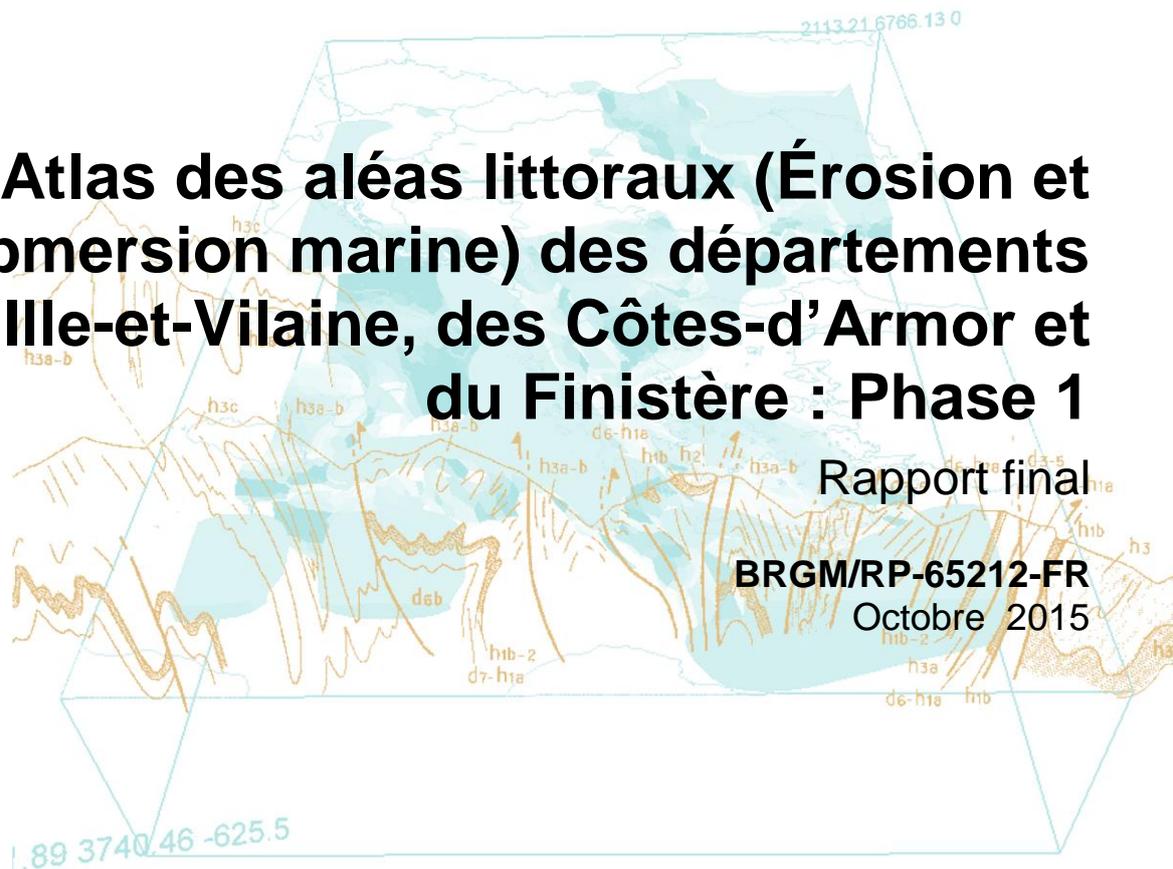




Atlas des aléas littoraux (Érosion et Submersion marine) des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère : Phase 1



Rapport final

BRGM/RP-65212-FR

Octobre 2015



SPPR



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

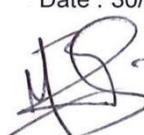
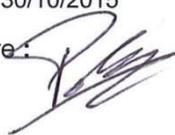
BRGM/RP-65212-FR

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 (Erosion et submersion marine) des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère : Phase 1, Rapport final, BRGM/RP-65212-FR, 120 p., 72 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 événements dommageables à la côte** pour les trois départements en faisant la synthèse de données déjà existantes.

L'analyse porte sur **2 070 km de côtes**. Ainsi, pour faciliter la lecture, les données sont regroupées en neuf compartiments distincts nommés : Baie du Mont-Saint-Michel, la Côte d'Émeraude, la Baie de Saint-Brieuc, la côte du Trégor-Goëlo, 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 5 - COMPARTIMENT 4

Côtes du Trégor-Goëlo

Sommaire

Chapitre 5 - COMPARTIMENT 4	5
Côtes du Trégor-Goëlo	5
1. Trégor-Goëlo : Présentation	13
1.1. Géographie « humaine »	14
1.2. Ports principaux	17
1.3. Arrêtés de catastrophes naturelles et Plan de Prévention des Risques Naturels Littoraux (PPRNL)	19
1.3.1. Les arrêtés de catastrophes naturelles	19
1.3.2. Les plans de prévention des risques naturels littoraux	20
1.4. Géomorphologie et géologie littorale	20
2. Paramètres / Agents hydrodynamiques	25
2.1. LA MARÉE.....	25
2.2. ETAT DE MER (VAGUES, HOULES ET NIVEAUX EXTREMES).....	26
2.2.1. La Houle (et les vagues).....	26
2.2.2. Niveaux extrêmes : surcotes et décotes	28
2.3. LES VENTS	31
3. Analyse historique des aléas littoraux	33
3.1. RISQUE NATUREL : QUELQUES RAPPELS.....	33
3.1.1. Les aléas	33
3.1.2. Les enjeux.....	33
3.1.3. Les risques	33
3.1.4. La vulnérabilité	33
3.2. L'EROSION LITTORALE ET LA SUBMERSION MARINE SUR LA CÔTE DE TRÉGOR-GOËLO	34
3.2.1. Avant-propos.....	34
3.2.2. Les points en érosion, submersion etc. sur le compartiment C4	35
3.2.3. Les linéaires en érosion ou en accrétion du compartiment C4.....	38
3.2.4. Les Surfaces submergées sur le compartiment C4	44
4. Acquisitions de terrain (Géomorphologie, Predisposition à l'érosion et Cinématique du trait de côte)	45
4.1. « GÉOMORPHOLOGIE » DU TRAIT DE COTE	45
4.1.1. Eléments de méthodologie	45
4.1.2. La « géomorphologie » du trait de côte des trois départements.....	51

4.2. PRÉDISPOSITION A L'ÉROSION DES CÔTES A FALAISES	55
4.2.1. Le levé de terrain ayant trait à l'érosion	55
4.2.2. Synthèse des éléments relevés lors de la phase terrain	58
4.2.3. Les critères d'évaluation de la prédisposition des côtes rocheuses à l'érosion	67
4.2.4. La prédisposition à l'érosion des falaises littorales	70
4.3. LES COTES D'ACCUMULATION.....	74
4.3.1. INTRODUCTION.....	74
4.3.2. METHODOLOGIE.....	75
4.3.3. CINEMATIQUE DU TRAIT DE COTE DU COMPARTIMENT C2	78
5. Evènements tempétueux dommageables	81
5.1. INTRODUCTION.....	81
5.2. MÉTHODOLOGIE	81
5.2.1. La Base de Donnée de l'UBO (Université Bretagne Occidentale).....	81
5.2.2. Les évènements recensés lors de PPRL	81
5.2.3. Création d'un format pour une base de données commune.....	82
5.2.4. Établissement de fiches récapitulatives	83
5.3. ANALYSE DES RÉSULTATS	84
5.4. REPARTITION DES EVENEMENTS UR LE COMPARTIMENT C4	87
6. Synthèse & Conclusions	91
7. Bibliographie & webographie	93

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude (Côtes-d'Armor (22), Finistère (29), Ille-et-Vilaine (35) et Morbihan (56)).....	13
Illustration 2 : En haut à gauche : Côte de granite rose, Pointe de Porz ar Mor (Source Millocheau & Roger, 2003) ; En haut à droite : La palette du peintre et sa vasque percée, côte de granite rose (Graviou & Noblet, 2009) ; en bas : panorama de l'ouest vers l'est de la côte aux abords du Sillon de Talbert.....	14
Illustration 3 : Communes du compartiment C4 (en rouge plein : Trait de côte SHOM-IGN HistoLittV2.0, en noir : le bâti (BD Bati IGN)	14
Illustration 4 : Classe de population pour les communes du compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source INSEE, 2009).	15
Illustration 5 : Indice de vieillissement pour les communes du compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source INSEE : 2009).....	16
Illustration 6 : Rapport résidences secondaires/logement principaux pour les communes du compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source INSEE, 2010)	17
Illustration 7 : Carte de localisation des ports du compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source RefMar2013 du SHOM).	18

Illustration 8 : Références Altimétriques Maritimes pour les sites de la zone de marée des abords de Perros-Guirec et du Compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source RefMar2013 du SHOM)	18
Illustration 9 : Arrêtés de catastrophes naturelles « littoraux » pour les communes Compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source GASPARG ; prim.net)	20
Illustration 10 : Extrait de la carte géologique au million de la France (eds BRGM, 2003)	21
Illustration 11 : Les accumulations de galets de la rade de Perros à l'Île aux femmes (en haut) et de l'Île aux femmes à Plougrescant (en bas) (Pinot, 1963).....	23
Illustration 12 : Géomorphologie et bathymétrie du compartiment C4 : Trégor-Goëlo.....	24
Illustration 13 : Amplitude du marnage en Bretagne (d'après les données du SHOM).....	25
Illustration 14 : Roses des courants en vive-eau (surface) en différents points de la côte. (L.C.H.F. 1987).....	26
Illustration 15 : Rose des houles annuelles en sortie du Compartiment C4 pour un nœud du modèle ANEMOC, et résultantes associées (période 1979-2002) (Source Dehouck, 2006, dans Stéphan, 2009).....	27
Illustration 16 : Saisonnalité des conditions de houle, au large du Sillon de Talbert (période 1979-2002) (Stéphan P., 2009).....	28
Illustration 17 : Résultats des statistiques pour le port de Roscoff par rapport à l'IGN 69, en haut – hauteur d'eau, en bas – surcote/decote (© CETMEF/SHOM 2012).....	29
Illustration 18 : Carte des niveaux extrêmes de pleine mer sur une période de retour de 10, 50 et 100 ans (SHOM et CETMEF, 2012).....	30
Illustration 19 : Illustration de la surcote de pleine mer et de la décote de basse mer (CETMET/SHOM, 2012)	31
Illustration 20 : A gauche : Répartition des directions et forces du vent à Bréhat en février entre 1950 et 1959 ; à droite : Répartition des directions et forces du vent à Bréhat en juillet entre 1950 et 1959 (Bellessort et Migniot, 1987).....	32
Illustration 21 : A gauche : Rose des vents à Ploumanac'h en 1985 ; à droite : Rose des vents à Ploumanac'h en 1986 (Oliveros, 1987)	32
Illustration 22 : Schéma synthétique des définitions d'aléas, enjeux et risques (COCORISCO)	33
Illustration 23 : Champs attributaires associés aux données d'aléa littoraux saisies : A gauche : les ponctuels, au milieu : les linéaires et à droite : les surfaciques.....	35
Illustration 24 : Extrait de l'étude du Laboratoire de géomorphologie marine de Dinard, géomorphologie du trait de côte et relevés ponctuels (Bonnot-Courtopis et Lançon, 2004).....	36
Illustration 25 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C4.....	37
Illustration 26 : Comparaison des profils topographiques de la Grève Rose entre les mois de mars 2009 et avril 2010 (Suanez et Fichaut, 2010)	39
Illustration 27 : Relation entre les vitesses de recul du Sillon et l'énergie annuelle des vagues (Stéphan, 2009)	41
Illustration 28 : Exhaussement et/ou abaissement de la crête du Sillon de Talbert entre 2002 et 2010 (Fichaut et al., 2010)	42
Illustration 29 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C4.....	43
Illustration 30 : Sources composant le trait de côte HistolittV2.0 pour la Bretagne	46
Illustration 31 : Schéma de principe de caractérisation du trait de côte.....	47
Illustration 32 : 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)	48

Illustration 33 : Minute de terrain au niveau de Camaret-sur-Mer (29)	49
Illustration 34 : Module de Young et coefficient de Poisson pour quelques familles de roches (Mestat, 1993).....	50
Illustration 35 : Ordre de résistance des minéraux à l'altération (Goldich, 1938).....	50
Illustration 36 : Synthèse du linéaire côtier étudié pour les départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère.....	51
Illustration 38 : 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).....	52
Illustration 39 : linéaire en kilomètre des différents linéaires de cotes rocheuses.....	53
Illustration 40 : 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).....	55
Illustration 41 : GPS © Trimble Juno3B.....	56
Illustration 42 : Dictionnaire d'attributs réalisé pour cette étude.....	57
Illustration 43 : Schéma de principe d'un glissement de terrain (Landevennec, 29).....	58
Illustration 44 : Schéma de principe d'un glissement banc sur banc (A : Binic, 22 ; B : Cap à la Chèvre, 29)	59
Illustration 45 : Schéma de principe d'un glissement de dièdres (A : Kerfany, 29 ; B : Plouha, 22).....	59
Illustration 46 : Schéma de principe d'un éboulement/Chute de blocs (A : Pointe du Van, 29 ; B : Planguenoual, 22).....	60
Illustration 47 : Ravinement important des formations superficielles composées de sols sombres épais (1 m) sur un manteau latéritique (Cap à la Chèvre, 29).....	60
Illustration 48 : Sous-cavage (A : secteur Saint-Coulomb, 35 ; B : Plouha, 22).....	61
Illustration 49 : Effondrement sur la bordure nord de l'anse de Dinan (Camaret, 29).....	61
Illustration 50 : 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.....	63
Illustration 51 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	65
Illustration 52 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.....	66
Illustration 53 : Tableau d'attribution des notes du degré d'altération pour les formations géologiques littorales.....	68
Illustration 54 : Tableau d'attribution des notes du degré d'érosion pour les formations géologiques littorales.....	68
Illustration 55 : 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).....	69
Illustration 56 : Tableau d'attribution des notes en fonction de la densité cavités (nombre de cavités par kilomètre linéaire pour chaque formation géologique littorale).....	70
Illustration 57 : 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.....	71
Illustration 58 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C4	72

Illustration 59 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C4	73
Illustration 60 : 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.	75
Illustration 61 : 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.....	76
Illustration 62 : Campagnes photographiques disponibles	77
Illustration 63 : Principe du Digital Shoreline Analysis System	78
Illustration 64 : Synthèse du linéaire côtier de la zone d'étude.....	78
Illustration 65 : Evolution et caractérisation des côtes meubles du compartiment C4	79
Illustration 66 : Synthèse de la géomorphologie des côtes meubles du trait de côte du compartiment C4	80
Illustration 67 : Champs créés pour chaque évènement tempétueux dommageable : A gauche : leur thématique, à droite : le nom de chaque champ.	83
Illustration 68 : 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 .	85
Illustration 69 : En haut : Nombre de tempêtes par département, en Bas : Nombre de tempête.....	86
Illustration 70 : En haut : Type d'aléa avant et après 1950 :En Bas : Type d'aléa par tempêtes	87
Illustration 71 : Extrait de l'article du 13 janvier 1978, Ouest France : Nuit de tempête sur les Côtes-d'Armor	88
Illustration 71 : Carte synthétique des évènements dommageables pour le compartiment C4	89
Illustration 72 : Carte synthétique des évènements dommageables pour le compartiment C4	90

Liste des annexes

8. Annexe 1 : Recensement des évènements dommageables	95
9. Annexe 2 : Graphiques d'évolution des plages	97

1. Trégor-Goëlo : présentation

Le compartiment C4 nommé Trégor-Goëlo, s'étend exactement depuis à l'ouest, la pointe de Toul-ar-Staon sur l'Île-Grande, sur la commune de Pleumeur-Bodou jusqu'à l'est, au Sillon de Talbert, sur la commune de Pleubian. Ce compartiment appartient entièrement au département des Côtes-d'Armor. Il est bordé au nord par la Manche et appartient au pays historique du bas-Trégor (Illustration 1).

Sa réputation est faite grâce à la présence d'une côte réputée, la côte de granite rose, qui occupe le linéaire côtier des communes de Perros-Guirec, Trégastel, Pleumeur-Bodou et Trébeurden. Cette côte rose constitue un site naturel protégé, qui offre des paysages insolites où la terre et la mer sont parsemées de rochers de granite rose aux formes découpées par le vent (les tafoni). Outre le granite rose dit de La Clarté qui s'exprime dans l'architecture ancienne comme contemporaine, les fraises de Trégastel contribuent aussi à la réputation de ce compartiment C4.

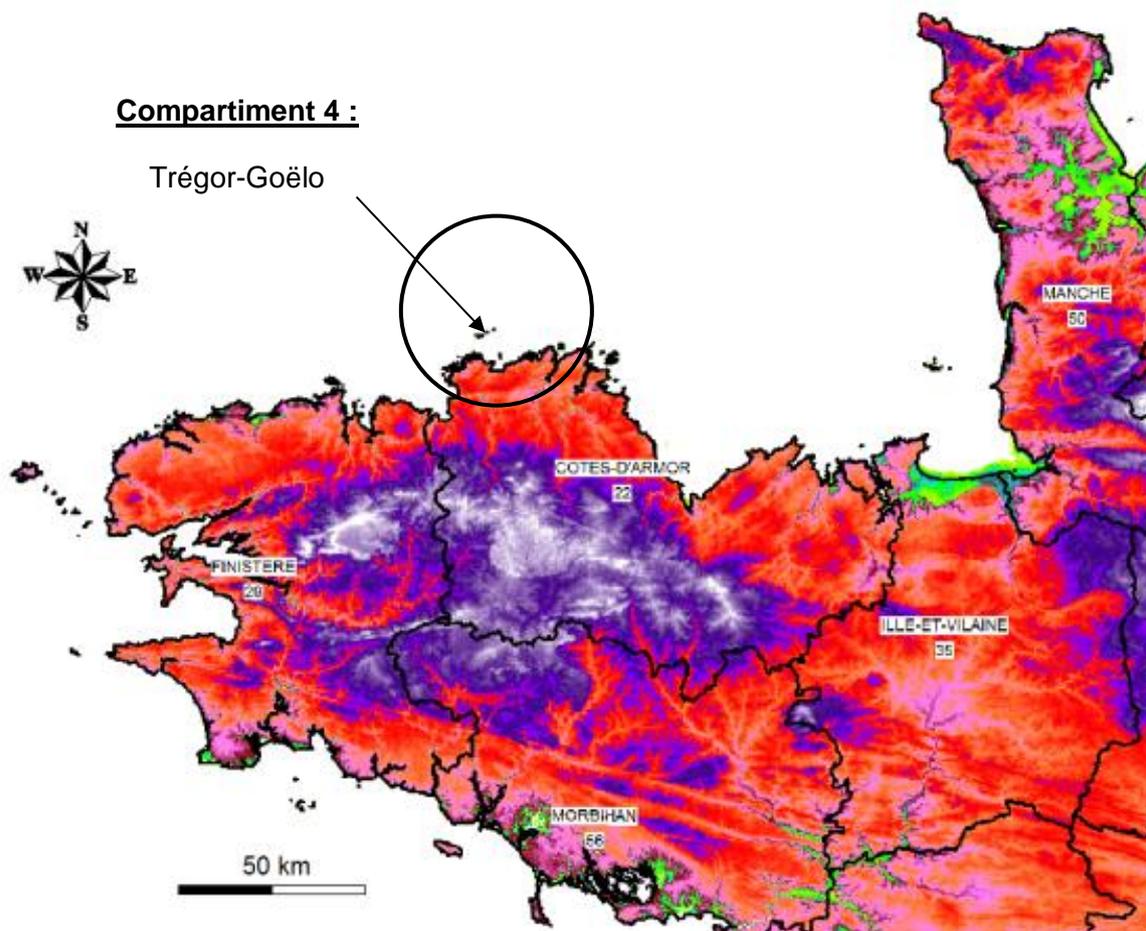


Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude (Côtes-d'Armor (22), Finistère (29), Ille-et-Vilaine (35) et Morbihan (56)).

Face à Perros-Guirec, l'archipel des Sept-Îles abrite la plus grande colonie en France de macareux (petit oiseau marin au bec coloré), qui en est l'emblème de la ville avec la fleur d'hortensia.



Illustration 2 : En haut à gauche : Côte de granite rose, Pointe de Porz ar Mor (Source Millocheau & Roger, 2003) ; en haut à droite : la palette du peintre et sa vasque percée, côte de granite rose (Graviou & Noblet, 2009) ; en bas : panorama de l'ouest vers l'est de la côte aux abords du Sillon de Talbert.

1.1. Géographie « humaine »

Située entre la baie de Lannion à l'ouest et la baie de Saint-Brieuc à l'est, le compartiment C4 du Trégor-Goëlo s'étend sur environ 173 km (Calcul réalisé à partir du trait HistoLittV2.0 IGN-SHOM), de côte exposée à l'océan (Illustration 3). Ce compartiment, comprend 16 communes avec une bordure littorale et une 17^{ième}, celle de Perros-Saint-Quay, très proche de la mer mais non limitrophe. Ces communes ont une population de **34 689** habitants auxquels il est possible d'ajouter les **1 400** de cette commune non limitrophe du littoral (donnée de l'INSEE, 2009).



Illustration 3 : Communes du compartiment C4 (en rouge plein : Trait de côte SHOM-IGN HistoLittV2.0, en noir : le bâti (BD Bati IGN)).

L'habitat est largement situé en bord de mer pour la majorité des communes (illustration 3), et l'une des principales raisons pourrait sembler être la bassesse des côtes de ce compartiment. La réputation de la côte de granite rose de Perros-Guirec, a aussi certainement fortement augmenté la notoriété de cette partie des côtes bretonnes, qui en 2007, d'ailleurs a été élue meilleure station balnéaire de France dans une enquête réalisée par le magazine *Le Nouvel Observateur*.

Les trois communes les plus habitées sont :

- Perros-Guirec (7375 habitants) ;
- Pleumeur-Bodou (4039 habitants) ;
- et Trébeurden (3714 habitants).

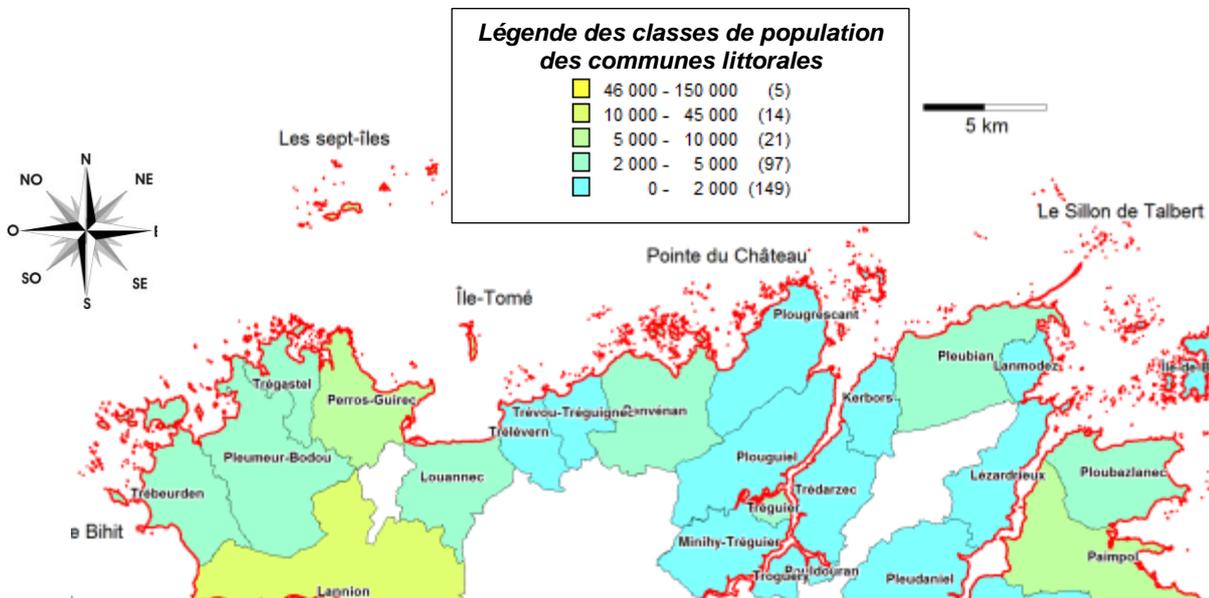


Illustration 4 : Classe de population pour les communes du compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source INSEE, 2009).

Les autres communes sont dans la tranche comprise entre 5 000 et 2 000 habitants comme d'ouest en est : Trégastel, Louannec, Penvenan, Tréguier et Pleubian.

Les communes restantes sont comprises dans la tranche moins de 2 000 habitants comme d'ouest en est : Trélevorn, Trévou-Tréguinec, Plougrescant, Plouguviel, Minitihy-Tréguier, Troguery, Pouldouran, Trédarzec et Kerbors.

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, pour l'ensemble du compartiment C4 est assez hétérogène avec :

- trois communes : Perros-Guirec, Pleubian et Tréguier, qui ont des indices de vieillissement compris entre 200 et 400, montrant des populations relativement jeunes ;
- alors que l'ensemble des communes du compartiment (8/16), ont des indices de vieillissement, compris entre 100 et 200, montrant des populations dans lesquelles les moins de 20 ans sont légèrement supérieurs aux 65 ans. Il s'agit, d'ouest en est, des communes de : Trébeurden, Trégastel, Trélevorn, Trévou-Tréguinec, Penvenan, Plougrescant, Plouguviel et Kerbors (Illustration 5) ;
- enfin les communes de Pleumeur-Bodou, Minitihy-Tréguier, Troguery, Pouldouran et Trédarzec ont un indice de vieillissement compris entre 0 et 100, soulignant une population vieillissante (Illustration 5).

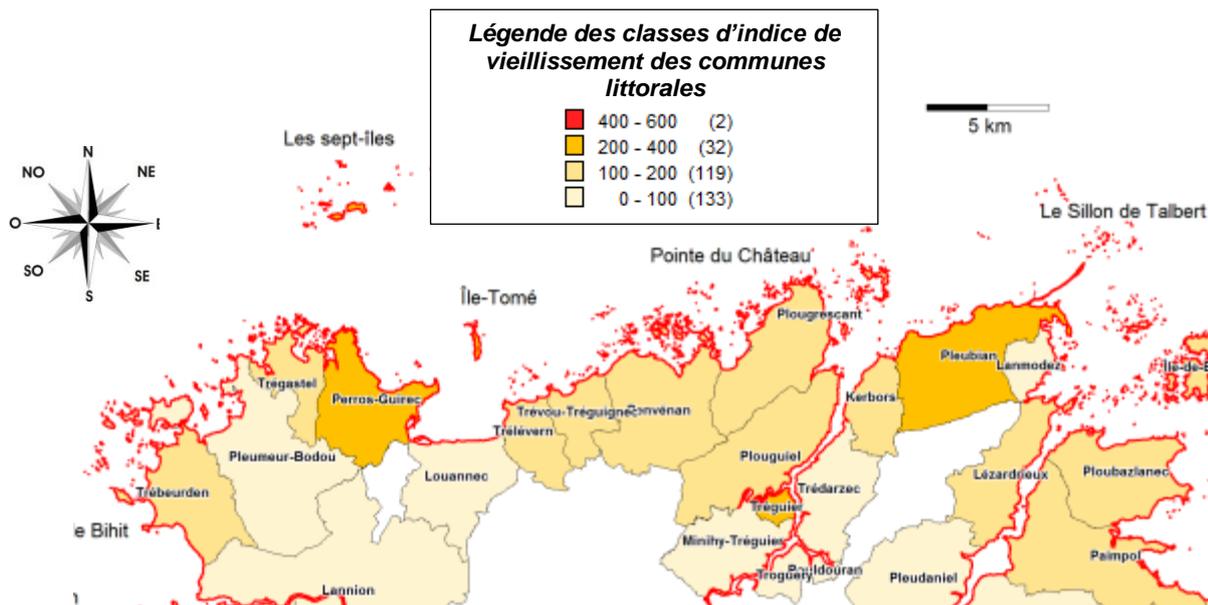


Illustration 5 : Indice de vieillissement pour les communes du compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source INSEE : 2009).

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.

L'ensemble des communes du compartiment ont un rapport entre résidences secondaires sur résidences principales assez élevé, compris entre 25 et 50 %. Ceci souligne une côte où les résidences secondaires sont importantes (10/16).

Les communes de Louannec, Plouguiel, Minihy-Tréguier, Trédarzec, et Troguery ont des rapports compris entre 10 et 25 % (5/10).

Enfin Tréguier sort du lot avec un rapport inférieur à 10 % (Illustration 6).

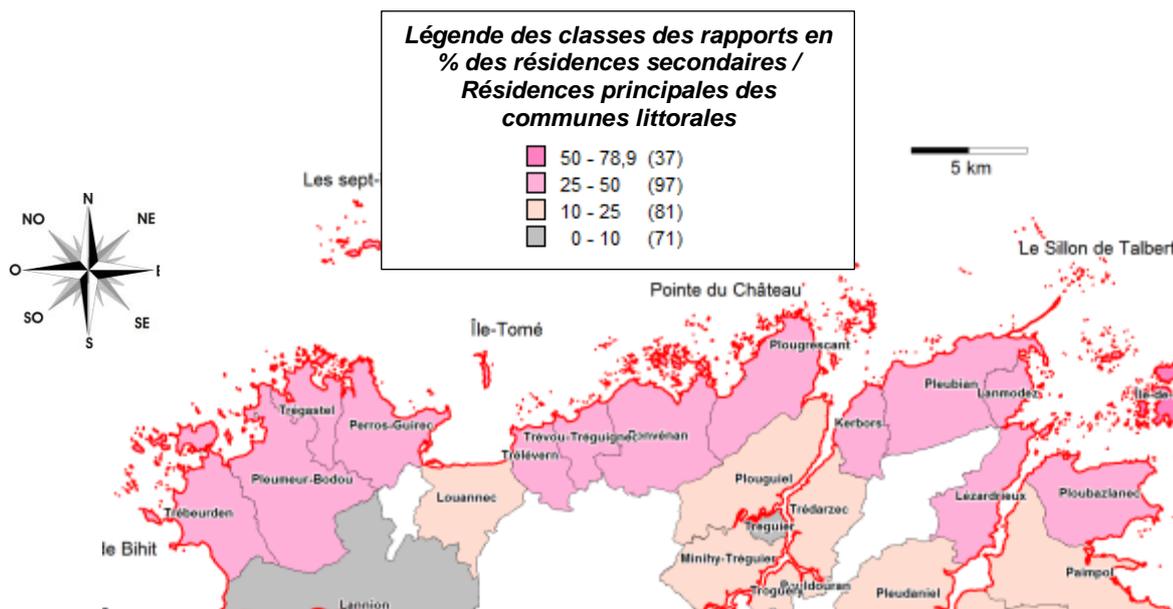


Illustration 6 : Rapport résidences secondaires/logement principaux pour les communes du compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source INSEE, 2010).

Les communes de la Côte du Trégor-Goëlo, appartiennent au même Pays : le Pays du Trégor-Goëlo. Elles appartiennent à 7 EPCI, 6 communautés de communes et 1 communauté d'agglomérations. Ceux qui nous intéressent dans cette étude sont :

- la communauté d'agglomérations Lannion-Trégor dont les communes sont : Trébeurden, Pleumeur-Bodou, Trégastel, Saint-Quay-Perros, Louannec, Trélevorn et Tréguier-Tréguignec ;
- la communauté de communes des Trois-Rivières : Penvenan, Plougrescant et Plouguenec ;
- la communauté de communes Presqu'île de Lézardrieux : Trédarzec, Kerbors, Pleubian, Lanmodez et Lézardrieux.

La commune de Perros-Guirec n'est membre d'aucune communauté de communes ou de communauté d'agglomérations mais fait partie du Pays du Trégor-Goëlo.

Concernant la cohérence territoriale, le SCoT de la communauté d'agglomération Lannion-Trégor est en cours d'élaboration. De même, celui des communautés des Trois Rivières et de la Presqu'île de Lézardrieux qui se sont associées avec la communauté de communes de Paimpol-Goëlo et l'Île de Bréhat afin d'élaborer un document d'urbanisme. C'est un syndicat mixte composé de ces 4 collectivités qui sera créé par arrêté Préfectoral pour réaliser le SCoT.

1.2. Ports principaux

Le port de référence principal pour le compartiment C4 : Trégor-Goëlo est le port de Roscoff qui possède un observatoire permanent de mesure de la marée et des données marégraphiques le plus ancien (Illustration 7).

Il est accompagné pour ce compartiment par 4 à 5 sites ou ports de référence secondaires, qui sont d'est en ouest : Port-Béni, Tréguier, Perros-Guirec et Ploumanac'h auxquels il est possible d'ajouter Trébeurden (Illustration 7).

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

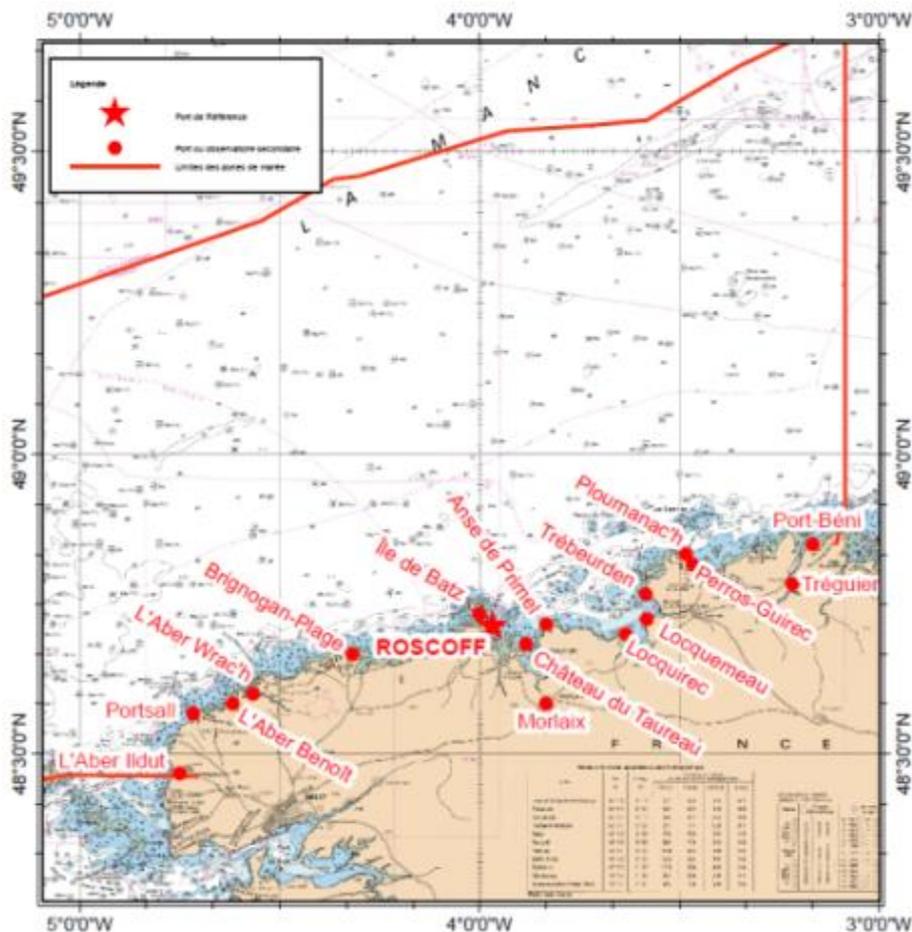


Illustration 7 : Carte de localisation des ports du compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source RefMar2013 du SHOM).

Nom	Type	Lat	Long	Et.	Constante	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
Roscoff	R	48 43 N	03 58 W	4.91		09.80	08.90	07.10	05.30	03.40	01.30	00.18
Port-Béni			N.R.K3-354			IGN	1987	43.763	38.489	-5.274		IGN69
Tréguier			N.R.K303-34			IGN	1985	11.900	6.612	-5.288		IGN69
Perros-Guirec			N.R.K3-318			IGN	1987	63.620	58.631	-4.989	44.90	IGN69
Ploumanac'h			N.R.K3-312			IGN	1987	10.319	5.274	-5.045		IGN69
Trébeurden			N.R.K3-295			IGN	2010	44.296	39.253	-5.043		IGN69

Illustration 8 : Références Altimétriques Maritimes pour les sites de la zone de marée des abords de Perros-Guirec et du Compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source RefMar2013 du SHOM).

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

1.3.1. Les arrêtés de catastrophes naturelles

L'analyse de la base de données des arrêtés de catastrophes naturelles GASPARE, téléchargée durant l'été 2012, montre qu'il existe 38 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.

Les communes de Trégastel et Perros-Guirec ont quatre arrêtés de catastrophes naturelles intitulés : « Inondation, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues », « Inondation, chocs mécaniques liés à l'action des vagues et glissement de terrain », « Inondations et Chocs mécaniques liés à l'action des vagues » et pour les dates respectivement des 22 novembre 1984, 19 février 1996, 25 décembre 1999, 09/10 mars 2008 et 28 février 2010.

Les communes de Louannec, Penvénan, Pleubian et Plougrescant ont trois arrêtés de catastrophes naturelles intitulés : « Inondations et Chocs mécaniques liés à l'action des vagues » et « Inondation, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues », pour les dates des 26 février 1990, 19 février 1996, 25 décembre 1999 et 09/10 mars 2008.

Les communes de Kerbors, Lanmodez, Pleumeur-Bodou, Plouguiel, Trélévern, Trévou-Tréguignec ont deux arrêtés de catastrophes naturelles intitulés : « Inondations et Chocs mécaniques liés à l'action des vagues » et « Inondation, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues », pour les dates des 19 février 1996, 25 décembre 1999, 10 mars 2008.

Enfin les communes de : Pommerit-Jaudy, Pouldouran, Quemper-Guézennec, Trédarzec, Tréguier et Troguéry, n'ont qu'un seul arrêté ont deux arrêtés de catastrophes naturelles intitulés : « Inondations et Chocs mécaniques liés à l'action des vagues » et « Inondation, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues », pour le 25 décembre 1999.

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

LIB_COMMUNE	LIB_RISQUE_JO	DAT_DEB	DAT_FIN	DAT_PUB_ARRETE	DAT_PUB_JO
Kerbors	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Kerbors	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Lanmodez	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Lanmodez	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Louannec	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Louannec	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Louannec	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Penvenan	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Penvenan	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	26/02/1990	28/02/1990	24/07/1990	15/08/1990
Penvenan	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	09/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Perros-Guirec	Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	28/02/2010	28/02/2010	30/03/2010	02/04/2010
Perros-Guirec	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Perros-Guirec	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	09/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Perros-Guirec	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Pleubian	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Pleubian	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Pleubian	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Pleumeur-Bodou	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Pleumeur-Bodou	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Plougrescant	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Plougrescant	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Plouguenast	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Plouguiel	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Plouguiel	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Pommerit-Jaudy	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Pouldouran	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Quemper-Guézennec	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Trédarzec	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Trégastel	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Trégastel	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	26/02/1990	28/02/1990	14/05/1990	24/05/1990
Trégastel	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	10/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Trégastel	Inondations, chocs mécaniques liés à l'action des vagues et glissement de terrain	22/11/1984	24/11/1984	14/03/1985	29/03/1985
Tréguier	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Trélévern	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Trélévern	Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	19/02/1996	20/02/1996	17/07/1996	04/09/1996
Trévou-Tréguignec	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999
Trévou-Tréguignec	Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	09/03/2008	10/03/2008	15/05/2008	22/05/2008
Troguéry	Inondations, coulées de boue, glissements et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	25/12/1999	29/12/1999	29/12/1999	30/12/1999

Illustration 9 : Arrêtés de catastrophes naturelles « littoraux » pour les communes Compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Source GASPARD ; prim.net).

Un autre arrêté de catastrophe naturelle intitulé « Tempête », existe pour le compartiment C4 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 6.53 m (à Roscoff) pour un coefficient de 25. La tempête de 1987, fut l'une des plus importantes tempêtes que la péninsule bretonne ait essuyée.

1.3.2. Les plans de prévention des risques naturels littoraux

Les communes de Perros-Guirec, Saint-Quay-Perros et Louannec, bénéficient d'un PPR-i (inondations), inondations ayant lieu dans un contexte d'embouchures de petits fleuves côtiers.

1.4. Géomorphologie et géologie littorale

Le Compartiment C4, Trégor-Goëlo, appartient à l'Unité du Trégor, unité peu déformée et composée d'un complexe volcano-plutonique comprenant le batholite du Trégor (granites) (~ 615 Ma) et des roches volcaniques associées. Cette unité comprend également les témoins d'un socle plus ancien : l'Icartien, disloqué et âgé de 2 000 Ma. L'unité du Trégor appartient au domaine cadomien nord-breton comme les autres compartiments qui le précèdent, et qui compose l'orogène cadomienne.

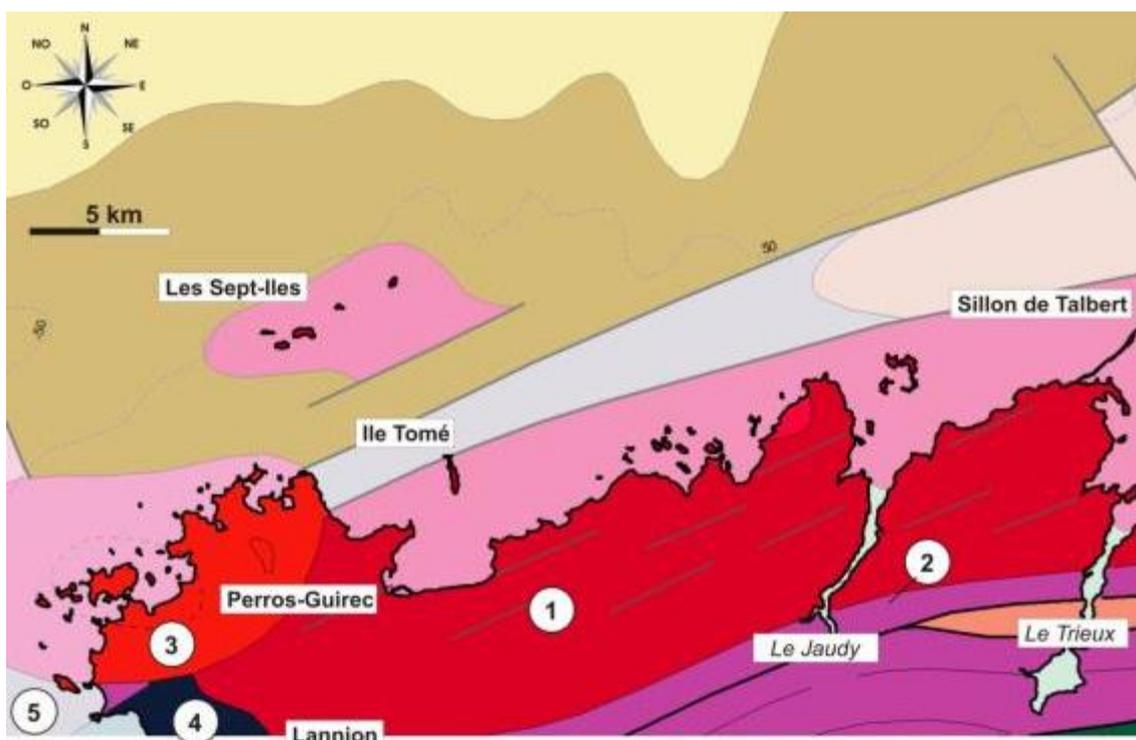


Illustration 10 : Extrait de la carte géologique au million de la France (Éd. BRGM, 2003).

1 : Monzogranites et granodiorites d'âge briovérien inférieur (670-580 Ma); 2 : Roches volcaniques acides : Rhyodacites, ignimbrites, métatuffites, porphyroïdes d'âge briovérien inférieur (670-580 Ma) ; 3 : Intrusions de Saint-Jean-du-Doigt : monzogranites, granodiorites carbonifères (335-295 Ma) ; 4 : Orthogneiss indifférenciés icartiens (1800-2100 Ma) et 5 : Schistes, grès, tuffites, phtanites d'âge briovérien inférieur (670-580 Ma).

Cette Unité du Trégor est structurée suivant des accidents tectoniques orientés est-ouest, qui séparent au nord, les granites et granodiorites de l'ensemble Perros-Guirec/Bréhat, qui forme une côte très découpée, avec de nombreuses îles & îlots circo-littoraux, et les formations volcaniques au sud dont les spilites de Paimpol (Auvray, 1976).

Dans le secteur de Lézardrieux et de Tréguier mais aussi autour de Plougrescant et dans l'île des Héaux, une formation géologique complexe de roches volcaniques massives est composée d'une alternance de trachytes plus acides et d'andésites basiques en dykes orientés est-nord-est/ouest-sud-ouest, au travers le massif granitique cadomien de Perros.

Entre Lannion et Paimpol, sur une bande de 2 à 4 km de large, une bande de tufs de Tréguier traverse tout le Trégor. Cette roche tuffacée, en bancs redressés à pendage vers le Sud, alternant avec des schistes verts, tandis que, de Lézardrieux aux falaises de Pors-Even, des coulées et des brèches dominent. Ces roches volcaniques siliceuses de Lézardrieux s'opposent nettement à la formation des schistes et tufs de Tréguier par leur résistance à l'érosion actuelle. Alors que les affluents du Léguer, du Guindy et du Jaudy ont affouillé les schistes tuffacés, les roches volcaniques siliceuses provoquent l'étranglement de la ria du Trieux au Nord de Lézardrieux (Garreau, 1973) (Illustration 10).

Le littoral du compartiment est un littoral majoritairement rocheux mais où il est difficile de le présenter comme un relief à falaises (Illustration 12C). En avant du trait de côte, on observe un platier rocheux, sur lequel repose des formations meubles de trois types.

Des formations véritablement littorales comme des cordons dunaires et de galets adossés à la côte rocheuse, où en certains endroits, rassemblés en flèches à pointe libre (Sillons du Linkin et de Talbert) (Illustration 12A).

Ce dernier (le Sillon de Talbert) s'est formé, il y a plus de cent mille ans lors de la remontée des eaux suivant la dernière glaciation (De beaulieu, 2000) ; il s'allonge sur 3 km, pour un volume sédimentaire de $1.24 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Stephan, 2009).

Le substratum rocheux est souvent assez fracturé, et ce platier rocheux semble être la base des altérites meubles, décapée par l'activité des agents météo-marins. Les nombreux éléments lithiques des blocs aux galets, qui parsèment les estrans, pourraient être ainsi les produits de l'érosion des isaltérites. Localement, une formation géologique notamment plus siliceuse, apporte une érosion contrastée notamment entre des coulées volcaniques plus résistantes que les schistes (Garreau, 1973).

La troisième formation géologique meuble, que l'on retrouve sur tout le littoral breton (des côtes du Nord comme celles du sud), correspond aux colluvions des pentes, que les anglais appellent « head », produits de l'érosion aux cours des différentes périodes glaciaires et interglaciaires du Quaternaire. Ces formations sont composées par des éléments de toutes tailles depuis les blocs jusqu'aux galets et graviers, baignant dans une matrice de limons plus ou moins argileux (les loess). Cette formation géologique génèrent des falaises meubles et basses mais pouvant atteindre la dizaine de mètres et souvent observées en érosion (Illustration 12B).

Souvent les cordons dunaires ou de galets reposent sur cette dernière formation géologique, qui elle-même, vient combler un paléo relief quaternaire.

Les cordons dunaires comme ceux de galets, abritent des marais maritimes exposés vers le Nord-Ouest (secteurs en bleu sur l'illustration 12).

Ces zones basses sont la plupart du temps entièrement anthropisées et sont le trait d'union entre le littoral et un plateau d'altitude moyenne de 50 à 60 m pouvant localement atteindre 80 m vers Pleumeur-Gautier. Ce plateau descend progressivement vers la Manche et comme à la pointe du Château (à Plougrescant), se raccorde au littoral par des falaises de faibles altitudes ou par l'unes de trois formations meubles décrites ci-dessus (Illustration 11).

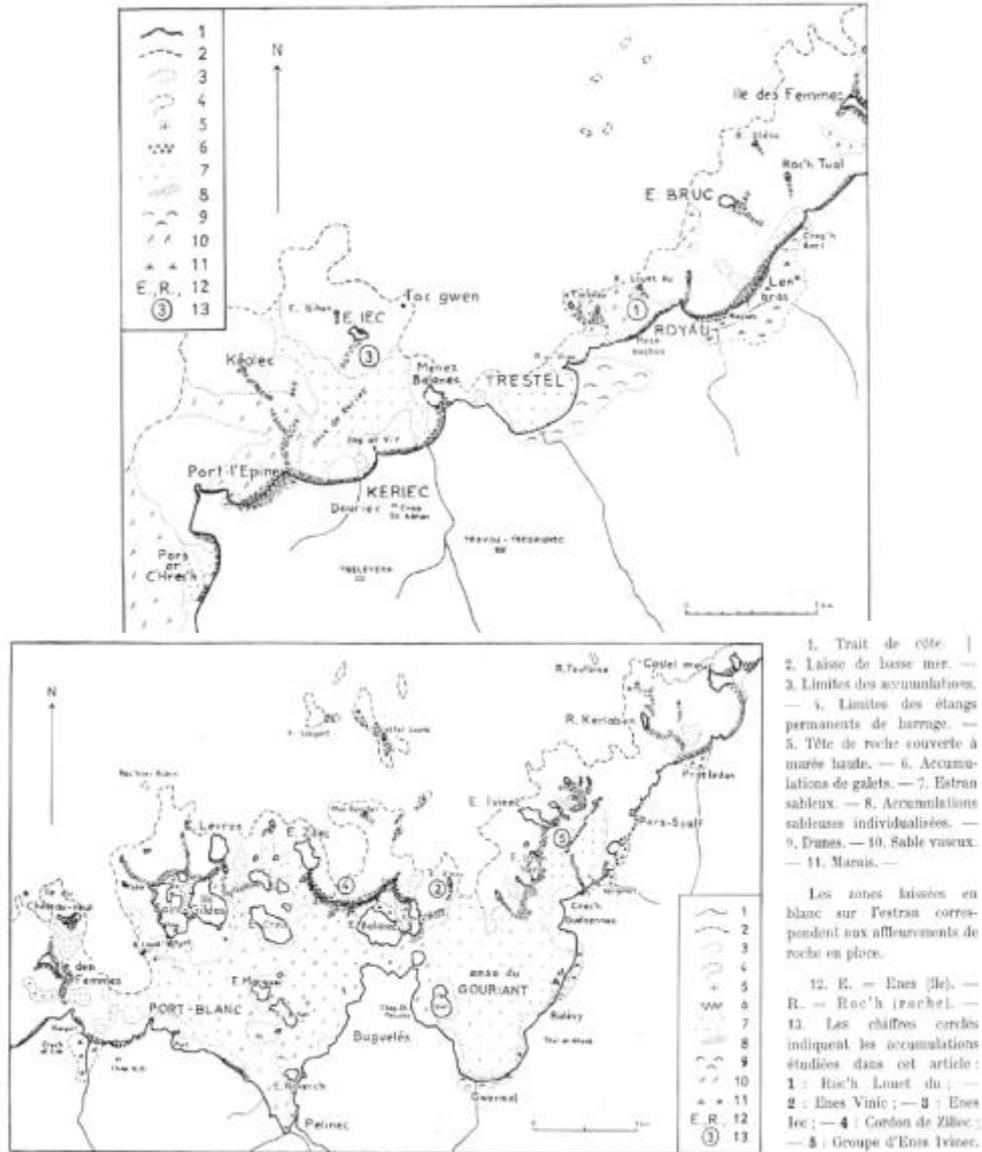


Illustration 11 : Les accumulations de galets de la rade de Perros à l'Île aux femmes (en haut) et de l'Île aux femmes à Plougrescant (en bas) (Pinot, 1963).

Le plateau est entaillé par deux rivières : le Trieux à l'est et le Jaudy à l'ouest. Leurs cours pratiquement parallèles sont guidés par des accidents tectoniques et sont orientés nord-nord-est : sud-sud-ouest. Les vallées, aux rives très escarpées, forment un paysage de rias (Auvray, 1976).

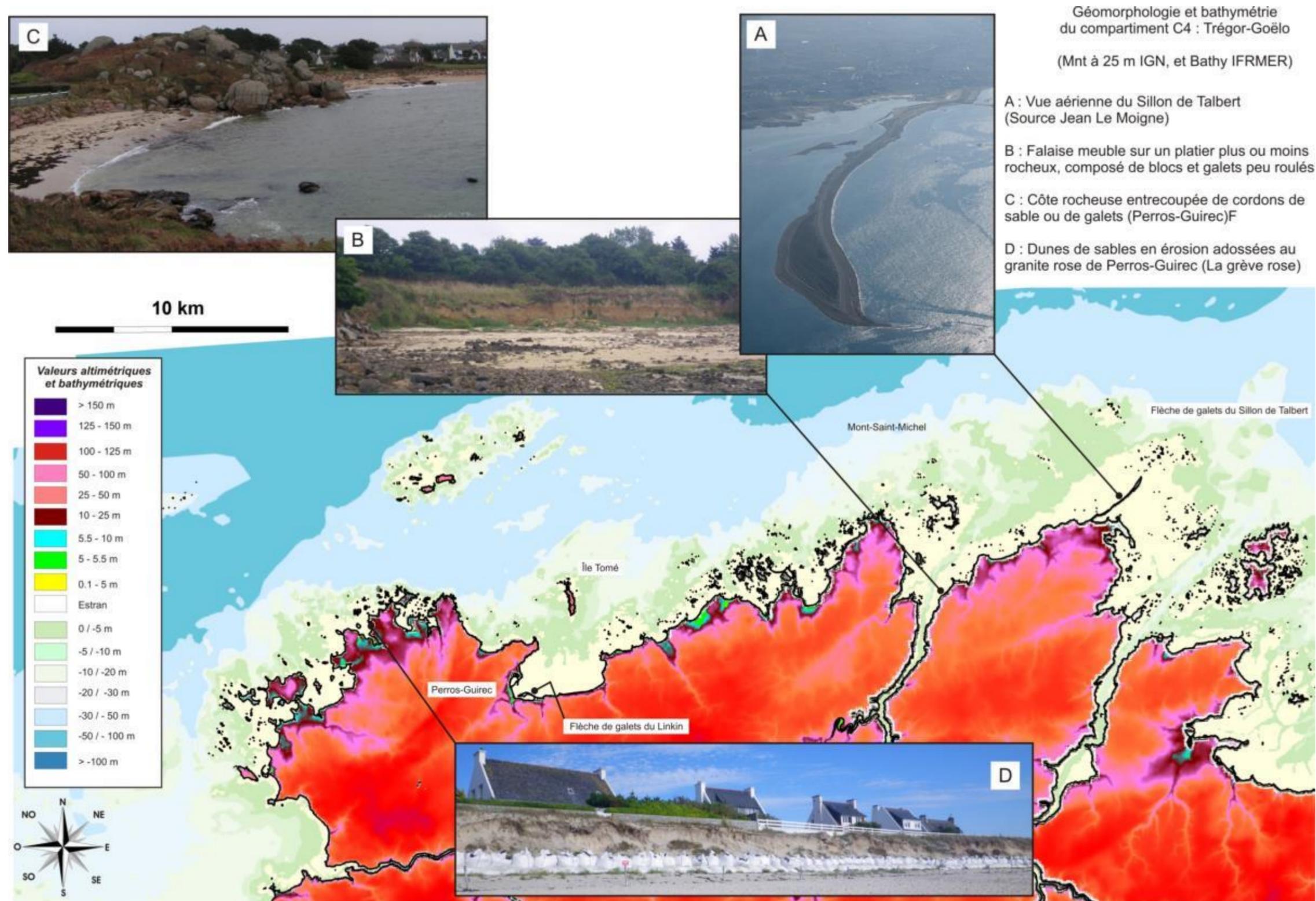


Illustration 12 : Géomorphologie et bathymétrie du compartiment C4 : Trégor-Goëlo

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.

Sur la façade septentrionale de Bretagne, le marnage augmente progressivement vers l'est en raison d'une amplification de l'onde marée lors de sa propagation en Manche, du fait de la bathymétrie et à la géométrie du bassin. Ainsi, lors des pleines mers de vive-eau, il dépasse les 10 mètres sur la côte de Trégor-Goëlo. (Stéphan P., 2009).

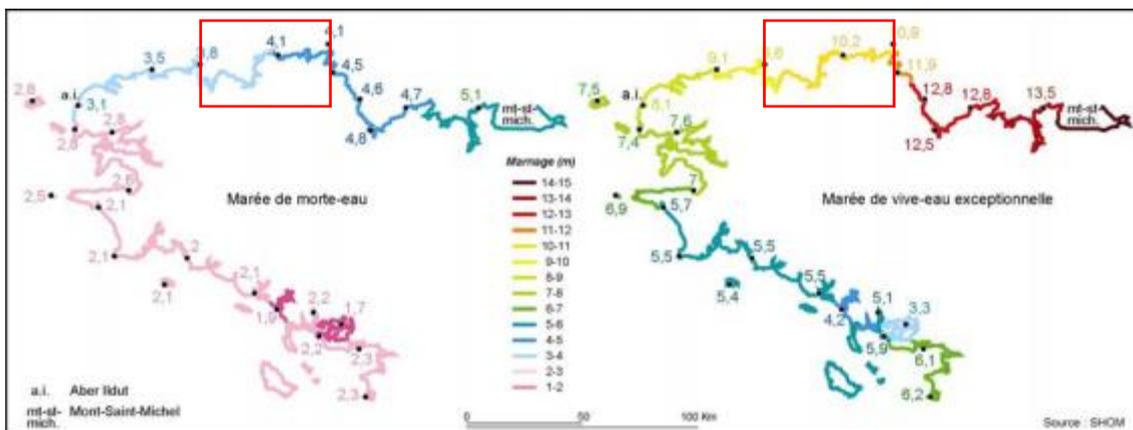


Illustration 13 : Amplitude du marnage en Bretagne (d'après les données du SHOM).

Sur les côtes nord bretonnes, la marée est le phénomène hydrodynamique majeur, qui arrive par l'ouest. Sur le compartiment C4, l'amplitude du marnage est de 4.1 m pour une marée de morte-eau et de 10,2 à 10,5 m pour une mare de vive-eau exceptionnelle (Illustration 13).

La marée commande d'importantes masses d'eau et génère de forts courants lors du flot et du jusant. Les vents soufflant sur une mer lisse peuvent engendrer des courants superficiels de vitesse voisine de 1 à 2 % de celle du vent (soit 0,15 à 0,30 m/s pour un vent de 15 m/s). Ainsi, les vents de sud-ouest tendent à renforcer les courants de jusant tandis que les vents de nord-est renforcent les courants de flot (Oliveros, 1987).

Dans la passe de Perros, les courants sont est-nord-est et ouest-sud-ouest, leurs vitesses et de 2 à 3 nœuds (3,7 à 5,5 m/s). Dans la Rade de Perros, le flot est orienté sud-est alors que le jusant est orienté nord, avec des vitesses de 1,5 à 2 nœuds (2,8 à 3,7 m/s). En fond de rade, les courants sont de faible intensité. Aux abords de l'île de Tomé, le flot est orienté sud (1,5 nœuds) et le jusant nord (1 nœud). La vitesse maximale (3 nœuds) est observée à la Pointe du Valet et Pierre-du-Chenal au sud-sud-ouest de l'île Tomé (Oliveros, 1987)

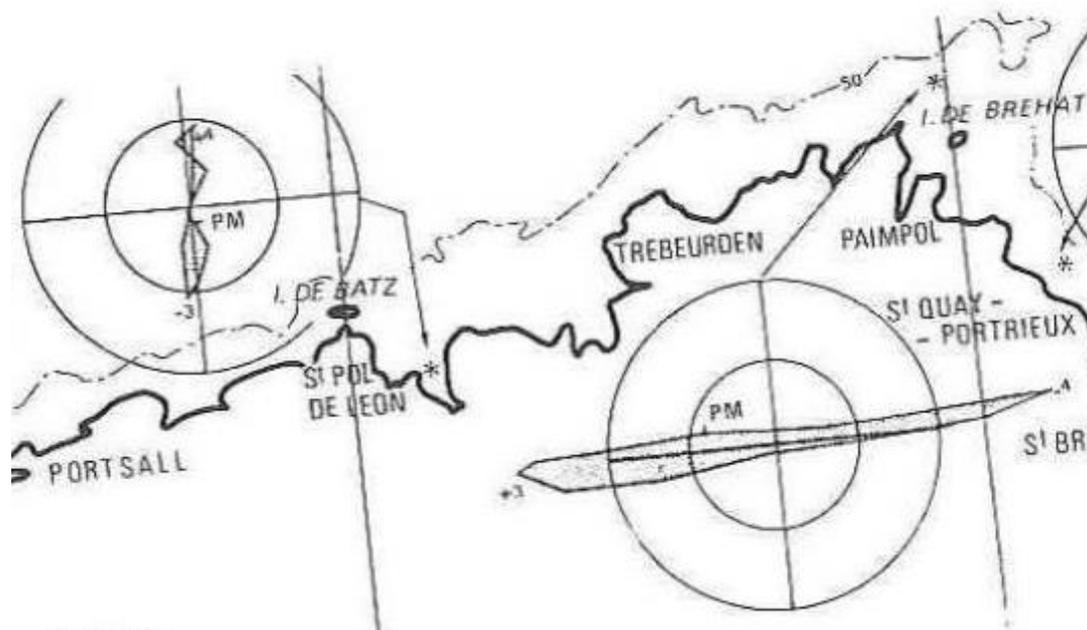


Illustration 14 : Roses des courants en vive-eau (surface) en différents points de la côte (L.C.H.F. 1987).

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

2.2.1. La Houle (et les vagues)

La rose des houles annuelles obtenue pour le point de simulation au large du Sillon de Talbert permet de connaître les conditions de houle dans ce secteur.

Les houles les plus fréquentes sont de secteur nord-ouest, leur direction résultante est de 303° N. La hauteur des houles significatives est inférieure à 1,5 mètre pour 24 % du temps (Illustration 15).

Les houles océaniques subissent un début de réfraction sur la plate-forme continentale lors de leur entrée en Manche. Elles perdent donc une partie de leur énergie et, à quelques kilomètres de la côte, elles tendent à s'orienter perpendiculairement à la ligne de rivage.

Par ailleurs, les phénomènes de réfraction et de diffraction sur l'avant-côte modifient fortement les caractéristiques de houle à la côte. Ceci est la conséquence de la présence de nombreuses d'îles et îlots égrenés en avant du rivage, mais aussi de hauts fonds sur le platier rocheux.

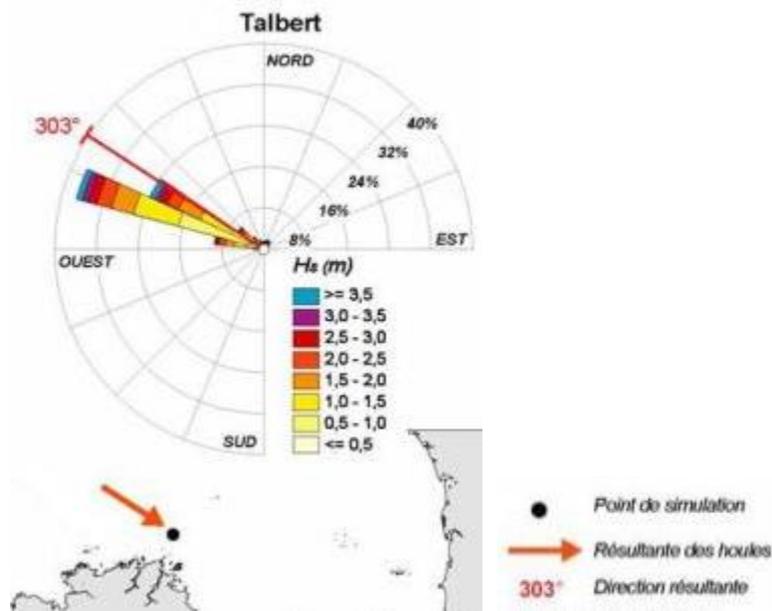


Illustration 15 : Rose des houles annuelles en sortie du Compartiment C4 pour un nœud du modèle ANEMOC, et résultantes associées (période 1979-2002)
(Source Dehouck, 2006, dans Stéphan, 2009).

L'analyse saisonnière des données de houle au large du Sillon de Talbert montre un renforcement des conditions d'agitation marine durant la période hivernale (entre les mois de décembre et de février), à travers une fréquence accrue des fortes houles, d'une hauteur significative supérieure à 3,5 mètres. Ces houles sont accompagnées d'évènements tempétueux.

On observe une légère variation saisonnière des conditions de houle. Ainsi, la période estivale (entre les mois de juin et août) se caractérise par un affaiblissement significatif des conditions hydrodynamiques. Les vagues de secteur Ouest d'une hauteur significative inférieure à 2 mètres sont les plus fréquentes (Illustration 16).

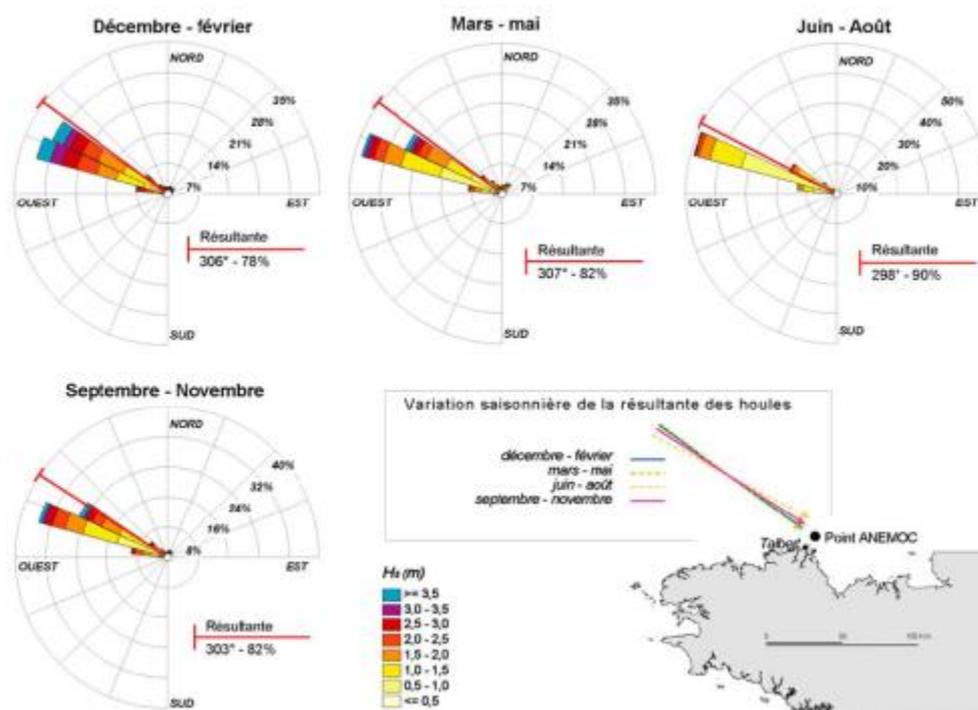


Illustration 16 : Saisonnalité des conditions de houle, au large du Sillon de Talbert (période 1979-2002) (Stéphan P., 2009).

Sur le platier rocheux de 1,5 km, les cordons de galets qui sont orientés perpendiculairement aux houles dominantes, sont la conséquence des effets de ces houles, ce qui entraîne la perte de leur vigueur (De Beaulieu, 2000).

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.

Le compartiment C4 : Trégor-Goëlo appartient à la zone « Bretagne Nord » qui comprend le littoral situé entre la Pointe d'Agon (Manche) et Roscoff (Finistère). Les ports de référence concernés pour cette zone, sont les ports de Saint-Malo et Roscoff auxquels s'ajoutent des sites secondaires, pris en compte pour les calculs en pleine mer et en basse mer..

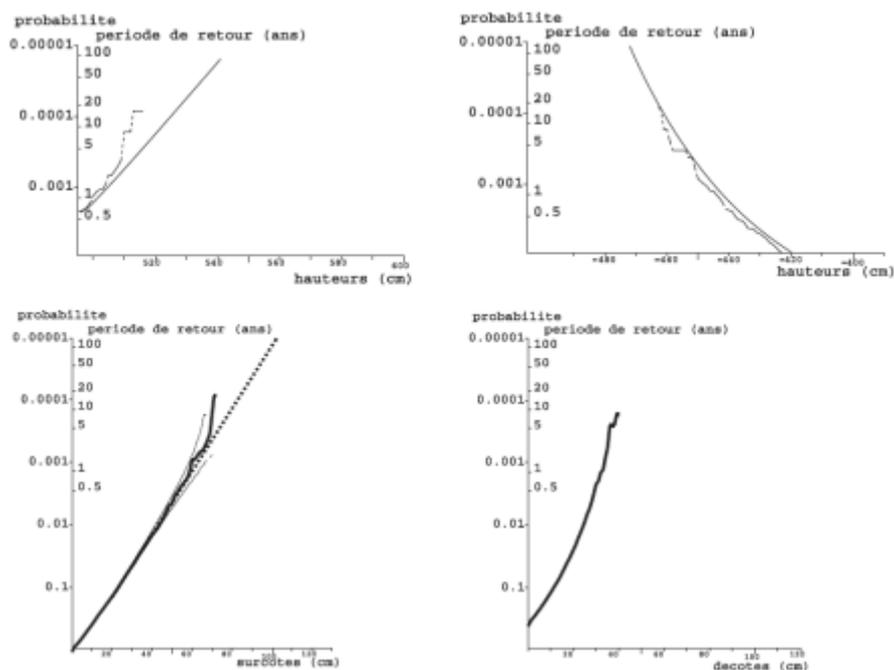


Illustration 17 : Résultats des statistiques pour le port de Roscoff par rapport à l'IGN 69, en haut - hauteur d'eau, en bas - surcote/decote (© CETMEF/SHOM 2012).

L'illustration 17 correspond aux résultats de l'analyse statistique des niveaux de mer, pour le port de Roscoff, et ils tiennent compte des effets atmosphériques

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

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

Les cartes des niveaux extrêmes sur le compartiment C4 : Trégor-Goëlo (Illustration 18), montre que :

- pour une période de retour de 10 ans, le niveau extrême de pleine mer varie entre 6,20 m au Sillon de Talbert, et 5,00 m à la pointe de Toul-ar-Staon sur l'Île-Grande, sur la commune de Pleumeur-Bodou. Pour une période de retour de 50 ans, le niveau extrême de pleine mer varie entre 6,40 m au Sillon de Talbert, et 5,10 m à la pointe de Toul-ar-Staon sur l'Île-Grande, sur la commune de Pleumeur-Bodou ;
- Pour une période de retour de 100 ans, le niveau extrême de pleine mer varie entre 6,50 m au Sillon de Talbert, et 5,20 m à la pointe de Toul-ar-Staon sur l'Île-Grande, sur la commune de Pleumeur-Bodou.

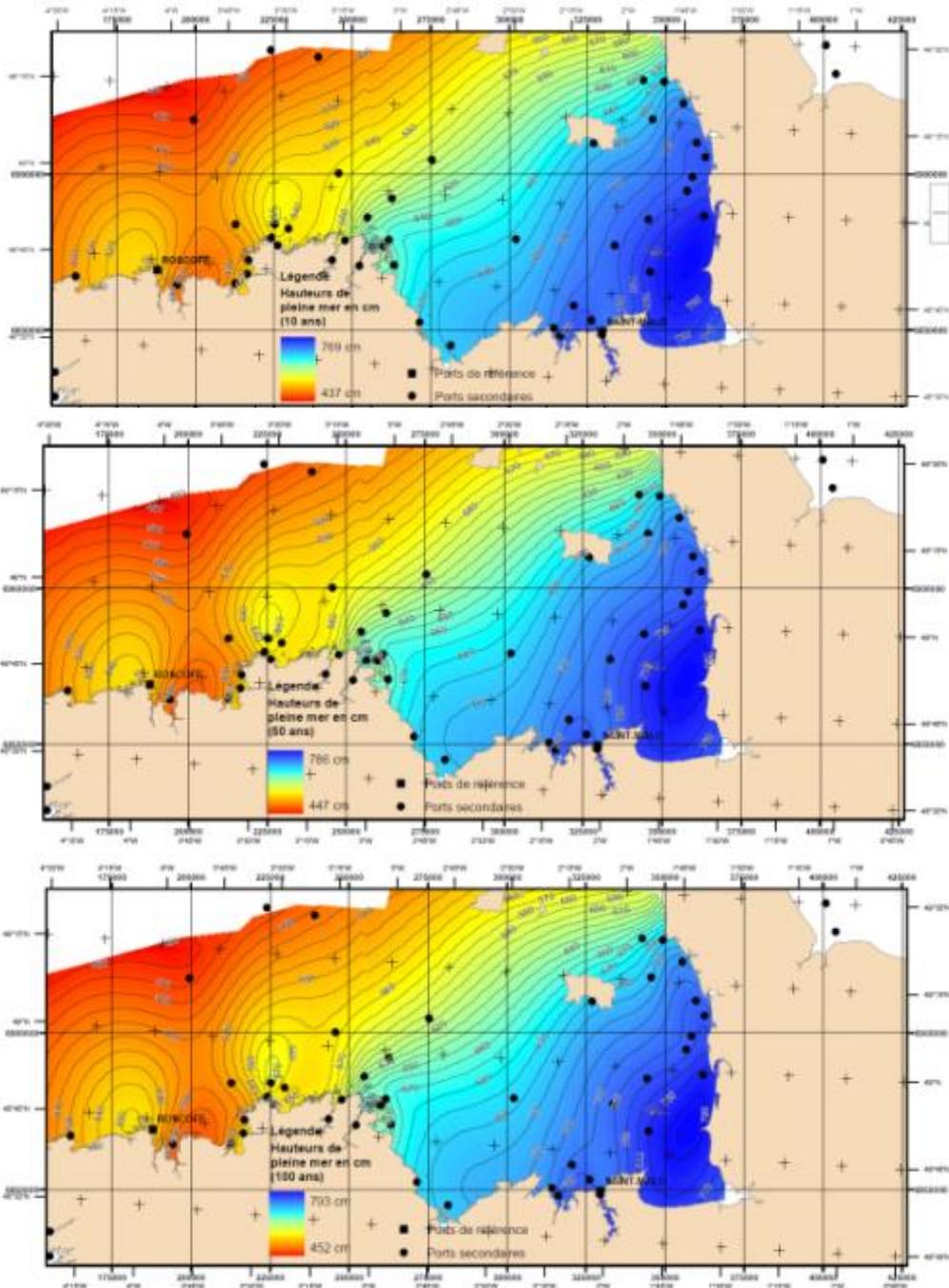


Illustration 18 : Carte des niveaux extrêmes de pleine mer sur une période de retour de 10, 50 et 100 ans (SHOM et CETMEF, 2012).

La **surcote/décote** instantanée est la différence, à un instant t , entre la hauteur d'eau observée et la hauteur d'eau prédite. On parle de surcote quand cette différence est positive, décote quand elle est négative. La surcote/décote a principalement une origine météorologique : elle est générée, lors du passage de dépressions ou d'anticyclones, par les variations de pression atmosphérique et par les vents. Elle peut avoir également d'autres origines : vagues, seiches, tsunamis... (CETMEF/SHOM, 2012).

La surcote de pleine mer est la différence entre la hauteur de pleine mer observée et la hauteur de pleine mer prédite (marée astronomique), les instants d'occurrence de ces deux niveaux pouvant être décalés dans le temps (Illustration 19). De même, la décote de basse

mer est la différence entre la hauteur de basse mer observée et la hauteur de basse mer prédite.

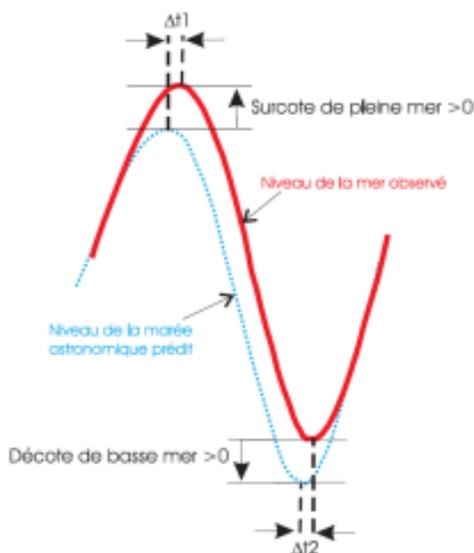


Illustration 19 : Illustration de la surcote de pleine mer et de la décote de basse mer (CETMET/SHOM, 2012).

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. Hélas, pour ce compartiment C4, malgré 90 impacts de tempêtes extraits d'articles de journaux, des rapports d'études ou des études plus spécifiques, aucune valeur de surcote n'a été trouvée.

La synthèse des mesures disponibles des surcotes/décotes montre une moyenne de 0.50 m, avec une surcote maximale à une date récente de 1.41 m (en 2008) et une surcote de 2 m, à une date ancienne de 1869.

La période de retour centennale au marégraphe de Roscoff est de l'ordre de 1 m (illustration 17).

2.3. LES VENTS

Sur la période décennale de 1950 à 1959 la rose des vents à Bréhat révèle une prédominance des vents d'ouest en été. Leur fréquence est supérieure à 300 % et leur force ne dépasse pas 17 m/s (force 7 Beaufort). En hiver on rencontre le plus souvent des vents de secteur sud-ouest qui atteignent avec une fréquence moindre les 25 m/s (force 9 Beaufort) (Illustration 20).

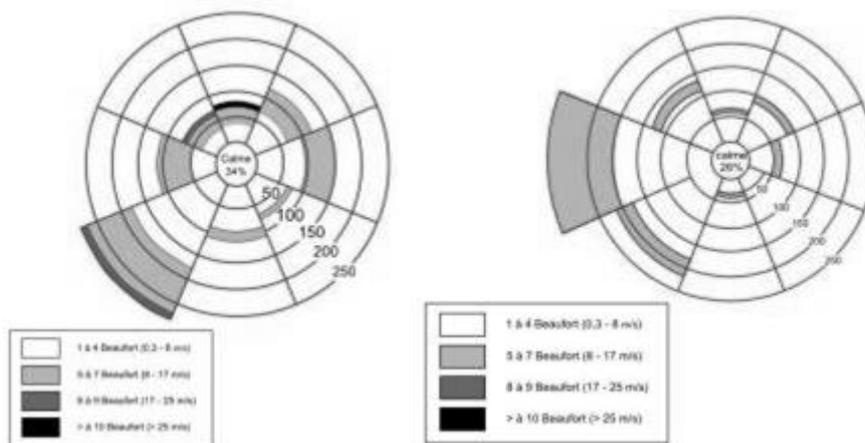


Illustration 20 : À gauche : répartition des directions et forces du vent à Bréhat en février entre 1950 et 1959 ; à droite : répartition des directions et forces du vent à Bréhat en juillet entre 1950 et 1959 (Bellessort et Migniot, 1987).

Dans la partie ouest de notre zone d'étude, nous avons des données sur la commune de Ploumanac'h.

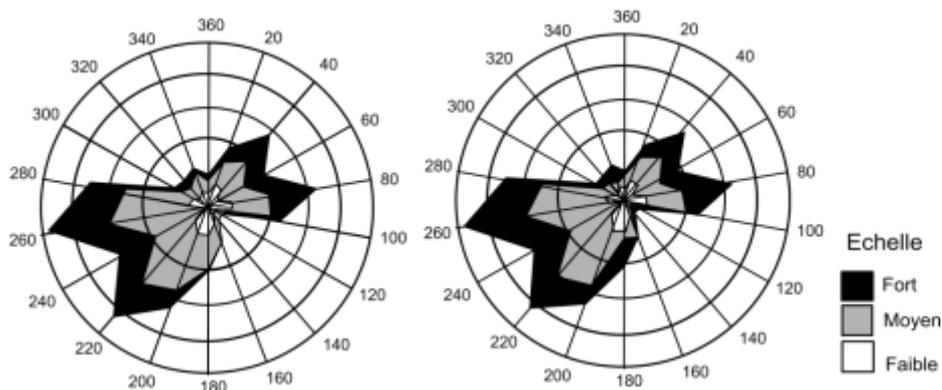


Illustration 21 : À gauche : rose des vents à Ploumanac'h en 1985 ; à droite : rose des vents à Ploumanac'h en 1986 (Oliveros, 1987).

Les diagrammes des vents enregistrés en 1985 et 1986 à Ploumanac'h (Illustration 21) montrent la prédominance des vents de secteur ouest à sud-ouest. Ce qui est en accord avec les observations faites à Bréhat. Les vents de secteurs est à nord-ouest représentent 25 % des observations. Les vents de vitesse supérieurs à 15 m/s représentent 5,5 % en 1985 et 10,3 % en 1986. L'année 1986 a été caractérisée par des situations prolongées de vents de secteur nord-est en fin d'hiver et début de printemps. Le tiers des vents supérieurs à 15 m/s étaient de secteur entre 20° et 60°. Le site du C'hraou est totalement exposé à ces directions (Oliveros, 1987).

À Perros-Guirec, les directions dominantes de vent correspondent à la direction du chenal d'accès au port de Perros-Guirec (Oliveros, 1987).

3. Analyse historique des aléas littoraux

3.1. RISQUE NATUREL : QUELQUES RAPPELS

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



Illustration 22 : 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 LA CÔTE DE TRÉGOR-GOËLO

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 23) : **Identifiant** : ID ; **Numéro de compartiment** : COMPART ; **Cordonnées X et Y** : XL2E ; YL2E ; **INSEE de la commune impactée** : INSEE_communes ; **Nom de la commune** : Noms_communes ; **L'échelle d'origine du document quand s'était possible** : Echelle_dorigine ; **Le lieu de la commune impacté** : Lieux_impactes ; **L'aléa** : Aleas ; **Les données** : Donnees ; **Les causes de l'érosion si possible** : Cause_erosion ; **Les sources de l'aléa 1 et 2** ; et enfin le **cadre de cette étude**, le **lieu où la saisie** a été faite, les **commanditaires de l'étude** et la **date de saisie**.*

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

Illustration 23 : Champs attributaires associés aux données d'aléa littoraux saisies : à gauche : les ponctuels, au milieu : les linéaires et à droite : les surfaciques.

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

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

3.2.2. Les points en érosion, submersion etc. sur le compartiment C4

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

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

Ces relevés sont :

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

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

L'illustration ci-dessous (24), est un extrait de ce travail réalisée par Bonnot-Courtois et Lançon en 2004. Le support à leur cartographie a été les cartes topographiques de l'IGN au 1/25 000.

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

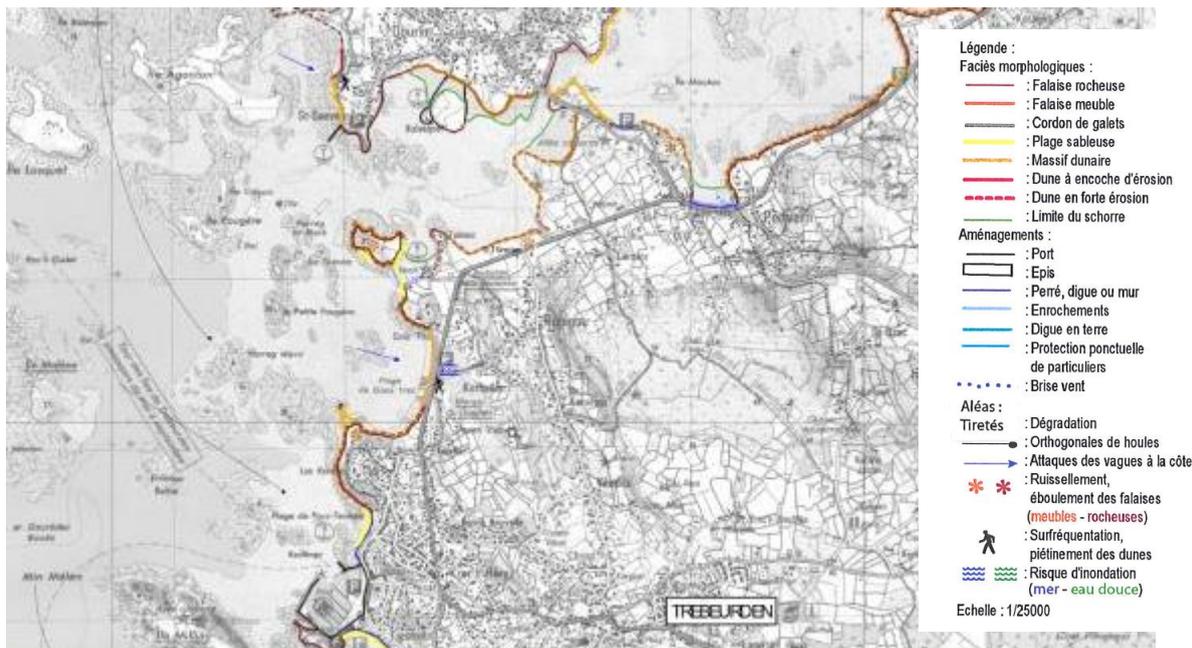


Illustration 24 : Extrait de l'étude du Laboratoire de géomorphologie marine de Dinard, géomorphologie du trait de côte et relevés ponctuels (Bonnot-Courtois et Lançon, 2004).

L'ensemble des informations récoltées sont synthétisées sur la carte qui suit illustration 25.

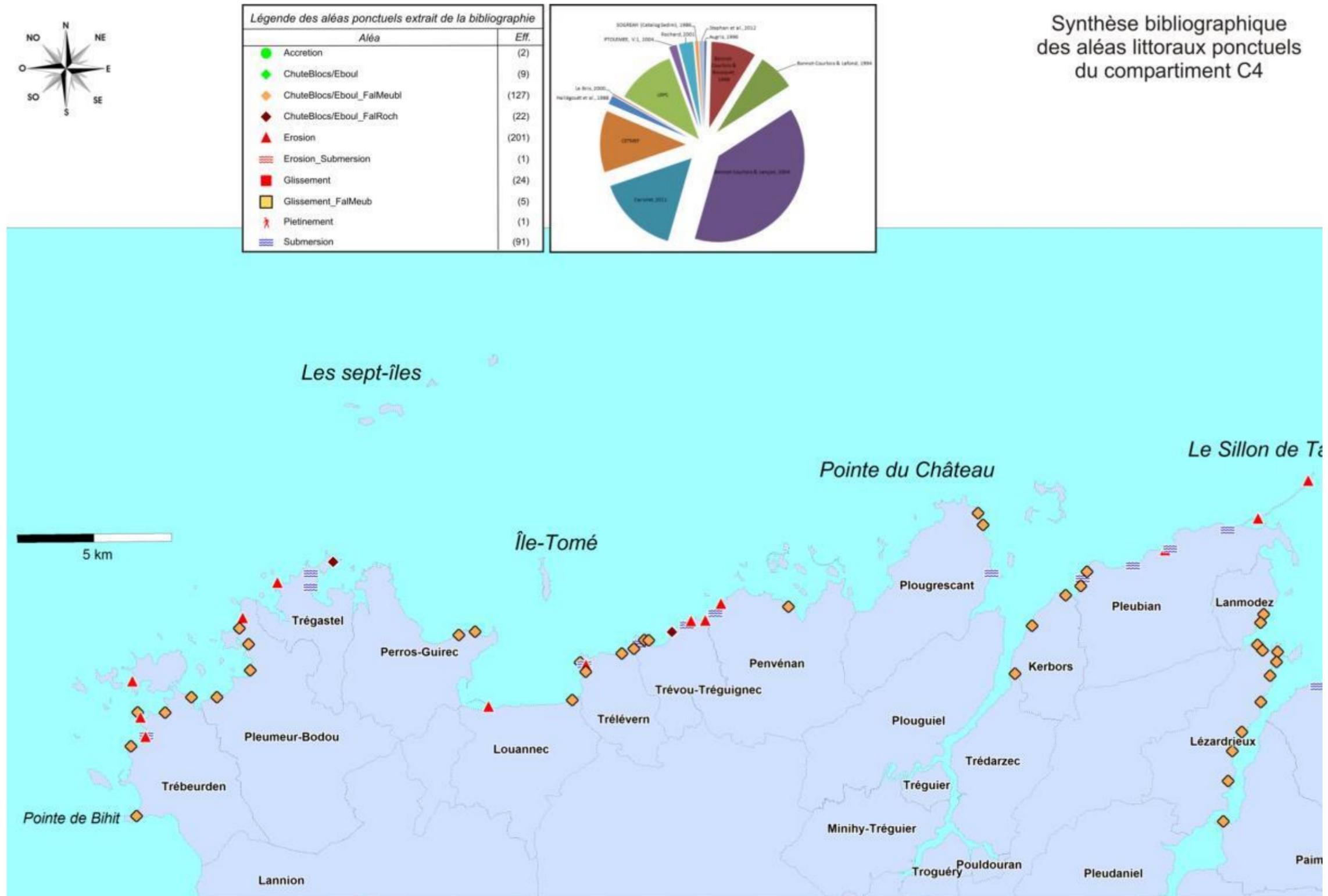


Illustration 25 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux ponctuels du compartiment C4.

3.2.3. Les linéaires en érosion ou en accrétion du compartiment C4

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, de pouvoir attribuer au trait de côte une vitesse d'érosion ou d'accrétion, quand celles-ci étaient disponibles mais aussi la nature de celui-ci. Les lignes qui suivent proviennent de quelques exemples extraits de la bibliographie. Les cartes synthétiques apparaissent à la fin du paragraphe.

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

La géomorphologie côtière de cette étude intégrait la nature des falaises en deux catégories : dure ou meuble et les pans de falaises vifs et sur lesquels il n'était pas possible d'individualiser un mouvement de terrain, et ont ainsi été cartographiés comme étant en érosion (Illustration 25 ci-dessus, extrait du travail réalisée par Bonnot-Courtois et Lançon en 2004).

Avec cette exposition plein-Nord, les plages de la côte du Trégor-Goëlo sont pour la majorité, soumises aux attaques de la mer.

Le catalogue sédimentologique (1987) fait référence de **Roscoff à Bréhat**, à des rivages érodés par l'action des houles qui viennent du nord-ouest. Ces rivages sont en général des cordons littoraux des communes de Trévou - Tréguignec, Plougrescant ou Pleubian.

Bonnot-Courtois et Lançon (2004), décrivent un cordon dunaire érodé au Sud de la plage de Goaz-Trez à **Trébeurden**, suite aux assauts des vagues. Toujours sur la commune de **Trébeurden**, mais plus au Nord, le tombolo reliant l'île de Toënno au continent est menacé par l'érosion anthropique. Il est dégradé sur son versant sud-ouest par la sur-fréquentation et le piétinement. Les falaises meubles à l'est de l'île de Toënno, sont également en érosion et la cause serait l'infiltration des eaux continentales. Enfin plus au Sud de **Trébeurden**, les falaises meubles de la Pointe de Bihit à la plage de Porz-Mabo, présentent elles-aussi des signes d'érosion d'origine continentale sur le site situé.

Sur **Pleumeur-Bodou**, la plage du lieu-dit « **Landrellec** » est également exposée aux agitations de la mer de secteur nord-ouest, et la falaise meuble présente des mouvements de terrain (éboulements) (Bonnot-Courtois et Lançon, 2004).

Le littoral de la commune de **Trégastel** est exposé aux agitations de secteur Nord-Ouest pour la façade occidentale, et de secteur Nord-Est pour la façade orientale.

Dans la **baie de Sainte-Anne** à l'est, le vent et les agitations engendrent une érosion aux pieds des perrés. Le franchissement de ces ouvrages peut aboutir à une submersion marine de la route côtière et des habitations. Sur sa façade ouest, l'**île de Renot** est très exposée aux houles de nord-ouest (Bonnot-Courtois et Lançon, 2004).

Suanez et Fichaut (2010) ont réalisé un suivi morpho-sédimentaire de la grève Rose, toujours sur la commune de **Trégastel** (Illustration 27). La grève Rose, orientée plein-Ouest, est une grève en érosion. Suite à la destruction d'un ouvrage de protection situé entre le pied de dune et de pied de plage (approximativement), l'érosion à sembler s'accélérer. Le suivi morpho-sédimentaire de cette plage entre mars 2009 et avril 2010 semble montrer que les transports sédimentaires semblent plus transversaux que longitudinaux. La quantification du transport longitudinal de la plage de Grève Rose à la plage de Grève Blanche a été réalisée et elle correspondrait à 1 000 m³ de sédiments transportés.

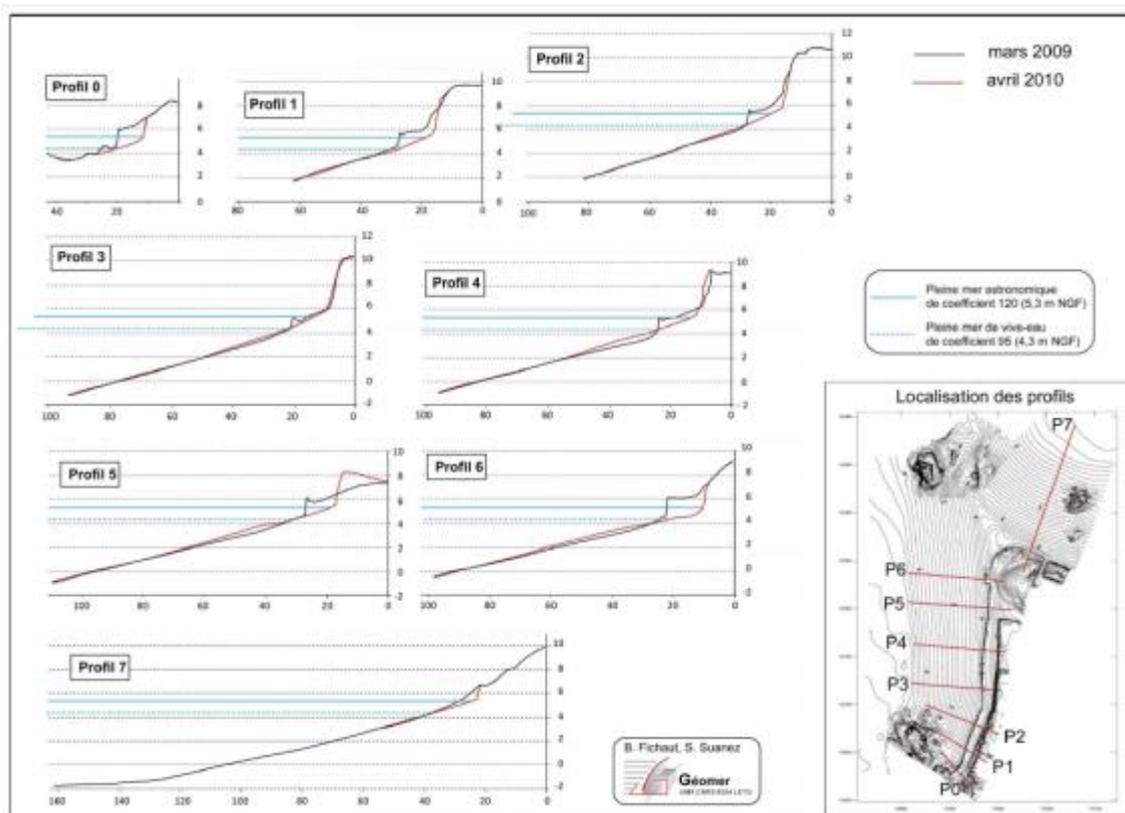


Illustration 26 : Comparaison des profils topographiques de la Grève Rose entre les mois de mars 2009 et avril 2010 (Suanéz et Fichaut, 2010).

Au regard, des profils de l'Illustration 27, on constate qu'il semble y avoir au moins pour cette petite période de temps, deux secteurs plus en érosion. Au Sud de la grève, sur les profils P0 à P2 et au Nord de la grève sur les profils P5 à P6.

Le catalogue sédimentaire des côtes françaises mentionnait lui aussi que le secteur de **Perros-Guirec** (son anse) était un secteur avec du recul de l'ordre de 0,1 à 0,2 m/an, surtout localisé au niveau des cordons et des falaises de « head » ou de dépôts de pente. Bonnot-Courtois et Lançon (2004) mentionnaient que le site de **Perros-Guirec** était sensible du fait de l'importance de l'urbanisation d'où la présence d'éboulements de falaises des pointes rocheuses ; et que le cordon de galets à l'ouest de **Louannec**, reliait autrefois Louannec à **Perros-Guirec**. Aujourd'hui, il montre des signes d'érosion à sa base d'origine marine. Ce sont les houles de secteur Nord-Ouest et l'agitation de secteur Nord à Nord-Ouest qui sont en cause.

Le recul des falaises meubles sur la commune de **Trélévern**, semble modéré, mais l'érosion au Sud de la plage de **Porz-Garo**, est en partie d'origine terrestre. Le recul a été calculé par Bonnot-Courtois et Lançon (2004) à 1 m/an en arrière de la plage. La **Pointe de l'Épine** est plus exposée à l'agitation et les microfalaises sont sapées par les vagues et par des projections de galets.

À l'est de la Pointe de **Port-le-Golf** sur la commune de **Trévou-Tréguignec**, malgré une falaise constituée d'un socle en roche résistante, elle s'éboule à divers endroits menaçant des habitations (Bonnot-Courtois et Lançon, 2004). La plage de **Royo** est une zone littorale exposée à l'agitation de secteur Nord-Ouest à Nord, où l'érosion d'origine marine joue un rôle non négligeable dans le recul du trait de côte.

L'Anse de Pellinec sur la commune de **Penvenan**, présente des signes d'érosion à certains endroits. Les sites concernés ont pour la plupart des aménagements de défense : une digue sur la côte de l'Anse au lieu-dit « **Placen-Amic** » et un enrochement à l'est et Nord-Est, à l'est de la Pointe de **Bugueles** au lieu-dit « **Crec'h Kerué** ». Sinon, sur la plage à l'ouest de l'Anse de **Pellinec**, des falaises meubles sont en érosion (Bonnot-Courtois et Lançon, 2004).

Malgré une position protégée des agents météo-marins, les falaises meubles reculent de manière significative sur la commune de **Kerbors**, sur la rive Est du Jaudy (Bonnot-Courtois et Lançon, 2004).

Le **Sillon de Talbert** sur la commune de **Pleubian**, avec ces 3 kilomètres de long et sa dizaines de mètres de large, orienté Sud-Ouest/Nord-Est (soit perpendiculaire aux houles dominantes de Nord-Ouest), s'est, depuis 1837, allongé vers le Nord-Est de 70 m, soit un avancement de 0,4 m/an. Il a reculé vers le Sud-Est de 1 à 1,5 m/an, soit un recul de 200 m depuis 1837. La formation de plages en croissant creuse le sillon et le rend vulnérable aux houles. D'après le L.C.H.F., au cours d'une tempête de 1967, le Sillon a été érodé sur les 150 premiers mètres de l'ordre de 20 à 30 m.

Il est le témoin d'une dérive littorale déplaçant les galets de la base à la pointe, ce qui provoque l'allongement régulier de la flèche (quelques dizaines de mètres par siècle). On observe également la formation de crochet faisant face aux houles et qui se recourbe ensuite (De Beaulieu, 2000). D'autre part, un recul frontal s'opère sur le cordon. Ainsi, la flèche recule (50 m en deux siècles), rapetisse (1.5 m en 10 ans) et rétrécit (10 à 30 m en 60 ans). La base du cordon n'est pas constituée de galets mais de vestiges d'une dune, sensible aux pressions anthropiques. En 1975, les aménagements réalisés pour le protéger, ont aggravé le recul.

Au cours de ses travaux de doctorat, Stéphan (2009), a étudié plusieurs paramètres du Sillon de Talbert et leur cinématique. Ci-dessous, la relation entre la vitesse de recul en m par année et l'énergie des vagues annuelles (Illustration 28).

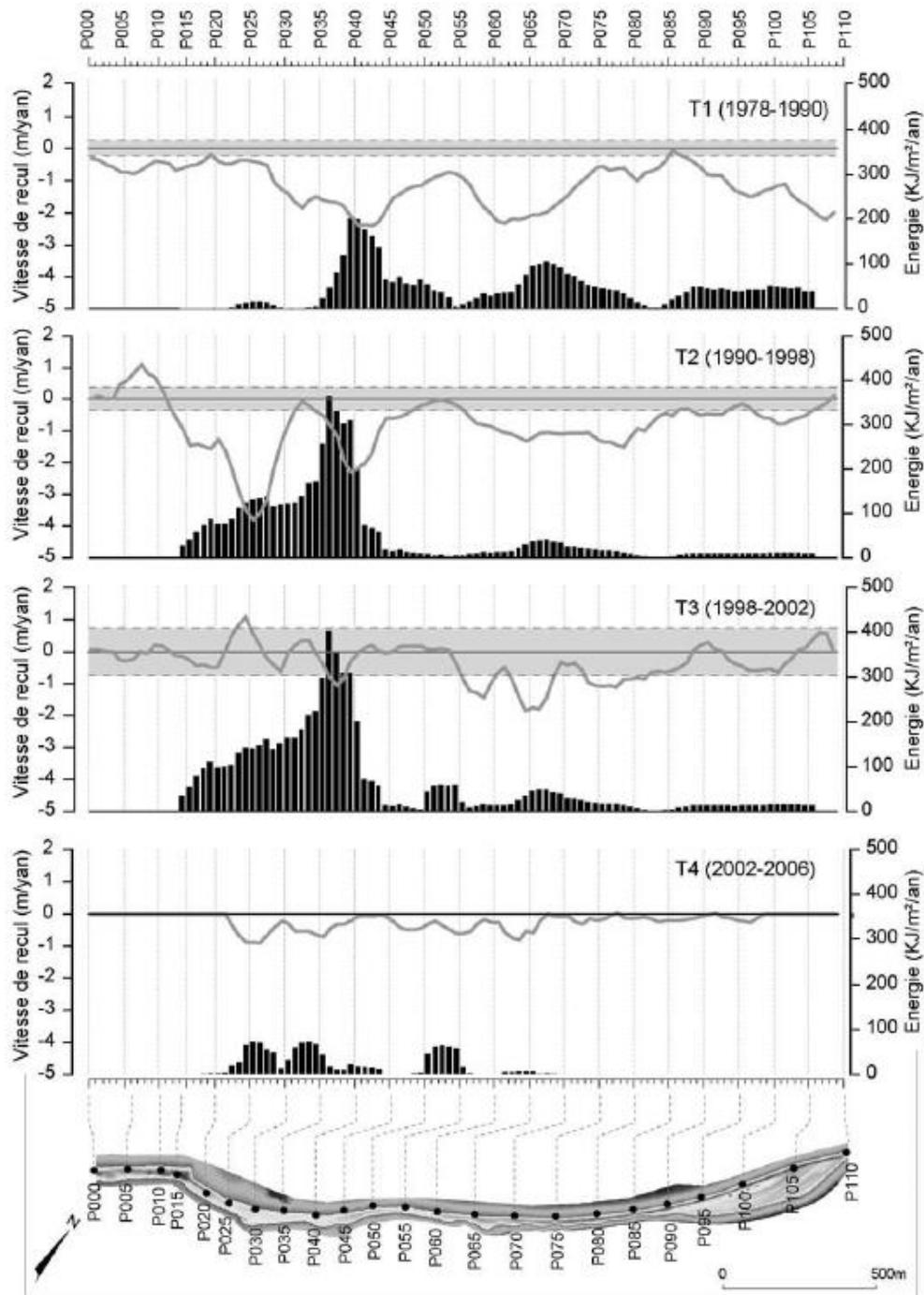


Illustration 27 : Relation entre les vitesses de recul du Sillon et l'énergie annuelle des vagues (Stéphan, 2009).

Sur l'illustration 28, la zone grisée correspond à la marge d'erreur liée à l'analyse des photographies aériennes et les marges d'erreurs sont minimales au cours de la période T4, les données sont obtenues à partir de mesures topographiques. On remarque des périodes décennales avec des vitesses de recul rapides, T1 et T2, et des périodes avec des vitesses de recul quasi nulles T4.

Le suivi de la crête du sillon (Illustration 29), montre que le matériel érodé sur la face exposée est transféré sur le sommet du cordon entre l'extrémité de la dune à l'ouest et le début de la spatule à l'est. Le sommet s'est engraisé de plus de 8000 m³ et s'est élevé localement de plusieurs décimètres. La tendance est toujours la même depuis la tempête du

10 mars 2008 (épisode qui avait entraîné un recul et un abaissement très marqués du sillon), car en l'absence de nouvel événement météo-marin important, le sillon s'exhausse progressivement (Fichaut *et al.*, 2010).

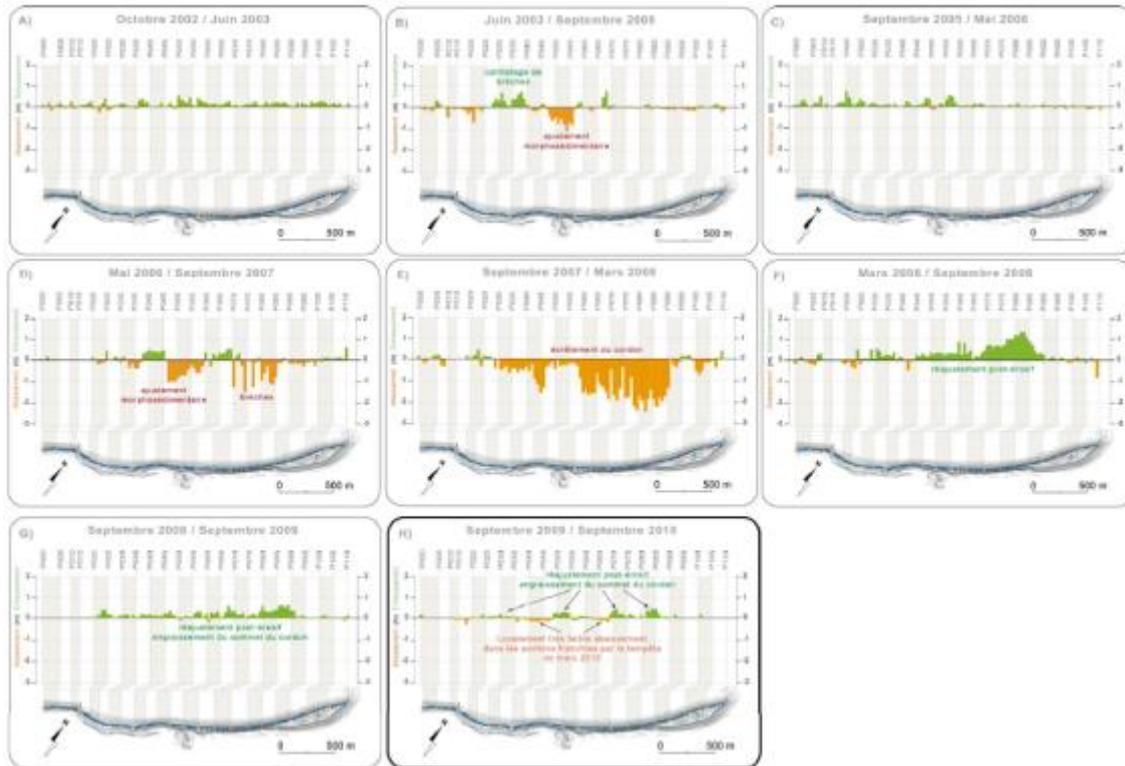


Illustration 28 : Exhaussement et/ou abaissement de la crête du Sillon de Talbert entre 2002 et 2010 (Fichaut *et al.*, 2010).

La synthèse des aléas littoraux du linéaire côtier du compartiment C4, est résumée dans les deux illustrations qui suivent (Illustration 30)

Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C4

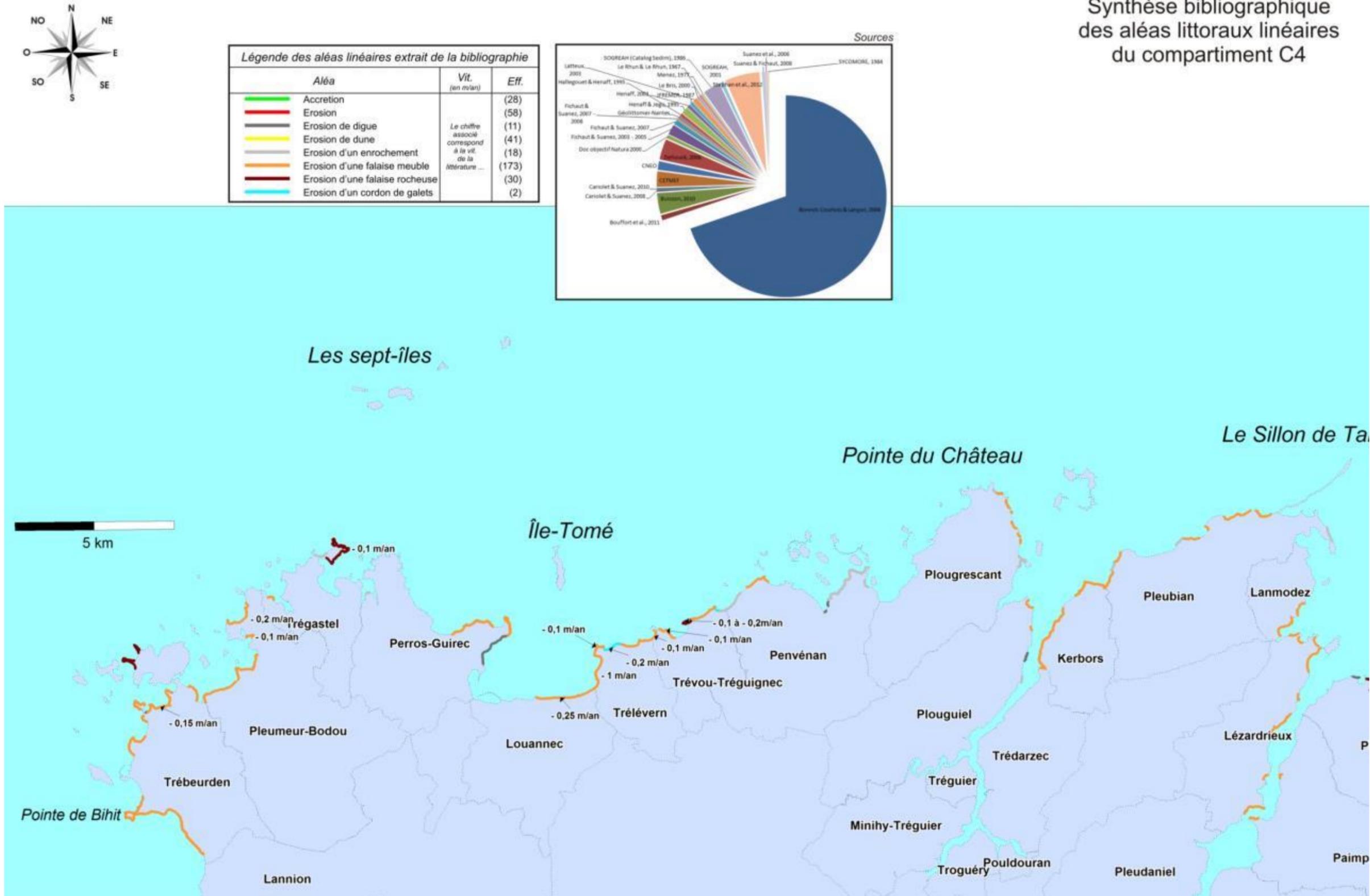


Illustration 29 : Synthèse bibliographique des aléas littoraux linéaires du compartiment C4

3.2.4. Les Surfaces submergées sur le compartiment C4

Aucun document cartographique des submersions marines ayant pu avoir lieu n'a pu être recensé dans cette étude pour le compartiment C4.

4. Acquisitions de terrain (géomorphologie, grédisposition 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 30).

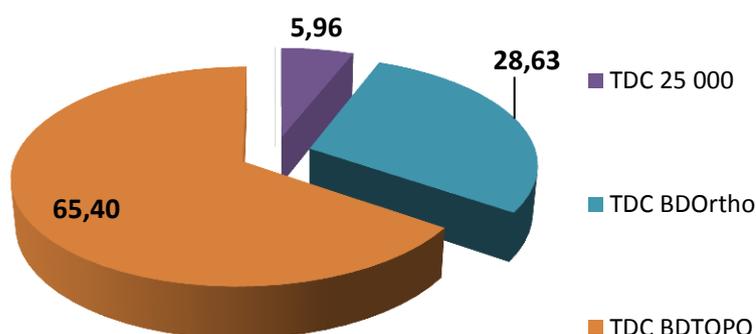


Illustration 30 : Sources composants le trait de côte HistolittV2.0 pour la Bretagne.

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 31).

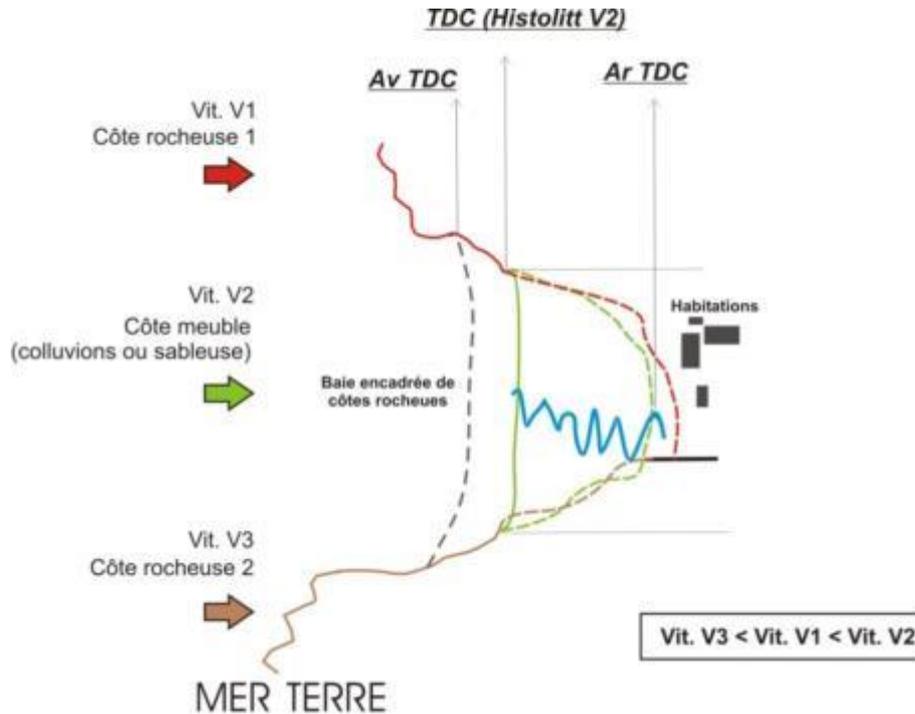


Illustration 31 : Schéma de principe de caractérisation du trait de côte.

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**.

A 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 32).

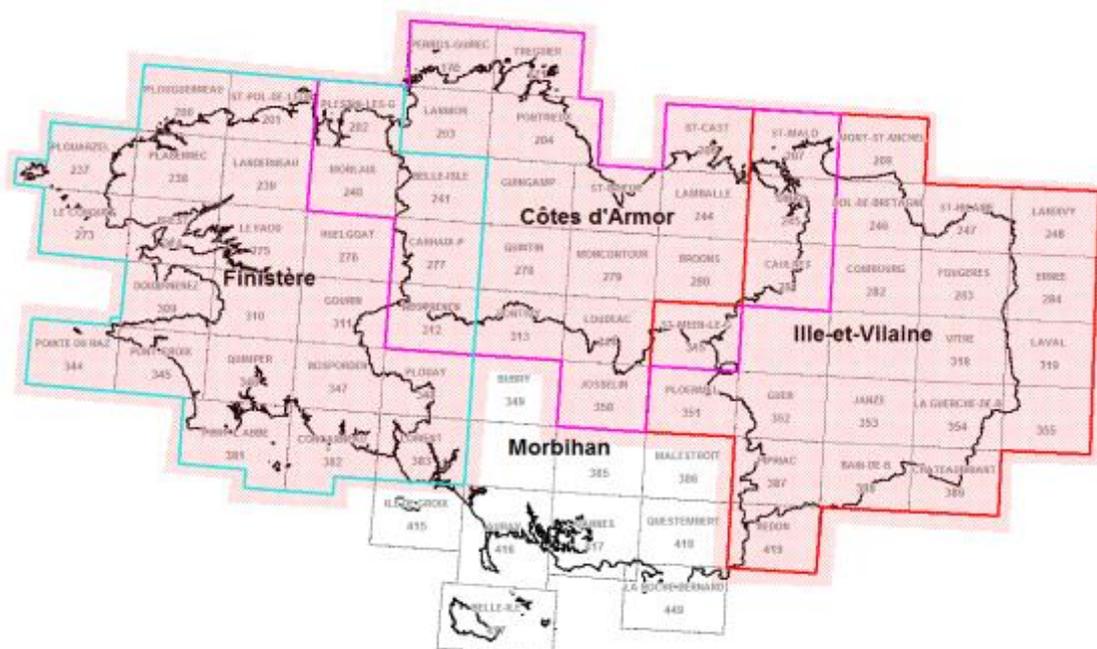


Illustration 32 : Patchwork des cartes géologiques au 1/50 000 pour les trois départements concernés (en rouge : harmonisation de l'Ille-et-Vilaine ; en rose : des Côtes-d'Armor et en bleu : du Finistère ; en surcharge : harmonisation des trois départements).

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

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

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

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

Pour le littoral brétilain (Ille-et-Vilaine, 35) et celui du Finistère (29), à la méthodologie décrite ci-dessus d'attribution automatique d'une géologie au trait de côte, les investigations de terrain depuis l'automne 2012 à la fin de l'été 2013, sont venues corriger directement les erreurs d'attribution automatique. Les précisions de terrain ont porté essentiellement sur les côtes basses, et les côtes meubles et sur l'attribution de secteur de roches altérées ou en érosion.

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

Lors des campagnes de terrain, des minutes de terrain ont été réalisées dont le support a été le Scan 25 de l'IGN, agrandi à l'échelle du 1/15 000 (Illustration 33).



Illustration 33 : 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 34) ;

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
Grés	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 34 : 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 35).

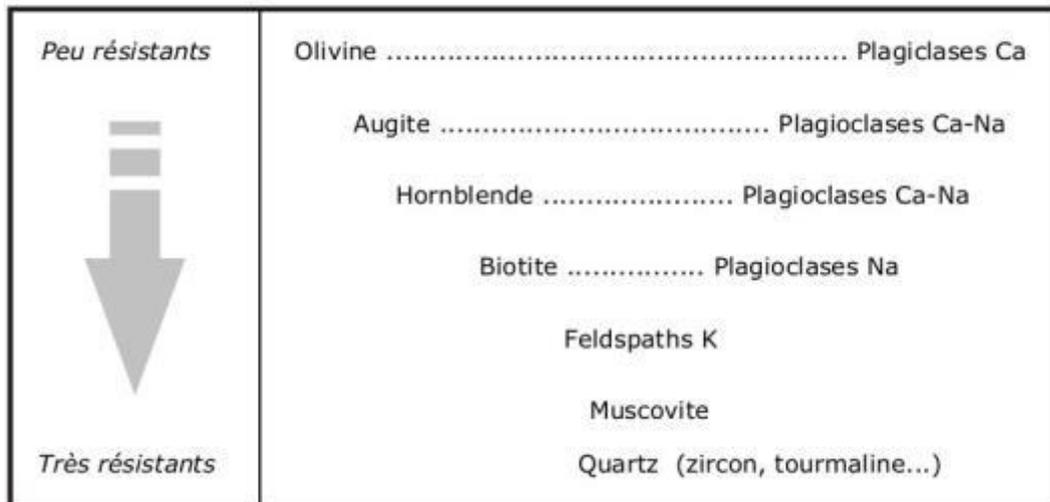


Illustration 35 : Ordre de résistance des minéraux à l'altération (Goldich, 1938).

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 36).

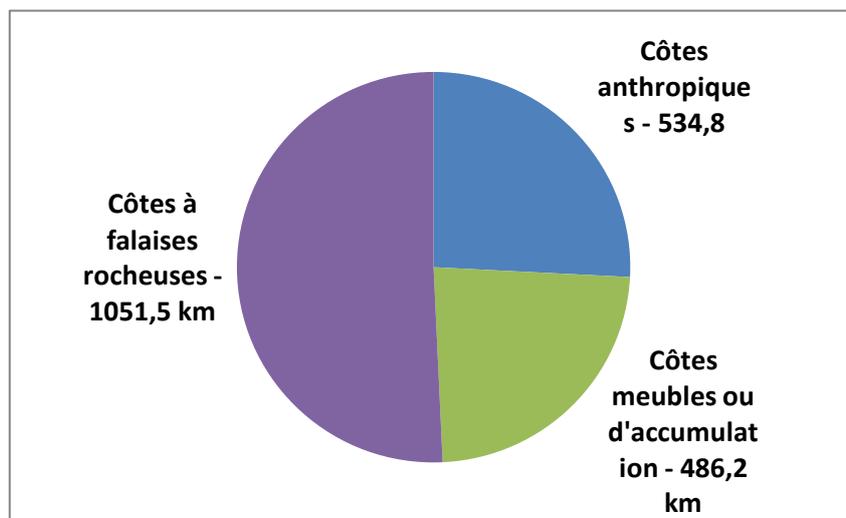


Illustration 36 : Synthèse du linéaire côtier étudié pour les départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère.

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 38 et 39) :

1. de **roches** de la famille des **granites** (**459** km) ;
2. suivi de **261** km de côtes de **roches métamorphiques** (des micaschistes, gneiss aux migmatites) ;
3. **156** km de **roches sédimentaires déformées (schisto-gréseuses)** ;
4. **63** km de roches de type grés **armoricain** ;
5. **33** km de **roches plutoniques à volcaniques basiques** ;
6. **27** km de différents **filons rocheux** ;
7. **23** km de **roches métamorphiques basiques** ;
8. **14** km de **roches volcano-sédimentaires** ;
9. **11** km de **roches volcanites et métavolcanites acides** ;
10. et enfin « *anecdotiquement* » **0.4** km de **roches quartzitiques ou localement mylonitiques**.

		en km	altéré	en érosion	altéré en érosion	Total	Roch alt./Roch saine		En érosion/Non érodé	
								en %		en %
Trait de côte (total 22, 29 et 35)										
Falaises rocheuses et meubles	Roches granitiques	406,80	34,20	10,90	7,50	459,40	0,08	8,41	0,04	4,17
	Roches métamorphiques	233,36	12,68	7,65	8,01	261,70	0,09	8,58	0,06	6,36
	Roches métamorphiques basiques	19,83	0,55	0,31	2,74	23,43	0,16	16,34	0,15	14,97
	Roches sédimentaires (schisto-gréseuses)	121,76	6,14	3,60	25,29	156,79	0,25	25,07	0,23	22,59
	Roches de type grés armoricain	61,33	0,84	0,88		63,05	0,01	1,35	0,01	1,42
	Roches volcano-sédimentaires	14,25	0,32	-	-	14,57	0,02	2,25	-	-
	Roches plutoniques 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 37 : 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.

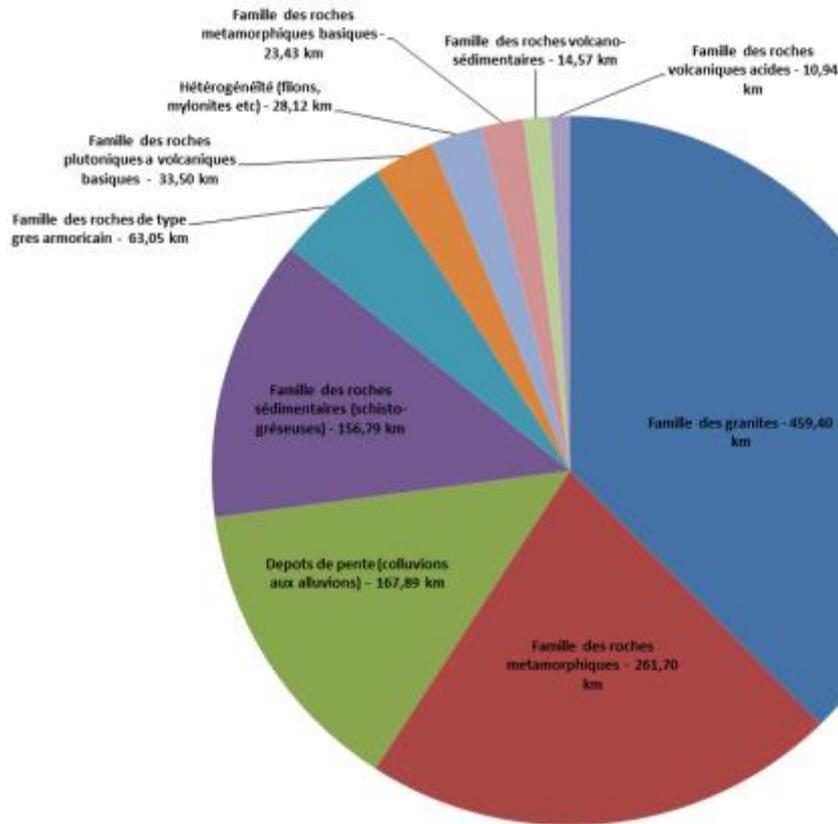


Illustration 38 : linéaire en kilomètre des différents linéaires de côtes rocheuses.

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 38).

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

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

Ces **résultats** confirment dans un premiers temps, **l'ordre de résistance des minéraux à l'altération de Goldish (1938)**, mais dans un deuxième temps, montrent que pour les côtes rocheuses des trois départements, **si les roches composées de minéraux facilement altérables comme celles basiques sont les plus altérées, les roches contenant le plus de discontinuités intrinsèques comme acquises, sont elles aussi tout autant altérables** telles que les roches sédimentaires (schisto-gréseuses).

Synthèse sur l'érosion des formations géologiques littorales

• Sur les côtes rocheuses

La même démarche a été réalisée mais cette fois-ci par la réalisation d'un rapport entre **linéaire en érosion et « stable »** (Illustration 38). 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 34, 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 40), 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 39 : 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 2 000 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 41). Ce GPS permet :

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

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

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



Illustration 40 : GPS © Trimble Juno3B.

Préparations avant l'acquisition des données

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

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

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

Deux logiciels sont nécessaires pour l'acquisition des données.

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

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

Les données collectées sont de deux types, on distingue :

- les données ponctuelles telles que les mouvements de terrain, les cavités, les impacts ou les réparations d'ouvrage ou encore les observations ponctuelles diverses (brèche de cordons etc.) ;
- les données linéaires permettant de relever des pieds et les crêtes de falaise ou les limites de végétation sur les côtes meubles.

Acquisition des données

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

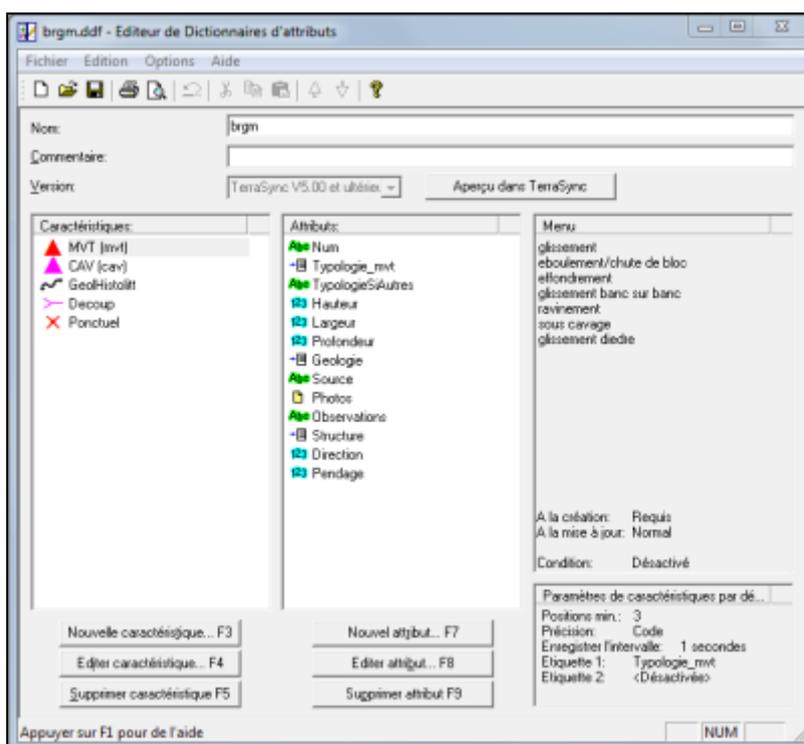


Illustration 41 : Dictionnaire d'attributs réalisé pour cette étude.

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 42).

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 42).

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 43)

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 43).



Illustration 42 : Schéma de principe d'un glissement de terrain (Landevennec, 29).

Glissements banc sur banc (illustration 43)

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 66).



Illustration 43 : Schéma de principe d'un glissement banc sur banc (A : Binic, 22 ; B : Cap à la Chèvre, 29)

Glissements de dièdres (illustration 45)

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 45).



Illustration 44 : Schéma de principe d'un glissement de dièdres (A : Kerfany, 29 ; B : Plouha, 22).

Éboulement, chute de blocs (illustration 46)

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 46).



Illustration 45 : Schéma de principe d'un éboulement/Chute de blocs (A : Pointe du Van, 29 ; B : Planguenoual, 22).

Ravinement (illustration 47)

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 47).



Illustration 46 : Ravinement important des formations superficielles composées de sols sombres épais (1 m) sur un manteau latéritique (Cap à la Chèvre, 29).

Sous-cavage (illustration 48)

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 70).

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



Illustration 47 : Sous-cavage (A : secteur Saint-Coulomb, 35 ; B : Plouha, 22).

Effondrement (illustration 49)

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 49).

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



Illustration 48 : Effondrement sur la bordure nord de l'anse de Dinan (Camaret, 29).

• Synthèse des mouvements de terrain

2 537 mouvements de terrain ont été recensés sur le littoral des trois départements. Leur répartition géographique se fait pour l'essentiel sur les falaises rocheuses mais aussi sur les falaises meubles composées soit de dépôts de pente soit de cordons dunaires sableux ou à galets (Illustrations 51 et 52).

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 les **4** 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 50 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 50), 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 50), 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 50), 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 50), 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.

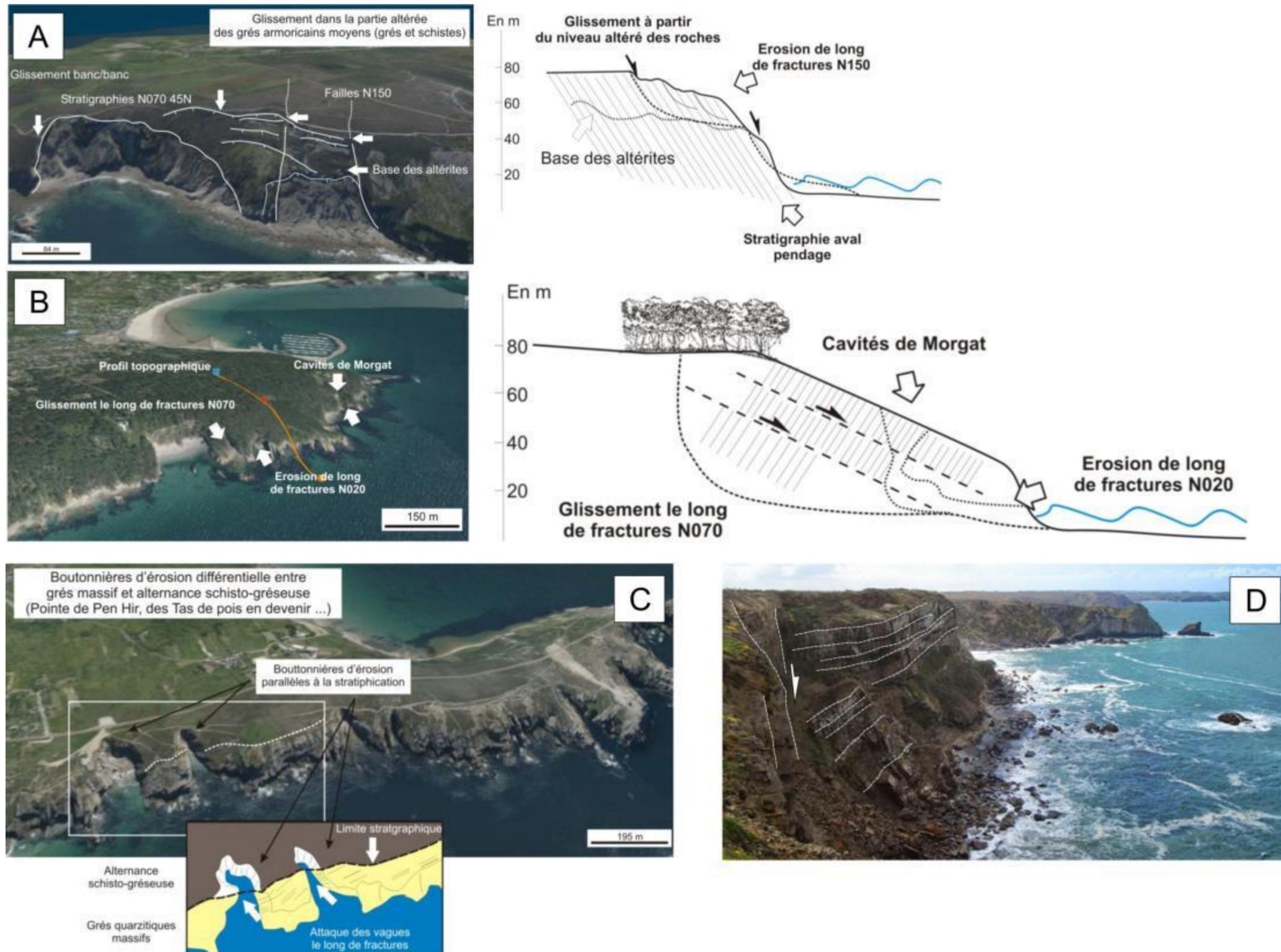


Illustration 49 : A : glissement de terrain en tête de falaise sur la base des altérites meubles (Cap à la Chèvre, Crozon 29) ; B : Glissement le long de failles orientées vers le vide et formation de cavité dans la zone d'action des vagues (Morgat, Crozon 29) ; C : érosion différentielle et formation 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 51 et 52).

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 51 et 52).

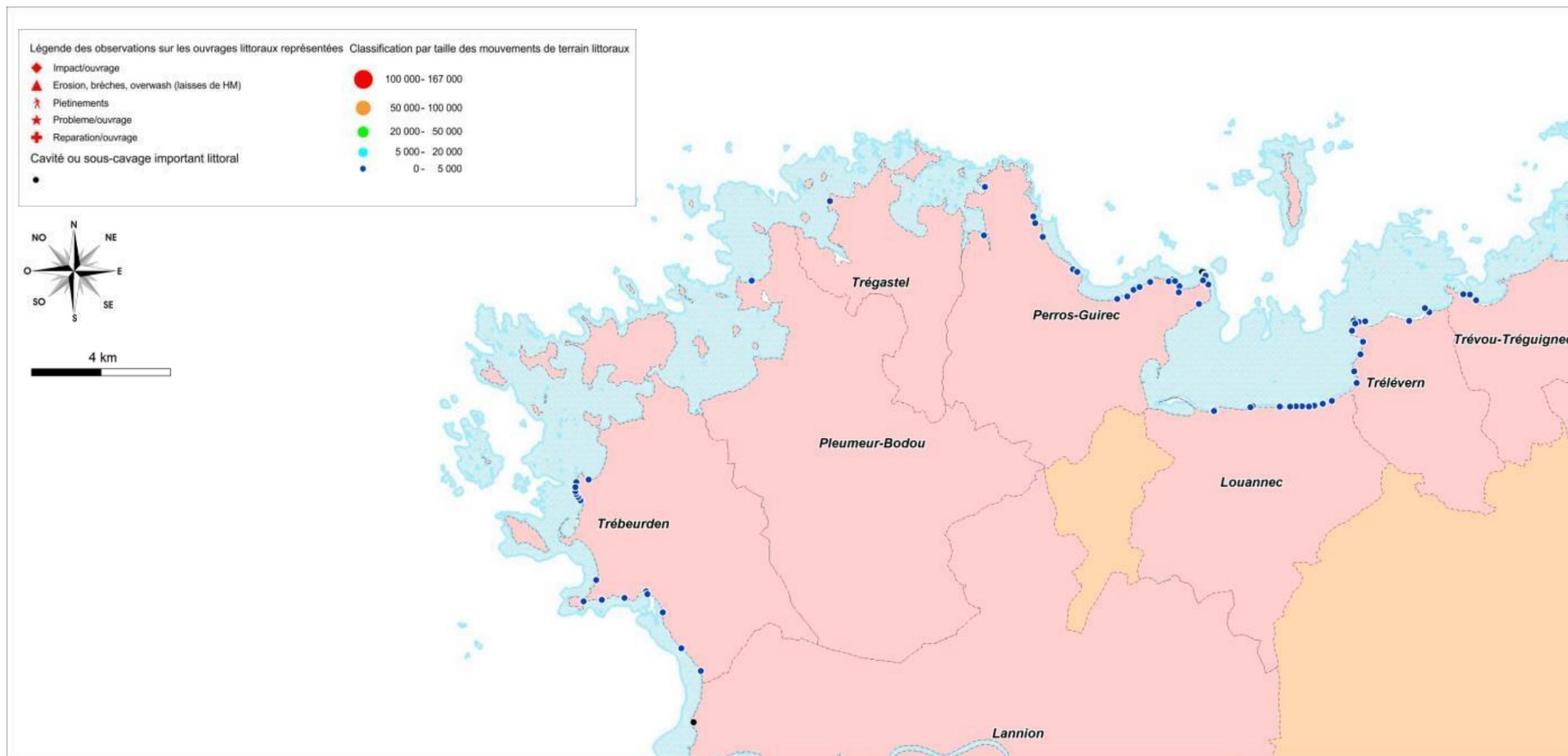


Illustration 50 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

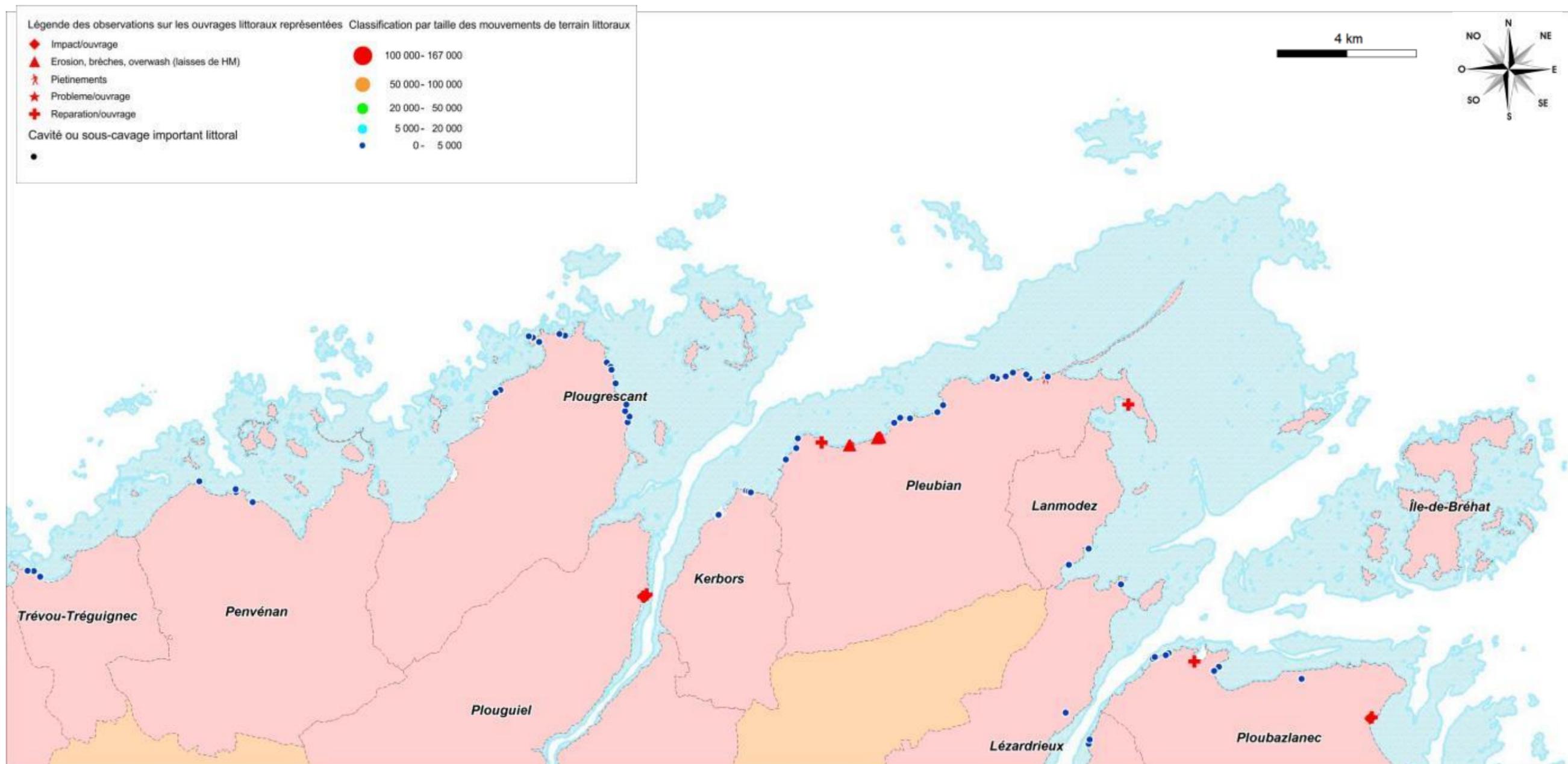


Illustration 51 : Recensement des mouvements de terrain, des cavités et impacts ou réparation sur ouvrages littoraux.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Le rapport linéaire sain - altéré

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

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

3. de 3 pour un pourcentage de 16,34 pour les roches métamorphiques basiques ;
4. de 4 pour un pourcentage de 25,07 pour les roches sédimentaires (schisto-gréseuses) ;
5. et enfin de 5 (très élevé) pour un pourcentage de 39,58 pour les roches plutoniques à volcaniques basiques (Illustration 53).

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

Illustration 52 : Tableau d'attribution des notes du degré d'altération pour les formations géologiques littorales.

Le rapport linéaire sain - en érosion

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

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

1. où la note de 1 (faible) correspond à la formation géologique des roches de type grès armoricain ;
2. de 2 pour des pourcentages de 4,17 à 6,36 telles que les roches granitiques et métamorphiques ;
3. de 3 pour un pourcentage de 14,97 pour les roches métamorphiques basiques ;
4. de 4 pour un pourcentage de 22,59 pour les roches sédimentaires (schisto-gréseuses) ;
5. et enfin de 5 pour un pourcentage de 31,48 pour les roches plutoniques à volcaniques basiques (Illustration 54).

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

Illustration 53 : Tableau d'attribution des notes du degré d'érosion pour les formations géologiques littorales.

La densité de mouvement de terrain

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

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

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 meublées	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 54 : 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 a 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 55 : 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 57).

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 58 et 59).

		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 56 : 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 57 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C4.

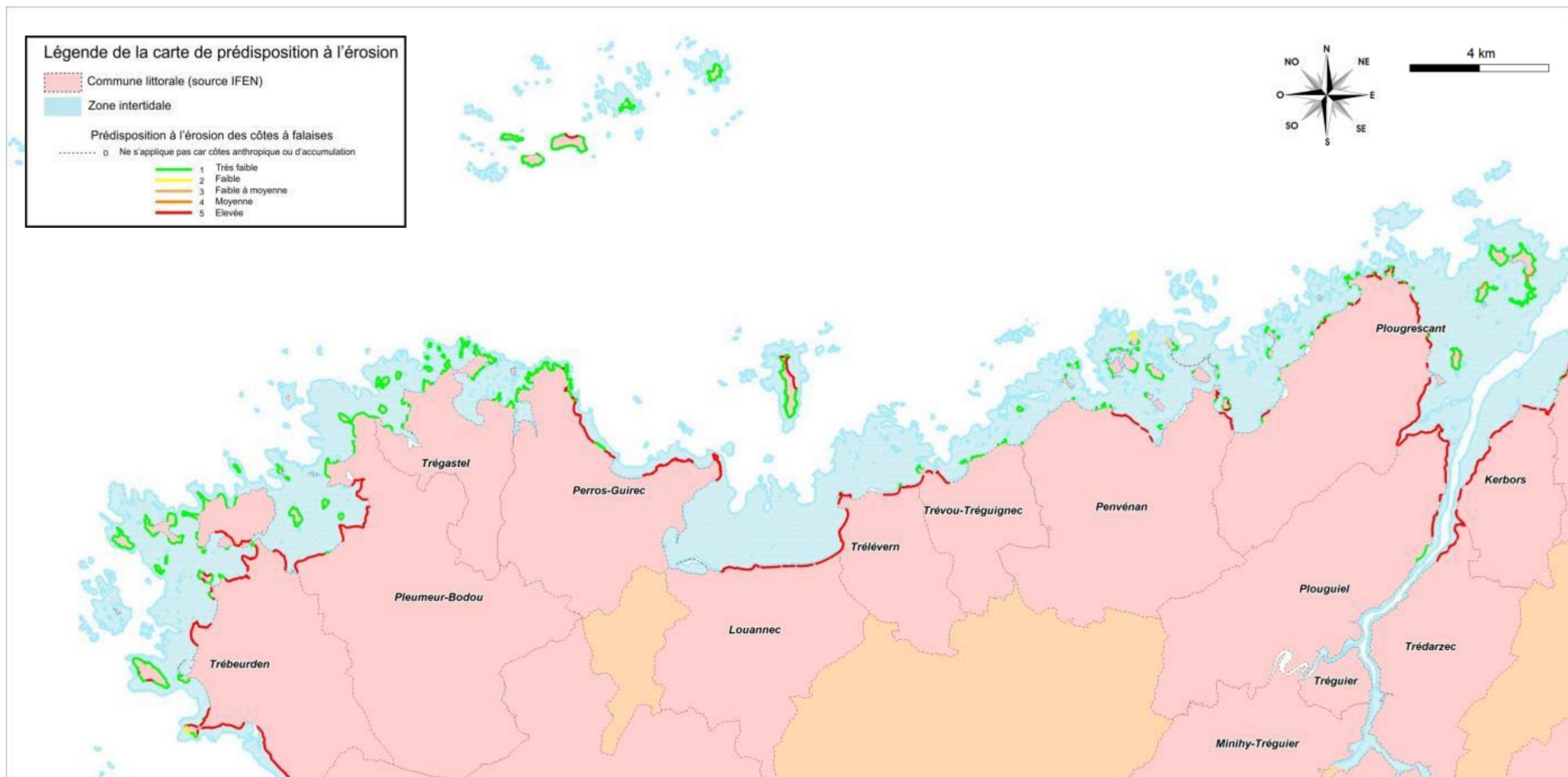


Illustration 58 : Note finale de prédisposition à l'érosion des côtes à falaises du compartiment C4.

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. METHODOLOGIE

Typologie des différents types de côte sédimentaires

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

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

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

- l'exposition de la plage : plages de fond de baie, plages ouvertes, d'estuaire ou de poche (Illustration 72) ;
- un critère sédimentologique : plages de galets, plages de sables ou plages mixtes (sables et galets) ;
- et enfin un dernier critère morphologique tel que plages adossées (à une falaise), cordons dunaires, formes fuyantes (flèches de sables et de galets, tombolos), etc. (Illustration 60).

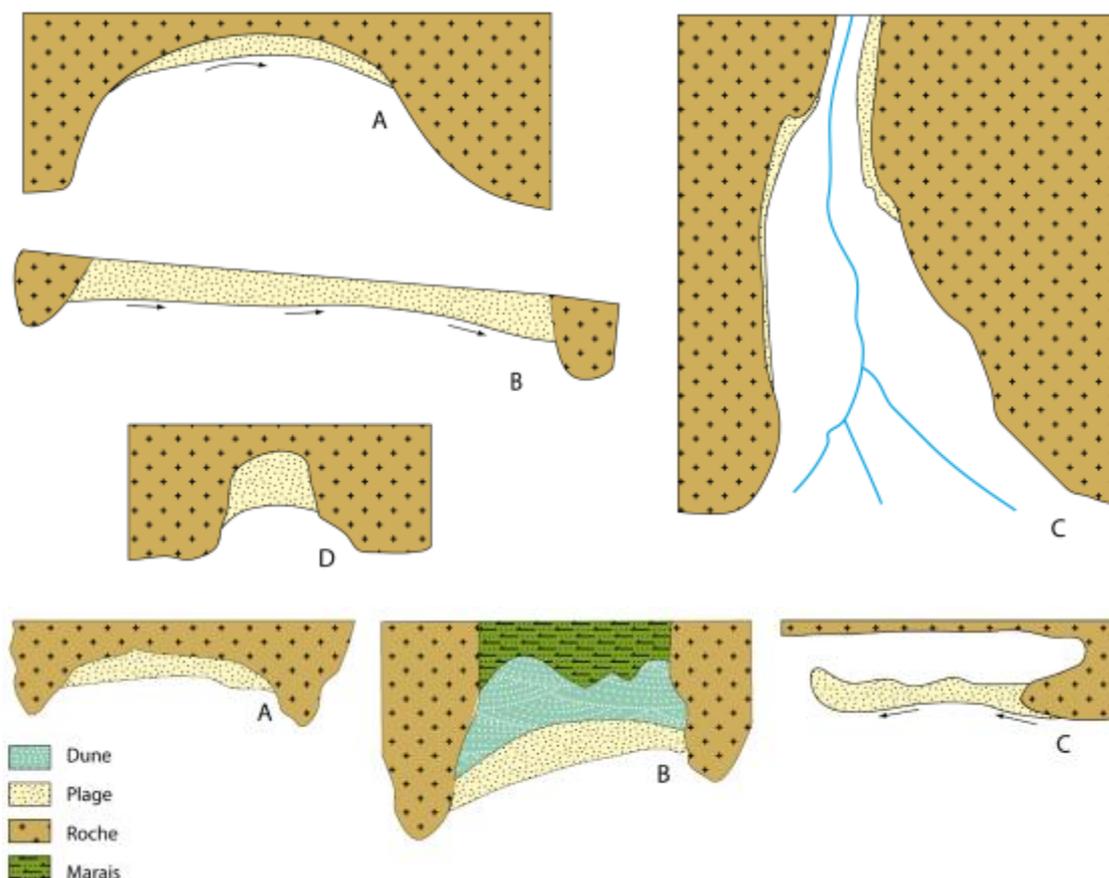


Illustration 59 : En haut : physionomie des plages selon l'exposition : A. plage de fond de baie – B. plage ouverte – C. plage d'estuaire – D. plage de poche ; En bas : Physionomie des plages selon la morphologie : A. plage adossée – B. cordon dunaire – C. forme fuyante.

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).

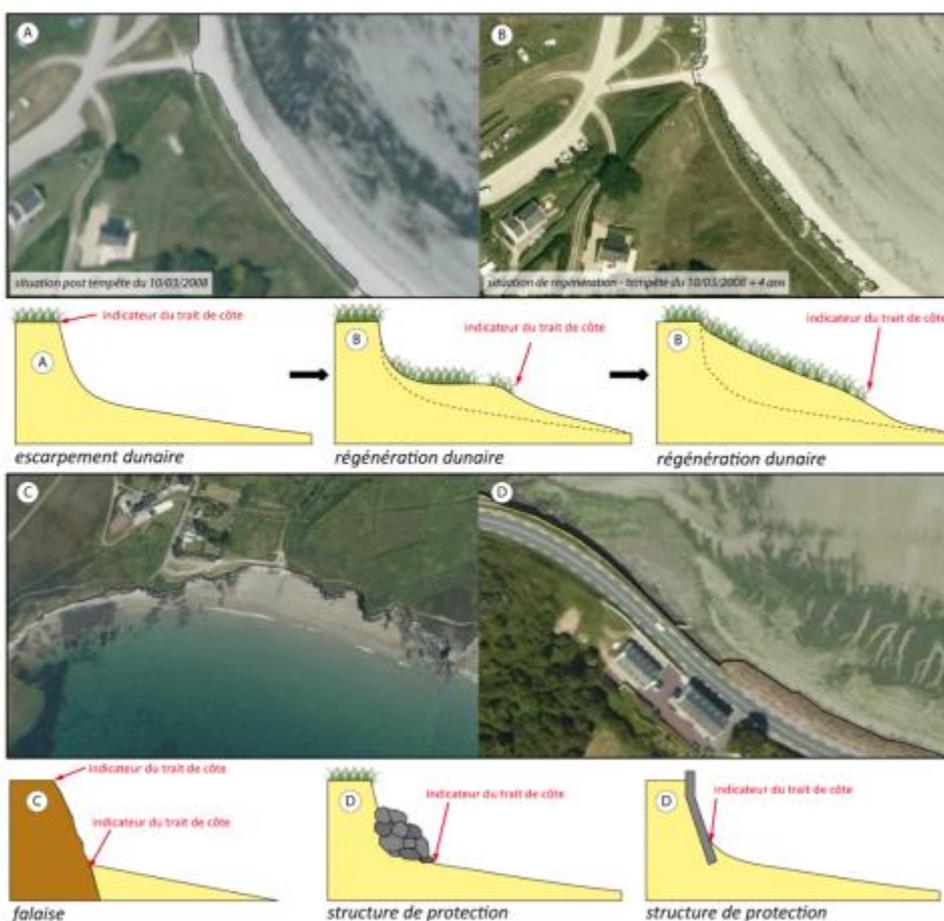


Illustration 60 : Limite de trait de côte retenue : A et B. limite de la végétation dunaire – C. sommet ou pied de falaise – D. pied de l'aménagement de protection.

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 61).

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 62). 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 61 : 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 63).

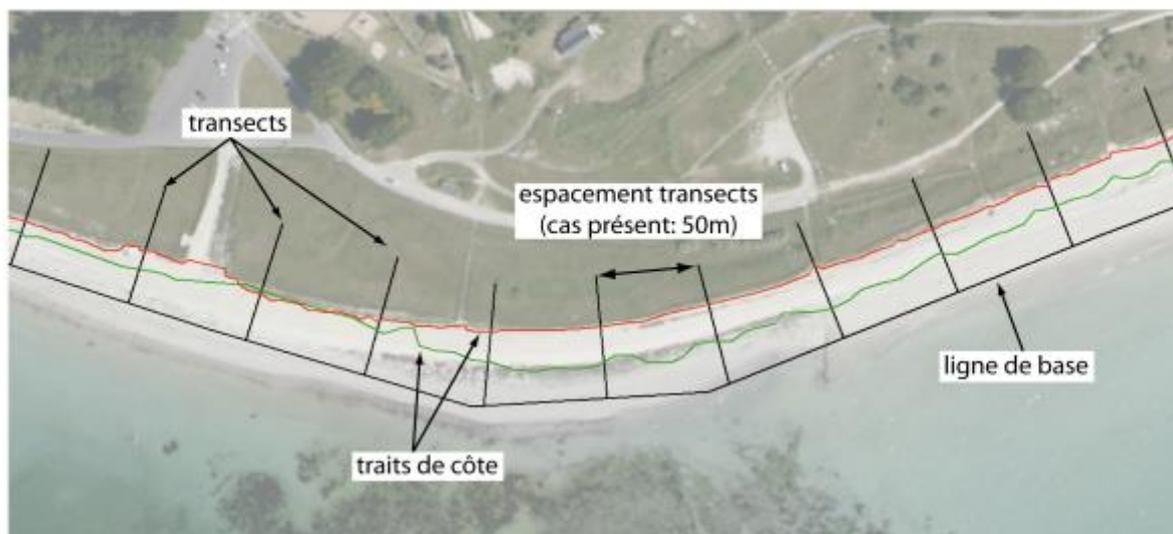


Illustration 62 : Principe du Digital Shoreline Analysis System.

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 64).

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 à 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 63 : Synthèse du linéaire côtier de la zone d'étude.

4.3.3. CINÉMATIQUE DU TRAIT DE CÔTE DU COMPARTIMENT C2

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).

On observe donc la succession de plages sableuses (61 %) et de cordons de galets (15 %).

À l'exception de formes remarquables tel le sillon de Talbert au nord de la rade de Paimpol, celles-ci sont situées en fond de baies (79 %) essentiellement.

On distingue également quelques plages ouvertes (15 %) composées en grande partie de cordons dunaires.

L'intérêt de cette côte réside dans le fait que sa position en saillie favorise l'action de la mer (Pinot 1961).

La dynamique du trait de côte

D'un point de vue général, les résultats montrent une forte érosion du littoral (44 %), et une nouvelles fois une part d'anthropisation non négligeable de la ligne du rivage, (35 %).

L'analyse par critères (exposition, sédiment, morphologie) ne nous permet pas vraiment de mettre en évidence un type de côte plus ou moins affecté par l'érosion.

Il apparaît qu'elle touche l'ensemble du littoral (41 % des plages de fond de baie, 44% des plages sableuses et 44 % des plages adossées).

Les graphiques d'évolution de chaque plage du compartiment C2 sont donnés en annexe.

C4

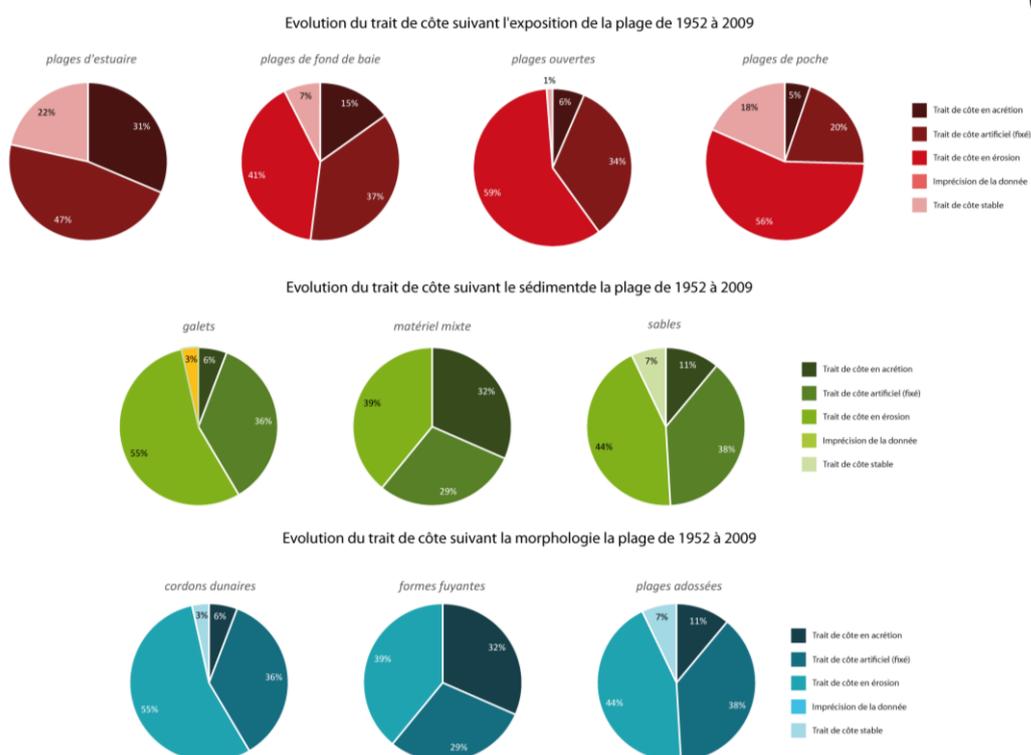


Illustration 64 : Évolution et caractérisation des côtes meubles du compartiment C4.

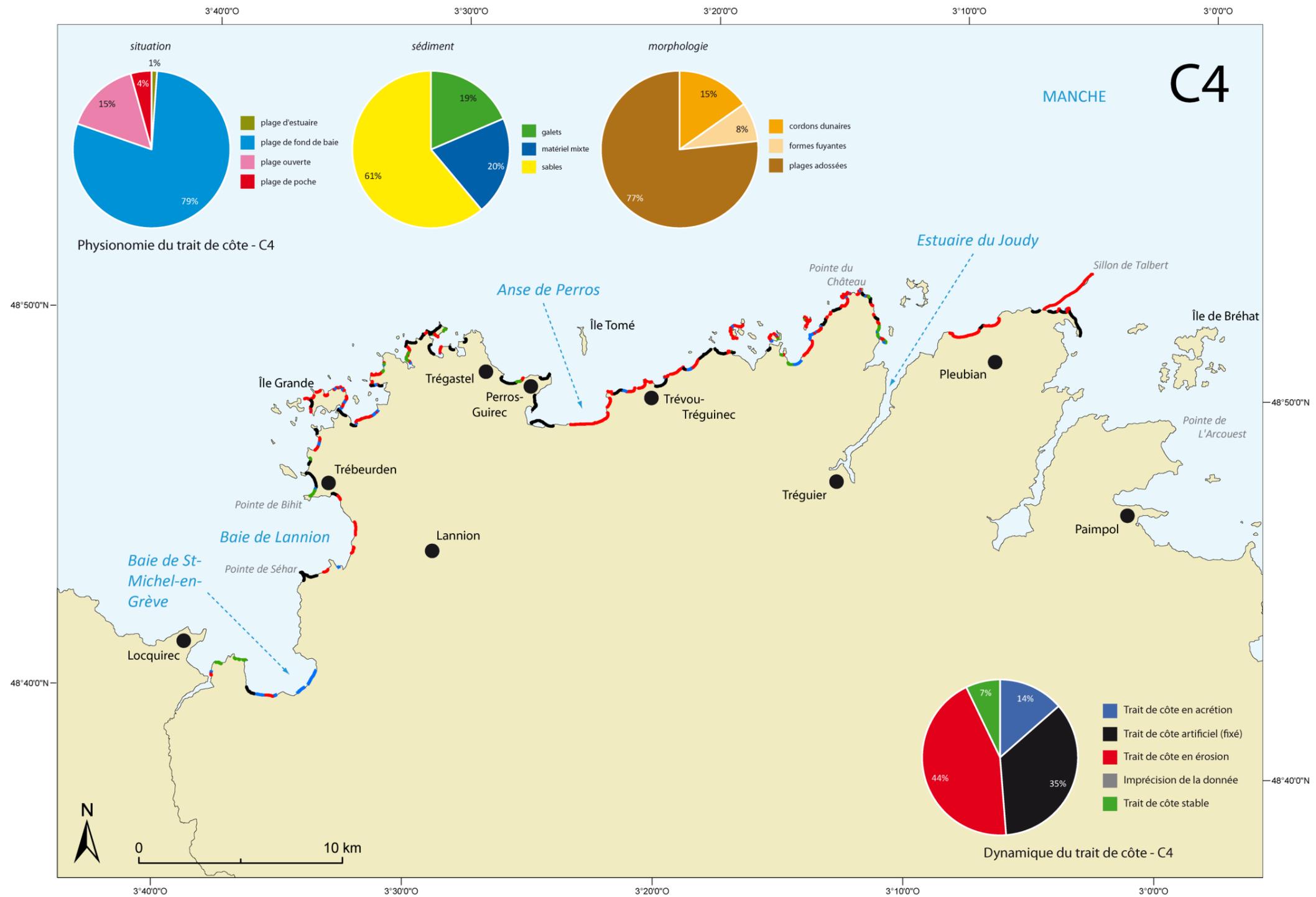


Illustration 65 : Synthèse de la géomorphologie des côtes meubles du trait de côte du compartiment C4.

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 67).

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

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

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

Identifiant	Incrément : Numéro de ligne de l'événement en question
Tri par localisation	XL2E V78Paris et YL2E V78Paris : Coordonnées Lambert 2 Etendu (Base BRGM)
	XL93Euro et YL93Euro : Coordonnées Lambert 93 (Base BRGM)
	Prec Taille Obj en m : Taille de l'objet ayant subi des dégâts (Base BRGM)
	Obj Prec : Objet ayant subi des dégâts (Base BRGM)
	Insee : Numéro INSEE
	Comm : Nom de la commune
	Depart : Département
	Compart : Numéro du compartiment (Base BRGM)
Localisation précise et Dégâts	Localisation_description : Localisation précise de l'événement sur la commune (Base BRGM)
Qualité de la donnée	Qualité : Qualité des informations au sujet de l'événement (numéro entre 1 et 4, 1 bonne qualité et 4 moins bonne qualité) (Base BRGM)
Aléa et facteur	Aléa interprété : Type de l'aléa selon une nomenclature établie par le BRGM (Aménagements, Crues, Éolien/Crues, Érosion, Érosion/Naufrage au mouillage, Naufrage, Naufrage au mouillage, Naufrage en mer, Submersion, Submersion/Crues, Tempête)(Base BRGM)
	Facteur Origine : Facteur à l'origine de l'événement (Base UBO)
	Type Facteur : Marin ou météorologique, ou les deux (Base UBO)
	Facteur : Caractérise l'événement (Base UBO)
	Description_dégâts : Description des dégâts occasionnés par l'événement (Base UBO)
	Type dégâts : Selon une certaine dénomination (Dégâts côtiers, Submersion etc.)(Base UBO)
	Infra_mise_en_danger : Infrastructure ayant subi des dégâts ou étant menacé à la suite de l'événement (Base UBO)
Date	Jour, mois, année : Date, plus ou moins précise de l'événement (Base BRGM)
Météo	Durée tempête en jour : Durée de l'événement si elle dépasse un jour.
	Direction_vent :
	Vitesse_vent_km_h : Vitesse ou force du vent si la vitesse n'est pas clairement énoncé.
	Vitesse_vent_m_s :
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 66 : Champs créés pour chaque événement tempétueux dommageable : à gauche : leur thématique, à droite : le nom de chaque champ.

5.2.4. Établissement de fiches récapitulatives

Pour synthétiser les données, les 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 68 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 68).

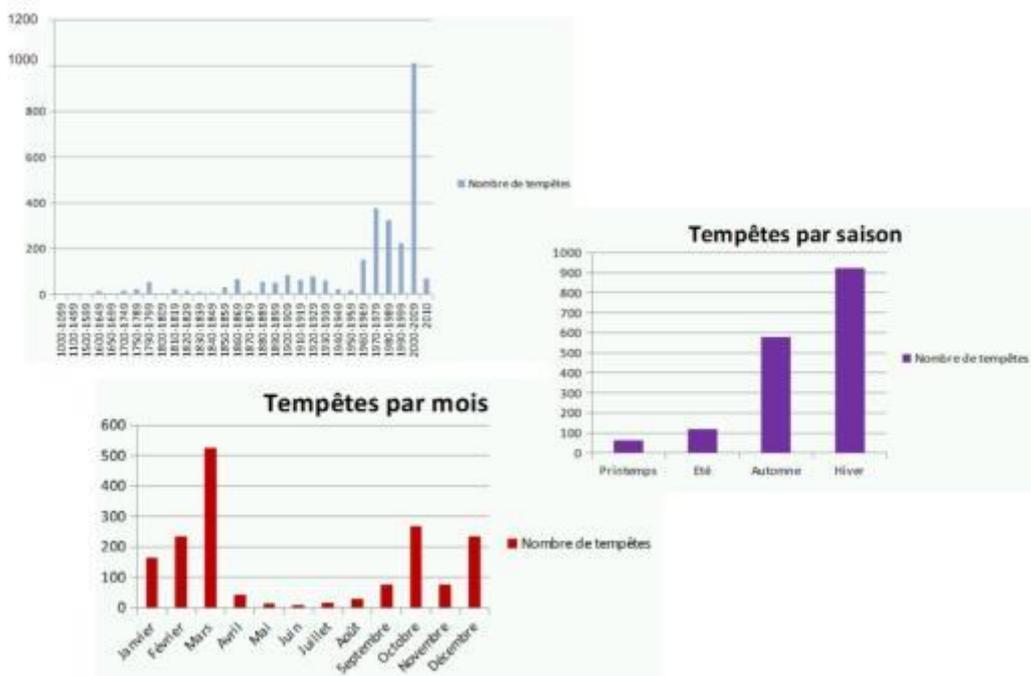


Illustration 67 : En haut : nombres de tempêtes par décennie ; à droite : nombre de tempêtes par saison enfin en bas : nombre de tempêtes par mois de d'année par compartiments.

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 69).



Illustration 68 : En haut : nombre de tempêtes par département, en Bas : Nombre de tempête.

Enfin, pour l'analyse en fonction des types d'aléas (Illustration 70), 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.

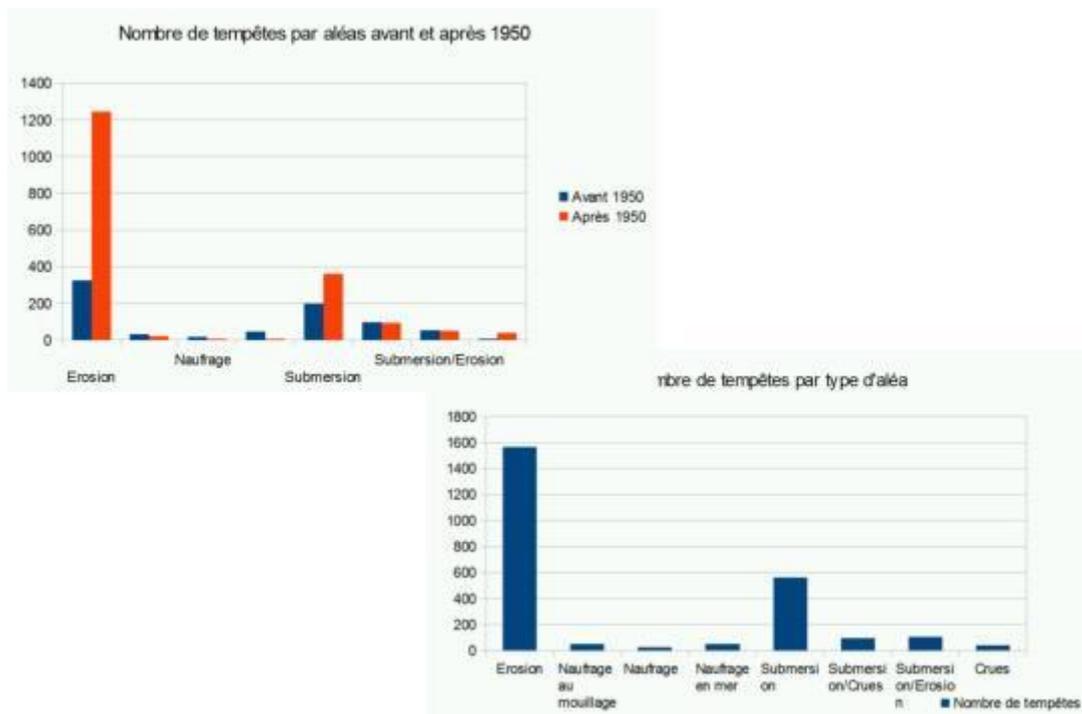


Illustration 69 : En haut : type d'aléa avant et après 1950 : en bas : type d'aléa par tempêtes.

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 C4

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 C4 sont des événements recensés lors des investigations faites par BRGM au cours de cette étude.

90 événements sont recensés sur le compartiment C4. L'ensemble des événements sont répartis de façon assez homogène sur l'ensemble du linéaire côtier.

La plupart des événements correspondent à des événements érosifs plus qu'à des submersions marines qui ne sont situées que sur les communes de Tréburden, Perros-Guirec et Plougrescant.

La source principale des événements est la préfecture des Côtes-d'Armor (73), des Archives Départementales d'Ille-et-Vilaine et des Côtes-d'Armor (11), de la Bibliothèque Nationale de France (BNF Gallica) (2) et d'autres sources diverses.

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

Les évènements s'étalent dans le temps pour le plus ancien est autour de 1880 et le plus récent date de 2012.

12 sont des submersions ou submersion/Erosion, 69 phénomènes d'érosion. Les autres évènements peuvent correspondre à des naufrages ou autres etc. (Illustration 72).

L'un des évènements marquants est l'évènement du 13 janvier 1978, d'Ouest France, intitulé : « Nuit de tempête sur les Côtes-d'Armor » (Illustration 70).



Illustration 70 : Extrait de l'article du 13 janvier 1978, Ouest France : Nuit de tempête sur les Côtes-d'Armor.

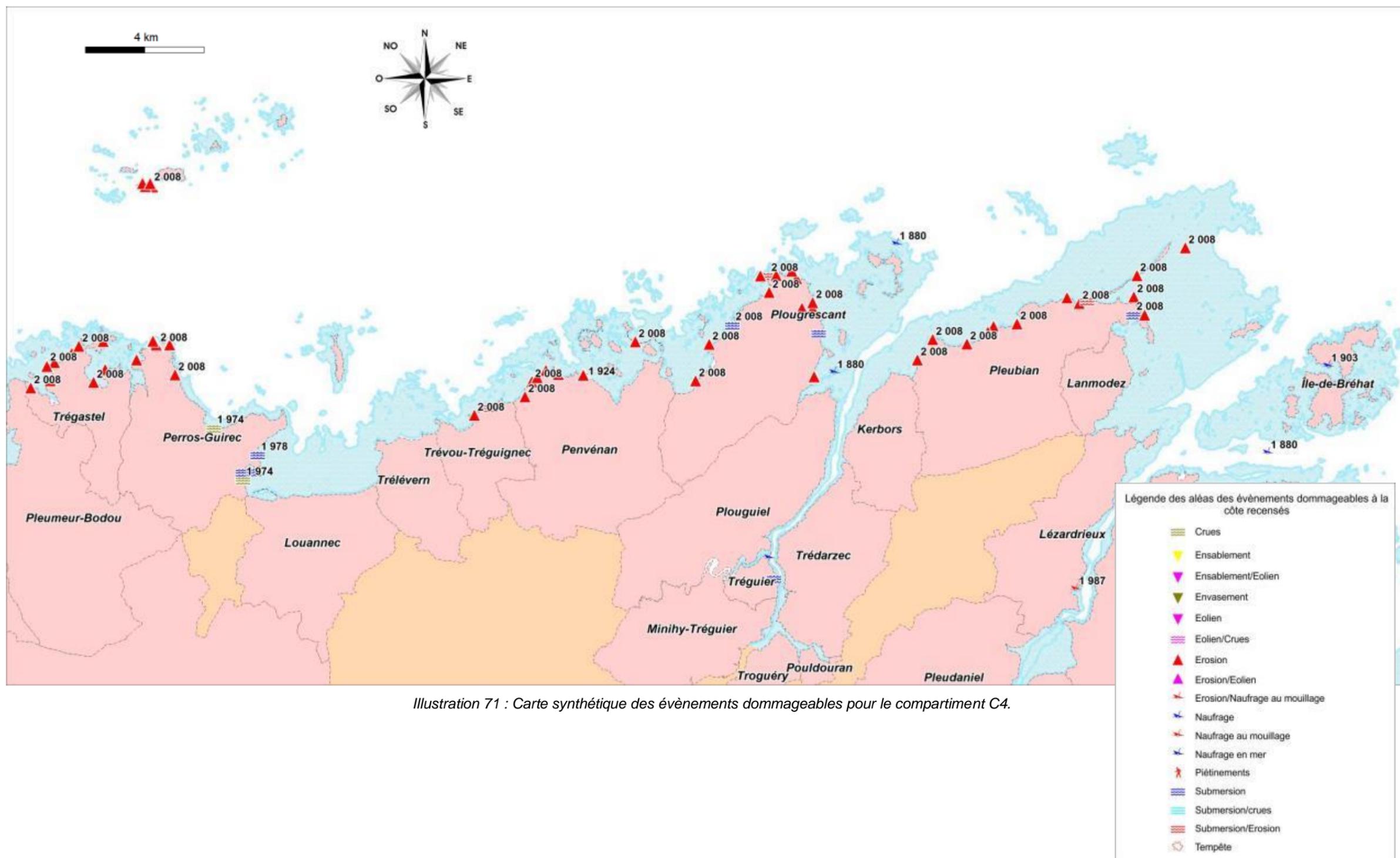


Illustration 71 : Carte synthétique des événements dommageables pour le compartiment C4.

6. Synthèse & Conclusions

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

Malgré des côtes assez basses, peu de submersions marines ne sont recensées. 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 cette partie nord de la Bretagne et du compartiment C4. On trouve donc ces falaises meubles sur les communes de Trébeurden, Plemeur-Bodou, Perros-Guirec, Louannec, Trélevern Trévous-Tréguinec et Penvenan puis Plougrescant, Kerbors et Pleubian.

L'analyse de la côte à falaises montre que l'ensemble des mouvements de terrain comme pour les autres compartiments sont de petites tailles en raison de falaises avec de faibles altitudes.

La prédisposition à l'érosion des falaises est élevée pour les falaises constituées de dépôts de pente ou « heads », que l'on retrouve sur l'ensemble du linéaire du compartiment. Les autres côtes à falaises qui entrecoupent ces côtes à falaises meubles présentent une prédisposition à l'érosion faible à très faible.

Comme pour les compartiments C1, C2 et C3, localement les filons de dolérites (roches formant des boules de couleur noire), induisent des phénomènes d'érosion différentielle qui apportent une prédisposition à l'érosion élevée.

L'analyse des côtes à accumulation montre que les plages exposées aux agents météorologiques ont en général une tendance à l'érosion, seules quelques plages protégées soient par leur orientation perpendiculaire à la pleine-mer, soient naturellement par une île ou un îlot, présentent une tendance à l'accrétion.

Enfin les submersions marines vont se localiser en fond de baies et proche des estuaires.

7. Bibliographie & webographie

Auvray B et al, 1976, *Carte géologique de la France au 1/50 000 – Tréguier*, Orléans : BRGM, 26 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 morfo-sédimentaires*, UBO, thèse, 348 p.

De Beaulieu F., 2000, « Le Sillon de Talbert », *ArMer*, n° 112, Mai 2000, Douarnenez, pp. 2-9

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

Graviou P et Noblet C., 2009, *Curiosités géologiques du Trégor et du Goëlo*, Orléans : BRGM, 109 p.

Milochau. F. et Roger, F., 2003, *Bretagne : de baies en caps, Paysages sauvages*, Eds Glénat, 95 p.

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.

Pinot, J.-P., 1963, Quelques accumulations de galets de la côte trégoroise In: *Annales de Géographie*. 1963, t. 72, n°389. pp. 13-31.

Oliveros C., 1987, *Port de plaisance du Linkin, Aménagement du môle du C'hraou : étude géomorphologique et sédimentologique*, BRGM Rennes, 83 p.

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

Suanez S. et Fichaut B., 2010, *Suivi morphosédimentaire de la plage de la Grève Rose entre 2009 et 2010*, Programme Natura 2000 : rapport d'activité, UBO, Geomer, 13 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.

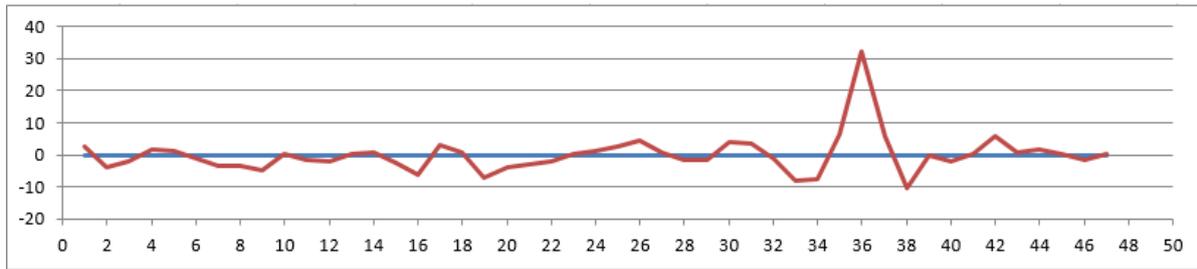
8. Annexe 1 : Recensement des évènements dommageables

IDENTITE		LOCALISATION				DESCRIPTION ET LOCALISATION PRECISE				QUALITE	ALEA ET FACTEUR		EVENEMENT METEO					ETAT MER				CONSEQUENSE		SOURCES	
BD	ID	XRGF93France	YRGF93France	Insee	Comm	Depart	Compart	Localisation_description	Qualité	Aléa_interprété	Jour	Mois	Année	Jurée(en	Dir_ven	Vit_ven	Vit_ve	Baro_hPa	Coef_mar	Haut_mer	Surcôte	Agitation	Couts	Nb_victimes	Source_1
BD ATLAS	2392	243033.07	6872625.44	22152	TREGUIER	22	C4	Tréguier, on retrouve des débris de navires	3	Naufrage en mer	2	11	1880	4	-	-	-	-	96	9.94	-	-	-	-	Archives départementales des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2393	245025.6	6878136.56	22218	PLOUGRESCANT	22	C4	Plougrescant près de la baie d'Enfer	3	Naufrage en mer	2	11	1880	4	-	-	-	-	96	9.88	-	-	-	-	Archives départementales des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2394	246924.6	6881957.1	22218	ILE-D'ER	22	C4	Ile d'Er	3	Naufrage en mer	2	11	1880	4	-	-	-	-	96	9.94	-	-	-	-	Archives départementales des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2480	243181.96	6872022.91	22362	TREGUIER	22	C4	Inondation des zones basses, Distance d'inondation de 0,6 km, Conjonction crue	3	Submersion	2	2	1904	1	-	-	-	-	111	10.42	-	-	-	-	BRGM/RP-60531-FR
BD ATLAS	2506	273176.73	6855983.9	22325	SAINT-QUAY-PORTRIEUX	22	C4	Un barque perdue à 1 mile du sémaphore de Saint-Quay-Portrieux	2	Naufrage en mer	14	8	1912	2	-	-	-	-	108	12.05	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)
BD ATLAS	2547	237574.53	6877991.3	22166	PENVENAN	22	C4	Bateaux à la côte à Port-Blanc	2	Naufrage en mer	8	10	1924	1	-	-	-	-	57	7.92	-	-	-	-	Bibliothèque nationale de France BnF (Gallica)
BD ATLAS	2624	226457.92	6876642.62	22168	PERROS-GUIREC	22	C4	Inondations à la plage de Trestraou	2	Crues	11	2	1974	2	-	-	-	-	78	8.83	-	-	152450	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine
BD ATLAS	2625	227316.08	6875087.95	22168	PERROS-GUIREC	22	C4	Inondations au port	2	Crues	11	2	1974	2	-	-	-	-	78	8.83	-	-	152450	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine
BD ATLAS	2630	247178.14	6861961.24	22250	PONTRIEUX	22	C4	Inondations à Pontrieux	3	Crues	17	5	1974	1	SO	-	-	-	50	8.21	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine
BD ATLAS	2641	227306.93	6875322.69	22168	PERROS-GUIREC	22	C4	Amarres de bateaux rompus	2	Submersion	10	1	1978	6	O à NNE	126	-	-	109	9.74	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine
BD ATLAS	2642	227761.57	6875827.03	22168	PERROS-GUIREC	22	C4	Boulevard de la mer recouvert de galets	2	Submersion	10	1	1978	6	O à NNE	126	-	-	109	9.74	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine
BD ATLAS	2696	252210.88	6871619.4	22127	LEZARDRIEUX	22	C4	Port détruit à 40%, 100 bateaux plaisance sur 300 endommagés, 7 ont coulé	2	Naufrage au mouillage	15	10	1987	2	-	-	-	-	25	7.5	-	-	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine
BD ATLAS	2714	227658.39	6875330.03	22168	PERROS-GUIREC	22	C4	Mer au dessus de la digue de la jetée du Linkin	2	Submersion	19	2	1996	3	N à NE	120	-	-	111	9.82	-	4 m	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine
BD ATLAS	2715	227600.68	6875835.69	22168	PERROS-GUIREC	22	C4	Des déferlantes ont submergées le Boulevard de la Mer, plus de 30 maisons inondées	2	Submersion	19	2	1996	3	N à NE	120	-	-	111	9.82	-	4 m	-	-	Archives départementales d'Ille-et-Vilaine
BD ATLAS	2735	224633.41	6883895.15	22168	ILE-AUX-MOINES	22	C4	Signalisation arrachée, désordre en haut de cale, affouillement du muret est de la cale	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2736	224667.8	6883870.72	22168	ILE-AUX-MOINES	22	C4	Sur la route du phare, sapage d'un coin d'enrobé en contrebas du local technique	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2737	224681.42	6883842.9	22168	ILE-AUX-MOINES	22	C4	Erosion en pied de falaise, dans la zone de l'exutoire bas, sur la route du phare	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2738	224576.59	6883946.91	22168	ILE-AUX-MOINES	22	C4	Affouillement sous rampe sur environ 10 m, sur le chemin du phare	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2739	224466.42	6883859.74	22168	ILE-AUX-MOINES	22	C4	Dégradation de la couverture, perte de looses	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2740	224376.57	6883948.52	22168	ILE-AUX-MOINES	22	C4	Les galets sont remontés en pied de mur nord sur la longueur de l'ouvrage, à la cote 0	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2741	224376.57	6883948.52	22168	ILE-AUX-MOINES	22	C4	Perte d'une partie d'évrite en chevronnière Sud Ouest sous la cheminée	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2742	224604.25	6883941.65	22168	ILE-AUX-MOINES	22	C4	Rognage de la falaise Nord Est	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2746	235776.11	6877490.23	22166	PENVENAN	22	C4	Au marais de Launay, le cordon de galets a été attaqué, entraînant un comblement	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2747	235980.88	6877936.26	22166	PENVENAN	22	C4	Au Camping des Dunes, déplacement des enrochements de protection de la digue	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2748	236144.63	6878066.34	22166	PENVENAN	22	C4	A Roc'h Lahz, apport de galets sur le GR34 et sur le parking, Déplacement important	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2749	236405.97	6878272.21	22166	PENVENAN	22	C4	A Rohannic, destruction de l'enrochement, conduisant à un minage important du cordon	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2750	236741.22	6878231.34	22166	PENVENAN	22	C4	Au boulevard de la Mer, ravinement important et destruction du trottoir à proximité	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2751	236762.79	6878190.92	22166	PENVENAN	22	C4	Au boulevard de la Mer, effondrement du parement pierre de la cale du centre	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2752	236778.02	6878151.16	22166	PENVENAN	22	C4	Au boulevard de la Mer, destruction du chaînage d'angle au niveau de l'accès à la cale	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2753	237523.86	6878123.96	22166	PENVENAN	22	C4	Au Port-Blanc, détérioration d'un lampadaire (fissuration du potelet, perte de la lampe)	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2754	237553.99	6878148.01	22166	PENVENAN	22	C4	Au Port-Blanc, fissuration de la cale avec arrachement de la chaussée attenante	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2755	239088.15	6879108.89	22166	PENVENAN	22	C4	Au Sillon Illic - Balanec, le cordon de galets a été attaqué, avec pour conséquence	1	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	9.72	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2759	254003.38	6879798.86	22195	PLEUBIAN	22	C4	Le secteur de Laneros a été envahi par la marée	2	Submersion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2760	252384.78	6880145.7	22195	PLEUBIAN	22	C4	Les falaises de basse altitude (Pors Rand) ont été érodées par la forte houle, Des	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2761	252023.35	6880318.56	22195	PLEUBIAN	22	C4	Les falaises de moyenne altitude (Créac'h Maout) ont été érodées par la forte houle	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2762	254336.36	6879777.52	22195	PLEUBIAN	22	C4	L'érosion de la côte s'est accentuée en certains points, principalement derrière la	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2763	254024.95	6880328.35	22195	PLEUBIAN	22	C4	L'érosion de la côte s'est accentuée en certains points, principalement derrière la	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2764	252384.78	6880145.7	22195	PLEUBIAN	22	C4	L'érosion de la côte s'est accentuée en certains points, principalement derrière la	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2765	250516.36	6879544.59	22195	PLEUBIAN	22	C4	A Port-La-Chaine, le chemin du littoral a été détérioré par les assauts consécutifs	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2766	249811.65	6879476.04	22195	PLEUBIAN	22	C4	A Kermagen, la cale est encombrée de blocs rocheux volumineux et le sentier du	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2767	249018.44	6878955.01	22195	PLEUBIAN	22	C4	A Brestan, l'enrobé est entièrement dégradé	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2768	247988.84	6879106.46	22195	PLEUBIAN	22	C4	A Saint-Laurent, le sentier littoral est interrompu, Le petit pont édifié à l'usage d	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2769	249645	6879313.14	22195	PLEUBIAN	22	C4	Détérioration de la signalisation destinée aux randonneurs au Petit Kermagen et	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2770	249732.54	6879250.03	22195	PLEUBIAN	22	C4	Inondations des habitations et des jardins, entrée de sables et projection de galets	2	Submersion/Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2771	254120.59	6880960.88	22195	PLEUBIAN	22	C4	Le Sillon Talbert est le second site le plus touché par la tempête, La quasi-totalité	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2772	252623.86	6880231.83	22195	PLEUBIAN	22	C4	Le long de la liaison entre le Sillon Talbert et Pors Rand, des commerces ont été in	2	Submersion/Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	10.42	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2773	247532.66	6878493.8	22195	PLEUBIAN	22	C4	A port-Béni, la cale a été endommagée	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	10.21	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2774	255571.15	6881774.41	22195	PLEUBIAN	22	C4	Les tables à huîtres des ostréiculteurs locaux ont été ravagées remettant en caus	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	107	10.21	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2775	243079.5	6881045.84	22218	PLOUGRESCANT	22	C4</																		

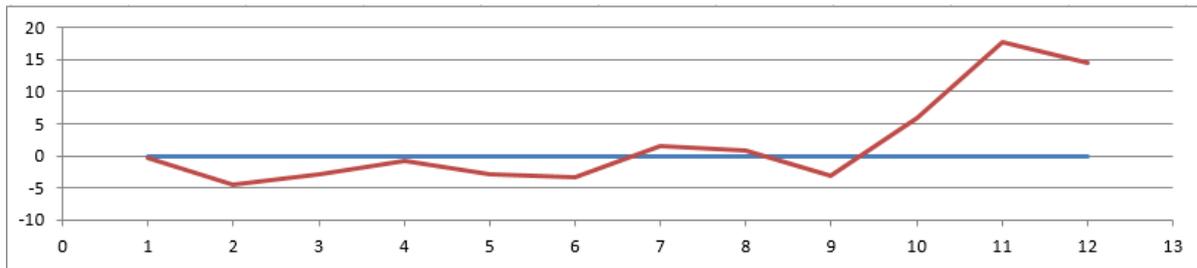
IDENTITE		LOCALISATION				DESCRIPTION ET LOCALISATION PRECISE			QUALITE	ALEA ET FACTEUR	EVENEMENT METEO				ETAT MER				CONSEQUENSE		SOURCES				
BD	ID	XRGF93France	YRGF93France	Insee	Comm	Depart	Compart	Localisation_description	Qualité	Aléa_interprété	Jour	Mois	Année	Durée (en)	Dir_vent	Vit_vent	Vit_ve	Baro_hPa	Coef_mar	Haut_mer	Surcôte	Agitation	Couts	Nb_victimes	Source_1
BD ATLAS	2816	221699.79	6878625.79	22353	TREGASTEL	22	C4	A la Grève Blanche, trous dans les chemins, 30 m de ganivelles endommagées, 1	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	9.85	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2817	222224.22	6878897.81	22353	TREGASTEL	22	C4	Sur le site du Coz Pors, trous dans les chemins, 60 m de digue endommagée ains	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	9.85	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2818	222434.61	6879104.55	22353	TREGASTEL	22	C4	A la plage Pitet, trous dans le chemin, 30 m de digue endommagée ainsi que 25 r	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	9.85	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2819	223164.84	6879242.02	22353	TREGASTEL	22	C4	Sur le site de l'Île Renote, 1100 m de chemin endommagé, 100 m de ganivelles, 2	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	9.85	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2820	222865.5	6878027.04	22353	TREGASTEL	22	C4	Dans la baie de Sainte-Anne, trous dans le chemin, 20 m de descnente de plage e	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	9.85	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2821	223221.22	6878408.6	22353	TREGASTEL	22	C4	Sur le site de Ty Newis-Tourony, 720 m de chemin endommagé, 40 m de digue, e	2	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	9.85	-	-	-	-	A Hénaff_UBO
BD ATLAS	2822	234259.48	6876956.73	22379	TREVOU-TREGUIGNEC	22	C4	Glissements de terrain le long de la plage	3	Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	9.93	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2823	234750.39	6877185.02	22379	TREVOU-TREGUIGNEC	22	C4	Galets projetés par-dessus la digue, petite brèche dans la digue	3	Submersion/Erosion	9	3	2008	3	-	-	-	-	106	9.93	-	-	-	-	Préfecture des Côtes d'Armor
BD ATLAS	2949	221472.78	6878515.24	22353	TREGASTEL	22	C4	Erosion en pied des protections littorales (bigbag etc) par la houles (vagues de 4	1	Erosion	17	10	2012		-	-	-	-	109	9.90	-	-	-	-	DDTM 22

9. Annexe 2 : Graphiques d'évolution des plages

C4 – P1 - Laneros

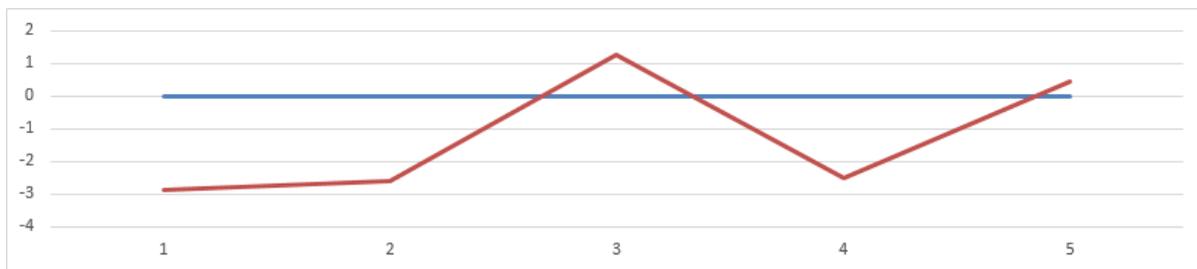


C4 - P2 - Laneros – 2

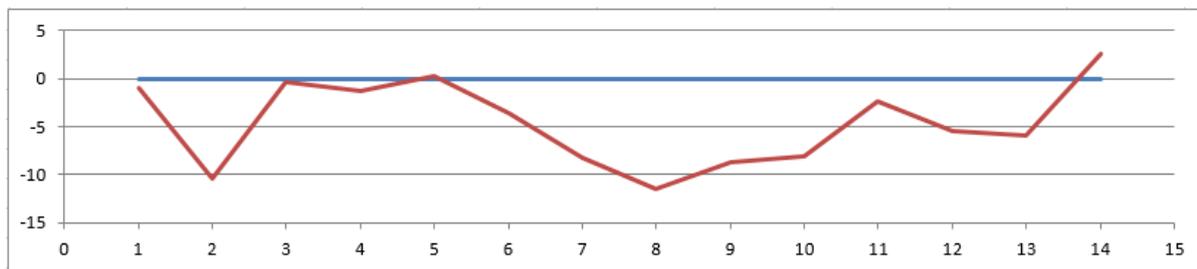


C4 - P3 - Sillon de Talbert

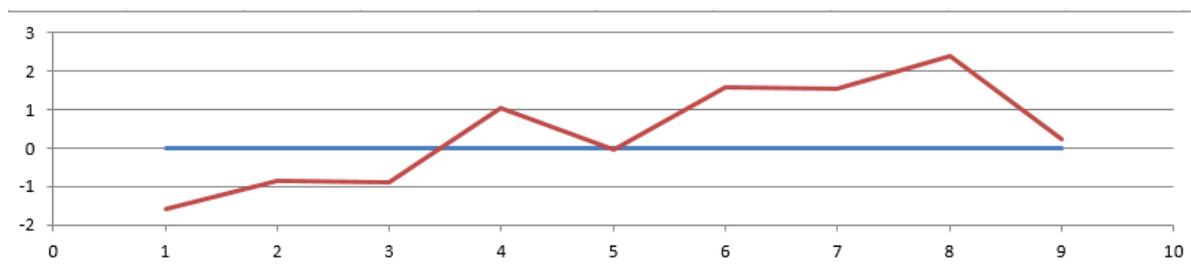
C4 - P4 - Porz Ran



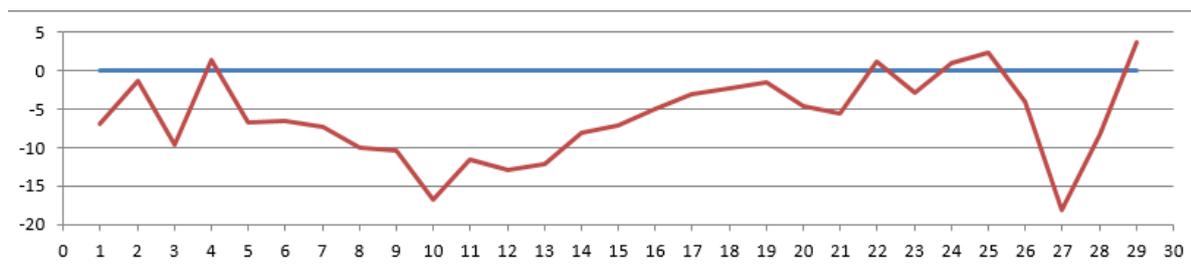
C4 - P5 - Port la Chainé



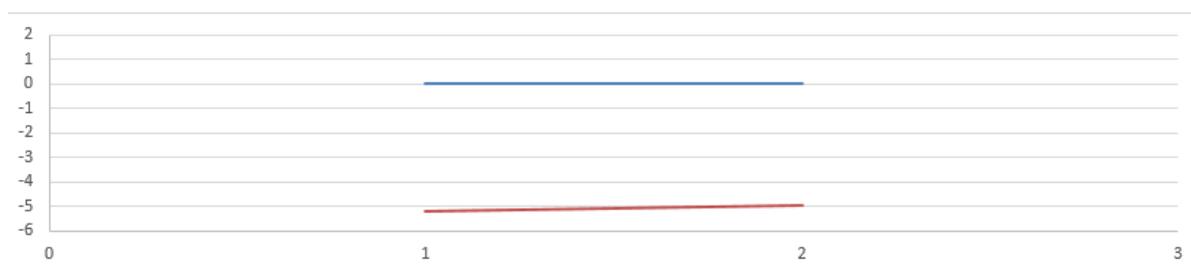
C4 - P6 – Crec'h Costiou



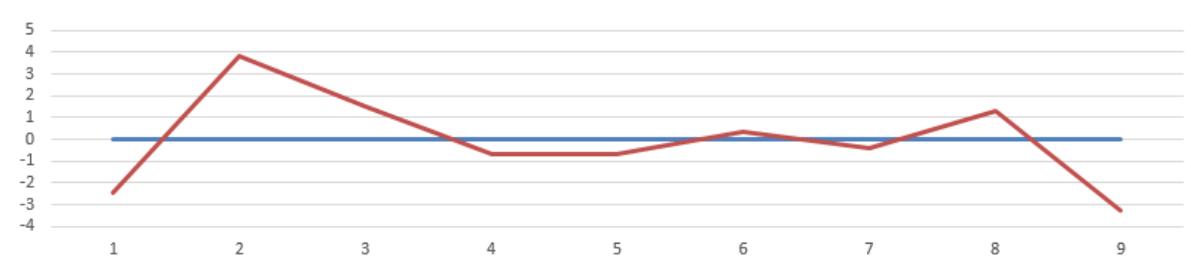
C4 - P7 - Brestan



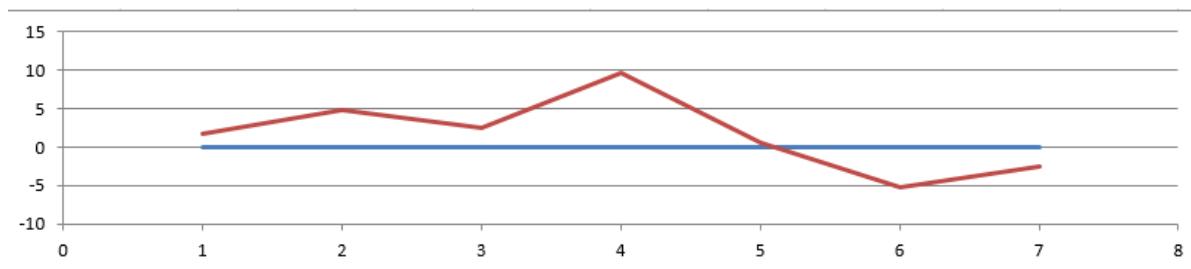
C4 - P8 – Crec'h ar Peullart



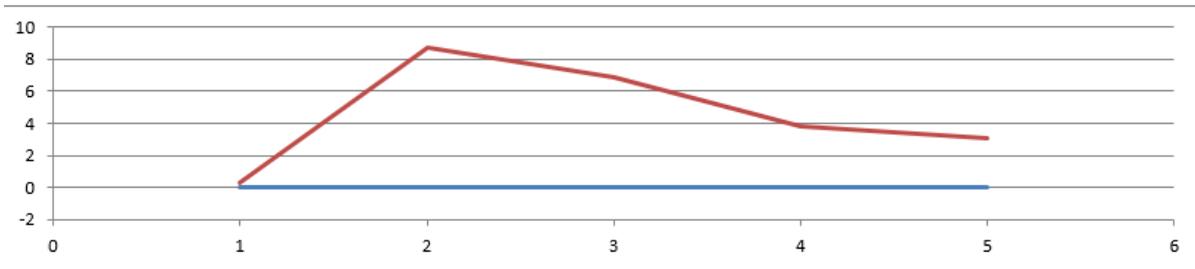
C4 - P9 - Beg ar Vilin - 2



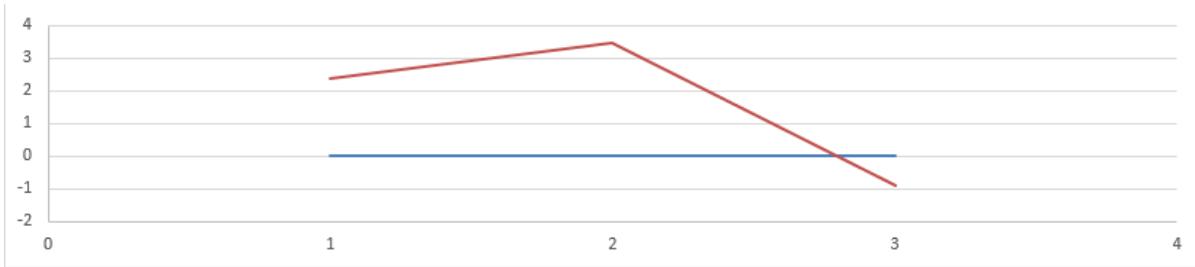
C4 - P10 - Beg ar Vilin - 1



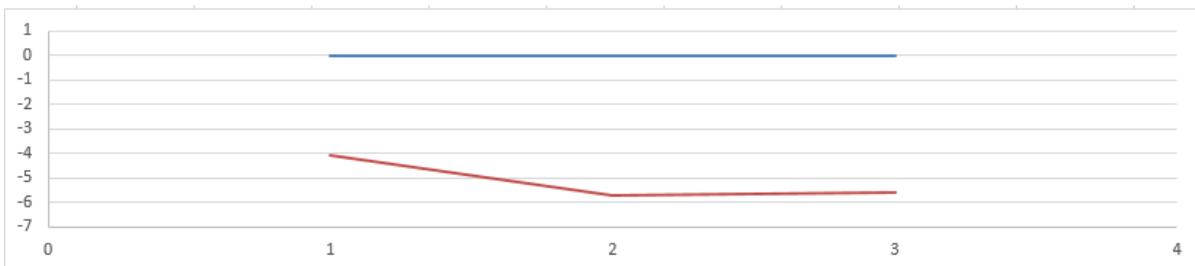
C4 - P11 – Castel - 3



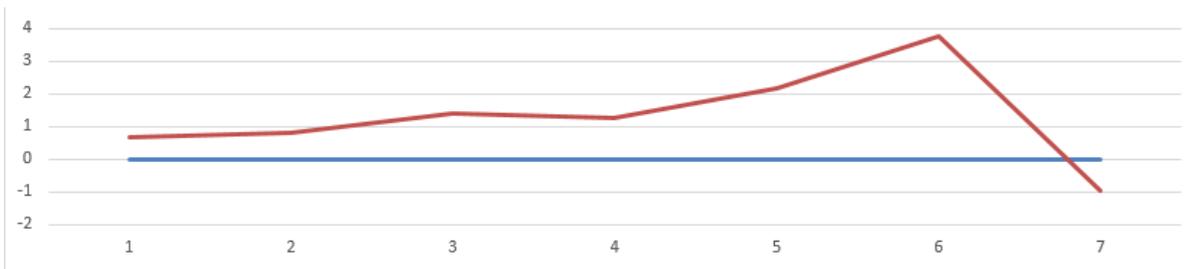
C4 - P12 – Castel - 2



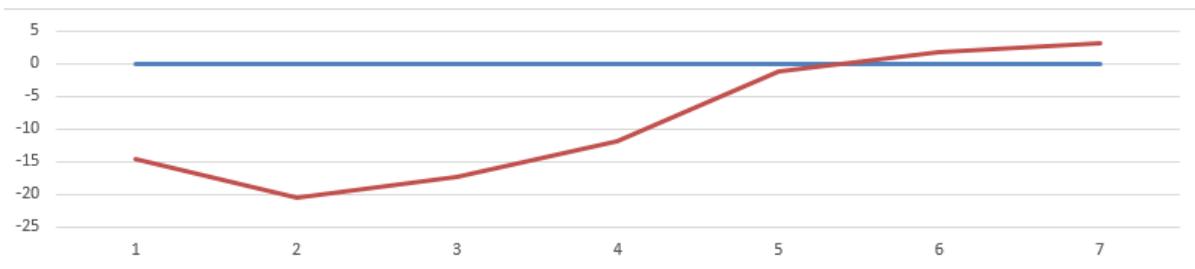
C4 - P13 – Castel - 1



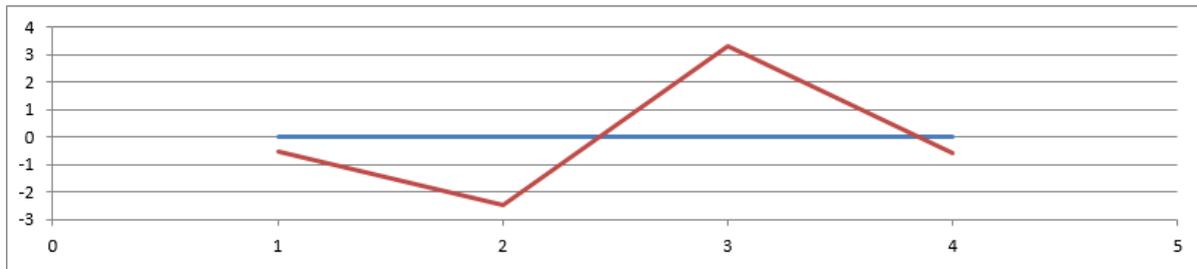
C4 - P14 - Reun ar Foern



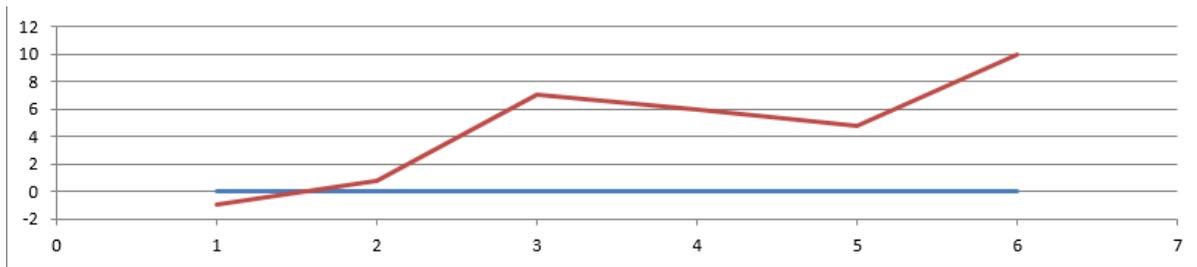
C4 - P15 - Kericu



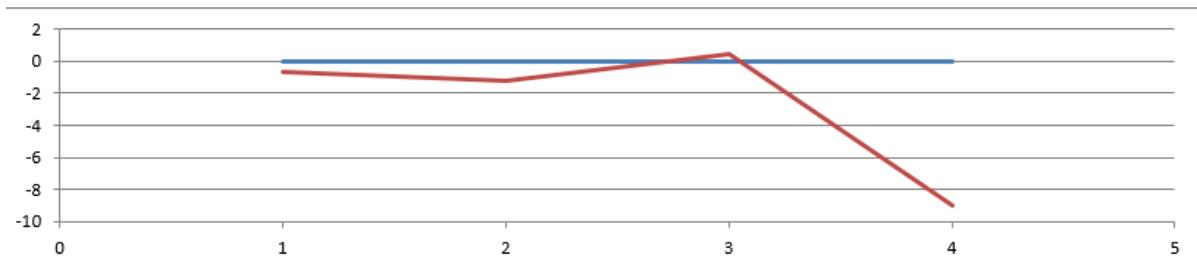
C4 - P16 – Kericu - 2



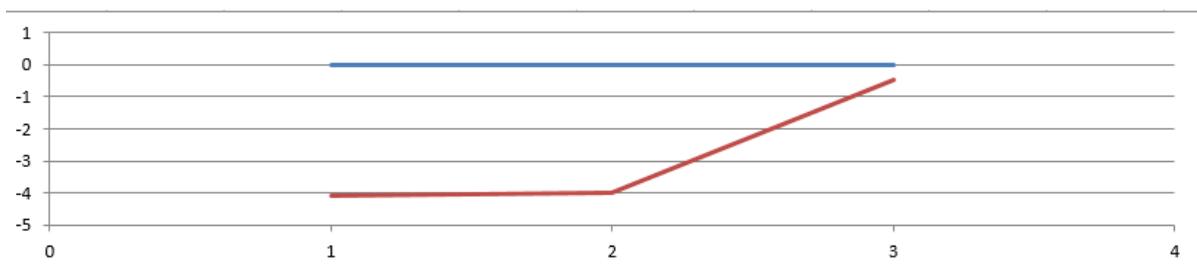
C4 - P17 - Porz Bugale - 3



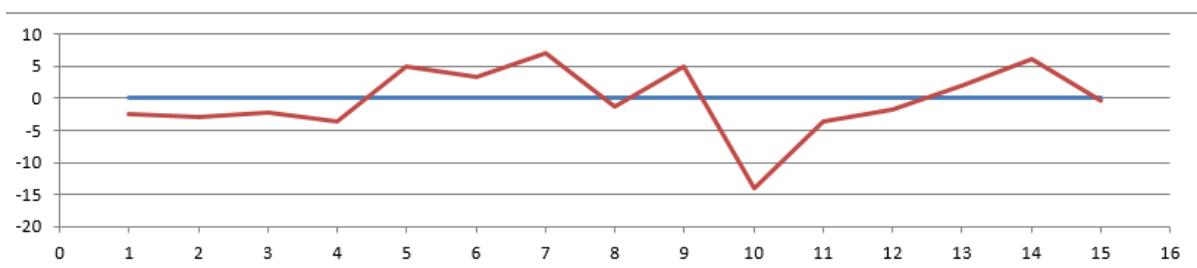
C4 - P18 - Porz Bugale - 2



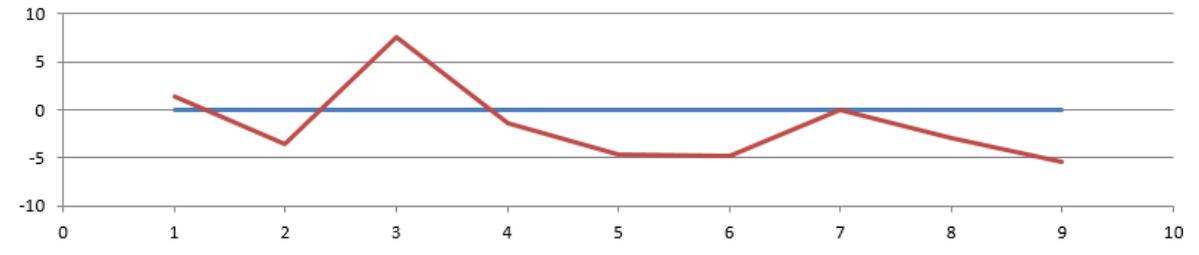
C4 - P19 - Porz Bugale



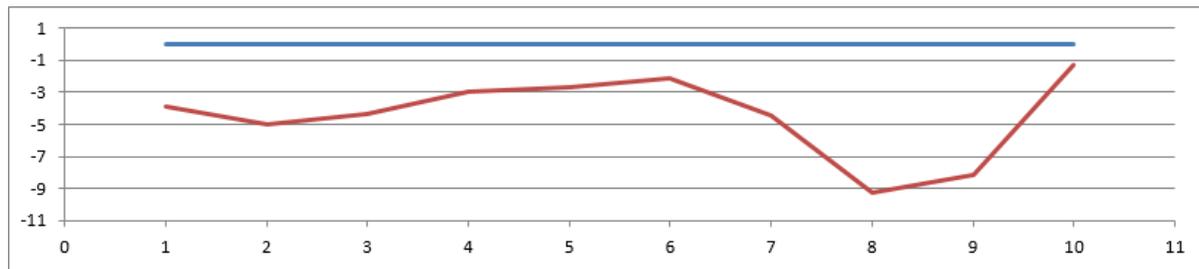
C4 - P20 - Castel Meur



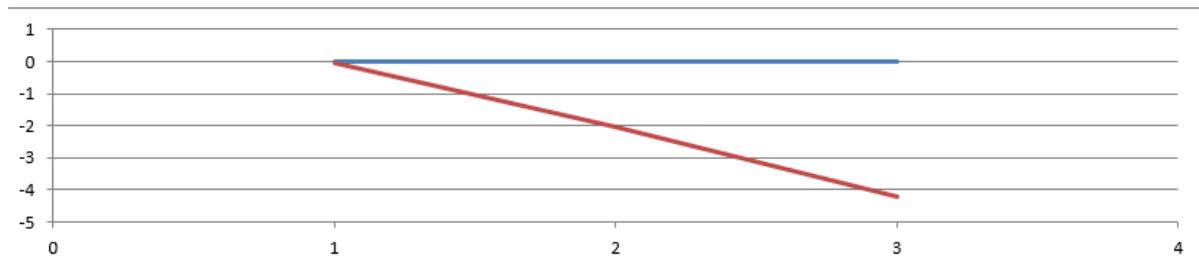
C4 - P21 - Keravel



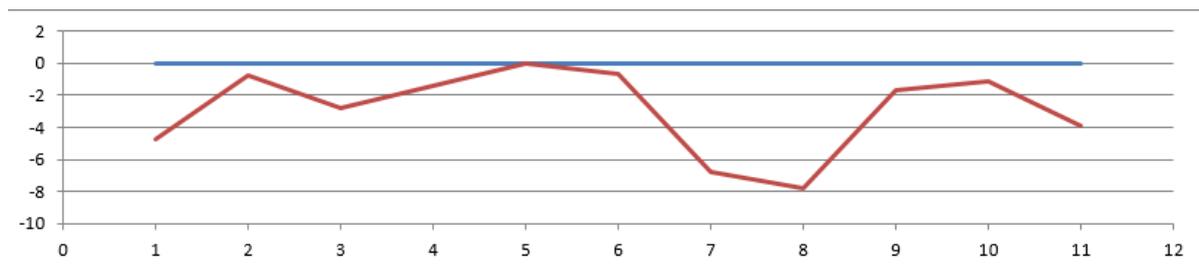
C4 - P22 – Creac'h Melo



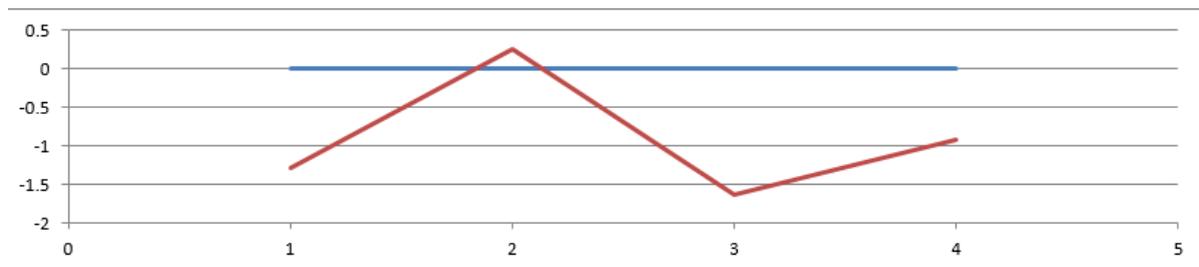
C4 - P23 – Creac'h Melo - 2



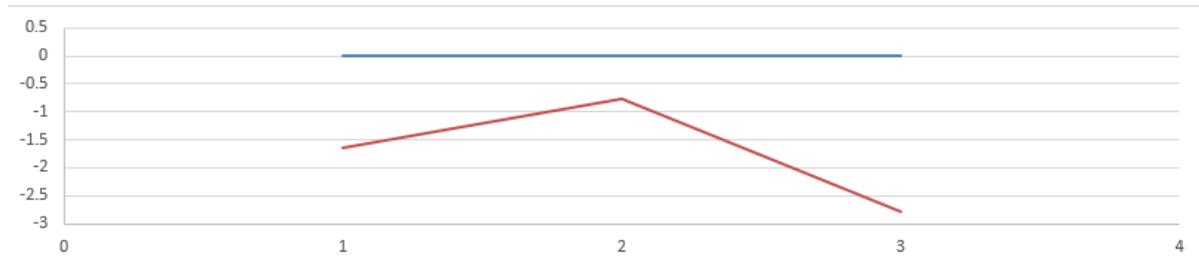
C4 - P24 - Porz Scaff



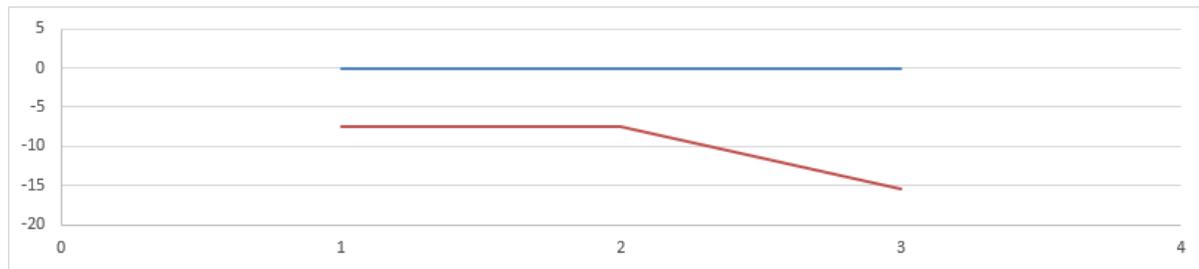
C4 - P25 - Le Roudour (nord)



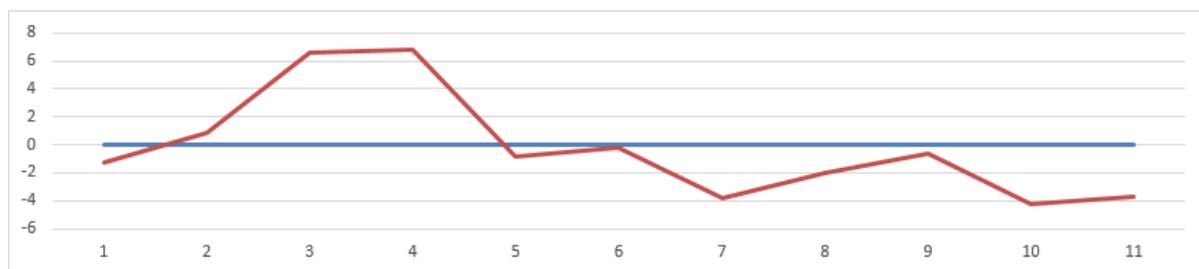
C4 - P26 - Ile Yvinec (nord)



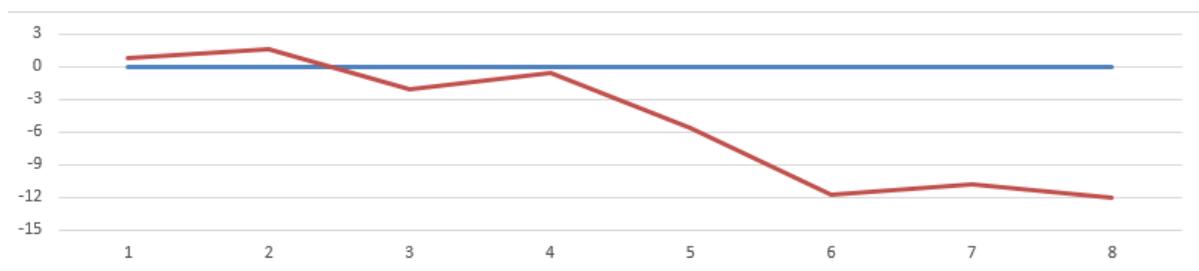
C4 - P27- Ile Yvinec (est)



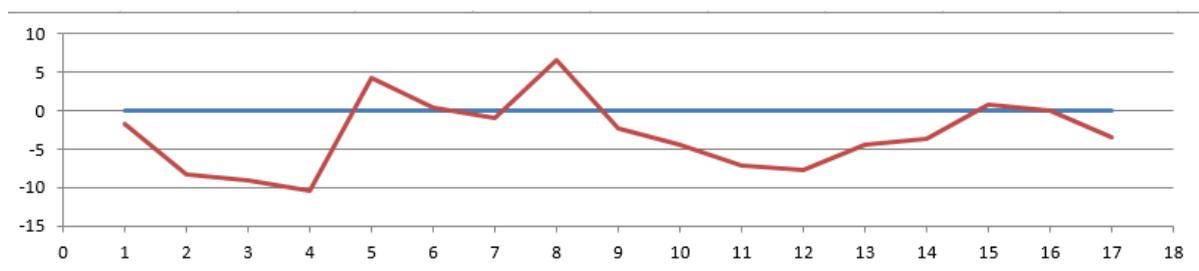
C4 - P28 - Ile Yvinec (sud-est)



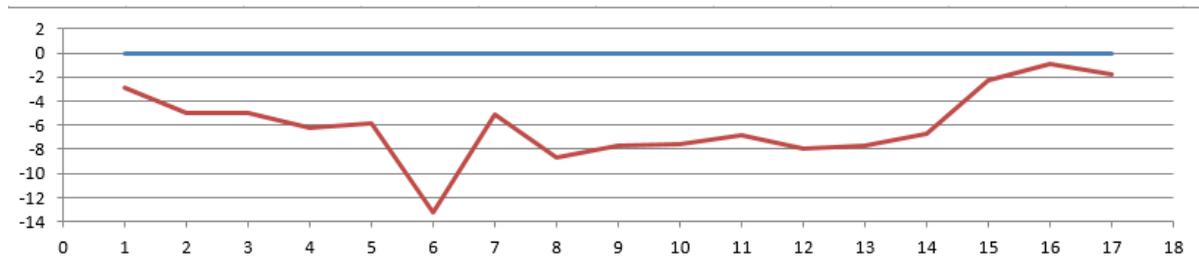
C4 - P29 - Ile Yvinec (ouest)



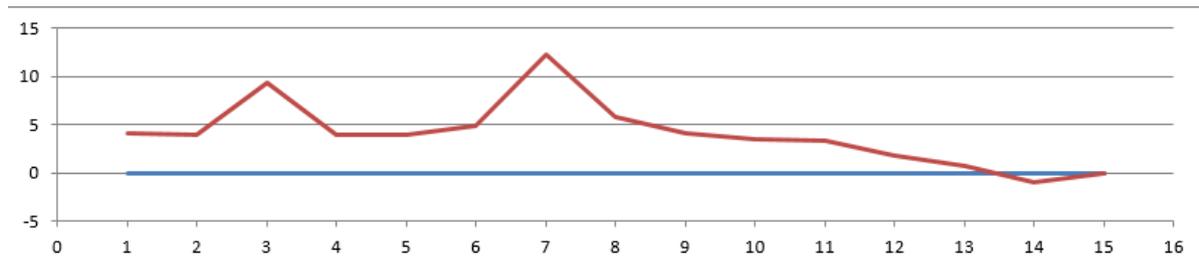
C4 - P30 - Le Roudour



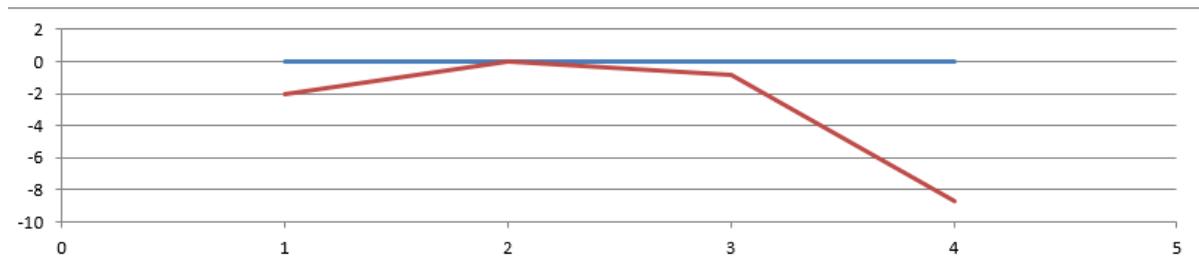
C4 - P31 - Men Hoc'h



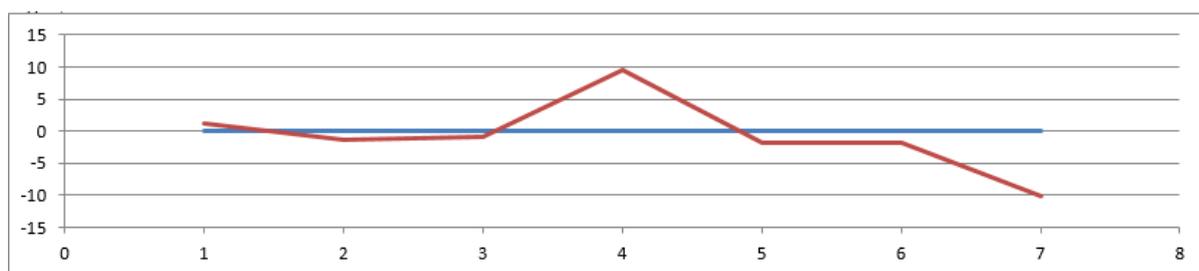
C4 - P32 - Anse de Guermel



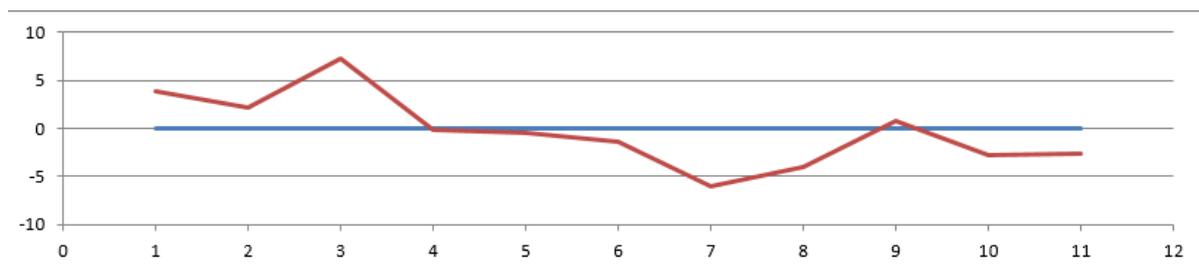
C4 - P33 - Bugueles - 2



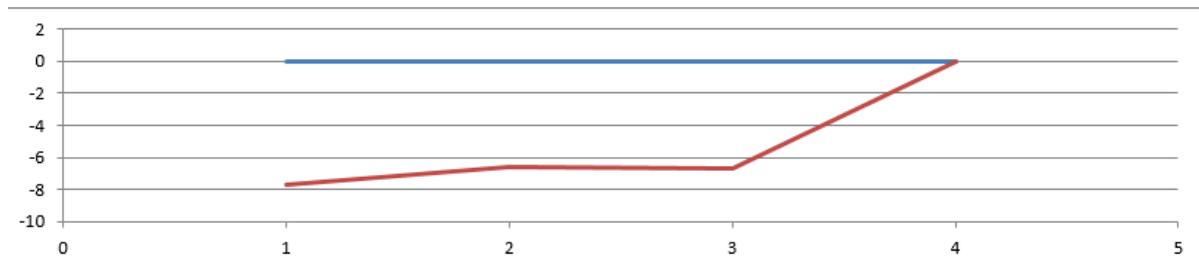
C4 - P34 - Ile du Milieu - est



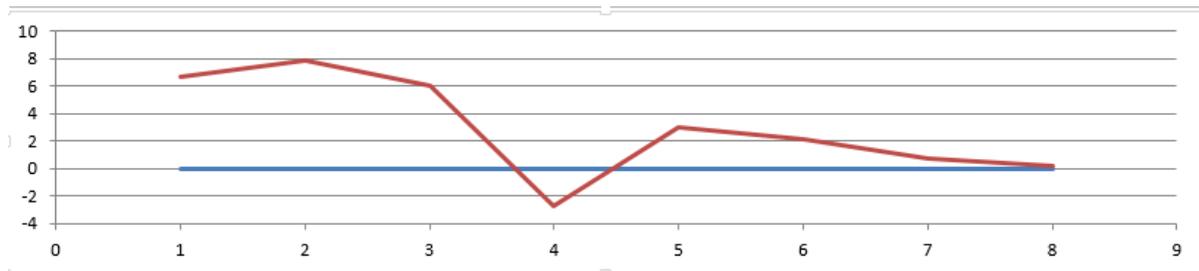
C4 - P35 - Ile du Milieu - ouest



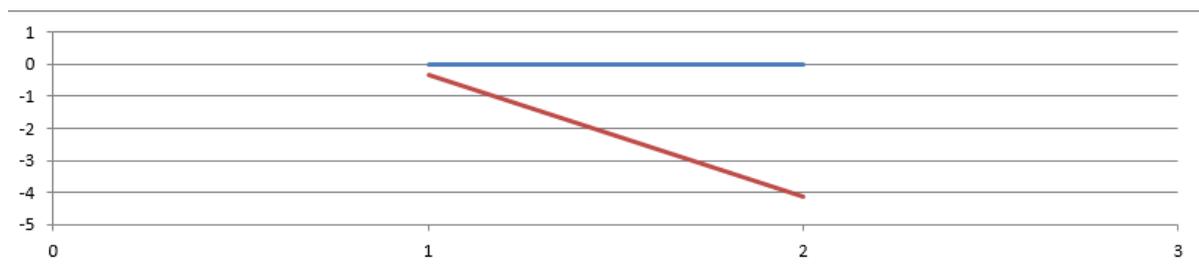
C4 - P36 - Bugueles



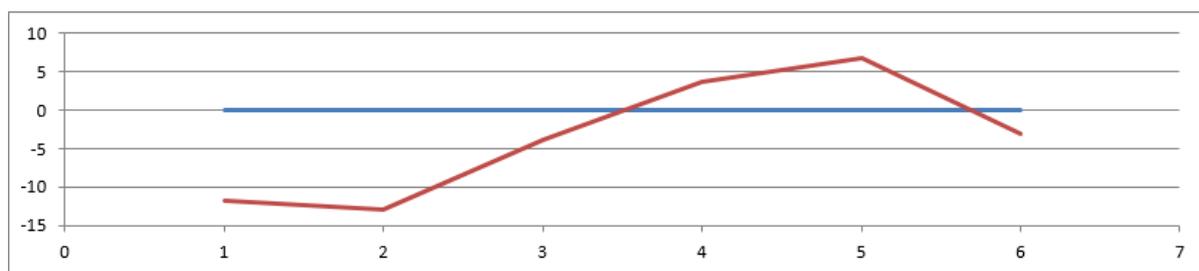
C4 - P37 - Ile St-Gildas - 1



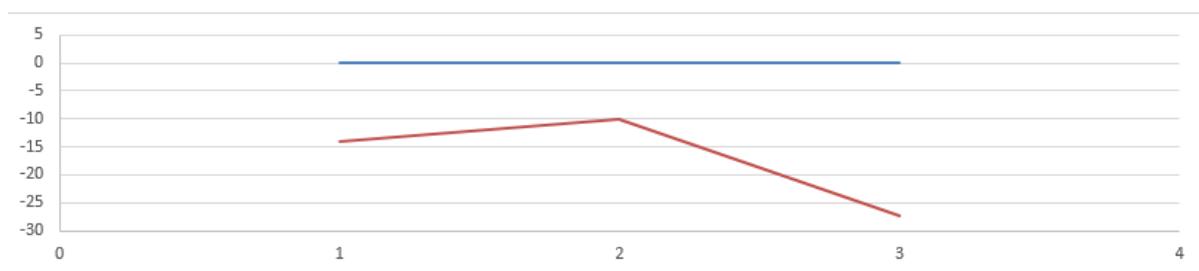
C4 - P38 - Ile St-Gildas - 2



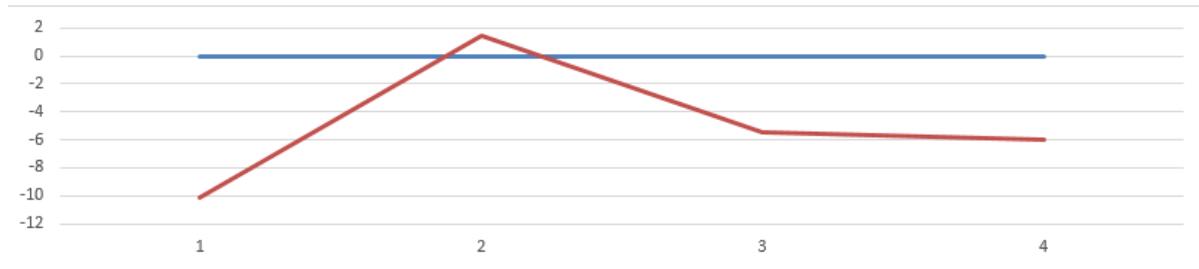
C4 - P39 - Ile St-Gildas - 3



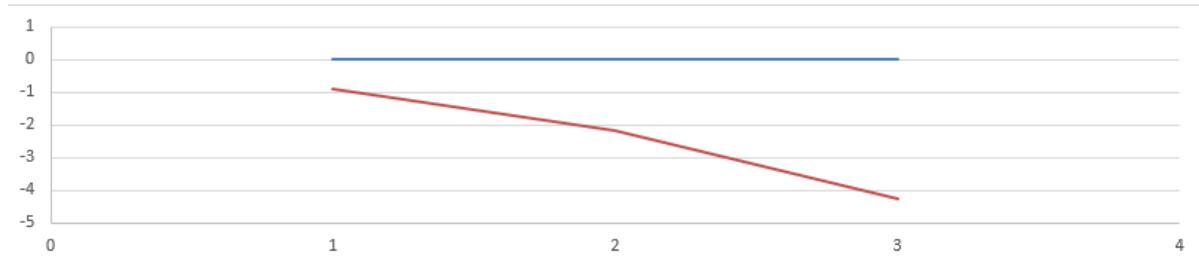
C4 - P40 - Ile St-Gildas - 4



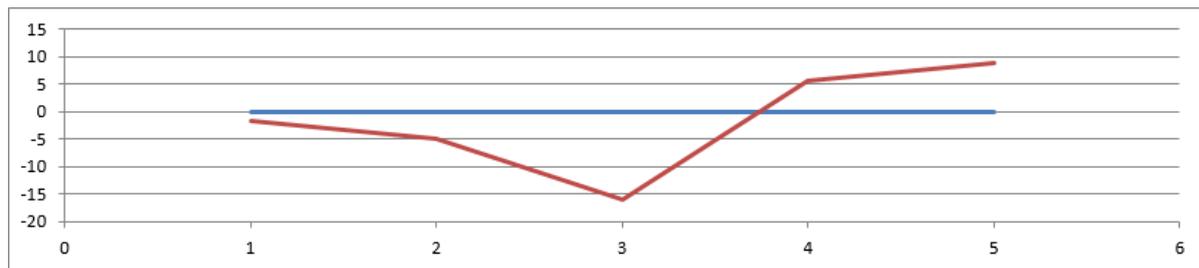
C4 - P41 - Ile St-Gildas - 5



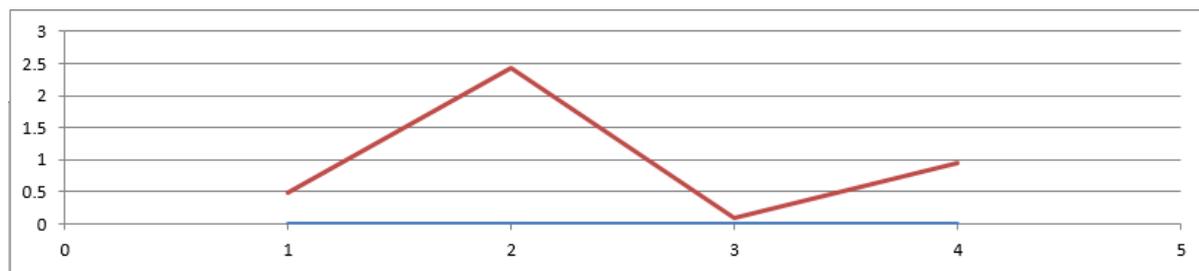
C4 - P42 - Ile St-Gildas - 6



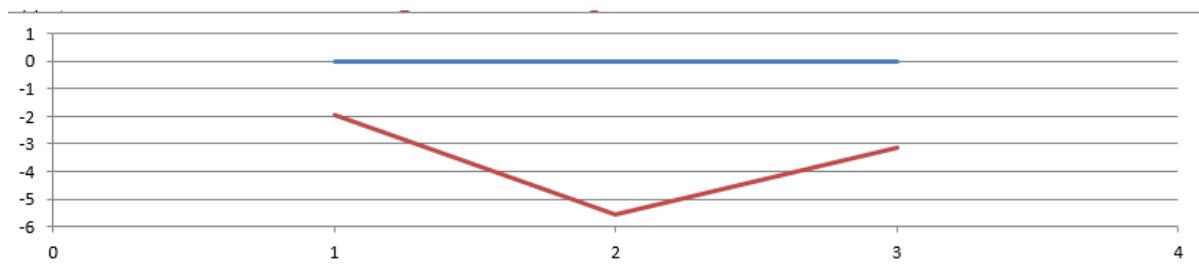
C4 - P43 - Ile St-Gildas - 7



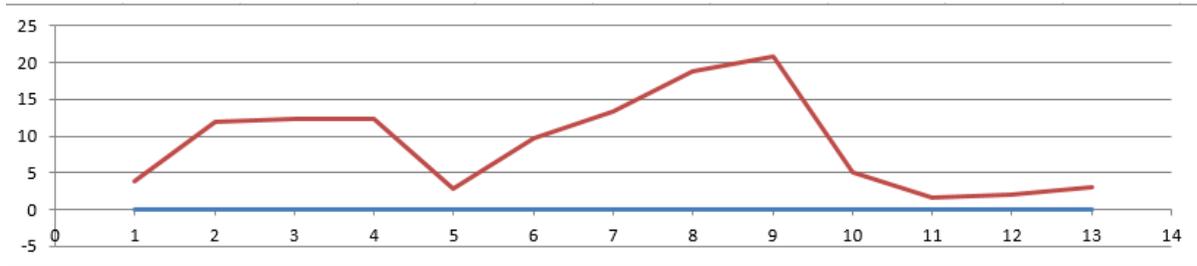
C4 - P44 - Port Blanc - 3



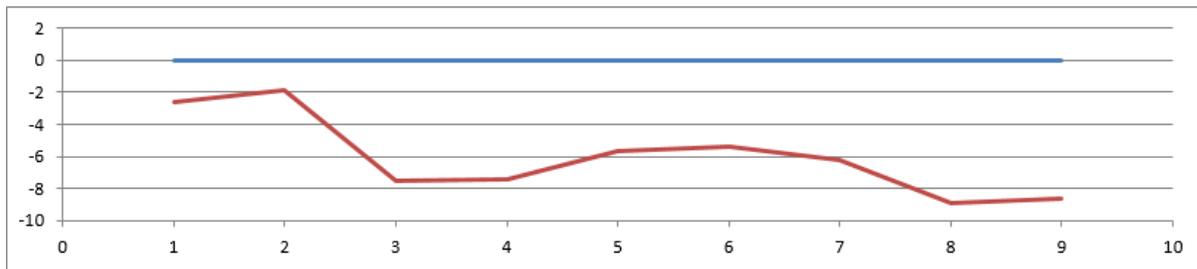
C4 - P45 - Port Blanc2



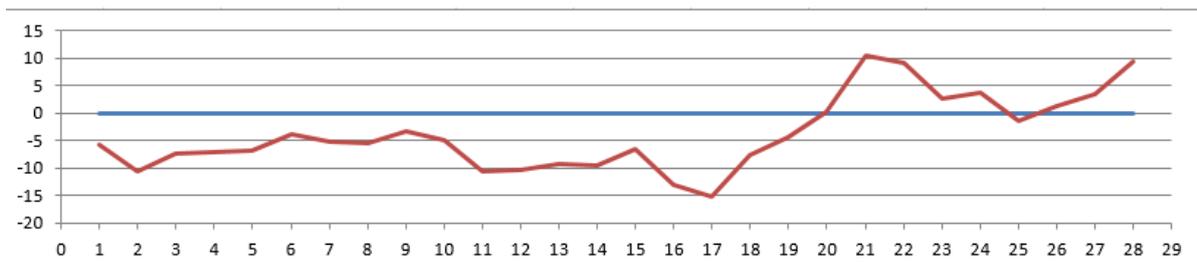
C4 - P46 - Port Blanc



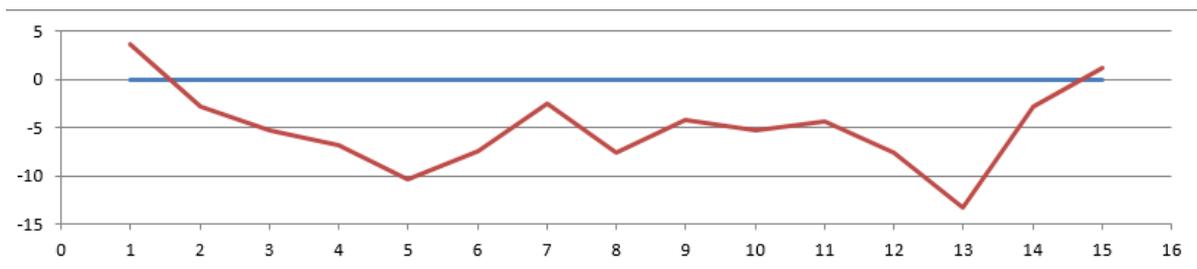
C4 - P47 - Les Dunes - nord



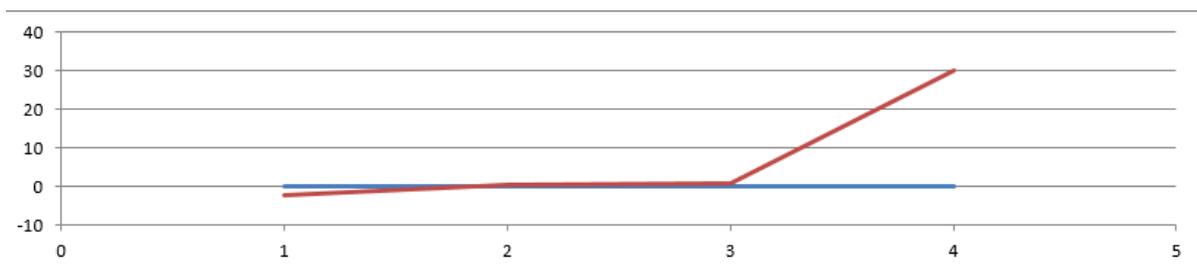
C4 - P48 - Les Dunes



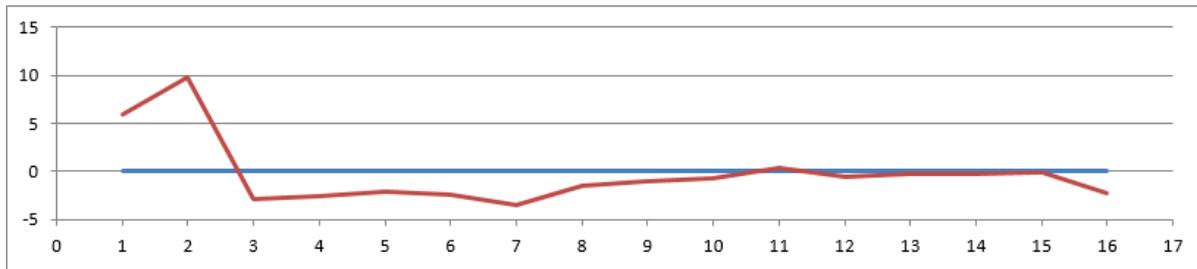
C4 - P49 - Plage du Royo



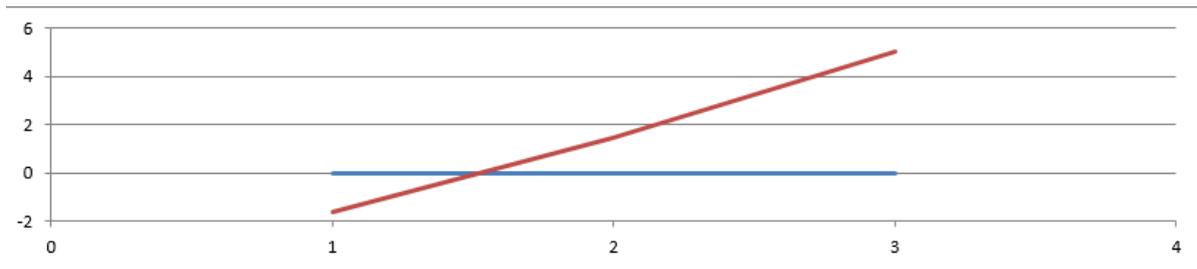
C4 - P50 - Plage du Royo - 2



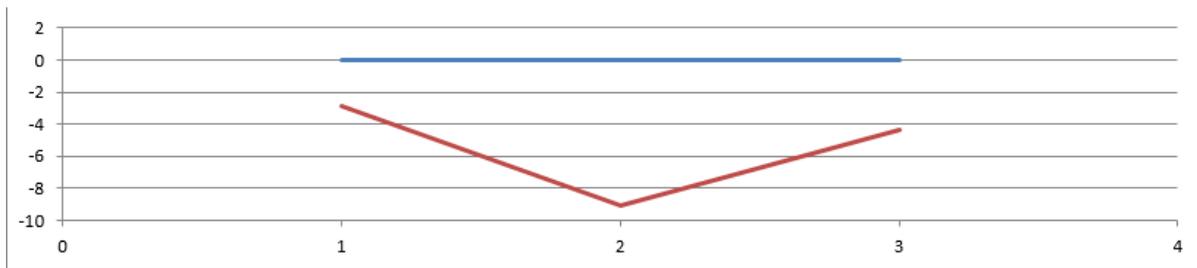
C4 - P51 - Plage de Trestel



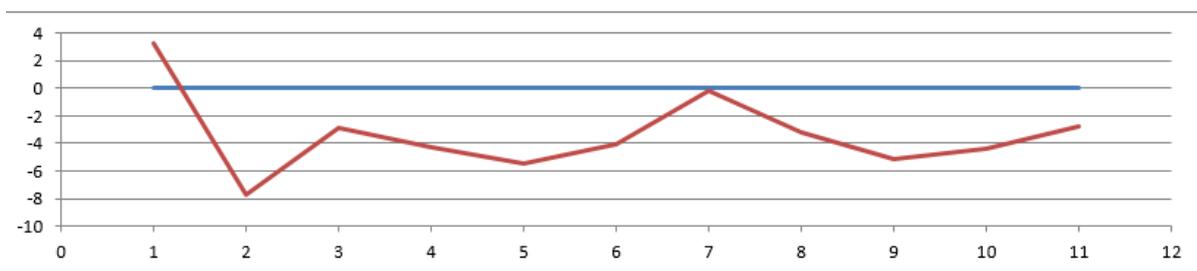
C4 - P52 - Port le Goff- 3



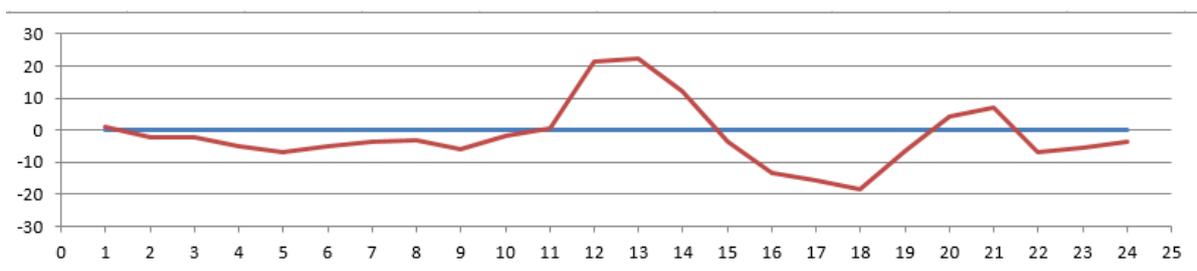
C4 - P53 - Port le Goff



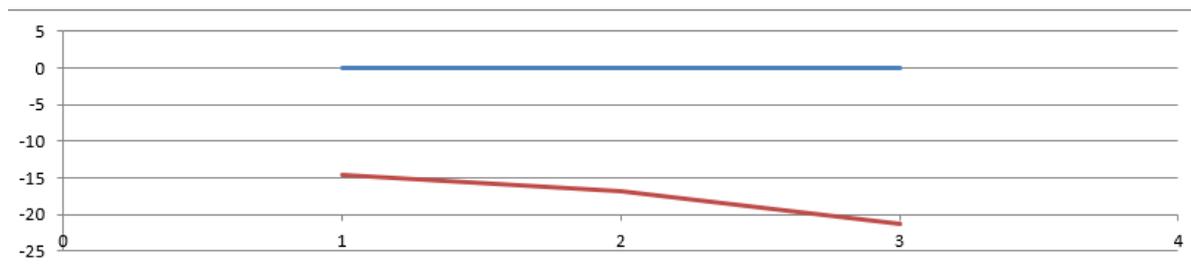
C4 - P54 - Port le Goff - 2



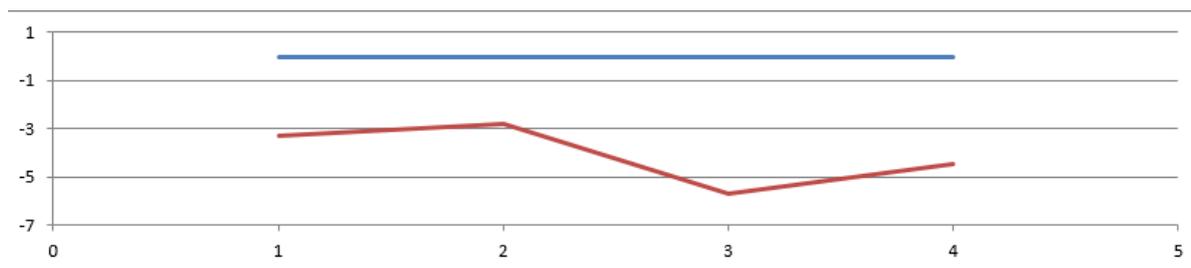
C4 - P55 - Le Palud



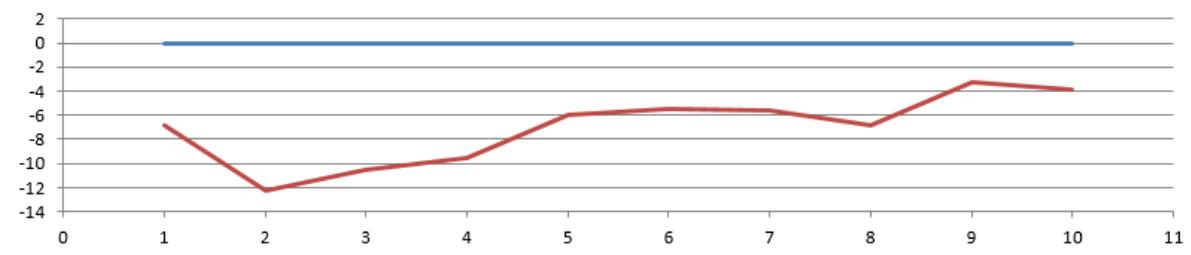
C4 - P56 - Port l'Epine



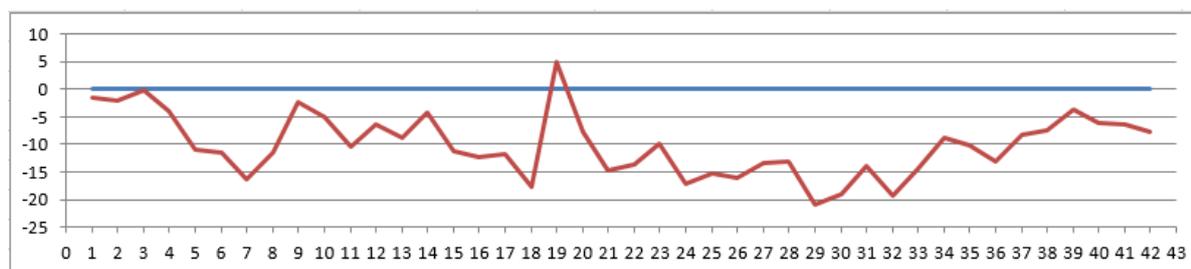
C4 - P57 - Port l'Epine - 2



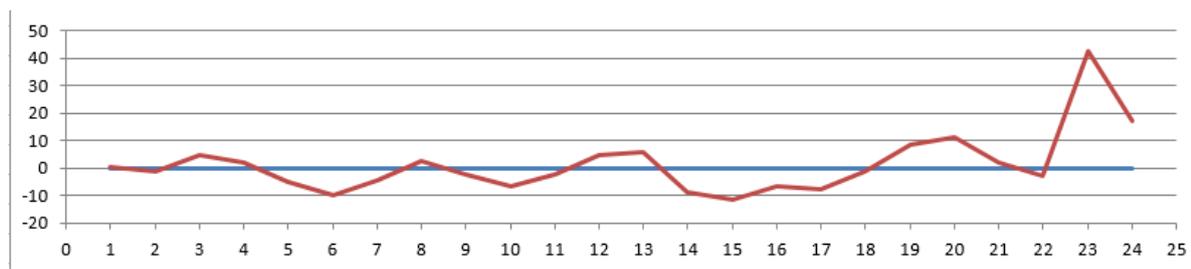
C4 - P58 - Plage de Porz Garo



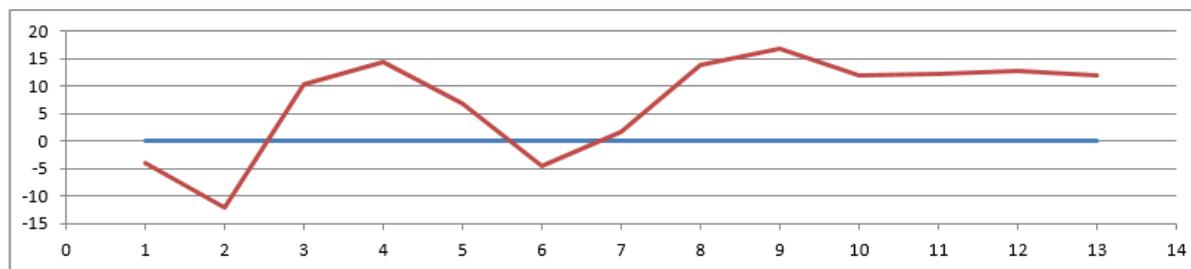
C4 - P59 - Plage de Penn an Hent Nevez



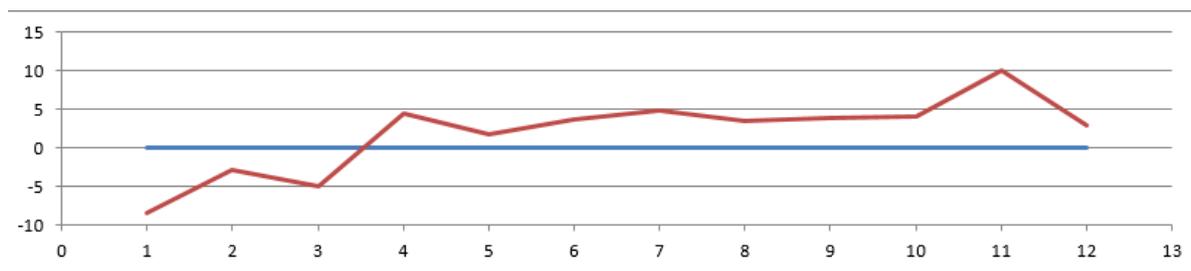
C4 - P60 - Pont ar Sauz



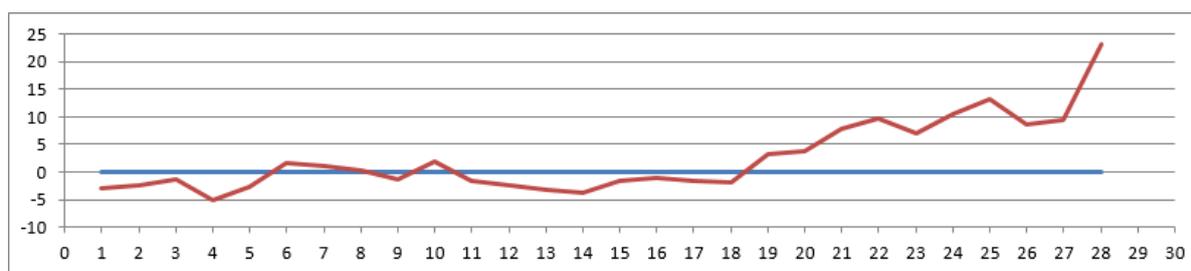
C4 - P61 – Flèche du Linkin



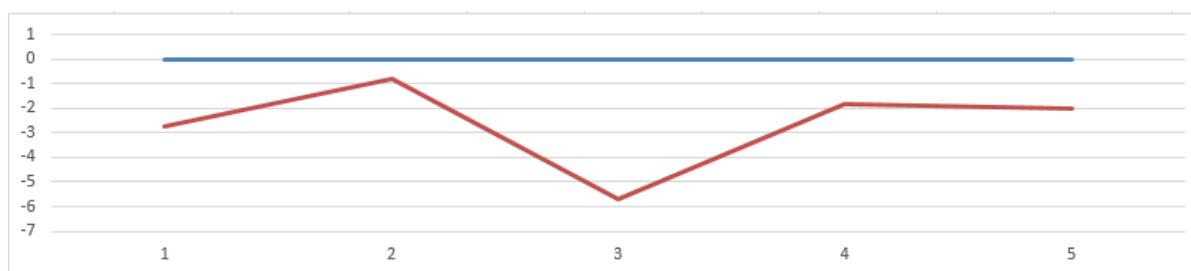
C4 - P62 - Plage de Trestignel



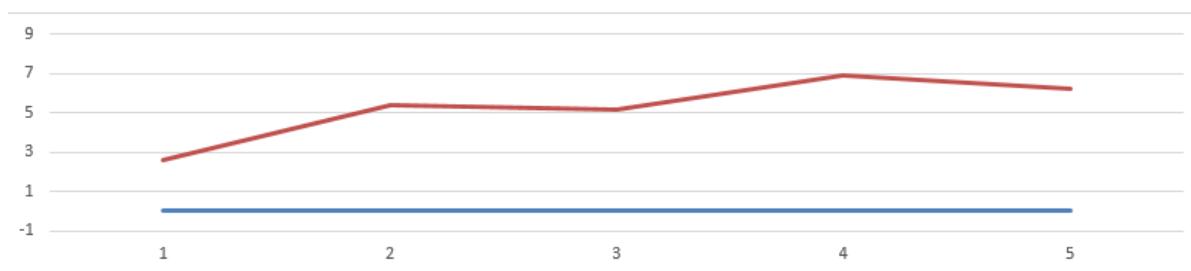
C4 - P63 - Plage de Trestaou



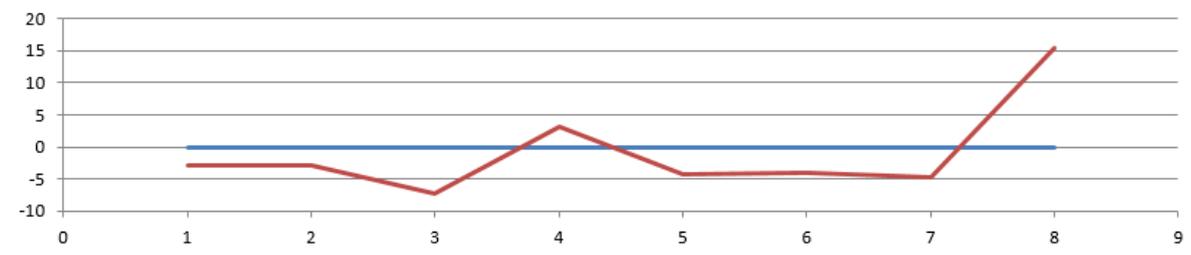
C4 - P64 – St-Guirec



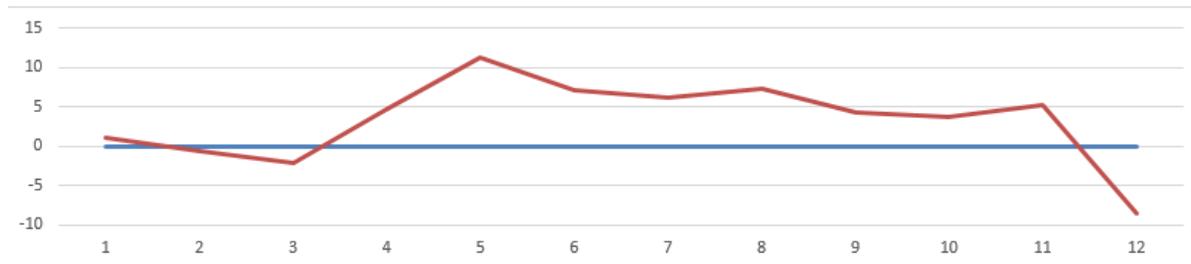
C4 - P65 - Plage de Tourony



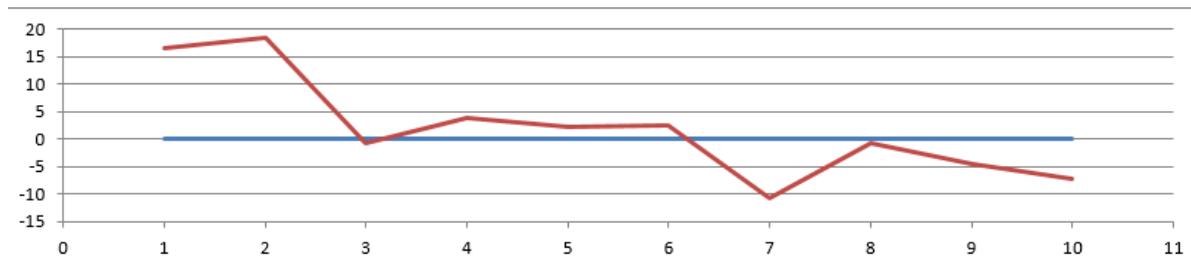
C4 - P66 - Ty Newiz



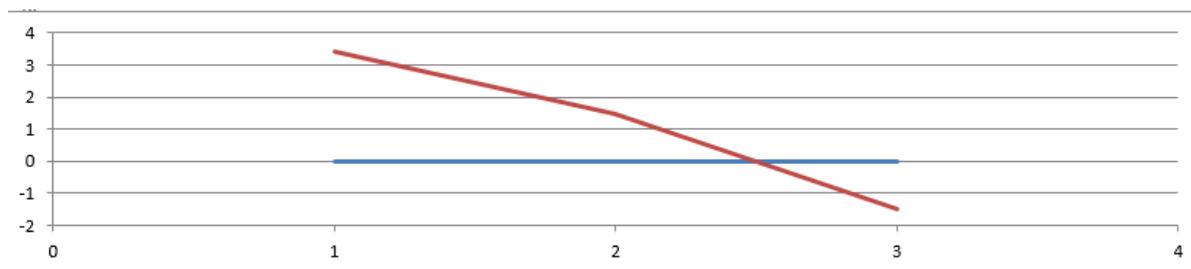
C4 - P67 - Poul Palud



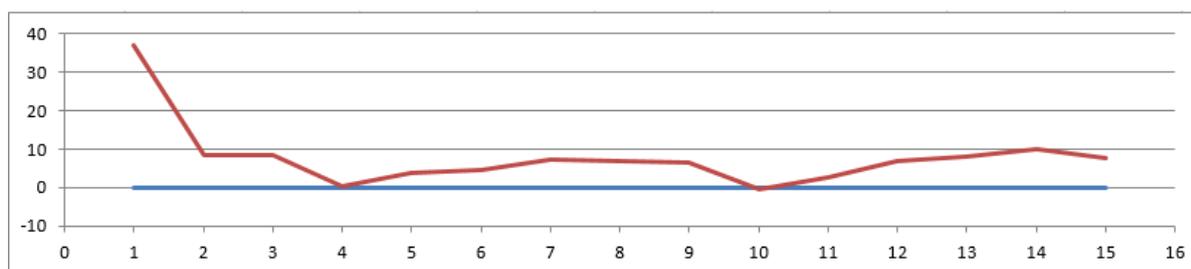
C4 - P68 - Ile Rente



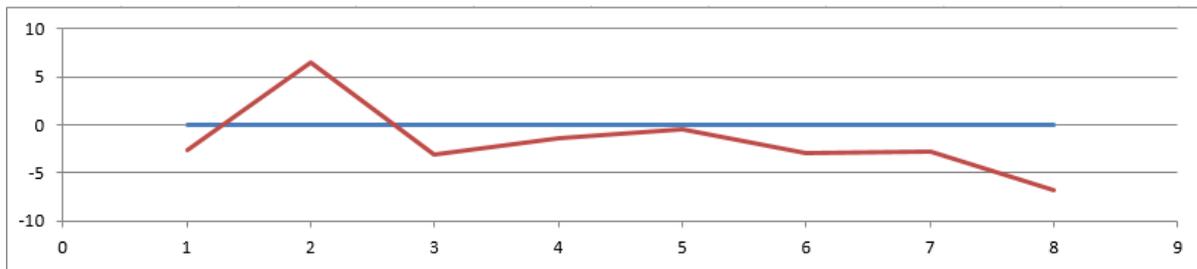
C4 - P69 - Ile Rente (est)



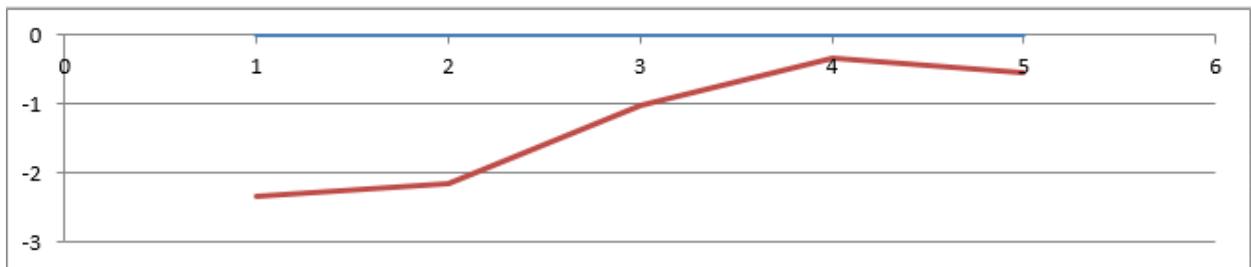
C4 - P70 - Beg ar Vir



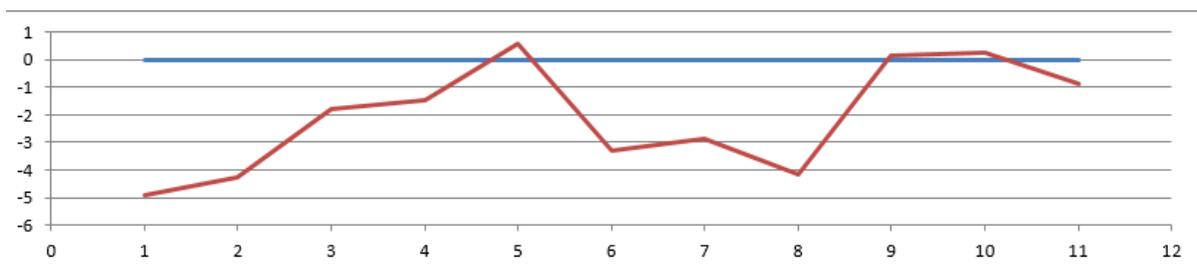
C4 - P71 - Coz Porz



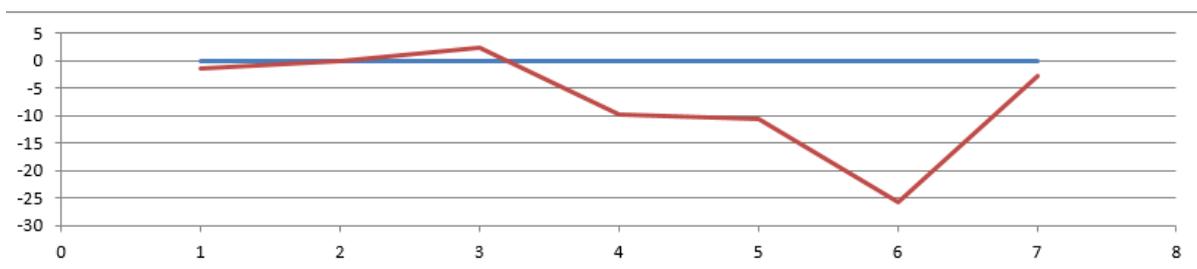
C4 - P72 - La Greve Blanche



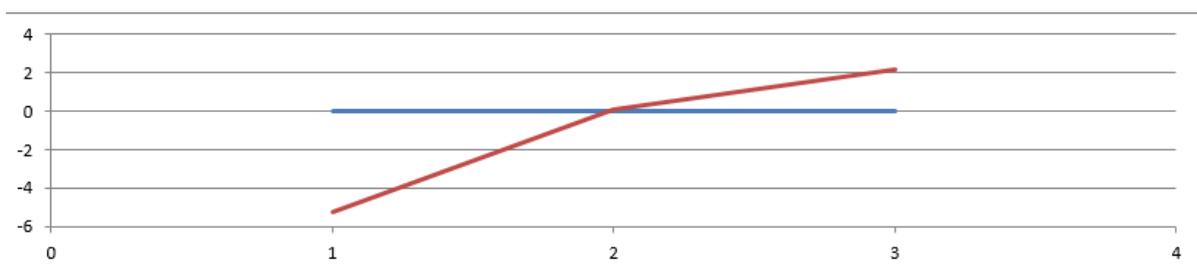
C4 - P73 - Plage de Toull Bihan



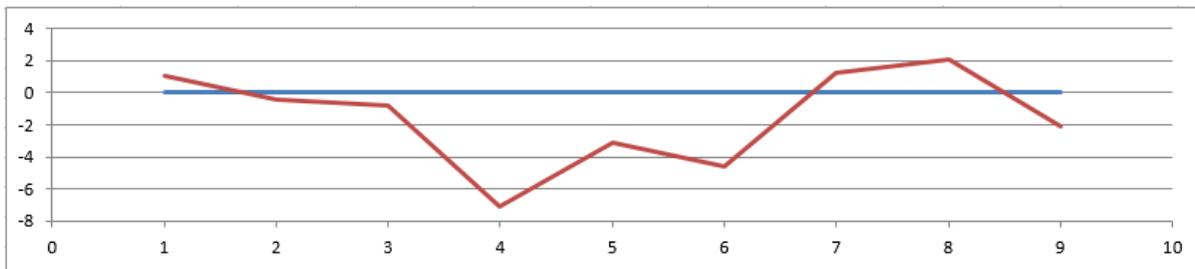
C4 - P74 - Le Cosquer



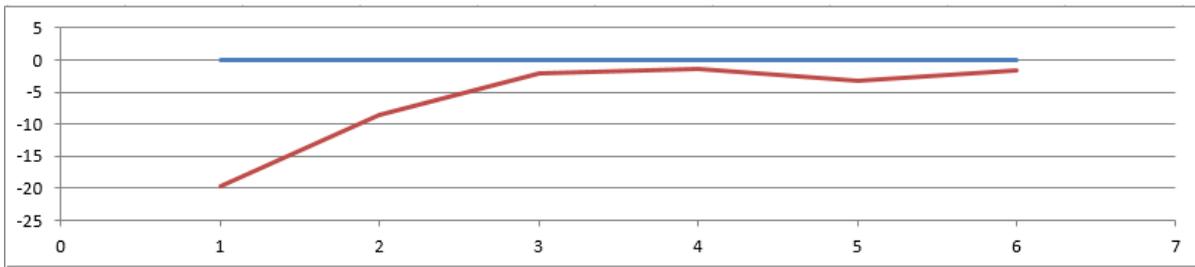
C4 - P75 - Bringuiller



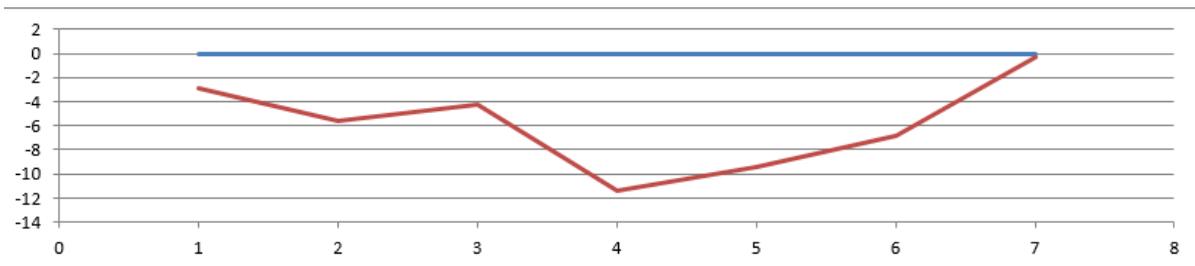
C4 - P76 - Dunes de Landrellec



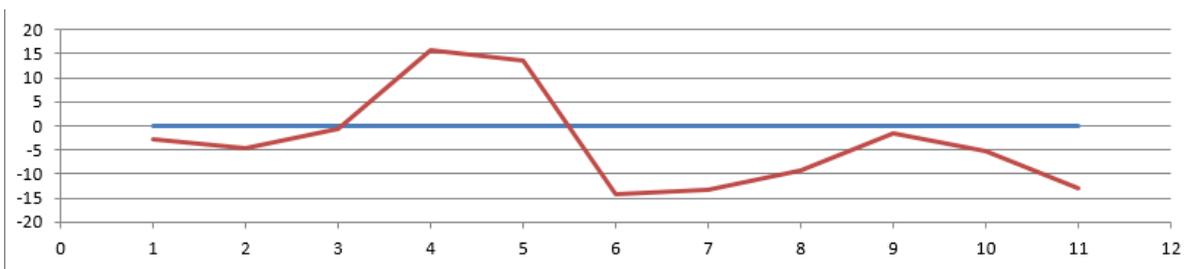
C4 - P77 - Landrellec (nord)



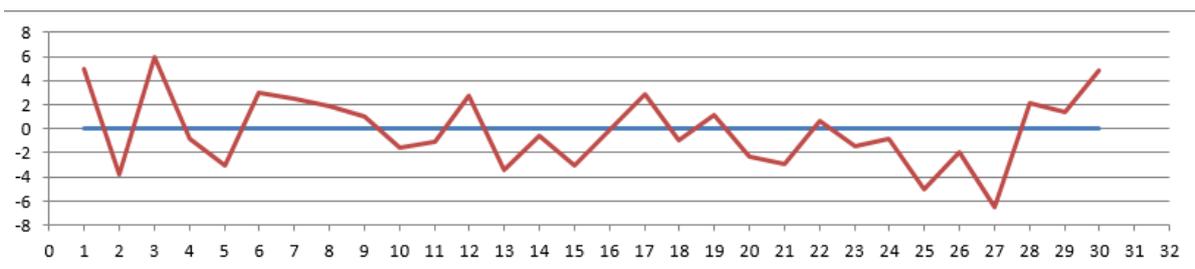
C4 - P78 - Landrellec (sud) - 2



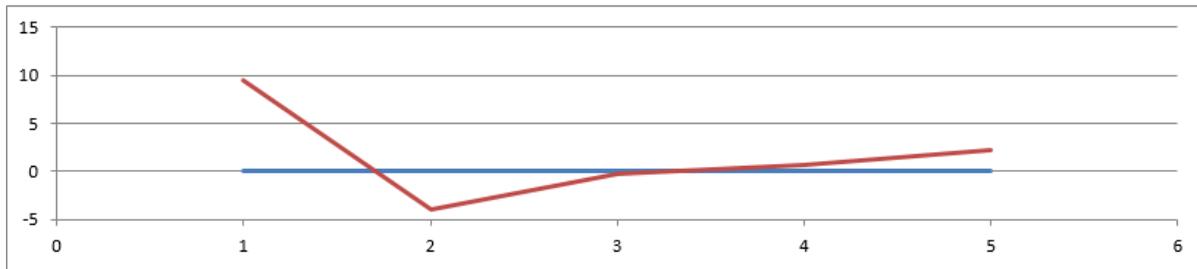
C4 - P79 - Landrellec (sud)



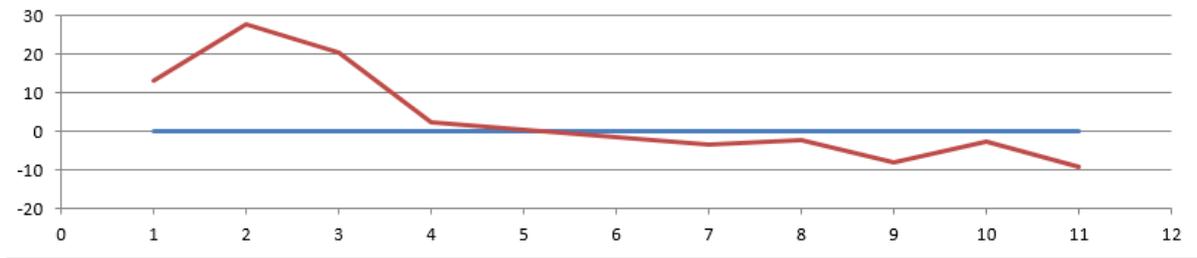
C4 - P80 - Côte nord de Penvern



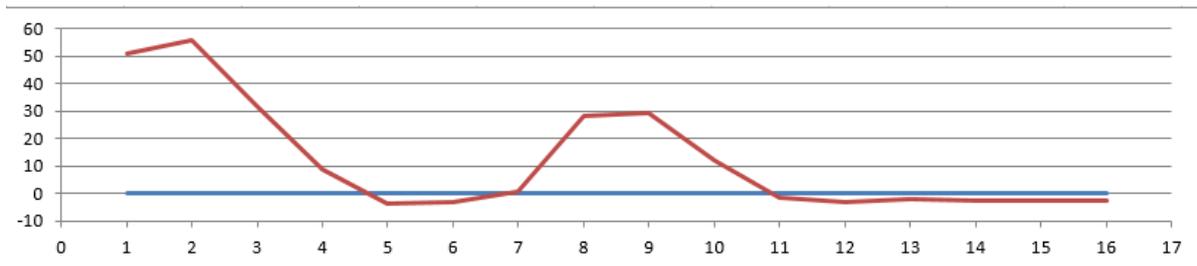
C4 - P81 - Penvern



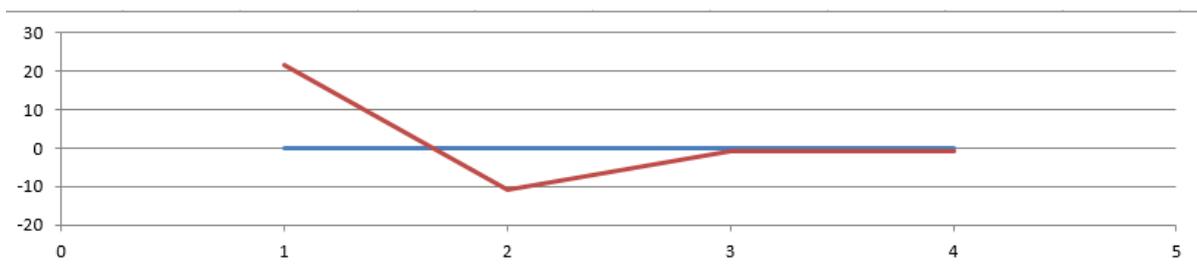
C4 - P82 - Ile Grande (sud-est)



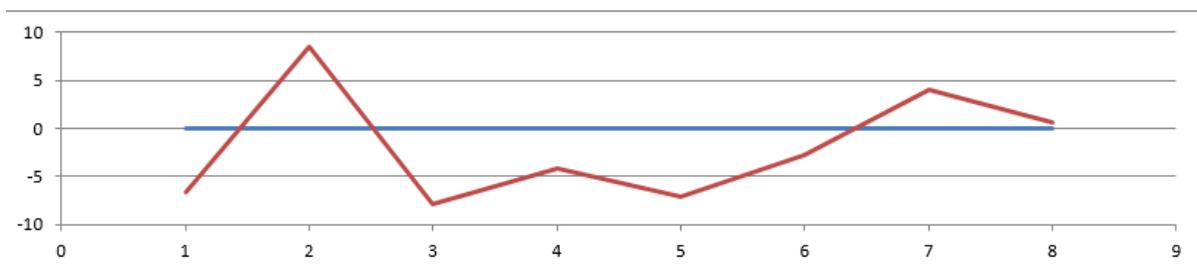
C4 - P83 - Ile Grande (sud)



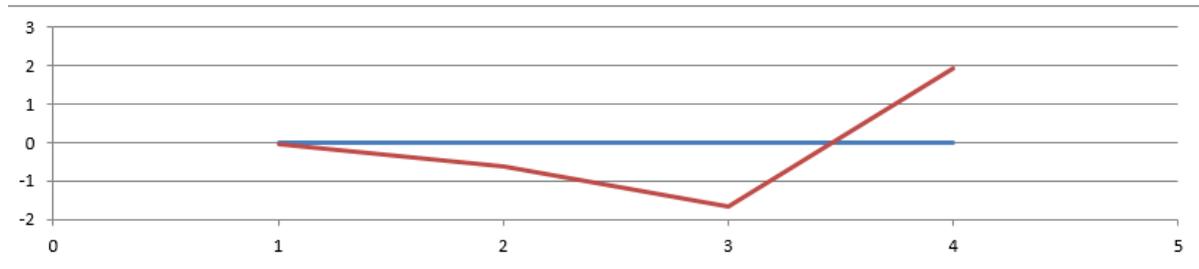
C4 - P84 - Porz Guelen - 2



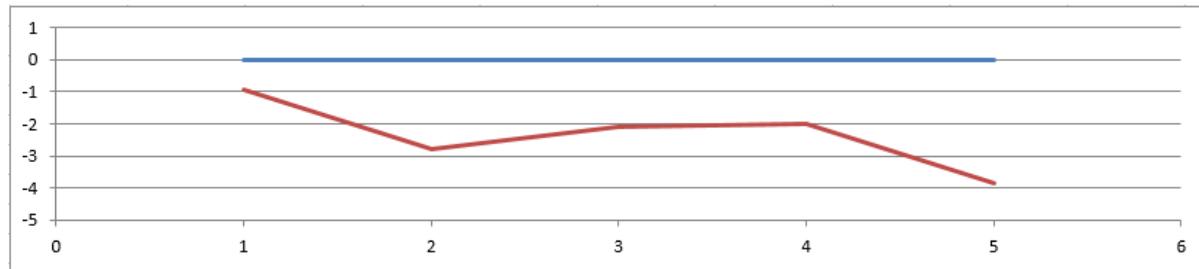
C4 - P85 - Porz Guelen



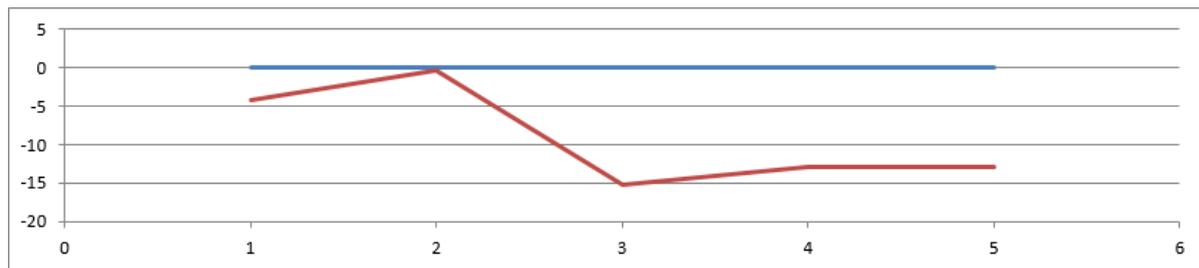
C4 - P86 - Porz Guen



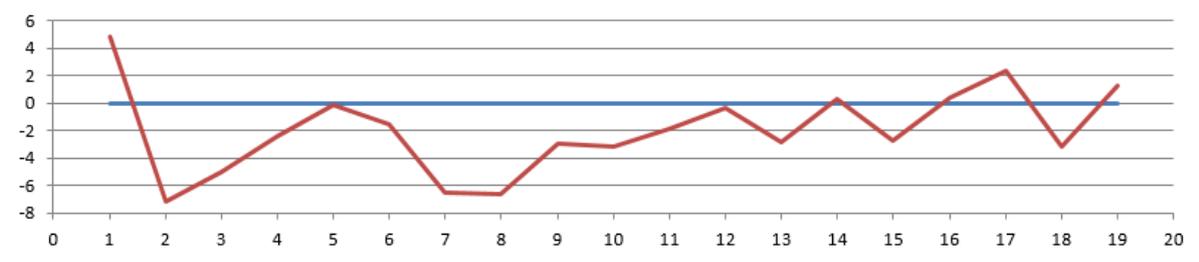
C4 - P87 - Pointe de Toul ar Staon



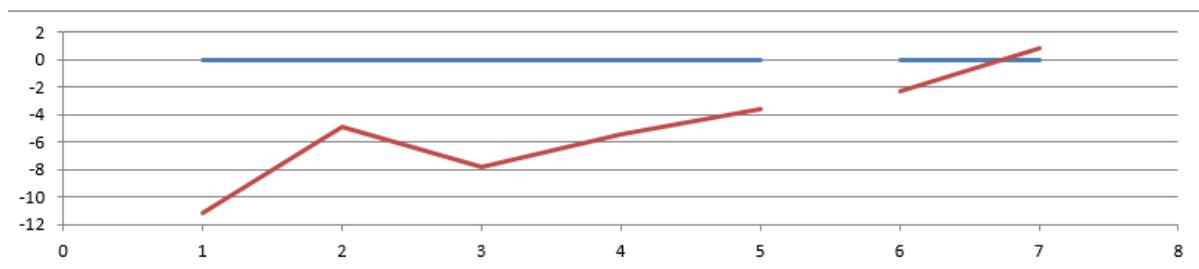
C4 - P88 - Ile Grande (ouest) - 2



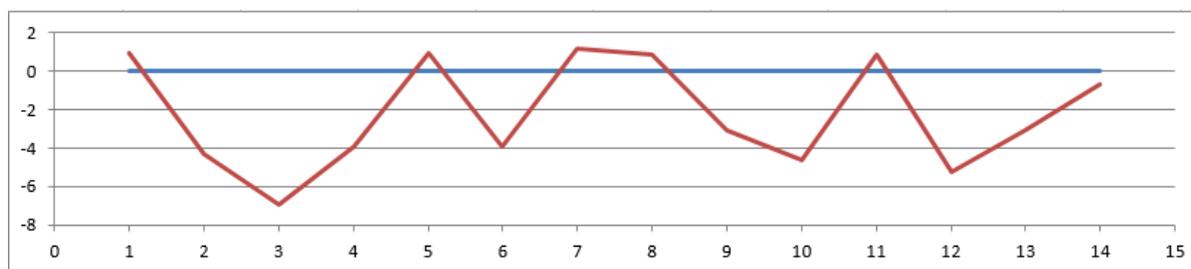
C4 - P89 - Ile Grande (ouest) - 1



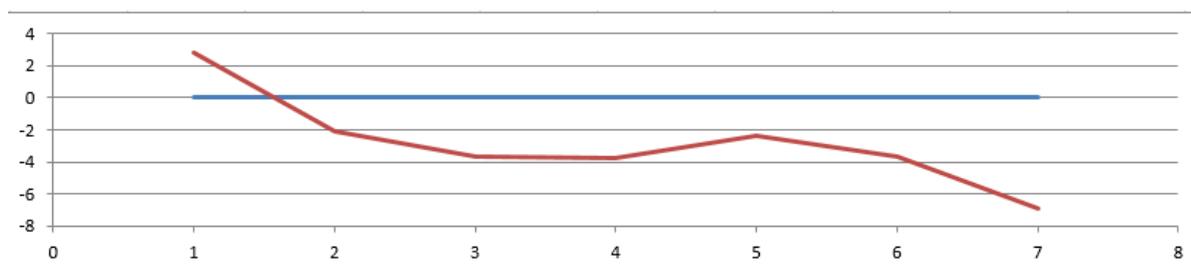
C4 - P90 - Tombolo de Goaz Trez



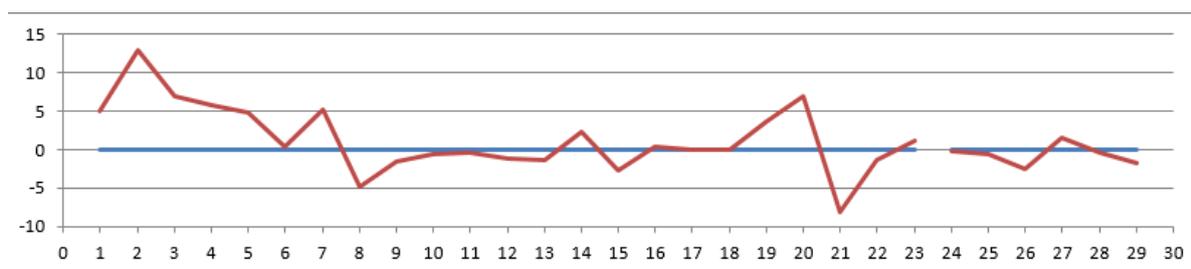
C4 - P91 - Plage de Goaz Trez



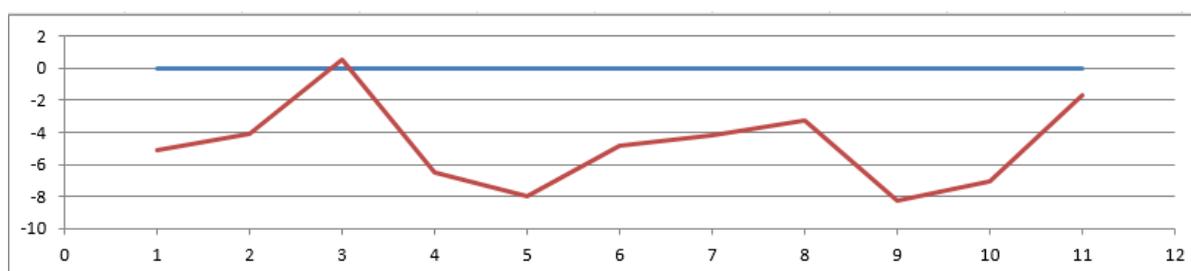
C4 - P92 - Plage de Porz Termen



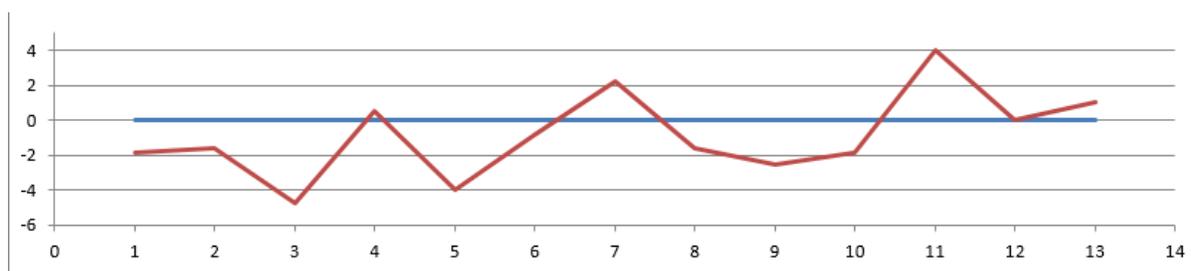
C4 - P93 - Plage de Tresmeur



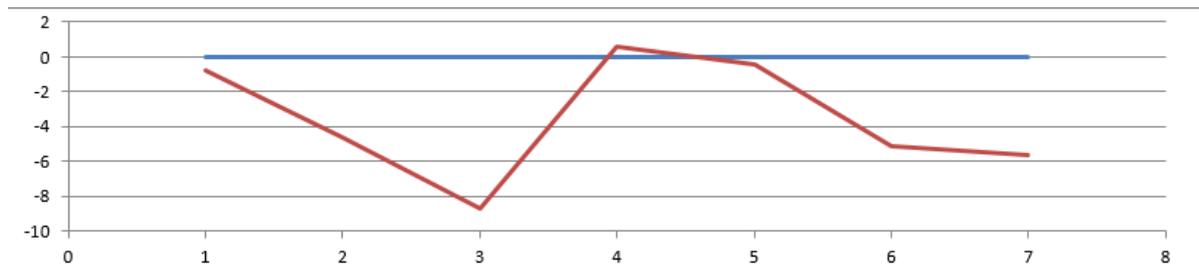
C4 - P94 - Plage de Porz Mabo



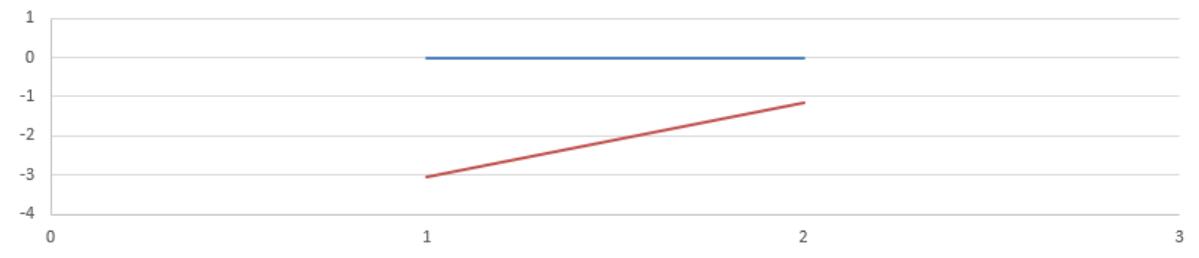
C4 - P95 - Plage de Gwel a Gorn



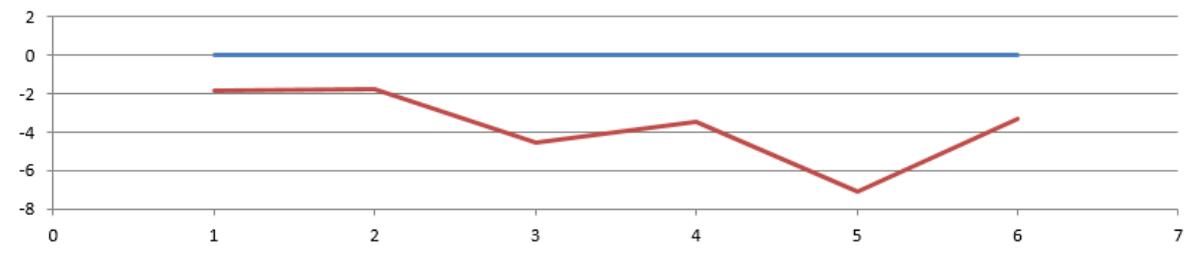
C4 - P96 - Plage de Mez an Aod



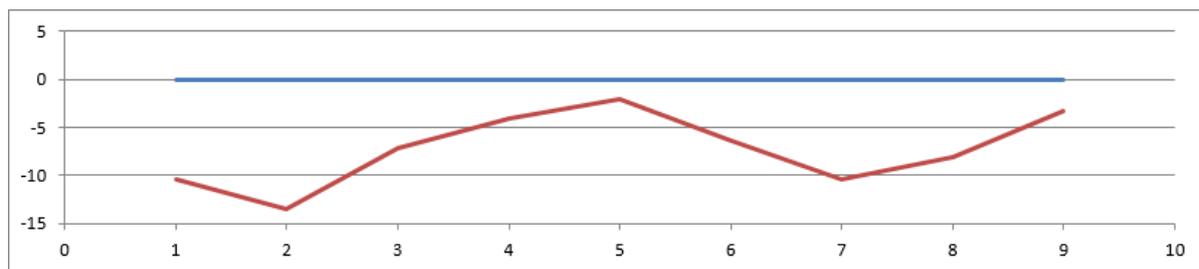
C4 - P97 - Plage de St Quiriou



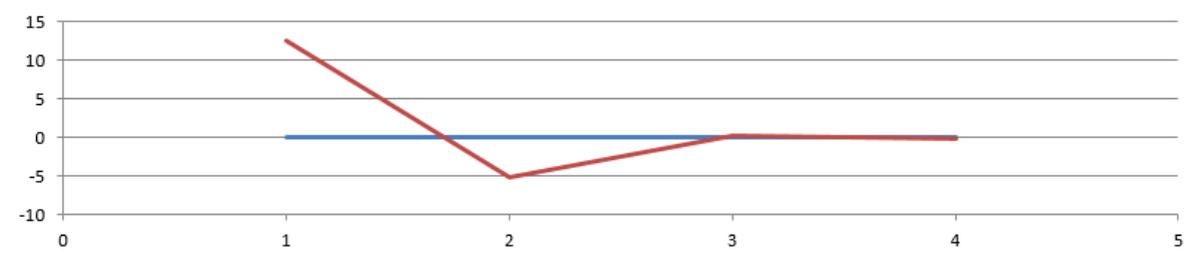
C4 - P98 - Plage de Notigou



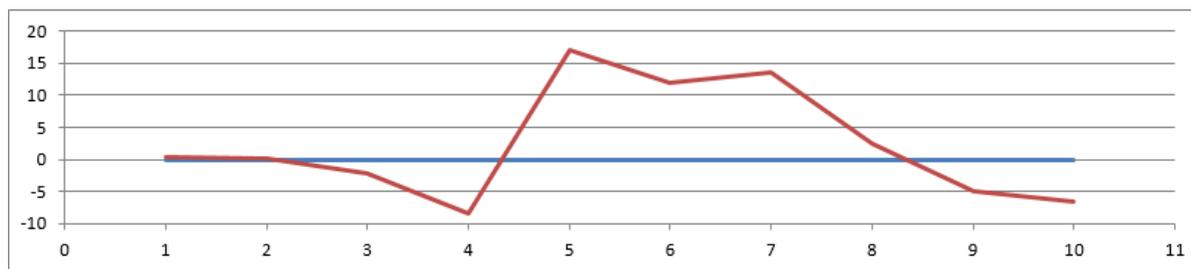
C4 - P99 - Locquemeau



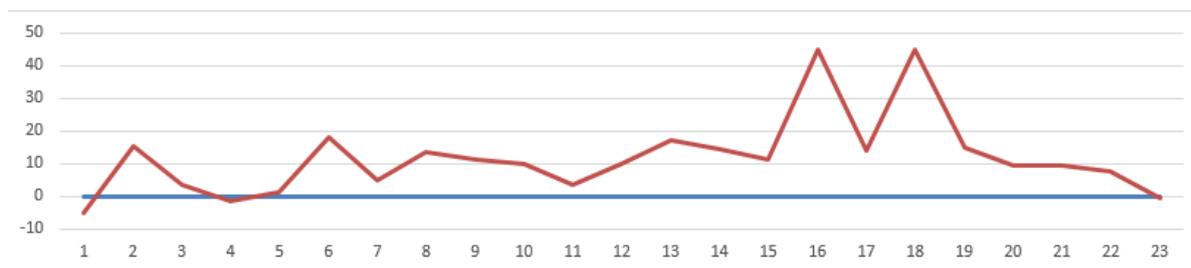
C4 - P100 - Pointe de Sehar - 2



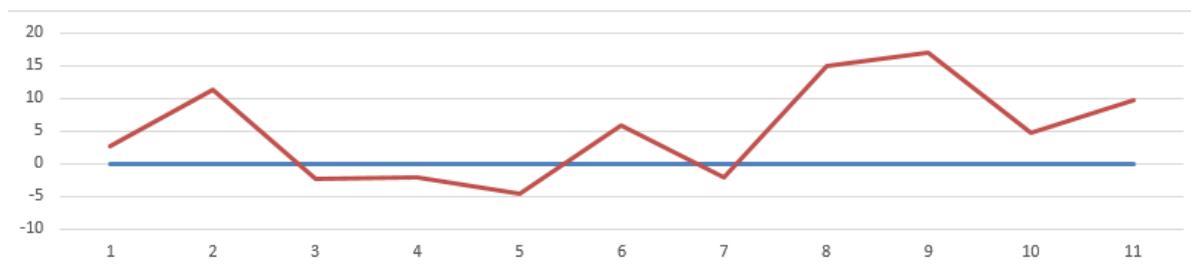
C4 - P101 - Pointe de Sehar



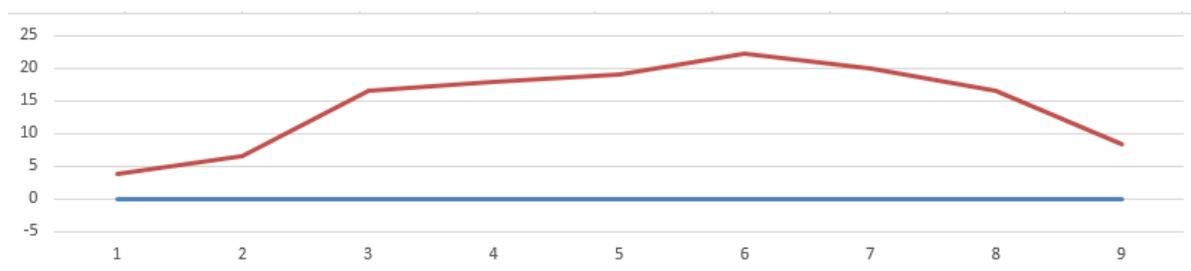
C4 – P102 - Plage de Saint-Efflam



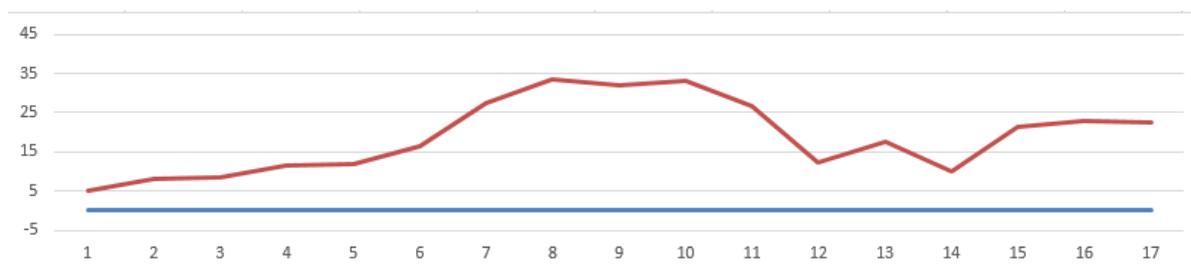
C4 – P103 - Plage du Quinquis



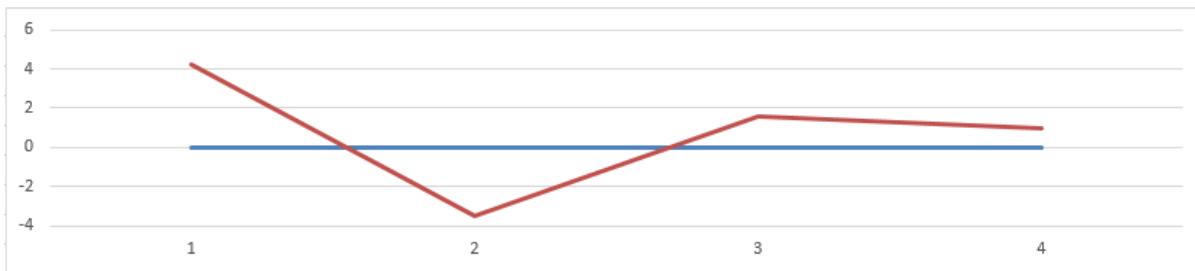
C4 – P104 - Plage de Tréduder



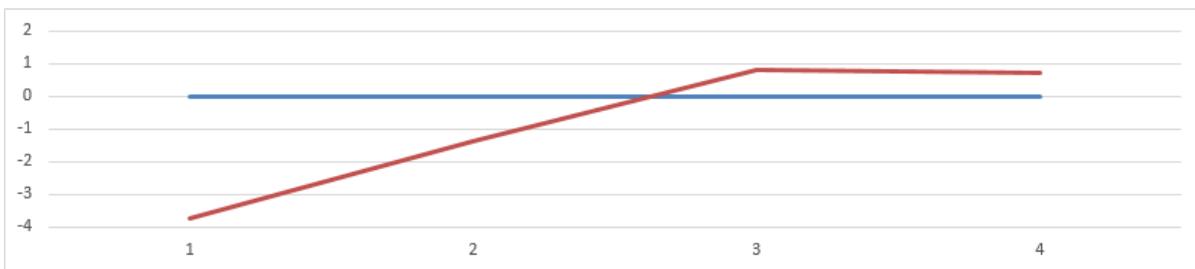
C4 - P105 - St Michel en Greve



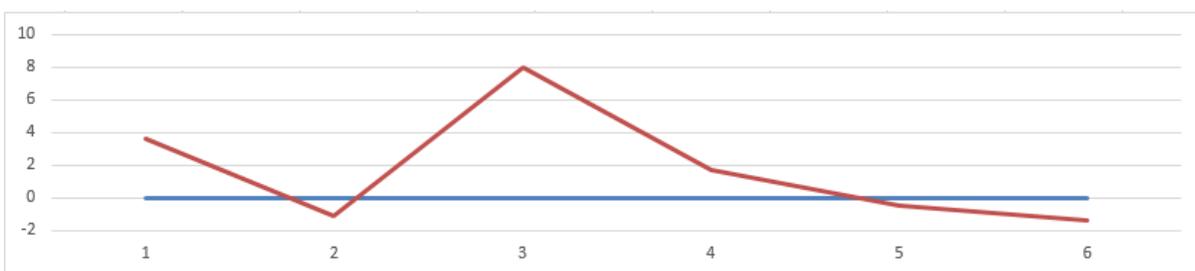
C4 - P106 – Beg Douar



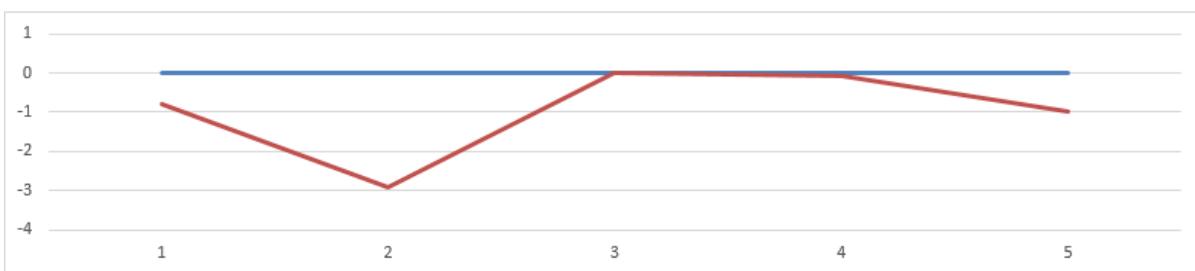
C4 - P107 – Toul Kurun



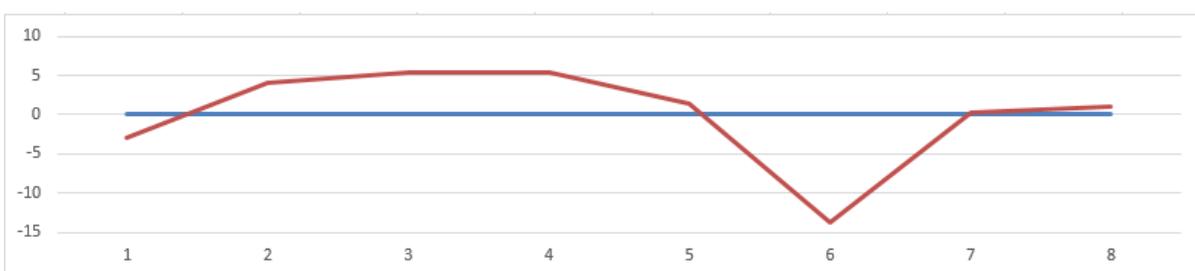
C4 - P108 – plage de Porz Mellec



C4 - P109 – plage de Tossen ar Choz



C4 - P110 – Grève des Curés





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