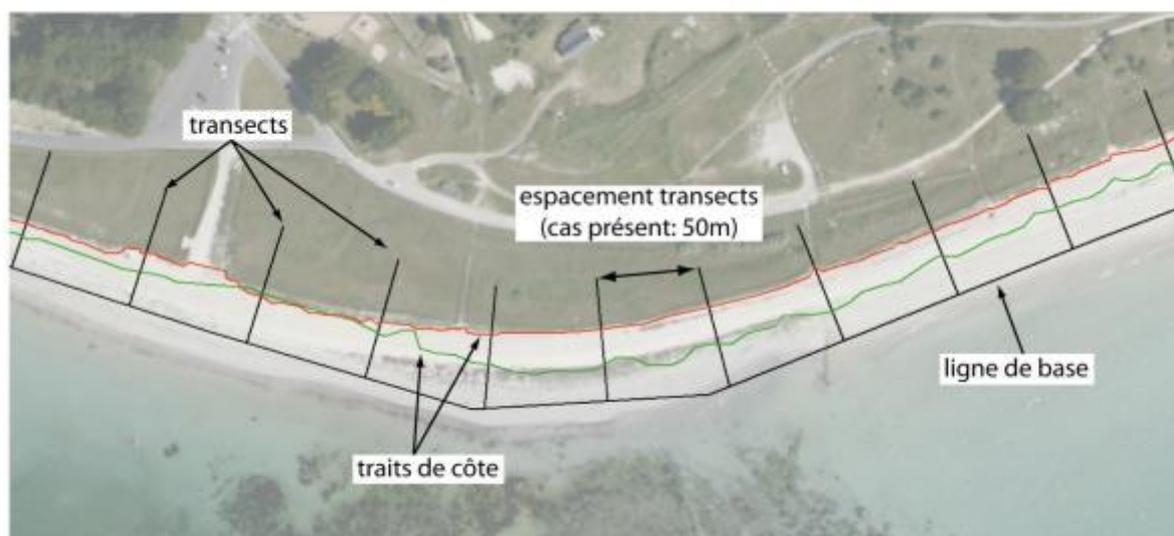


Illustration 103 : Principe du Digital Shoreline Analysis System.

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 105).

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

4.3.3. CINÉMATIQUE DU TRAIT DE CÔTE DU COMPARTIMENT C7

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).

De nombreuses vallées se terminent par de petits estuaires (Port Rhu, l'Aber, etc.) barrés par des cordons littoraux, ainsi que des petits cordons dunaires « coincés » entre des pointes rocheuses (plage de Morgat, l'Aber, etc.).

La façade occidentale de la presqu'île de Crozon est-elle marquée par la présence de plusieurs larges plages situées entre de hautes falaises (cap de la Chèvre ou encore la pointe de Dinan et de Camaret). Ces plages sont largement ouvertes et très exposées aux houles de l'Atlantique.

Pour finir, le littoral de la rade de Brest est principalement composé de falaises de « head » et de formations schisteuses ayant donné lieu à la formation de cordons de galets suite à l'érosion des falaises et dépôt sur l'estran des sédiments les plus grossiers. On compte actuellement une quarantaine de c'est « sillons » à l'intérieur de la rade. Ils abritent le plus souvent de petits marais maritimes (Stéphan, 2012).

D'un point de vue typologique, linéaire compris dans l'étude, on remarque la forte présence de plages fond de baie, largement représentées (88 %), majoritairement sableuses (58 %) ; elles correspondent aux nombreuses plages situées en baie de Douarnenez et de la presqu'île de Crozon. On remarque cependant le fort pourcentage de plage de galets sur le linéaire étudié (36 %) ; ceci correspond aux cordons de galets présents dans la rade de Brest. En outre, si l'on tient compte du critère morphologique, les formes fuyantes de la rade sont fortement représentées (33 %) derrière les plages de sable de la baie de Douarnenez et de la presqu'île de Crozon (48 %) (Illustration 106).

La dynamique du trait de côte

Une nouvelle fois, la dynamique générale du trait de côte pour le compartiment 7 met en évidence l'anthropisation importante d'une partie du trait de côte (36 %). L'érosion (39 %) affecte logiquement les plages en situation de forte exposition comme celles situées en presqu'île de Crozon, les flèches de galets situés en rade de Brest, naturellement fragiles et sujets à des dynamiques de recul, mais également un certain nombre de plage situées en fond de baie.

Le critère d'exposition conforte la dynamique générale. Les plages ouvertes sont fortement touchées par l'érosion (46 %) ; les plages situées en fond de baie également (39 %). En outre, les plages de poches, constituant un échantillon très restreint la portion de trait de côte étudiée, ne suivent pas forcément la tendance générale.

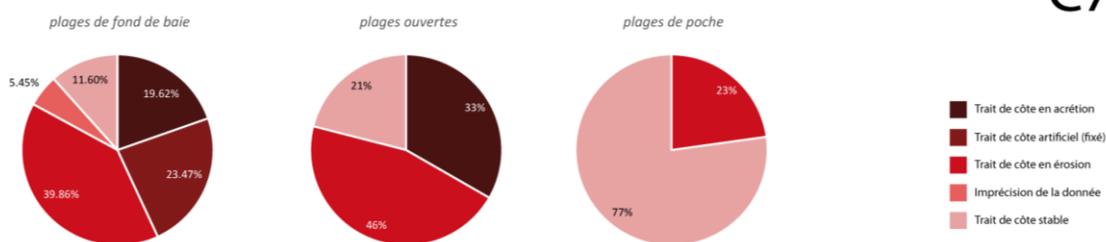
Le critère sédimentologie nous permet de mettre en évidence la part importante de cordons de galets de la rade de Brest soumis au recul. À noter cependant la stabilité de certains de ces cordons (28 %). Par ailleurs on observe la part importante de linéaire sableux fixée (77 %), situés principalement en fond de baie de Douarnenez (plage de Trez-Bellec, la Lieu de Grève).

Enfin, le critère morphologique nous permet de mettre en évidence la part importante du linéaire côtier stable (46 % pour les cordons dunaires et 41 % pour les plages adossées). Une nouvelles fois, on constate le recul important des formes fuyantes (66 %).

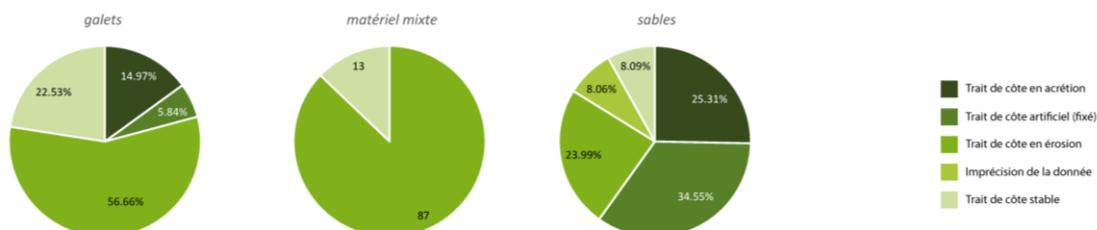
Les graphiques d'évolution de chaque plage du compartiment C7 sont donnés en annexe.

C7

Evolution du trait de côte de C7 en fonction de la l'exposition des plages (1952 - 2009)



Evolution du trait de côte de C7 en fonction du sédiment constitant les plages (1952 - 2009)



Evolution du trait de côte de C7 en fonction de la morphologie des plages (1952 - 2009)

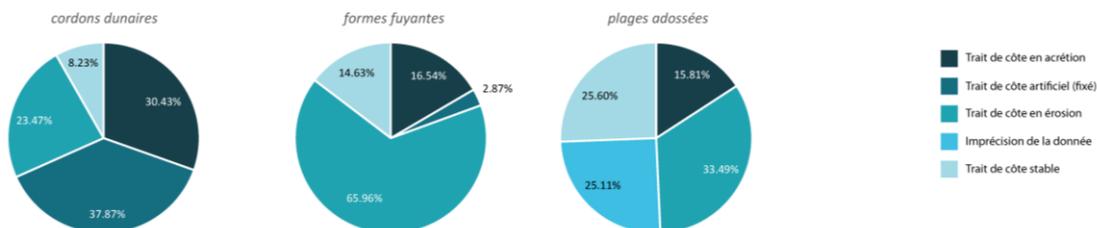


Illustration 105 : Evolution et caractérisation des côtes meubles du compartiment C6.

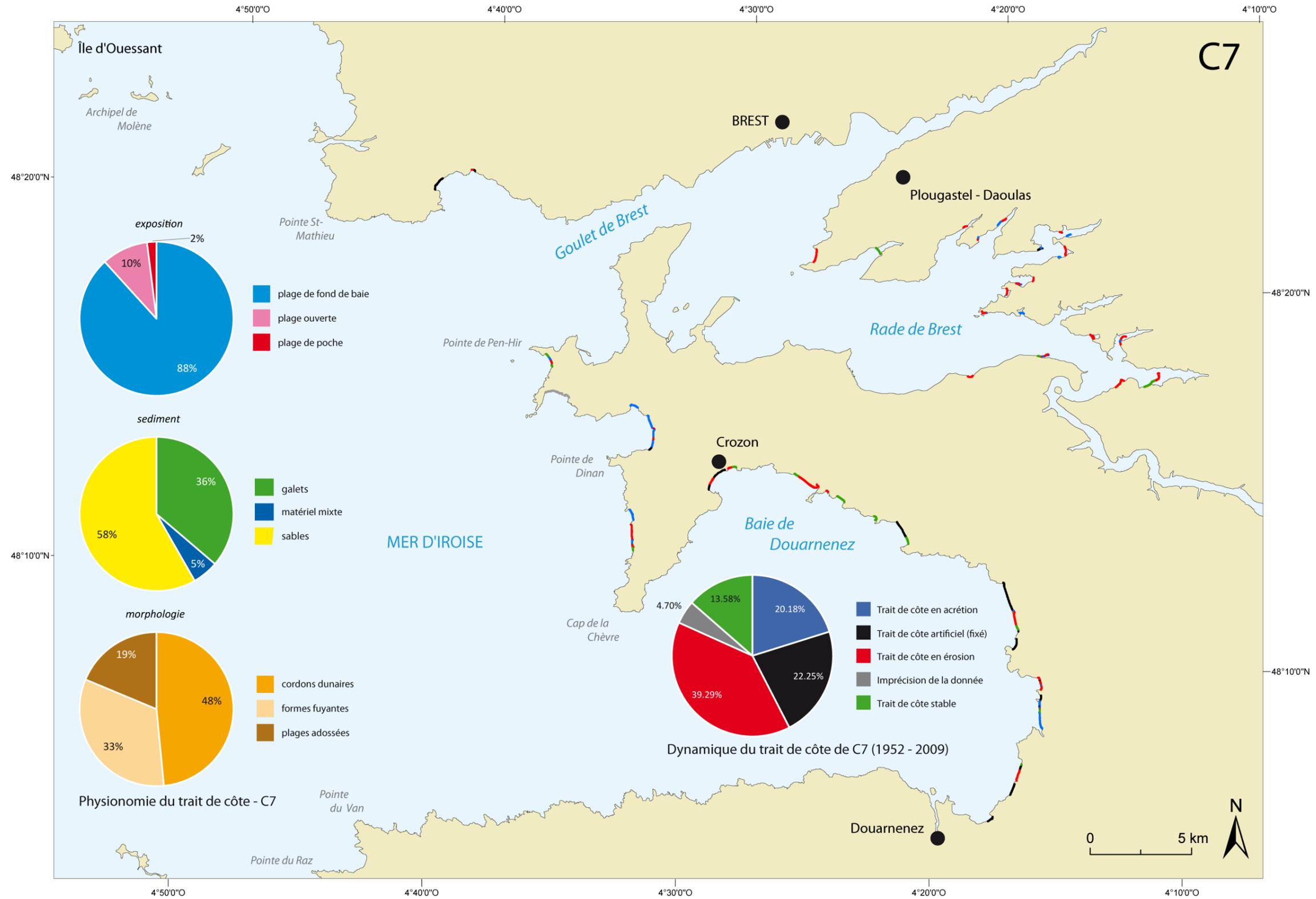


Illustration 106 : Synthèse de la géomorphologie des côtes meubles du trait de côte du compartiment C7.

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 le 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 108).

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 : Erosion, 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
Localisation précise et Dégâts	Compart : Numéro du compartiment (Base BRGM)
	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 :
Etat de la mer	Baromètre hPa : Pression de l'air en hPa.
	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.
Dégâts, coûts et victimes	Houle vague :
	Dégâts (?) :
	Coûts : Coûts des dégâts dans la monnaie de l'époque.
Traçabilité	Nb_victimes :
	Contexte étude : ATLAS BRGM
	Auteur : Nom et Prénom de la ligne
	Travail harmo : Personne(s) ayant également travaillé sur les données.
Sources des données	o_ou_n : Fiche oui ou non
	Sources : De 1 à 10 sources pour les informations de la ligne.

Illustration 107 : Champs créés pour chaque événement tempétueux dommageable : A gauche : leur thématique, à droite : le nom de chaque champ.

5.2.4. Établissement de fiches récapitulatives

Pour synthétiser les données, les événements 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'événement.

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 décryptable (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 conjonction des deux (Illustration 109).

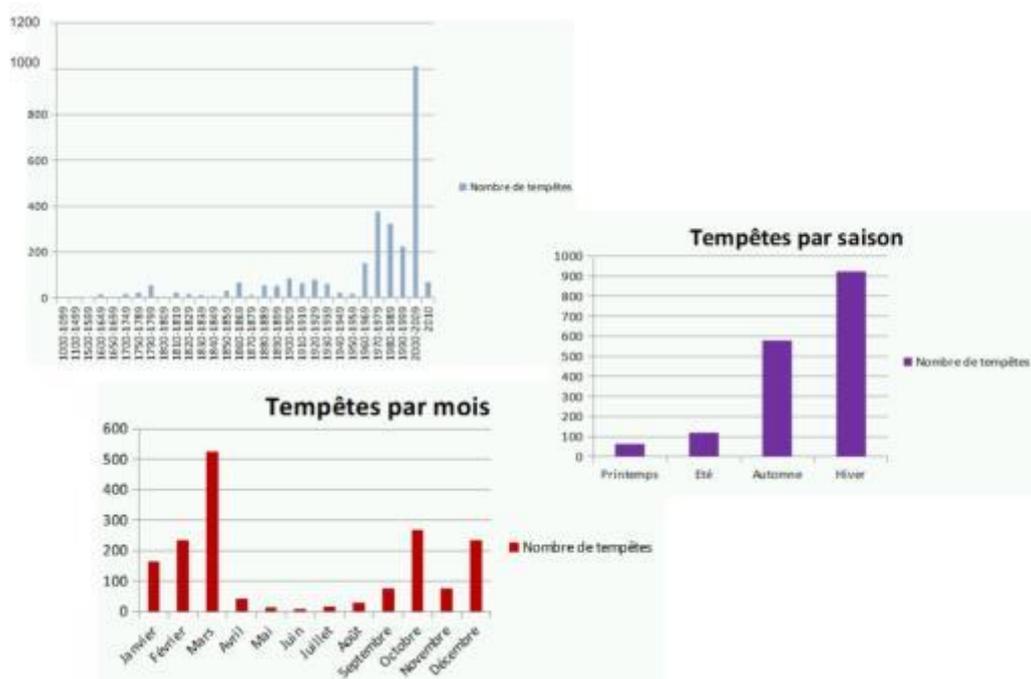


Illustration 108 : En haut : Nombres de tempêtes par décennie ; à droite : Nombre de tempêtes par saison enfin en bas : Nombre de tempêtes par mois de d'année par compartiments.

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 110).



Illustration 109 : En haut : Nombre de tempêtes par département, en Bas : Nombre de tempête.

Enfin, pour l'analyse en fonction des types d'aléas (Illustration 111), 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.

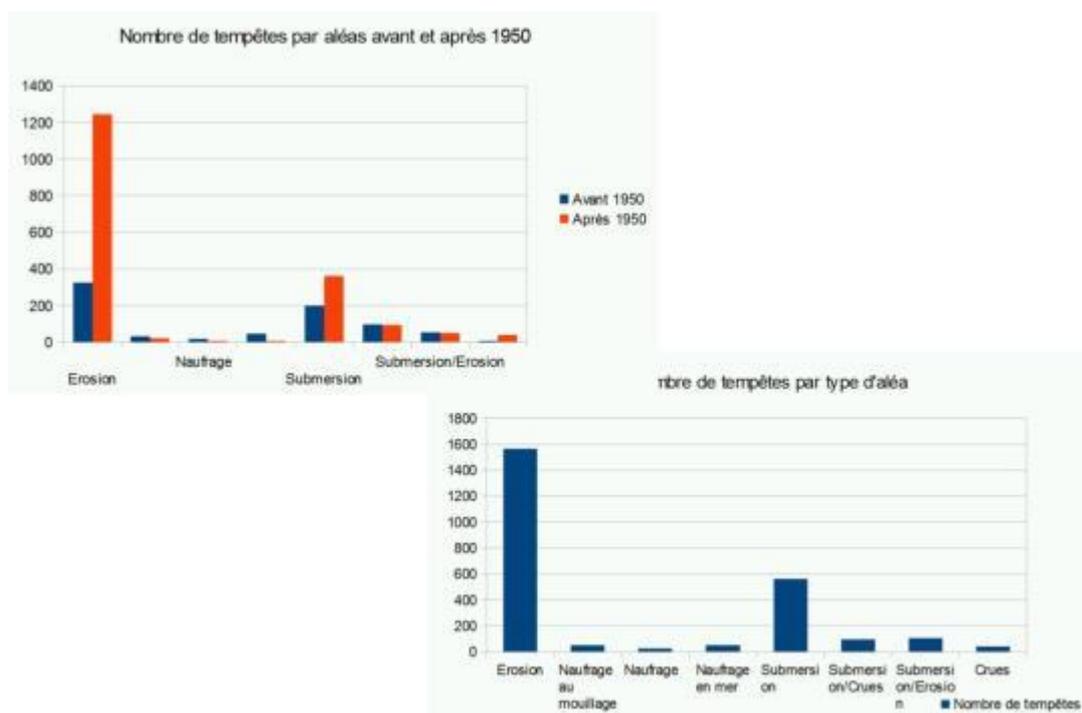


Illustration 110 : En haut : Type d'aléa avant et après 1950 :En Bas : Type d'aléa par tempêtes.

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 C7

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 C7 sont des événements recensés par l'UBO (Université de Bretagne Occidentale, équipe d'A. Hénaff), complétés par le recensement du BRGM lors de cette étude.

383 événements sont recensés sur le compartiment C7. Ces événements recensés n'ont pas une répartition homogène sur le compartiment, avec un nombre plus important sur les parties exposées de littoral mais aussi anthropisée telles que Plougonvelin, Locmaria-Plouzané, Plouzané ; Le Relecq-Kerhuon, Guipavas ; le fond de la rade de Brest ; Camaret-sur-Mer ; Crozon ou encore le fond de la baie de Douarnenez et Douarnenez même.

Alors que la plupart des événements semblent être de l'érosion littorale, les submersions marines se localisent en fond de baies ou d'anses (Port de Brest, Camaret-sur-Mer, Port de Morgat sur Crozon ou fond de baie de Douarnenez).

Les sources proviennent principalement de l'UBO (199), de la préfecture du Finistère (111), des Côtes-d'Armor (10), des Archives Départementale d'Ille-et-Vilaine (11), de la Bibliothèque Nationale de France (BNF Gallica) (22) et d'autres sources diverses (DDTM29, dossiers de presse et PPRL du Faou et de de Daoulas etc.).

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 1172 et le plus récent date de 2010.

82 sont des submersions ou submersion/Erosion, 16 sont des submersions accompagnées de crues, 214 phénomènes d'érosion. Les autres évènements peuvent correspondre à des naufrages ou autres etc. 49 évènements n'ont pas d'aléa littoral bien défini et sont noté en évènement de tempête (Illustration 112).

L'un des évènements marquants parmi les 383, est l'évènement du 15 décembre 1989.

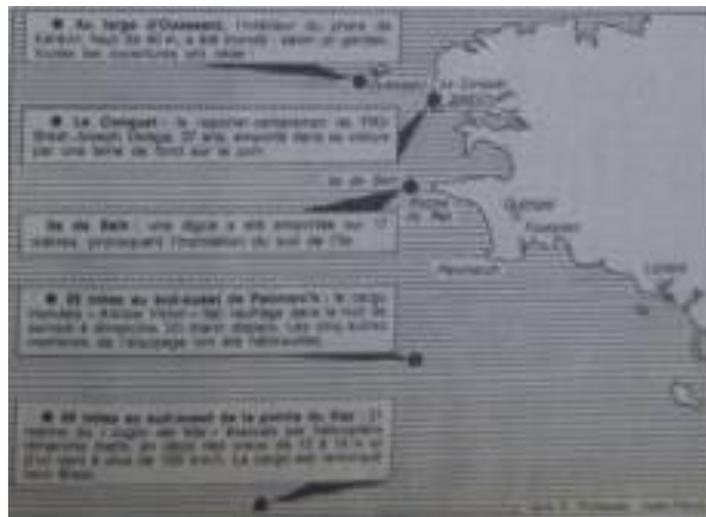


Illustration 111 : Extrait d'un article du Télégramme du 18 décembre 1989.



Illustration 112 : Carte synthétique des événements dommageables pour le compartiment C7.

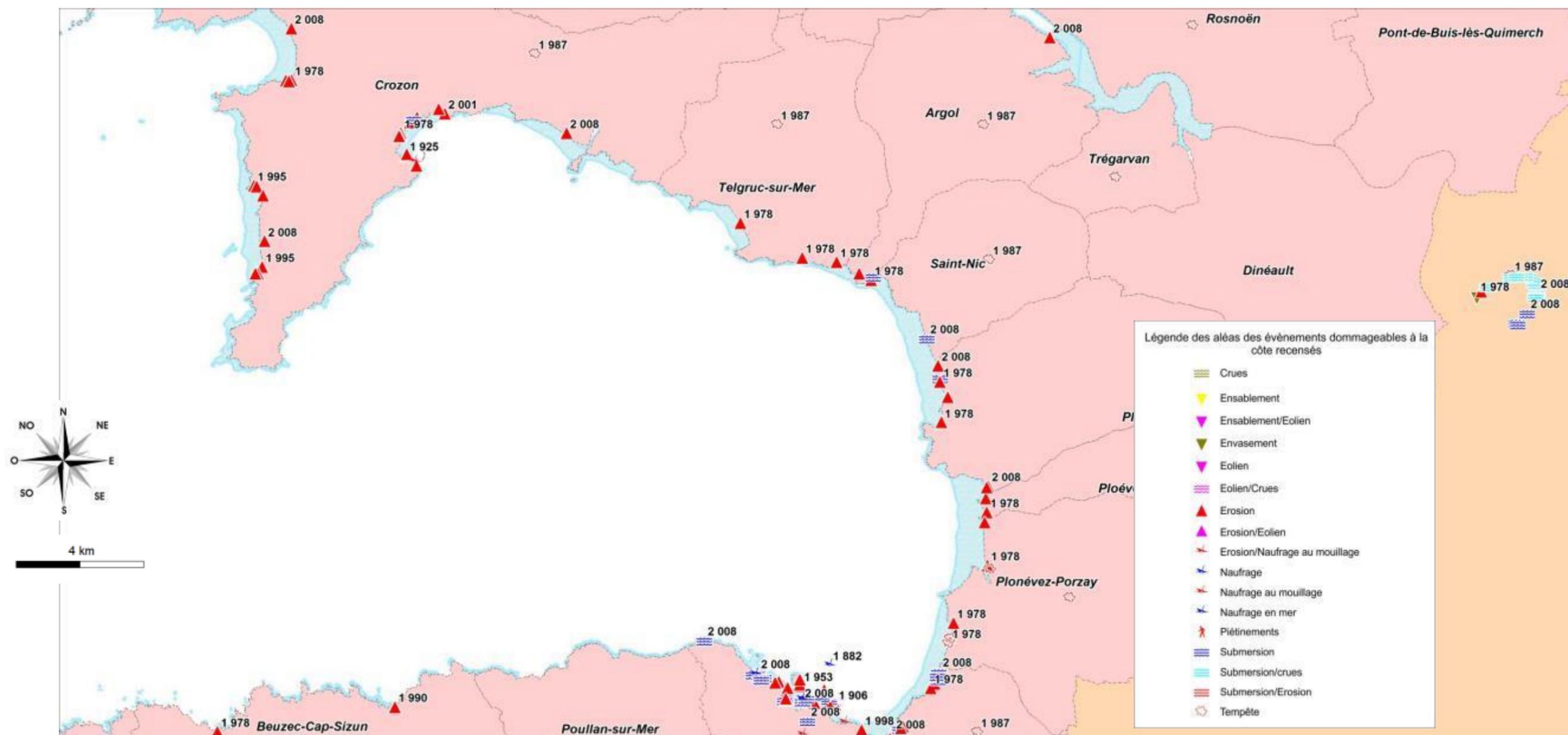


Illustration 113 : Carte synthétique des événements dommageables pour le compartiment C7.

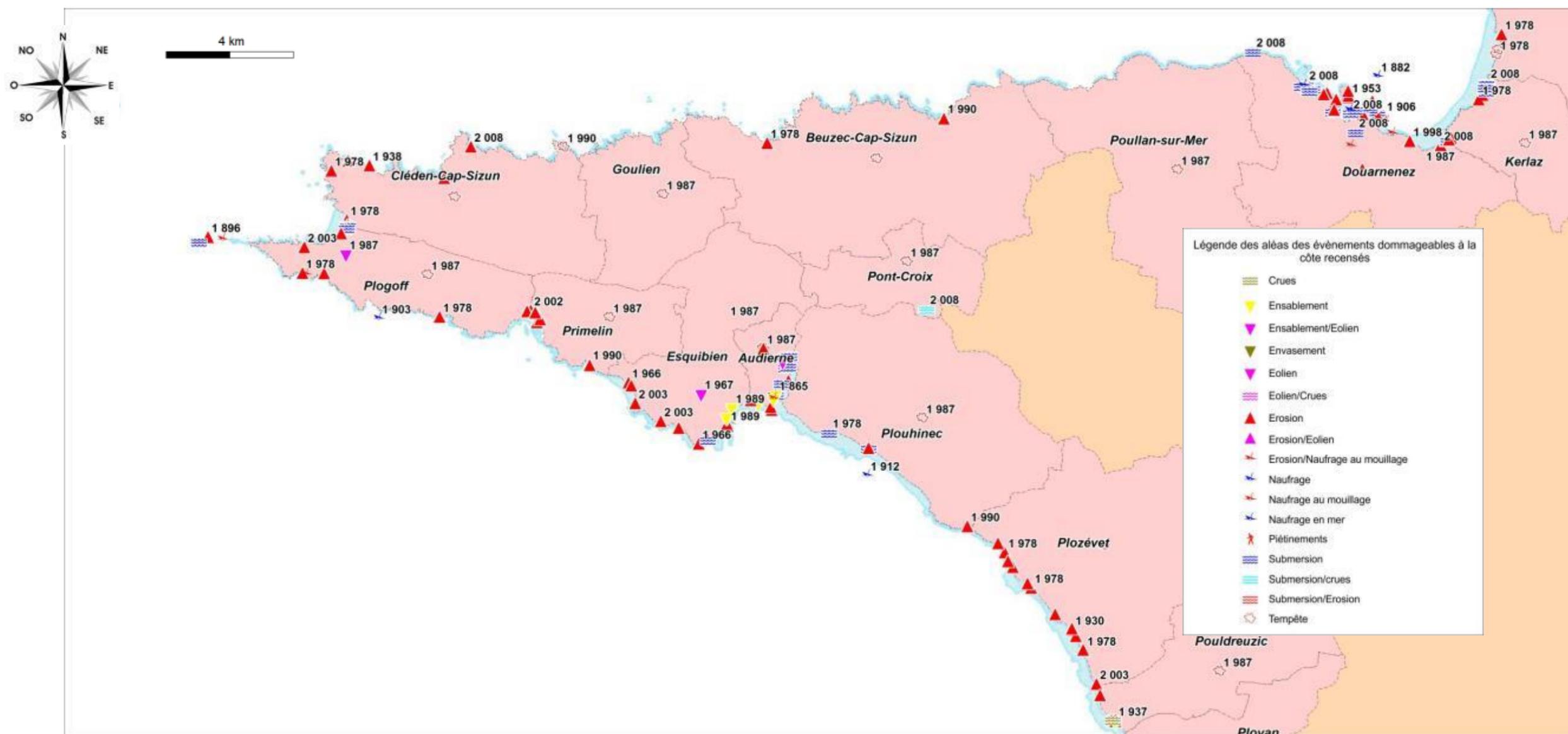


Illustration 114 : Carte synthétique des événements dommageables pour le compartiment C7.

6. Synthèse et conclusions

L'analyse bibliographique des aléas littoraux « érosion et submersion marine », montre quelques points d'impact mais portait surtout l'analyse de phénomènes d'érosion et d'évolution de côtes d'accumulation sableuses comme à galets. Étrangement, les côtes d'accumulation exposées comme celles de la presqu'île de Crozon, montraient des tendances à l'accrétion alors que celles situées dans la rade de Brest comme dans la baie de Douarnenez des tendances à l'érosion. Certains secteurs étudiés avaient ces tendances à l'érosion dont la cause principale était la réalisation d'un aménagement. Peu de submersions marines ne sont décrites précisément ni étudiées hormis la cartographie de détail réalisée par JM Cariolet (2010) sur le quartier de la Cantine sur la commune du Relecq-Kerhuon.

L'analyse de la côte à falaises montre clairement le lien direct entre lithologie (nature des roches de la falaise) et altitude. Les mouvements de terrain comme pour les autres compartiments sont de petites tailles hormis pour la presqu'île de Crozon (Communes de Roscanvel, Camaret-sur-Mer et Crozon), où l'on trouve les plus importants mouvements de terrain des trois départements analysés. Ces mouvements de terrain sont la conséquence des lithologies méta-sédimentaires de la presqu'île et de l'altitude de 100 m NGF. Ils s'opposent à ceux du cap Sizun où pour de mêmes altitudes, les mouvements sont nettement moins importants car les falaises sont armées de granits.

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 très importants sur la bordure sud de la rade de Brest où le littoral est en érosion sur presque sa totalité (communes de Lanvéoc, Crozon et Landévennec).

La prédisposition à l'érosion des falaises est élevée pour les falaises constituées de dépôts de pente ou « heads » et moyenne pour la quasi-totalité de la rade de Brest, la presqu'île de Crozon et la partie nord de la baie de Douarnenez. En revanche, de Douarnenez à la pointe du cap Sizun, la prédisposition à l'érosion est très faible.

Comme pour les autres compartiments, 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 les mêmes tendances que celles décrites ci-dessus et issues de l'analyse de la bibliographie, à savoir : les côtes d'accumulation exposées comme celles de la presqu'île de Crozon, montrent des tendances à l'accrétion alors que celles situées dans la rade de Brest comme dans la baie de Douarnenez, des tendances à l'érosion.

7. Bibliographie

Augris, C., Ménesguen, A., Hamon, D., Blanchet, A., Le Roy, P. Rolet, J., Jouet, G., Véron, G., Delannoy, H., Drogou, M., Bernard, C., Maillard, X., 2005, *Atlas thématique de l'environnement marin de la baie de Douarnenez (Finistère)*, Ifremer-Ville de Douarnenez, Ed. Ifremer, Atlas & cartes, 10 cartes, échelle 1/25 000 + livret d'accompagnement, 135 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, Edition Eyrolles, coll. de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, 559 p.

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*, UBO, thèse, 348 p.

Dehouck A., 2006 *Morphodynamique des plages sableuses de la mer d'Iroise (Finistère)*, Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 267p.

Dehouck A. et al., 2008, *Courants induits et dissipation de l'énergie des vagues sur les plages macrotidales de la mer d'Iroise*, European Journal of Environmental and Civil Engineering 12,1-2, pp. 105-116

Garreau J., 1973, *Inventaire des reliefs d'origine volcanique en Bretagne occidentale et septentrionale*, Norois, n°77, pp.5-22

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

Schroetter J.-M. et Idier D., 2012, Effondrement au Fort de Bertheaume, Commune de Plougonvelin (29) : Avis du BRGM. Rapport BRGM/RP-61705-FR. 19 p., 13 figs

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

Stephan P., Fichaut, B., Suanez, S., 2012, Les sillons de la rade de Brest et les marais maritimes associés, Etude FRAC GPN, Laboratoire GEOMER - UMR 6554 CNRS, 66 p.

Tabeaud M et al., 2009, *Le risque « coup de vent » en France depuis le XVIe 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.

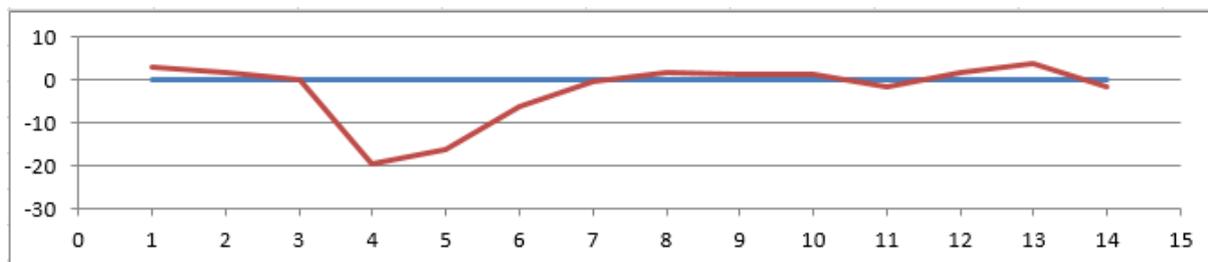
8. Annexe 1 : Tableau des évènements dommageables

IDENTITE		LOCALISATION					DESCRIPTION ET LOCALISATION PRECISE			QUALITE	ALEA ET FACTEUR	EVENEMENT METEO				ETAT MER			CONSEQUENCE		SOURCES					
BD	UBO	ID	XRGF93France	YRGF93France	Insee	Comm	Depart	Compant	Localisation_description	Qualité	Aléa interprété	Jour	Mois	Année	Jrée (er	Dir_vent	Vit_ver	Vit_ver	Baro_hPa	Coef_mar	Haut_mer	Surcôte	Agitatio	Couts	Nb_victim	Source_1
BD	UBO	644	158563.27	6803465.76	29090	KERLAZ	29	C7	Plage de Trezmalouen	2	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	645	158535.03	6803384.81	29090	KERLAZ	29	C7	Plage de Trezmalouen	2	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	704	159666.98	6839926.56	29056	LA FOREST-LANDERNEAU	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroide commune</i>	4	Tempête	0	0	1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	764	163189.29	6841625.26	29103	LANDERNEAU	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroide commune</i>	4	Tempête	0	0	1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	760	164740.14	6841252.63	29103	LANDERNEAU	29	C7	Quai de Léon-Place Général de Gaulle-Rue du Commerce	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	106	7.49	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	761	164762.81	6841196.27	29103	LANDERNEAU	29	C7	Quai de Cornouaille-rue Courte-rue St Thomas-rue aux fruits	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	106	7.49	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	762	163886.2	6841097.52	29103	LANDERNEAU	29	C7	Rue de la Marne_Rue de la Palud	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	106	7.49	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	763	164362.7	6841169.72	29103	LANDERNEAU	29	C7	Rue de la Palud	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	106	7.49	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	765	164238.62	6841211.44	29103	LANDERNEAU	29	C7	Rue Edmond Michelet	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	766	164989.46	6841553.72	29103	LANDERNEAU	29	C7	36 rue de la Tour d'Auvergne	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	767	164278.2	6841222	29103	LANDERNEAU	29	C7	30 rue Edmond Michelet	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	768	164256.79	6841221.26	29103	LANDERNEAU	29	C7	50 rue Edmond Michelet	1	Submersion	13	8	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	769	164196.46	6841223.11	29103	LANDERNEAU	29	C7	100 rue Edmond Michelet	1	Submersion	13	8	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	770	164183.05	6841192.65	29103	LANDERNEAU	29	C7	rue Edmond Michelet	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	771	164209.29	6841208.81	29103	LANDERNEAU	29	C7	rue Edmond Michelet	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	774	161951	6823508.01	29104	LANDEVENNEC	29	C7	Le Pal	1	Erosion	10	3	1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	775	161928.65	6823926.62	29104	LANDEVENNEC	29	C7	Le Pal - Le camping	1	Erosion	18	12	1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	776	158270.92	6823066.82	29104	LANDEVENNEC	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroide commune</i>	4	Tempête	18	12	1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	773	156454.82	6823630.56	29104	LANDEVENNEC	29	C7	Fleche frontale du Loc'h	1	Erosion	10	3	1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	772	161896.95	6823927.36	29104	LANDEVENNEC	29	C7	Dégradations relevées sur les exploitations de moules	1	Erosion	10	3	2008	-	-	-	-	-	106	7.49	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	803	147545	6825332.01	29120	LANVEOC	29	C7	La Cale	3	Erosion	0	0	1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	804	147890.92	6825224.17	29120	LANVEOC	29	C7	La Cale	3	Erosion	0	0	1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	805	148223.73	6825151.27	29120	LANVEOC	29	C7	La Cale	3	Erosion	0	0	1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	797	147604	6825247.01	29120	LANVEOC	29	C7	La Cale	2	Erosion	26	11	1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	798	147635.77	6823663.49	29120	LANVEOC	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroide commune</i>	4	Tempête	15	12	1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	802	147265.75	6825066.84	29120	LANVEOC	29	C7	La petite Grève	3	Erosion	21	5	1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	799	144373.9	6824324.08	29120	LANVEOC	29	C7	Reun Ar C'Hrank	3	Erosion	15	12	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	800	145410.74	6824355.15	29120	LANVEOC	29	C7	La Villeneuve	3	Erosion	15	12	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	801	146875.82	6824775.04	29120	LANVEOC	29	C7	Coat Trez	3	Erosion	25	1	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	806	148890.07	6825018.32	29120	LANVEOC	29	C7	Kertanguy-Pen ar Vir	3	Erosion	10	2	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	807	149399.87	6824944.28	29120	LANVEOC	29	C7	Kertanguy-Pen ar Vir	3	Erosion	10	2	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	808	150007.39	6824821.63	29120	LANVEOC	29	C7	Kertanguy-Pen ar Vir	3	Erosion	11	1	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	809	150431.47	6824984.07	29120	LANVEOC	29	C7	Kertanguy-Pen ar Vir	3	Erosion	12	1	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	810	151457.99	6822978.01	29120	LANVEOC	29	C7	Le Stang	3	Erosion	15	1	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	811	151913.99	6822847.01	29120	LANVEOC	29	C7	Le Stang	3	Erosion	16	12	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	812	152535.99	6822829.01	29120	LANVEOC	29	C7	Le Stang	3	Erosion	0	0	2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	830	171535.97	6824545.5	29053	LE FAOU	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroide commune</i>	4	Tempête	0	0	1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	825	168793.56	6823074.08	29053	LE FAOU	29	C7	Ruisseau passant à Toul Ar C'hoat	1	Submersion	11	2	2000	-	-	-	-	-	100	7.33	-	-	-	-	PPRI du Faou du 16 septembre 2009
BD	UBO	826	168793.56	6823074.08	29053	LE FAOU	29	C7	Ruisseau passant à Toul Ar C'hoat	1	Submersion	0	0	2000	-	-	-	-	-	100	7.33	-	-	-	-	PPRI du Faou du 16 septembre 2009
BD	UBO	827	168459.65	6823473.36	29053	LE FAOU	29	C7	Rive droite de la rivière du Faou	1	Submersion	0	0	2000	-	-	-	-	-	100	7.33	-	-	-	-	PPRI du Faou du 16 septembre 2009
BD	UBO	828	168793.56	6823074.08	29053	LE FAOU	29	C7	Ruisseau passant à Toul Ar C'hoat	1	Submersion	0	0	2000	-	-	-	-	-	100	7.33	-	-	-	-	PPRI du Faou du 16 septembre 2009
BD	UBO	829	168459.65	6823473.36	29053	LE FAOU	29	C7	Rive gauche de la rivière du Faou	1	Submersion	0	0	2000	-	-	-	-	-	100	7.33	-	-	-	-	PPRI du Faou du 16 septembre 2009
BD	UBO	831	168136.77	6823669.82	29053	LE FAOU	29	C7	rue de la grève	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	832	168187.9	6823678.45	29053	LE FAOU	29	C7	rue du Général De Gaulle	1	Submersion	15	10	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	833	168122.18	6823792.67	29053	LE FAOU	29	C7	Quai Quélen	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	834	168071.41	6823828.34	29053	LE FAOU	29	C7	rue de la Rive	1	Submersion	10	3	2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère
BD	UBO	843	154147.97	6836317.91	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Anse de Camfrout	2	Erosion	11	1	1978	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	844	152806.03	6837249.19	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroide commune</i>	4	Tempête	15	10	1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	845	151600	6836442.01	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	La Cantine - Anse du Moulin blanc	1	Erosion	0	0	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	846	151776.31	6836296.85	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Baradozic	1	Erosion	0	0	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	847	152167.23	6835922.33	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Keriezou	2	Erosion	0	0	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	848	152358.51	6835820.11	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Keriezou	2	Erosion	0	0	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	849	152795	6835625.01	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Pieds du pont de l'Elorn	1	Erosion	0	0	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	850	153227.99	6835952.01	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Anciens bassins ostreicoles	1	Erosion	10	3	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	851	153405.83	6836208.96	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Penn an Toul	1	Erosion	15	10	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	852	153430.07	6836233.53	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Penn an Toul	1	Erosion	11	2	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	853	153392.04	6836194.68	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Cordon de galets devant ... ?	3	Erosion	26	11	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	854	153442.62	6836263.03	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Enrochements de Penn an Toul	1	Erosion	0	0	2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD	UBO	855	153512.23	6836349.16	29235	LE RELECQ-KERHUON	29	C7	Penn an Toul	2	Erosion	0	0	2001	-	-	-	-</								

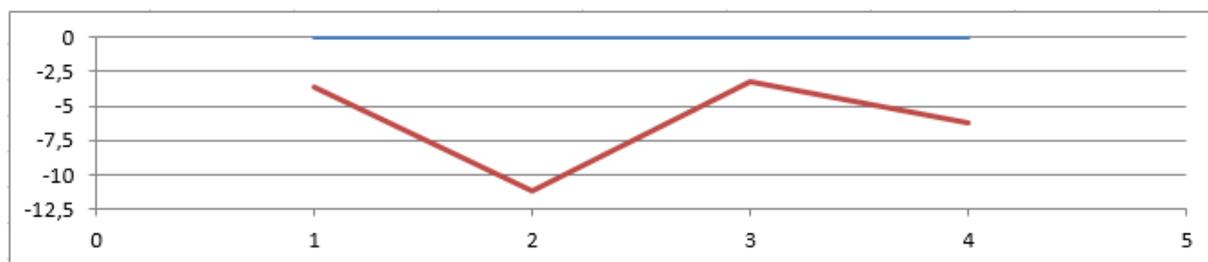
IDENTITE		LOCALISATION				DESCRIPTION ET LOCALISATION PRECISE			QUALITE	ALEA ET FACTEUR	EVENEMENT METEO				ETAT MER			CONSEQUENCE		SOURCES								
BD	UBO	ID	XRGF93France	YRGF93France	Insee	Comm	Depart	Compagn	Localisation_description	Qualité	Aléa_interprété	Jour	Mois	Année	Jrée (er)	Dir_vent	Vit_ver	Vit_ver	Baro_hPa	Coef_mar	Haut_mer	Surcôte	Agitatio	Couts	Nb_victim	Source_1		
BD	UBO	1602	140313.52	6828905.51	29238	ROSCANVEL	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroïde commune</i>	4	Erosion			2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1641	165768.55	6821396.84	29240	ROSNOEN	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroïde commune</i>	4	Tempête			1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1639	165768.55	6821396.84	29240	ROSNOEN	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroïde commune</i>	4	Tempête			1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1640	162996	6822924.01	29240	ROSNOEN	29	C7	falaise dominant la grève	2	Erosion			2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1679	160062.62	6814938.92	29256	SAINT-NIC	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroïde commune</i>	4	Tempête			1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1680	158311	6812769.45	29256	SAINT-NIC	29	C7	Route littorale secteur Pentrez	1	Submersion			2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Préfecture du Finistère	
BD	UBO	1704	176781.45	6816692.65	29263	Saint-Segal	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroïde commune</i>	4	Tempête			1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1788	153150.07	6816013.69	29280	TELGRUC-SUR-MER	29	C7	Anse de Caon	1	Erosion			1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1789	154862	6815036	29280	TELGRUC-SUR-MER	29	C7	Porz ar Vel sous Pen ...	1	Erosion			1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1790	155821	6814903.01	29280	TELGRUC-SUR-MER	29	C7	Porslous	1	Erosion			1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1791	155821	6814903.01	29280	TELGRUC-SUR-MER	29	C7	Porslous	1	Erosion			1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1792	154203.95	6818734.26	29280	TELGRUC-SUR-MER	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroïde commune</i>	4	Tempête			1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	UBO	1860	163593.38	6817201.1	29289	TREGARVAN	29	C7	<i>! Coordonnées lambert du centroïde commune</i>	4	Tempête			1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A Hénaff_UBO	
BD	ATLAS	2421	146850.47	6835256.25	29019	BREST	29	C7	Un lougre rempli de pétrole échoué	2	Naufrage au mouillage	18	11	1893	3	-	-	-	-	50	5.85	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2425	137806.8	6824277.79	29022	CAMARET-SUR-MER	29	C7	Bureau de la Marine inondés, bateaux ayant subi de nombreuses avaries	2	Submersion	4	12	1896	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2450	147160.1	6835430.13	29019	BREST	29	C7	Les lames envahissent les quais du port de commerce, recouvrant les voi	1	Submersion	12	2	1899	1	O	-	-	1003	114	7.81	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2516	145689.82	6834801.31	29019	BREST	29	C7	A la pleine mer à 8 heures, les vagues franchissent les digues de la rade	1	Submersion	1	10	1912	1	S	-	-	-	75	6.54	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2534	145466.81	6838060.88	29019	BREST	29	C7	Brest arbres abattus, postes de sémaphore renversés, pluie torrentielle q	3	Eolien/Cruces	30	7	1921	1	SO	-	-	-	47	5.59	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2535	137409.39	6824951.08	29022	CAMARET-SUR-MER	29	C7	Le Sillon et les quais submergés	3	Submersion	8	1	1924	2	-	-	-	-	101	6.93	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2574	147329.02	6835178.77	29019	BREST	29	C7	Un cône mouillé à la jetée de l'est a brisé amarre et s'est jeté à la côte	2	Naufrage au mouillage	4	12	1929	3	-	-	-	-	71	6.56	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2575	146850.16	6835217.15	29019	BREST	29	C7	Un chaland de la marine de guerre a fait naufrage près des quais du port	2	Naufrage au mouillage	4	12	1929	3	-	-	-	-	71	6.56	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2577	139365.66	6824961.19	29022	CAMARET-SUR-MER	29	C7	Bâteaux échoués dans la baie	3	Naufrage au mouillage	4	12	1929	3	NO	-	-	-	71	6.1	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2584	136845.37	6823468.79	29022	CAMARET-SUR-MER	29	C7	Cinq bateaux jetés à la côte	3	Naufrage en mer	1	11	1930	2	-	-	-	-	45	5.25	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2635	146814.7	6835228.1	29019	BREST	29	C7	Brest, amarres d'embarcations rompues	3	Naufrage au mouillage	11	10	1976	1	-	-	148	-	81	6.72	-	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD	ATLAS	2680	137721.04	6824782.62	29022	CAMARET-SUR-MER	29	C7	Digues emportées	3	Erosion	22	11	1984	4	-	-	175	-	101	6.89	-	-	30489803.45	5	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine		
BD	ATLAS	2687	137194.61	6824817.19	29022	CAMARET-SUR-MER	29	C7	six bateaux coulé dans le port de plaisance du Styvel et renforcement des	2	Naufrage au mouillage	15	10	1987	2	-	-	187	-	948	25	4.74	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD	ATLAS	2690	144089.09	6817803.38	29042	CROZON	29	C7	Trois voiliers coulé, six pontons brisés et cinq tordus	2	Erosion/Naufrage au mouillage	15	10	1987	2	-	-	-	-	25	4.75	-	-	213428,62 €	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD	ATLAS	2729	145466.81	6838060.88	29019	BREST	29	C7	Brest	3	Cruces	27	12	1999	2	O à NO	-	172	-	964	83	6.9	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD	ATLAS	2827	145466.81	6838060.88	29019	BREST	29	C7	Dégâts considérables dans la ville,	2	Tempête	18	11	1893	3	-	-	-	-	50	5.85	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2830	145646.39	6836520.21	29019	BREST	29	C7	A Brest un croiseur à l'ancre dans le fond de l'arsenal a cassé trois fois ses	3	Naufrage au mouillage	13	2	1900	2	-	-	-	-	79	6.5	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2853	163640.57	6841448.3	29103	LANDERNEAU	29	C7	1000 victimes à Landerneau	4	Submersion	0	0	1172	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	A Hénaff_UBO		
BD	ATLAS	2875	146292.23	6831732.37	29019	BREST	29	C7	Au large de Brest, nombreuses avaries,	4	Naufrage	27	9	1896	3	-	-	-	-	65	6.25	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2876	145466.81	6838060.88	29019	BREST	29	C7	Bâteaux échoués	4	Naufrage	4	12	1896	2	-	-	-	-	953	94	7.07	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2880	136845.37	6823468.79	29022	CAMARET-SUR-MER	29	C7	Au large de Camaret 4 bricks, 1 brick-goélette et un sloop sont à la côte,"	4	Naufrage en mer	13	2	1900	2	-	-	-	-	79	5.91	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2886	145466.81	6838060.88	29019	BREST	29	C7	Plusieurs sinistres	4	Erosion	7	1	1912	1	-	-	-	-	97	7.35	-	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)	
BD	ATLAS	2910	107053.92	6800687.48	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	Tempête en mer, au large d'Ar Men	4	Naufrage	29	1	1975	1	-	-	-	-	112	7.5	-	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD	ATLAS	2911	125062.19	6831757.35	29190	PLOUGONVELIN	29	C7	Pointe de St-Mathieu : toitures envolées	4	Eolien	11	10	1976	1	-	-	150	-	81	6.57	-	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD	ATLAS	2926	124946	6835099.23	29040	LE CONQUET	29	C7	Amarres de voilier rompues (port ?)	4	Naufrage au mouillage	12	9	1993					948	50	5.60	-	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine	
BD	ATLAS	2928	115696.11	6799721.04	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	Parties basses de l'île sous les eaux, flots jusqu'aux venelles, habitants sur	2	Submersion			1756												-	Sein, l'île des trépassés, Richard et Le Cunff, 1958	
BD	ATLAS	2929	115816.54	6799871.88	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	Brèches, destruction des murs de clôtures au sud de l'île, submersion des	2	Submersion/Erosion	22	11	1824	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Rapport de G. Goury, ing. Ponts et Chaussées, 1824	
BD	ATLAS	2930	115838.04	6799725.81	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	Le bourg, inondation, la population est sur les toits des maisons et de l'é	2	Submersion			1830													-	Schéma directeur de l'île
BD	ATLAS	2931	114732.98	6800584.12	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	Envahissement des champs près du phare par la mer à deux reprises	2				1838												-	Notice de l'île de Sein, J. Bachelot de la Pylaie, 1846	
BD	ATLAS	2932	114752.72	6800572.63	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	Inondation des champs par la mer	2	Submersion			1842		SO	-	-	-	110	-	-	-	-	-	-	-	Notice de l'île de Sein, J. Bachelot de la Pylaie, 1846
BD	ATLAS	2933	114614.76	6800513.27	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	Clôtures renversées	2	Erosion	25	2	1846						113	-	-	-	-	-	-	-	Notice de l'île de Sein, J. Bachelot de la Pylaie, 1846
BD	ATLAS	2934	115550.03	6799948.94	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	Brèche dans la digue de Korrejou-le Lenn	2	Erosion	22	2	2011						115	-	-	-	-	-	-	-	Sources orales
BD	ATLAS	2935	115667.23	6799700.19	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	Inondation du Lenn par franchissement des ouvrages de protection	2	Submersion	16	12	1989						-	-	-	-	-	-	-	-	Ouest France
BD	ATLAS	2936	115804.91	6799586.91	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	6 maisons sous 0.4 m d'eau au sud de l'île	2	Submersion	16	12	1989						-	-	-	-	-	-	-	-	Ouest France
BD	ATLAS	2937	115041.82	6800302.94	29083	ILE-DE-SEIN	29	C7	Route de l'incinérateur et du phare impraticable	2	Submersion	16	12	1989						-	-	-	-	-	-	-	-	Ouest France
BD	ATLAS	2938	115601.2																									

9. Annexe 2 : Graphiques d'évolution des plages

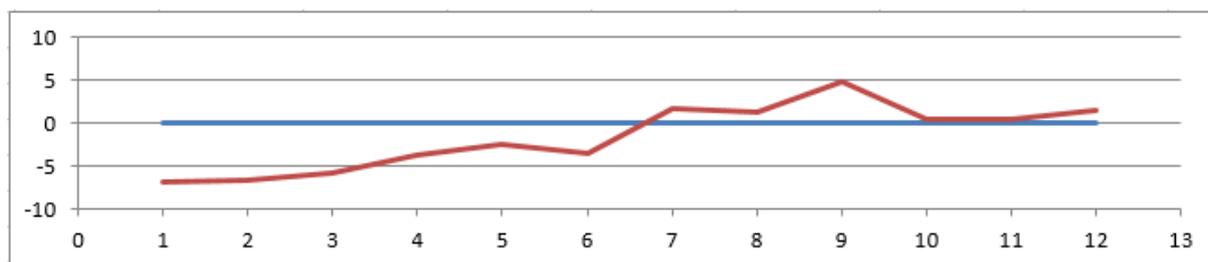
C7 - P1 - Le Trez-Hir



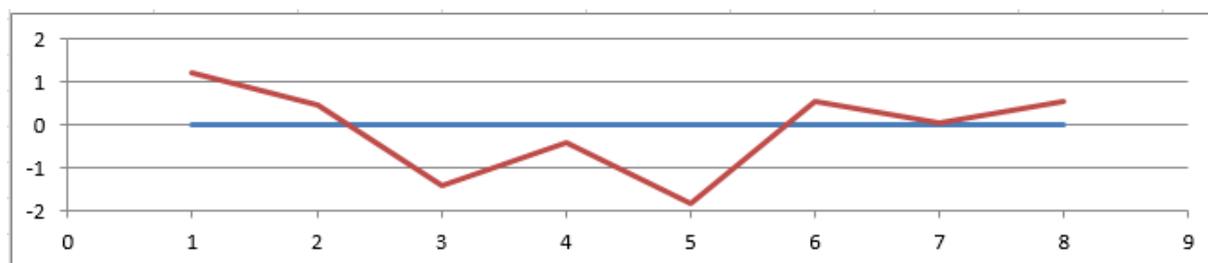
C7 - P2 - Plage de Porsmilin



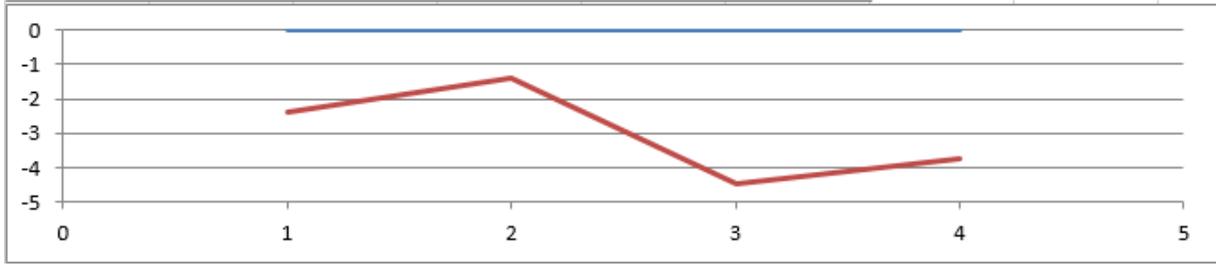
C7 - P3 – plage de l'Arvor



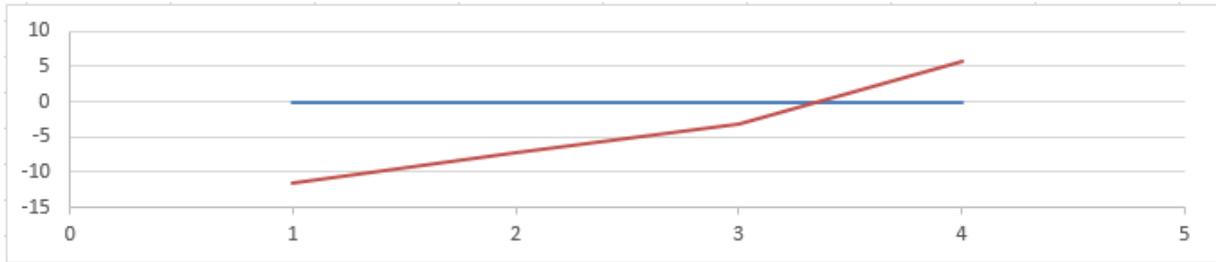
C7 - P4 - Flèche de l'Auberlac'h



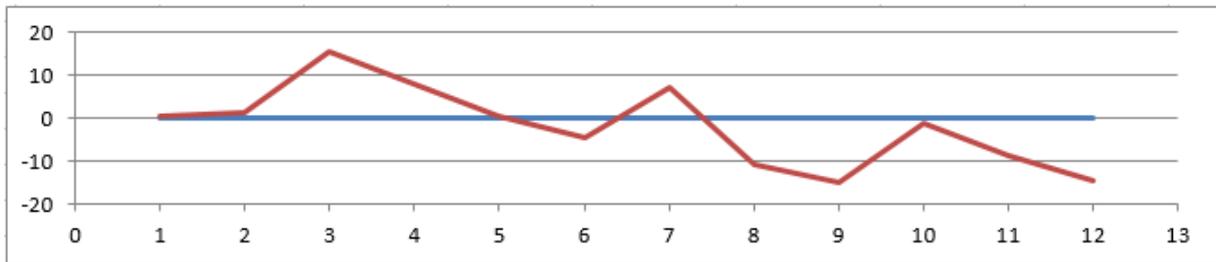
C7 - P5 - Sillon de Pont-Callec



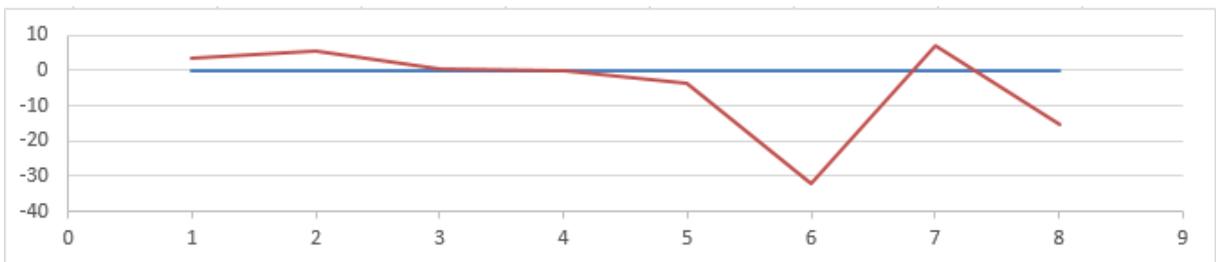
C7 - P6 - Sillon de Porsguen



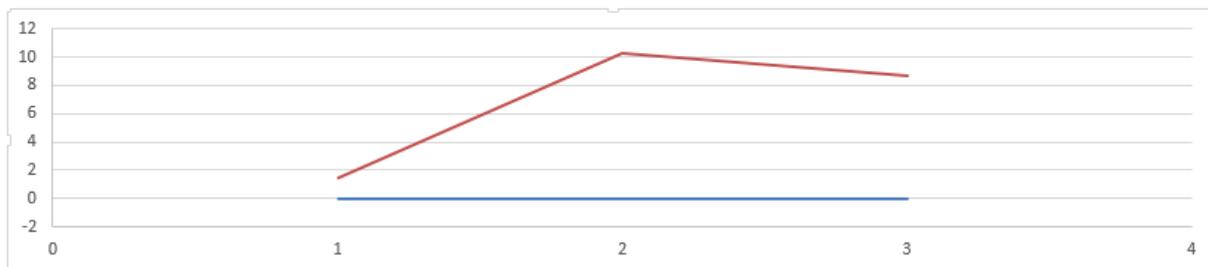
C7 - P7 - Sillon du Pédel



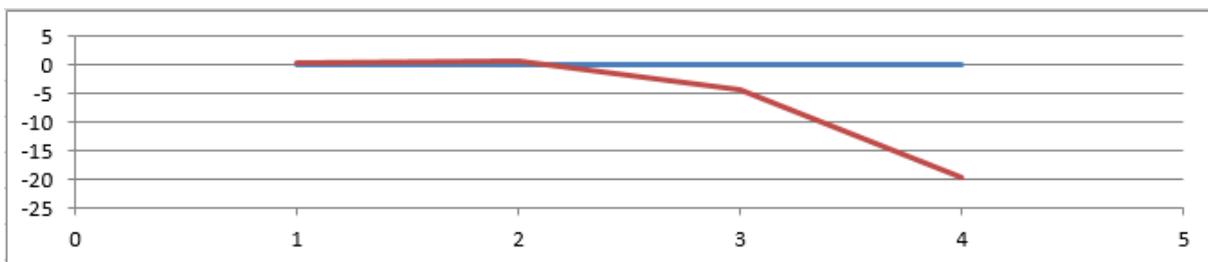
C7 - P8 - Sillon de Kersanton



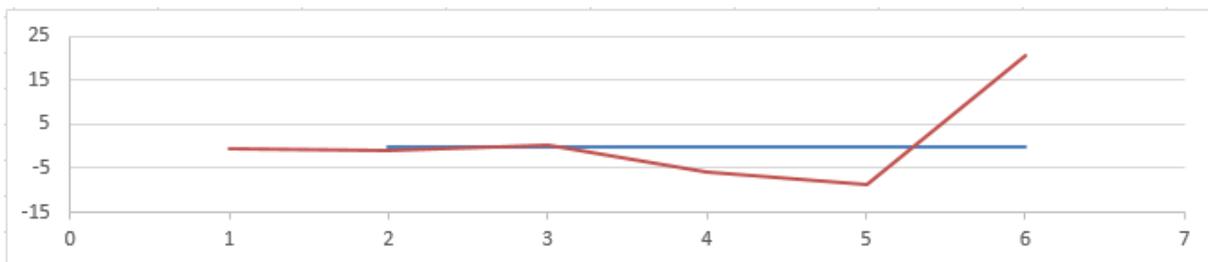
C7 - P9 - Sillon de Mengleuz



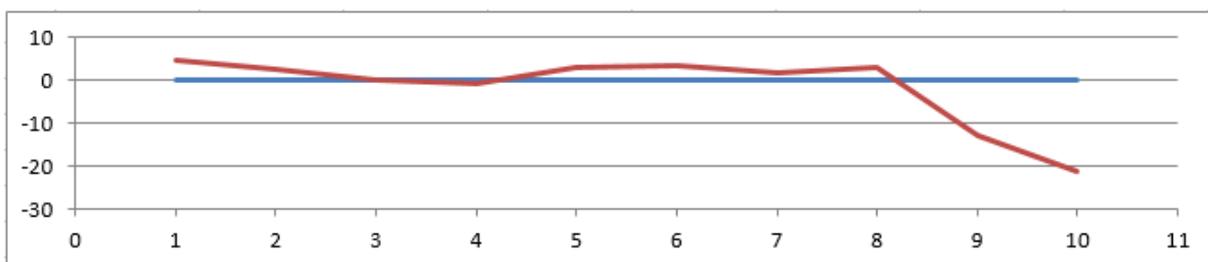
C7 - P10 - Sillon de Kerloziou



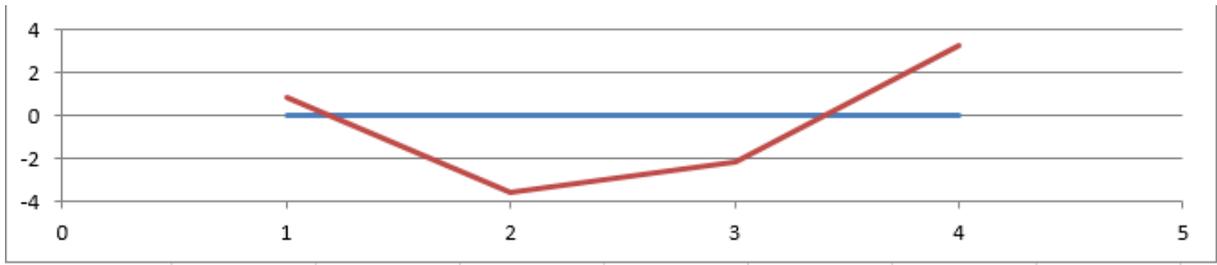
C7 - P11 - Sillon de Kerneiz



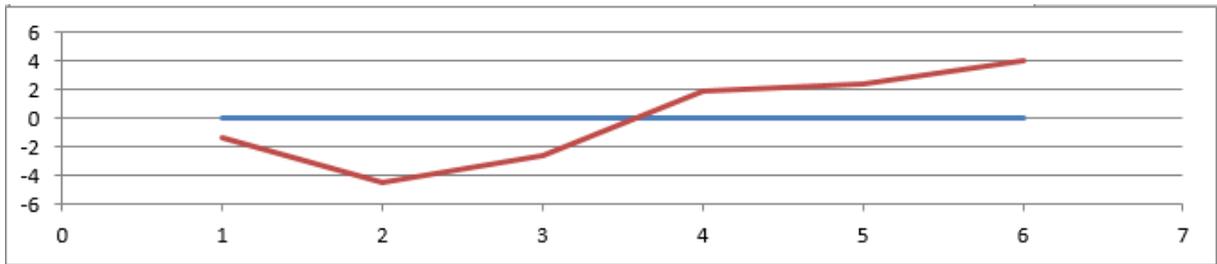
C7 - P12 - Sillon de Rosmelec



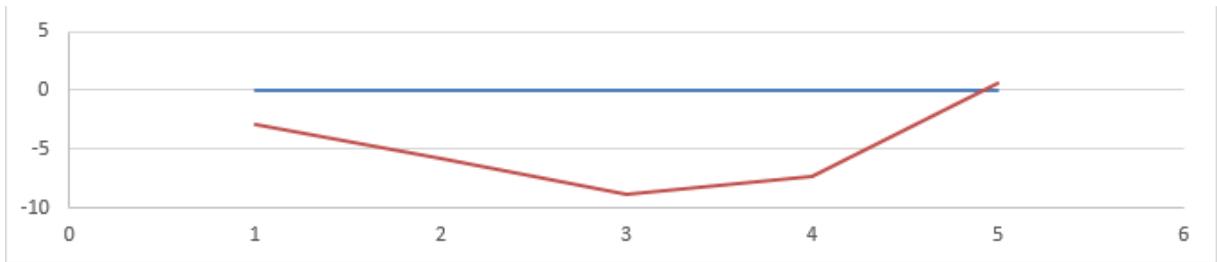
C7 - P13 - Anse de Penn Foall



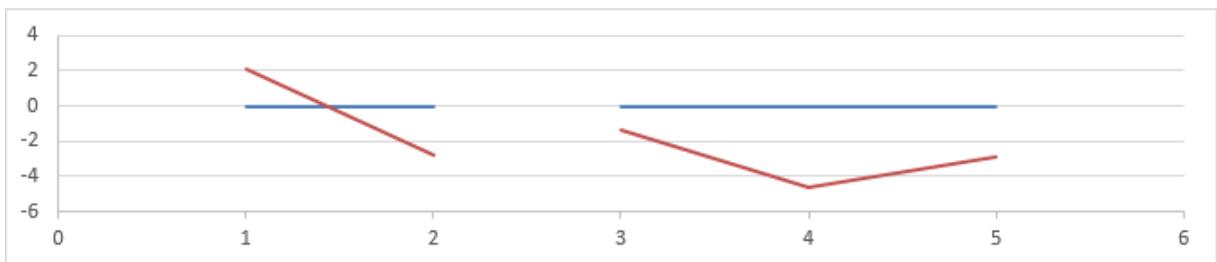
C7 - P14 - Sillon de Saint-Jean



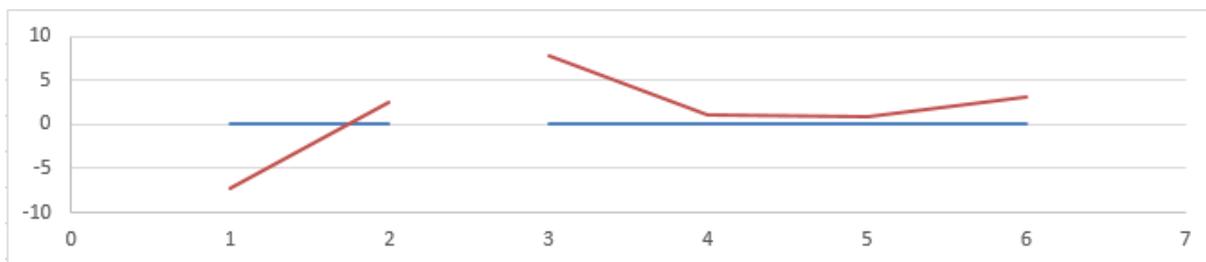
C7 - P15 - Sillon du Roz



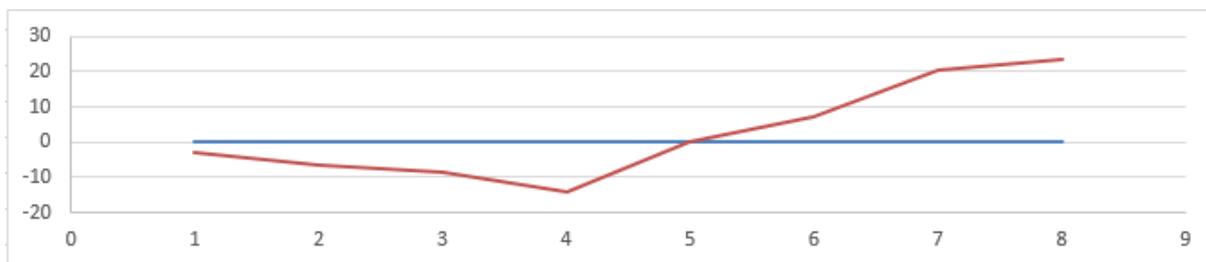
C7 - P16 - Sillon du Bindy



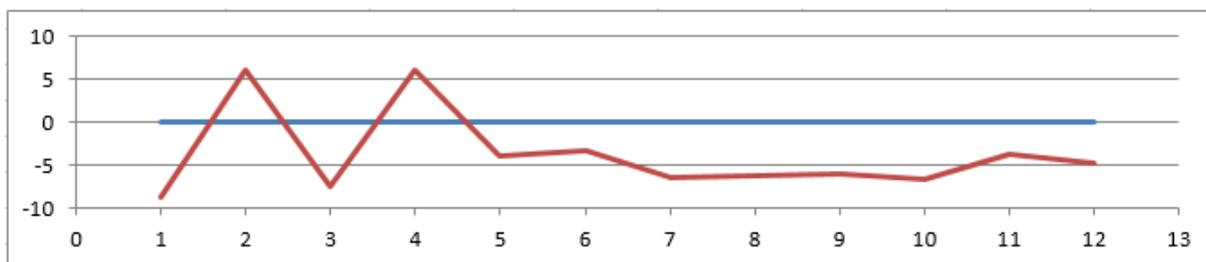
C7 - P17 - Sillon de l'Anse du Bourg



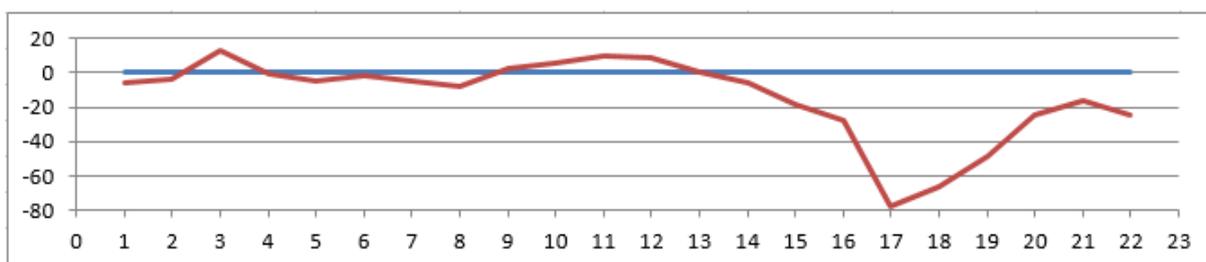
C7 - P18 - Sillon de Troaon



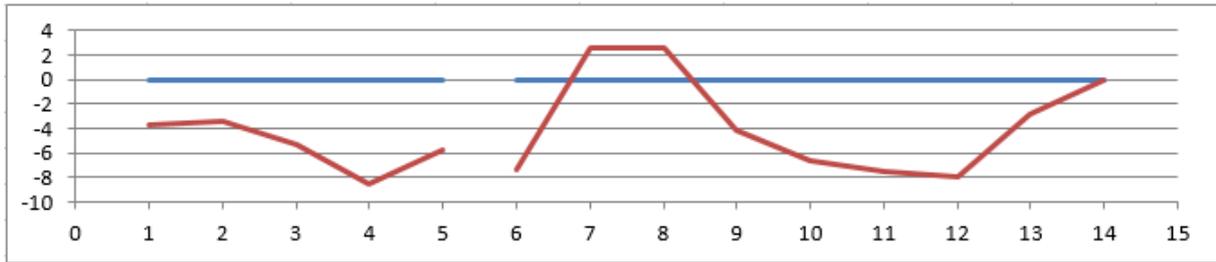
C7 - P19 - Sillon de Kéroullé



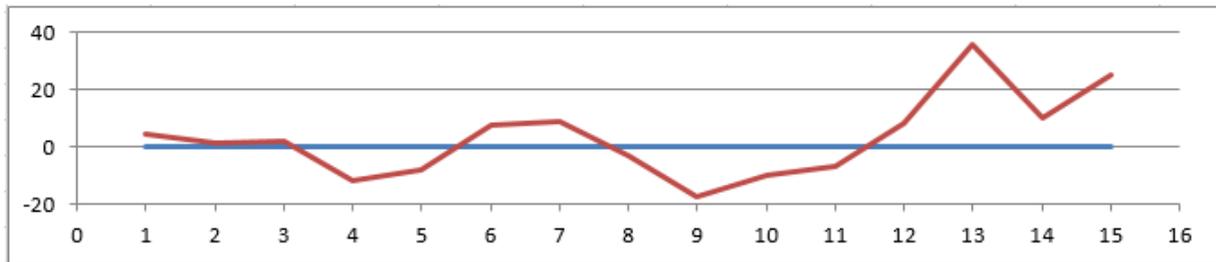
C7 - P20 - Sillon du Faou



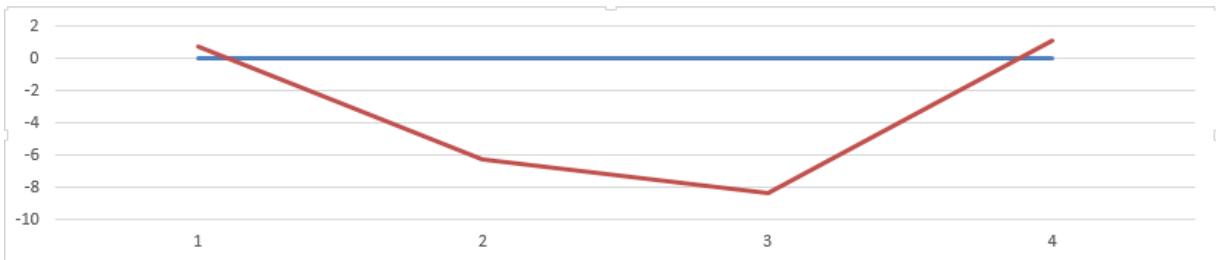
C7 - P21 – Tombolo de l'île d'Aren



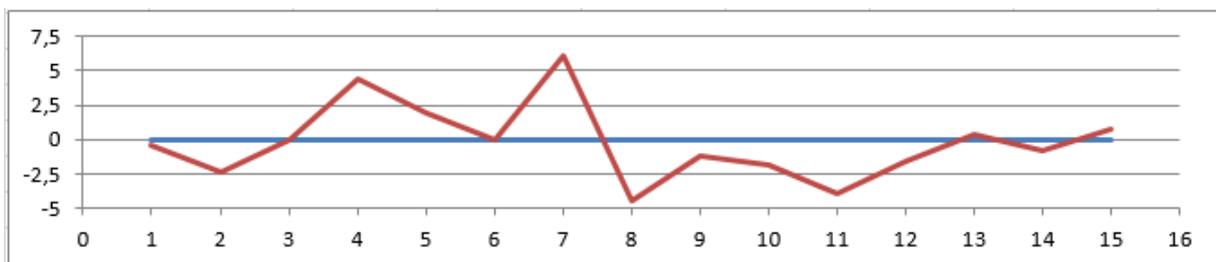
C7 - P22 - Sillon des Anglais



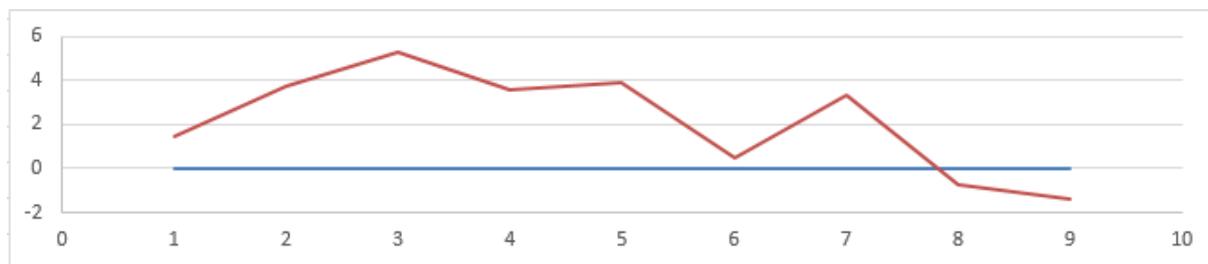
C7 - P23 - Le Loc'h (double flèche en chicane)



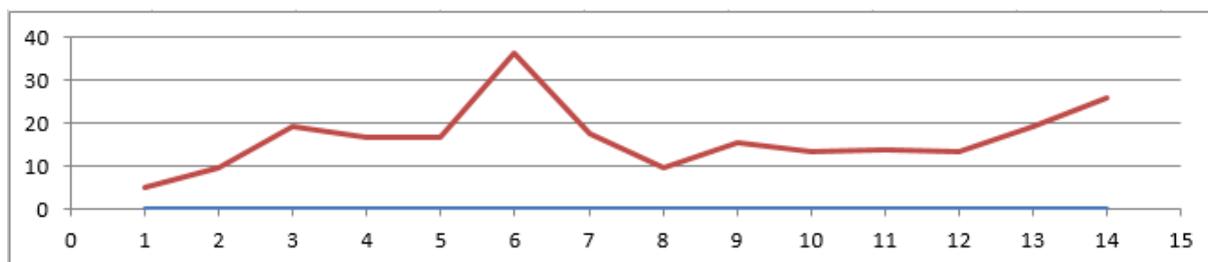
C7 - P24 - Anse de Pen Hat



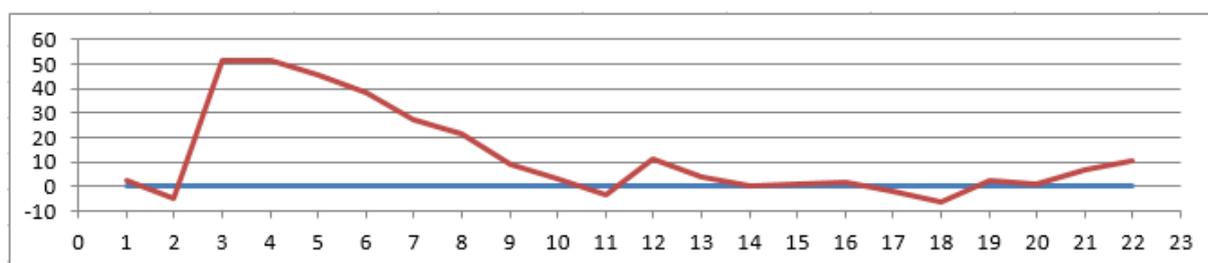
C7 - P25 - Plage de Kerloc'h



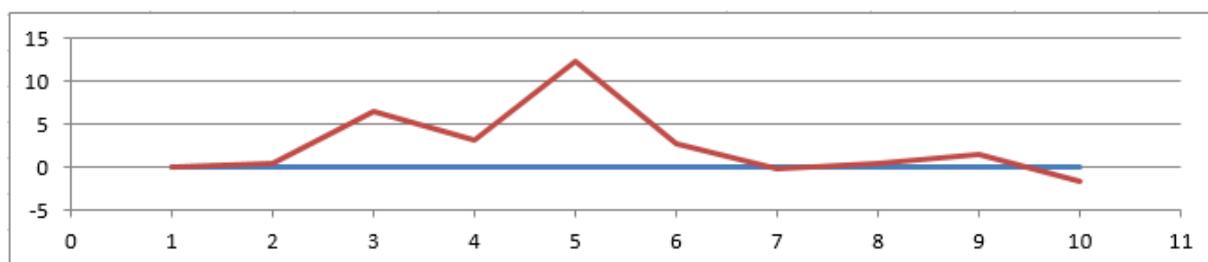
C7 - P26 - Plage de Kersiguénoù



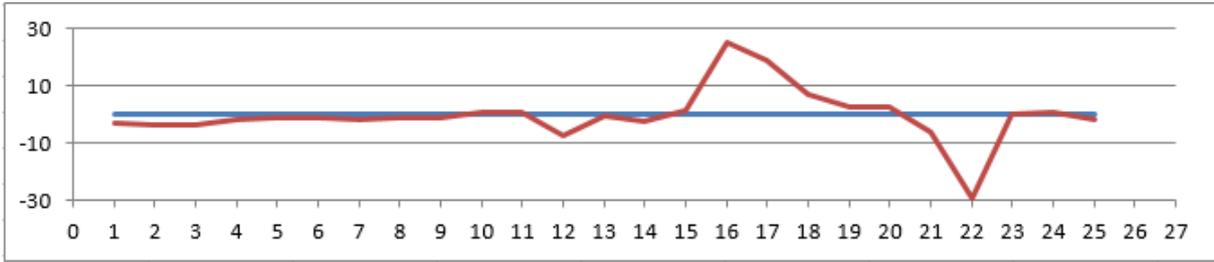
C7 - P27 - Plage de Goulien



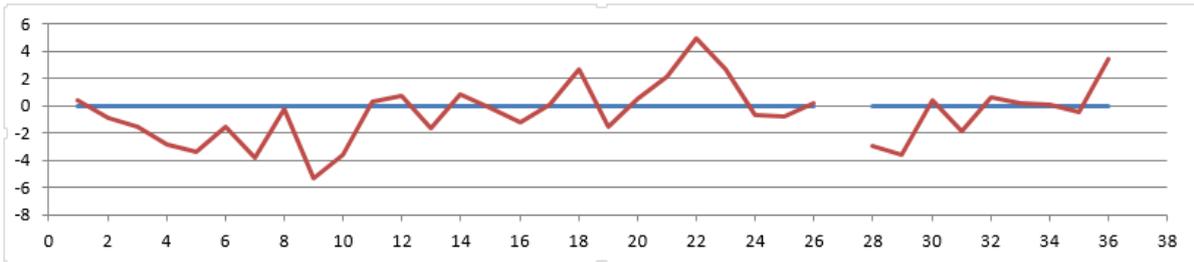
C7 - P28 - Lostmarc'h



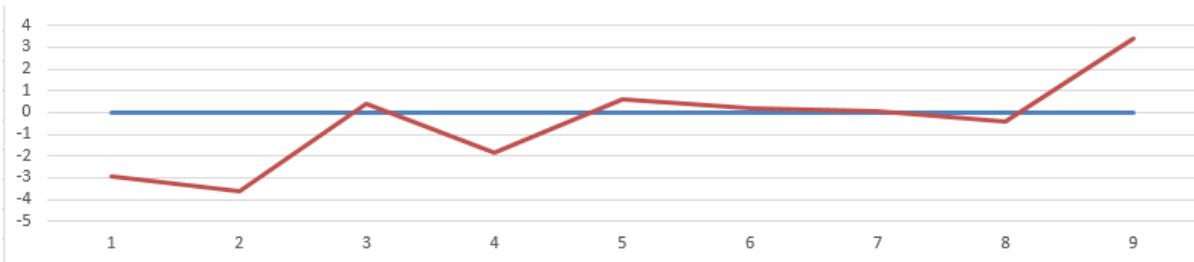
C7 - P29 - Plage de la Palue



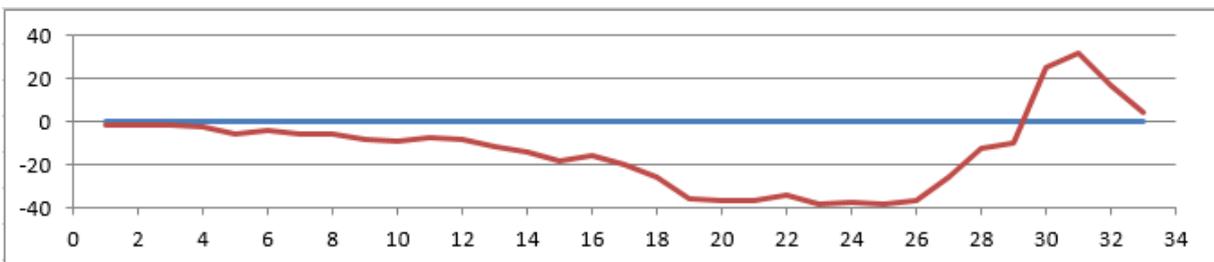
C7 - P30 - Plage de Morgat



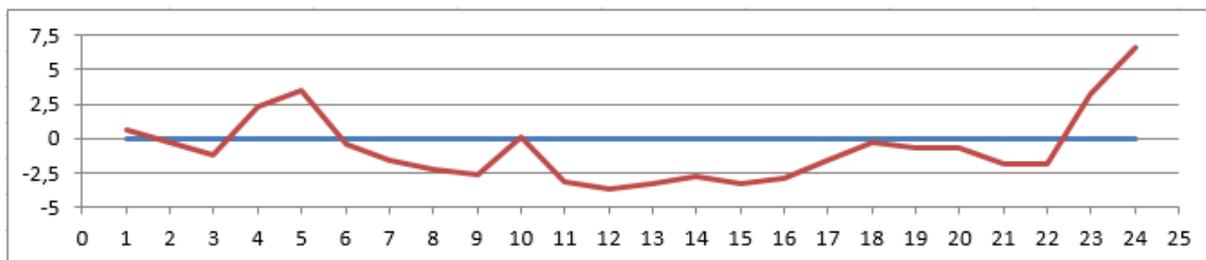
C7 - P31 - Plage du Porzic



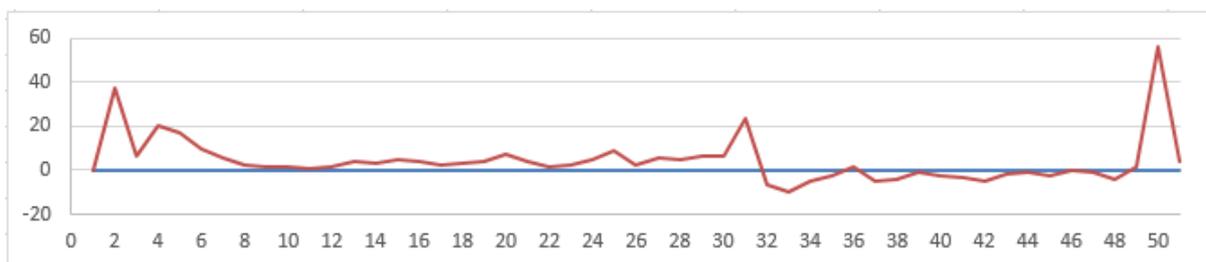
C7 - P32 - Plage de L'Aber



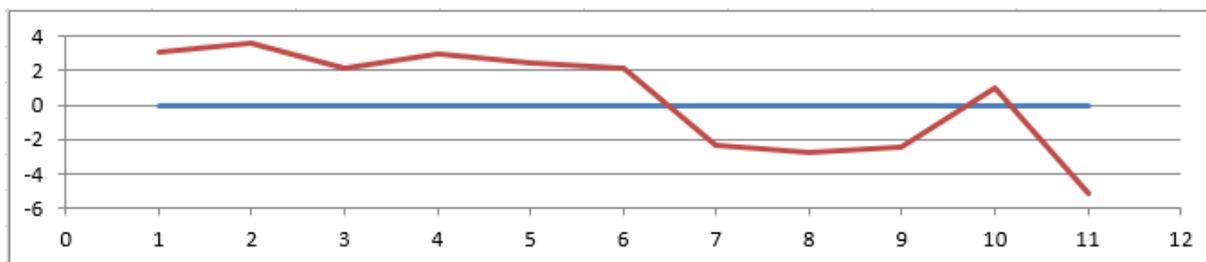
C7 - P33 - Plage de Trez Bellec



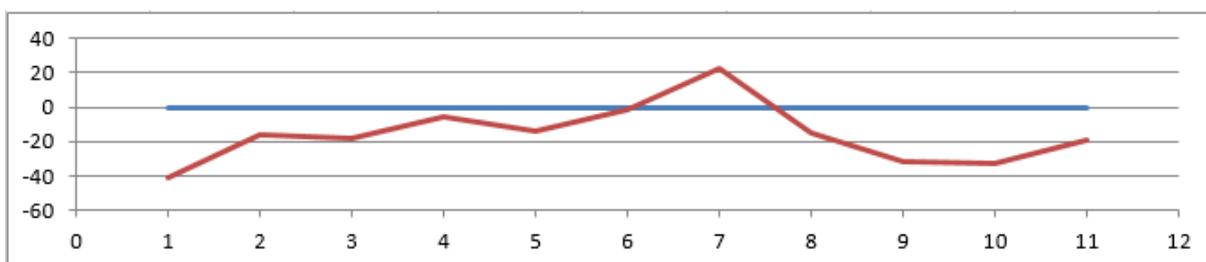
C7 - P34 - La Lieu de Grève



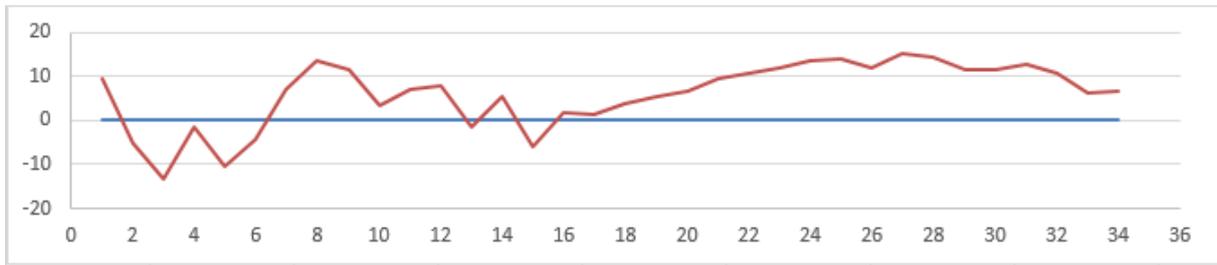
C7 - P35 - Plage de Lestrevet



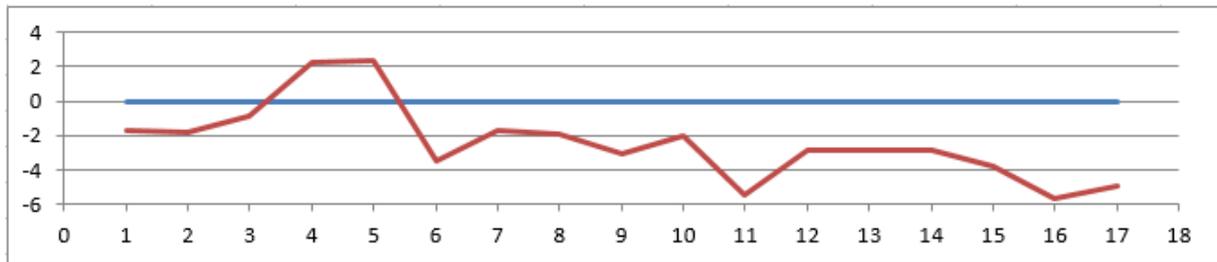
C7 - P36 - Anse de Kervijen



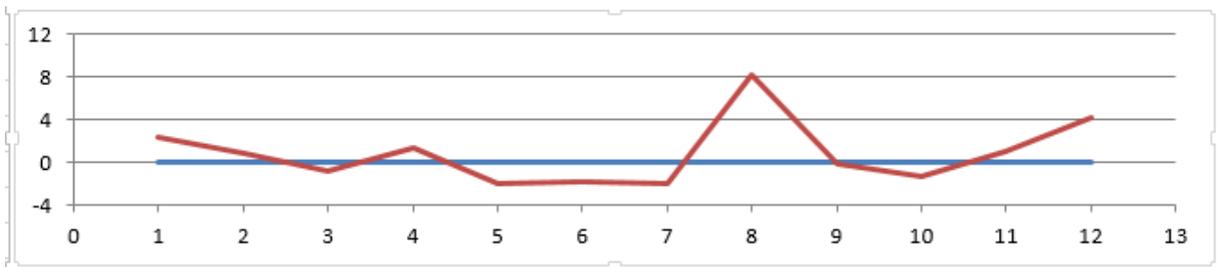
C7 – P37 - Plage de Saint-Anne



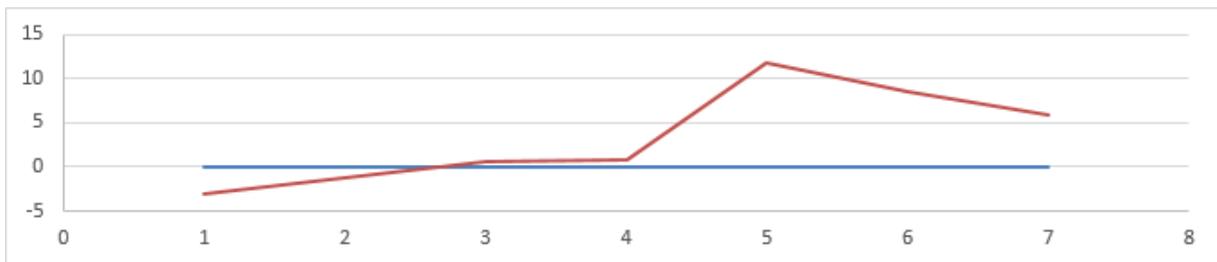
C7 – P38 - Plage de Kervel



C7 – P39 - Plage de Trezmalaouen



C7 – P40 - Plage du Ry





Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - 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