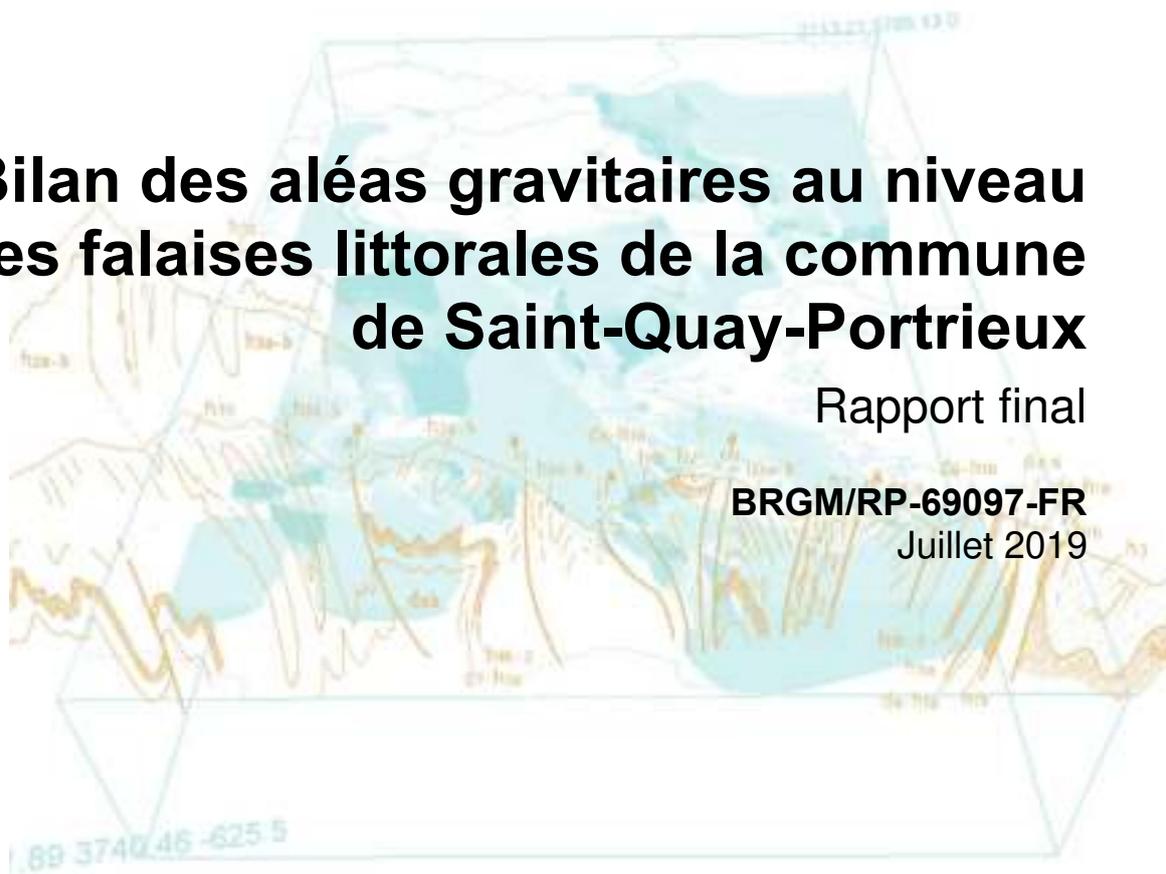


Document public



**Bilan des aléas gravitaires au niveau
des falaises littorales de la commune
de Saint-Quay-Portrieux**

Rapport final

BRGM/RP-69097-FR

Juillet 2019



SAINT-QUAY
PORTRIEUX



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document public

Bilan des aléas gravitaires au niveau des falaises littorales de la commune de Saint-Quay-Portrieux

Rapport final

BRGM/RP-69097-FR

Juillet 2019

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM AP17REN012

S. Le Roy et J.-M. Schroëtter

Vérificateur :

Nom : C ; Garnier

Fonction : Ingénieur risques

Date : 10/07/19

Signature :



Approbateur :

Nom : C. Carnec

Fonction : Directrice adjointe aux
Actions Territoriales

Date : 16/07/2019

Signature :



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

Contact : qualite@brgm.fr

Mots-clés : Saint-Quay-Portrieux, Côtes d'Armor, Bretagne, Aléa gravitaire, Mouvement de terrain, Falaise, Littoral

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

Le Roy S. et Schroëtter J.-M. (2019) – Bilan des aléas gravitaires au niveau des falaises littorales de la commune de Saint-Quay-Portrieux. Rapport final. BRGM/RP-69097-FR, 74 p., 77 ill.

Synthèse

La commune de Saint-Quay-Portrieux, localisée en bordure occidentale de la baie de Saint-Brieuc, présente un littoral marqué par des falaises hautes de 20 à 30 m. Essentiellement constituées de gabbros, ces falaises peuvent présenter un faciès d'altération marqué, caractérisé par une épaisse couche meuble susceptible de glisser sur l'estran.

Suite à plusieurs événements de mouvements de terrain ayant nécessité des travaux de confortement, dont notamment celui survenu en Mars 2016 au niveau de l'Hôtel Ker Moor, la commune de Saint-Quay-Portrieux a demandé au BRGM un appui pour une synthèse des connaissances au niveau des falaises, de manière à pouvoir planifier au mieux leur sécurisation.

Pour cela, l'ensemble des désordres affectant les falaises de la commune a été inventorié et cartographié, sur la base de visites de terrain et d'une synthèse des études géotechniques disponibles (68 événements). Une cartographie des formations superficielles, et notamment de l'altération des gabbros, a été réalisée, en lien avec les mouvements de matériaux meubles sur les falaises.

Les secteurs prioritaires à sécuriser, en raison de l'ampleur des phénomènes qui peuvent s'y produire et des enjeux qui pourraient être affectés, sont d'une part la partie Nord de l'Anse de Fonteny et d'autre part le secteur de la Comtesse, où des reculs de plusieurs mètres peuvent affecter le sentier et les propriétés.

Enfin, un outil synthétisant les préconisations de confortement issues des différentes études géotechniques a été réalisé, de manière à aider la ville à planifier et suivre ses investissements vis-à-vis de ces travaux de sécurisation.

Sommaire

1. Contexte	11
1.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DE SAINT-QUAY-PORTRIEUX	11
1.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE	12
1.3. CONTEXTE METEOROLOGIQUE	14
1.4. CONTEXTE OCEANOGRAPHIQUE	16
1.4.1. Courants et régime de marée	16
1.4.2. Niveaux marins et surcotes	17
1.4.3. Vagues	18
1.5. CONTEXTE HISTORIQUE	21
1.5.1. Mouvements de terrain	21
1.5.2. Recul du trait de côte	22
1.5.3. Impacts de tempêtes.....	24
1.6. CONTEXTE DE L'ETUDE.....	25
2. Les falaises de Saint-Quay-Portrieux.....	27
2.1. RAPPELS SUR LA TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN	27
2.1.1. Glissements de terrain	27
2.1.2. Glissements banc sur banc.....	27
2.1.3. Glissements de dièdres	28
2.1.4. Éboulement, chute de blocs.....	28
2.1.5. Ravinement.....	29
2.1.6. Sous-cavage.....	29
2.1.7. Effondrement	30
2.2. TOPOGRAPHIE.....	30
2.3. GEOMORPHOLOGIE DU TRAIT DE COTE	34
2.4. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	36
2.4.1. Etude LRPC de 2000 (Paraire, 2000)	37
2.4.2. Etude Géolithe de 2003 (Meignan, 2003).....	38
2.4.3. Etude Géolithe de 2008 (Roy, 2008)	39
2.4.4. Etude LRPC de 2011 (Le Maitre, 2011)	40
2.4.5. Bilan	41
3. Reconnaissances terrain et cartographie.....	43
3.1. CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES.....	43

3.2. CARTOGRAPHIE STRUCTURALE.....	44
3.3. RECENSEMENT ET CARTOGRAPHIE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN.....	44
4. Analyse des linéaires impactés	47
4.1. DU CHATELET A FONTENY	47
4.2. FONTENY – GREVE DE L’ISNAIN.....	51
4.3. FONTENY – POINTE DE L’ISNAIN.....	55
4.4. POINTE DE L’ISNAIN.....	57
4.5. OUEST DE LA POINTE DU SEMAPHORE	59
4.6. EST DE LA POINTE DU SEMAPHORE – COMTESSE.....	61
4.7. SUD DE LA PLAGE DE LA COMTESSE.....	66
5. Hiérarchisation des secteurs et planification.....	69
5.1. HIERARCHISATION DES SECTEURS	69
5.2. PLANIFICATION	70
6. Conclusion	71
7. Bibliographie.....	73

Liste des figures

Illustration 1 – Localisation de la commune de Saint-Quay-Portrieux dans la Baie de Saint-Brieuc	11
Illustration 2 – Ordre de résistance des minéraux à l'altération (Goldich, 1938). Les minéraux encadrés en rouge indiquent la position des diorites et gabbros dans l'échelle de résistance des minéraux.	12
Illustration 3 – Extrait de la carte géologique au 1/50 000 (Feuille n°204, Pontrieux - Etables-sur-Mer). La formation marron notée η - θ correspond aux Diorites et Gabbros de Saint-Quay-Portrieux, la formation notée η - θ correspondant à l'altération de la précédente.	13
Illustration 4 – Aperçu de la géomorphologie du littoral de la Baie de Saint-Brieuc (Schroëtter et Blaise, 2015)	14
Illustration 5 – Caractéristiques météorologiques normales (Températures, Ensoleillement, Précipitations) de la station de Saint-Brieuc (Données Météo France).....	15
Illustration 6 – Marée au niveau de la Baie de Saint-Brieuc pour un coefficient de 95 : Courants de marée au maximum du flot et marnage (en haut), Courants de marée au maximum du jusant et vitesse maximale des courants de marée (en bas) (d'après data.shom.fr).....	16
Illustration 7 - Schéma des différentes contributions au niveau du plan d'eau lors d'une tempête (surcotes) jusqu'au rivage.....	17
Illustration 8 – Niveaux extrêmes de pleine mer pour une période de retour centennale au niveau de la Bretagne Nord (SHOM-CETMEF, 2012)	18
Illustration 9 - Niveaux extrêmes de pleines mers (en m NGF) à Saint-Quay-Portrieux (SHOM-CETMEF, 2012)	18
Illustration 10 – Hauteurs significatives des vagues au large pour des périodes de retour de 10 ans (à gauche) et 100 ans (à droite) estimées à partir de la base BoBWA (Charles et al., 2012) sur la période 1958-2001 à pas de temps 6 heures (d'après Bulteau et al., 2013)	19
Illustration 11 - Rose des vagues au large du Sillon du Talbert (point rouge sur la carte de droite), à partir de la base BoBWA (Charles et al., 2012) sur la période 1958-2001 à pas de temps 6 heures (d'après Bulteau et al., 2013). La valeur de Hs se lit sur l'axe radial. L'enveloppe des points de la série temporelle est représentée par la ligne noire en pointillés. La fréquence d'occurrence des couples (Hs,Dp) est représentée par l'échelle de couleur (min=0,02 %). Dp est en convention nautique (i.e. provenance des vagues par rapport au Nord).....	19
Illustration 12 – Saisonnalité des conditions de houle au large du Sillon du Talbert d'après la base de ANEMOC sur la période 1979-2002 (Stéphan, 2009)	20
Illustration 13 – Aperçu d'une simulation de propagation des vagues en Baie de Saint-Brieuc durant la tempête Eléonor (03/01/2018 à 09h00) : Hauteurs significatives et direction des vagues (marc.ifremer.fr)	21
Illustration 14 – Mouvements de terrain recensés sur la commune de Saint-Quay-Portrieux dans la BDMVT (d'après www.georisques.gouv.fr)	22
Illustration 15 – Comparaison d'une photographie aérienne du 23/10/1930 (à gauche, remonterletemps.ign.fr) et de l'Ortholittorale V2 (à droite, prise de vue du 22/08/2013, www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr) au niveau de l'Hôtel Ker Moor et de l'Île de la Comtesse.....	23
Illustration 16 - Comparaison d'une photographie aérienne du 23/10/1930 (à gauche, remonterletemps.ign.fr) et de l'Ortholittorale V2 (à droite, prise de vue du	

22/08/2013, www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr au niveau de l'Anse de Fonteny	23
Illustration 17 – Indicateur national de l'érosion côtière (INE, www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr) au niveau de Saint-Quay-Portrieux	24
Illustration 18 – Localisation des dommages liés aux tempêtes recensés sur la commune de Saint-Quay-Portrieux	25
Illustration 19 – Carte postale montrant des franchissements de vague sur la digue lors de la tempête du 22/03/1906 (www.delcampe.net) et photo de presse du casino écroulé après la tempête du 10 Janvier 1978 (Ouest France)	25
Illustration 20 – Aperçus du glissement de terrain du 23-24/03/2016 au niveau de l'Hôtel Ker Moor (Schroëtter, 2016)	26
Illustration 21 - Schéma de principe d'un glissement de terrain (Landevennec, 29) (Schroëtter et Blaise, 2015)	27
Illustration 22 - Schéma de principe d'un glissement banc sur banc (A : Binic, 22 ; B : Cap à la Chèvre, 29) (Schroëtter et Blaise, 2015)	28
Illustration 23 - Schéma de principe d'un glissement de dièdres (A : Kerfany, 29 ; B : Plouha, 22) (Schroëtter et Blaise, 2015)	28
Illustration 24 - Schéma de principe d'un éboulement/Chute de blocs (A : Pointe du Van, 29 ; B : Planguenoual, 22) (Schroëtter et Blaise, 2015)	29
Illustration 25 - Ravinement important des formations superficielles composées de sols sombres épais (1 m) sur un manteau latéritique (Cap à la Chèvre, 29) (Schroëtter et Blaise, 2015)	29
Illustration 26 - Sous-cavage (A : secteur Saint-Coulomb, 35 ; B : Plouha, 22) (Schroëtter et Blaise, 2015)	30
Illustration 27 - Effondrement sur la bordure nord de l'anse de Dinan (Camaret, 29) (Schroëtter et Blaise, 2015)	30
Illustration 28 – Topographie du secteur de Saint-Quay-Portrieux (données RGE-Alti ©IGN) ...	31
Illustration 29 – Topographie du littoral et position du niveau des plus hautes mers astronomiques (en rouge : 6,68 m NGF) et du niveau moyen (en bleu : 0,47 m NGF) (d'après les données RGE-Alti ©IGN)	32
Illustration 30 – Carte des pentes supérieures à 30° sur la partie Nord de la commune de Saint-Quay-Portrieux ; les zones rouges correspondent aux pentes supérieures à 70° (d'après les données RGE-Alti ©IGN)	33
Illustration 31 – Carte des pentes supérieures à 30° sur la partie Sud de la commune de Saint-Quay-Portrieux ; les zones rouges correspondent aux pentes supérieures à 70° (d'après les données RGE-Alti ©IGN)	34
Illustration 32 – Géomorphologie du trait de côte (support de l'information : trait de côte Histolitt v2 du SHOM) (revu et affiné d'après Schroëtter et Blaise, 2015)	35
Illustration 33 – Répartition de la nature du trait de côte de Saint-Quay-Portrieux tel que présentée à l'illustration 32	36
Illustration 34 – Synthèse des études disponibles sur les falaises de Saint-Quay-Portrieux.....	36
Illustration 35 – Définition d'un « indice d'état » des désordres (d'après Paraire, 2000)	37
Illustration 36 – Sectorisation du littoral de Saint-Quay-Portrieux et hiérarchisation des désordres constatés par l'étude du LRPC en 2000 ; les 4 désordres entourés en noir ont été jugés graves (d'après Paraire, 2000).....	38
Illustration 37 – Synthèse des enjeux et des désordres le long du littoral communal (Meignan, 2003)	39

Illustration 38 – Propositions de principes de parades (actives et/ou passives) le long du littoral communal avec leurs priorités (U = urgent, puis phases A, B et C) (Meignan, 2003)	39
Illustration 39 – Propositions de parades selon les compartiments (Roy, 2008)	40
Illustration 40 – Sectorisation du littoral dans l'étude du LRPC (2011) (d'après Le Maitre, 2011) 41	
Illustration 41 – Carte des formations superficielles et des structures au niveau du littoral de Saint-Quay-Portrieux et position de certains profils illustrés par la suite	44
Illustration 42 – Mouvements de terrain recensés sur la commune de Saint-Quay-Portrieux	45
Illustration 43 – Localisation des linéaires analysés dans la suite du chapitre 4	47
Illustration 44 – Profil et structure de la falaise au niveau du Châtelet (secteur noté 1 à l'illustration 41)	48
Illustration 45 – Découpage de la falaise par la fracturation pouvant mener à la désolidarisation de blocs au niveau du Châtelet	48
Illustration 46 – Glissements de terrain superficiels (secteur noté 1 à l'illustration 41)	49
Illustration 47 – Schéma structural des falaises dans le secteur du filon de dolérite (secteur noté 2 à l'illustration 41)	49
Illustration 48 – Aspect de la falaise de dolérite altérée (secteur noté 2 à l'illustration 41)	50
Illustration 49 – Aperçu de glissements de terrain superficiels susceptibles d'approcher du sentier littoral au Nord-Ouest de la Grève de Fonteny	50
Illustration 50 – Exemple d'une « encoche d'érosion » liée à la structure de la falaise et s'approchant du sentier au Nord-Ouest de la Grève de Fonteny.....	51
Illustration 51 – Aperçu des falaises dans la partie Nord de la Grève de Fonteny (secteur noté 3 à l'illustration 41)	51
Illustration 52 – Aperçu général de la falaise Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain ..	52
Illustration 53 – Aperçu de quelques confortements sur la falaise Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain : Pilier béton soutenant un surplomb, filets plaqués, écran béton, passerelle reposant sur des piliers béton	52
Illustration 54 – Aperçu de dépôts meubles sur une grande épaisseur dans la falaise Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain	53
Illustration 55 – Altération et végétation sur la falaise Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain	53
Illustration 56 – Vues du plan de faille orienté N150° recoupant le sentier au Sud de la passerelle	54
Illustration 57 - Profil et structure de la falaise au Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain (secteur noté 4 à l'illustration 41).....	54
Illustration 58 – Vue générale de la falaise Sud de l'Anse de Fonteny, depuis le Nord.....	56
Illustration 59 – Vue du mur en béton depuis le haut de la falaise	56
Illustration 60 – Pointe du Roc Celtic : Désordres en surface dans le jardin à l'extrémité de la pointe (à gauche) et présence d'un sous cavage sous cette pointe (à droite).....	57
Illustration 61 – Aperçu de la grotte Est de l'Isnain (la grotte Ouest se trouvant dans le creux sur la gauche de la photo)	57
Illustration 62 – Vue des grottes de l'Isnain depuis le Sud sur une carte postale ancienne (en haut), en 2011 (en bas à gauche) et en 2018 (en bas à droite)	58
Illustration 63 – Traces d'érosion au niveau du blockhaus et de la maison en tête de falaise sur la façade Nord de la Pointe de l'Isnain	59

Illustration 64 – Vue générale de la falaise à l'Ouest de la Pointe du Sémaphore	59
Illustration 65 – Aperçu de divers confortements sur la partie Ouest de la Pointe du Sémaphore, depuis l'accès à la Plage du Châtelet et en direction de la Pointe du Sémaphore	60
Illustration 66 - Profil et structure de la falaise à l'Ouest de la Pointe du Sémaphore (secteur noté 6 à l'illustration 41)	60
Illustration 67 – Grillages plaqués en partie Nord de l'Est de la Pointe du Sémaphore – Comtesse, vus depuis le Nord	61
Illustration 68 - Grillages plaqués en partie Nord de l'Est de la Pointe du Sémaphore – Comtesse, vus depuis le Sud	62
Illustration 69 – Cicatrice de glissement de terrain au Nord de l'escalier d'accès à la grève	62
Illustration 70 – Confortement par écran béton et protection contre la mer en pied de falaise au niveau de l'Hôtel Ker Moor, côté Nord de l'escalier d'accès à la grève	63
Illustration 71 – Aperçu de l'éperon rocheux altéré supportant l'escalier d'accès à la grève et du glissement de terrain de Mars 2016 en partie gauche (en 2016)	64
Illustration 72 - Profil et structure de la falaise à l'Est de la Pointe du Sémaphore - Comtesse (secteur noté 7 à l'illustration 41)	64
Illustration 73 – Aperçu de la falaise sous l'Hôtel Ker Moor, au Sud de l'escalier d'accès à la grève, avant et après le glissement de terrain de Mars 2016 (photographie de 2011 en haut et de 2016 en bas)	65
Illustration 74 – Confortement du glissement de terrain de Mars 2016 sous l'Hôtel Ker Moor ...	66
Illustration 75 – Aperçu des falaises et des confortements entre le port et la Plage de la Comtesse	67
Illustration 76 – Hiérarchisation des priorités pour le suivi et le confortement des falaises de Saint-Quay-Portrieux	69
Illustration 77 – Aperçu du tableur pour la planification des travaux dans le secteur de Fonteny	70

1. Contexte

Suite à un important glissement de terrain survenu en Mars 2016 au niveau de la falaise entre l'Hôtel Ker Moor et l'île de la Comtesse, et ayant occasionné un important recul de la tête de la falaise, le BRGM était intervenu pour une visite sur site et un avis sur les mesures à prendre (Schroëtter, 2016). A la suite de cet événement, la ville de Saint-Quay-Portrieux a sollicité un appui du BRGM pour un diagnostic des falaises de la commune, afin de pouvoir mieux anticiper et planifier les coûts des travaux nécessaires au confortement des falaises. Cet appui fait l'objet du présent rapport.

1.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DE SAINT-QUAY-PORTRIEUX

La commune de Saint-Quay-Portrieux est une commune littorale du département des Côtes d'Armor (22), localisée sur la bordure occidentale de la Baie de Saint-Brieuc (Illustration 1).

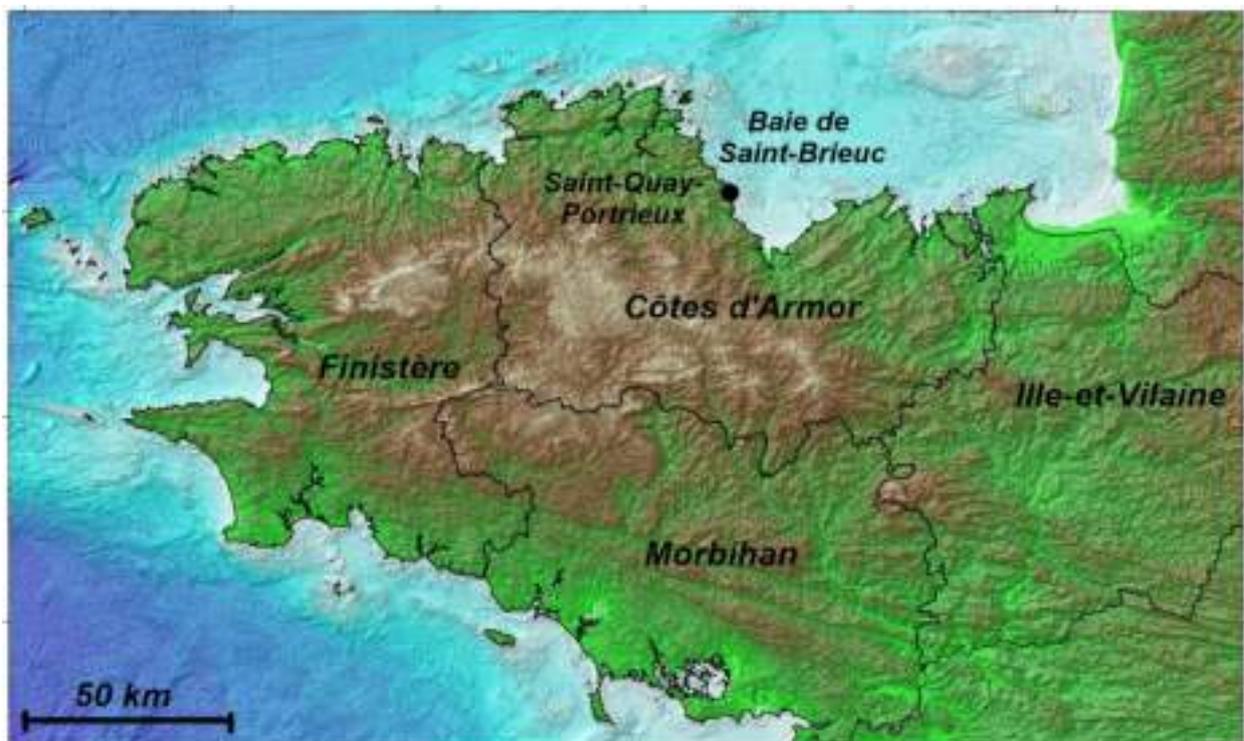


Illustration 1 – Localisation de la commune de Saint-Quay-Portrieux dans la Baie de Saint-Brieuc

D'une superficie modérée (3,9 km²), la commune de Saint-Quay-Portrieux constitue une station balnéaire assez densément urbanisée. Située approximativement à mi-chemin entre les pôles urbains que constituent les villes de Saint-Brieuc et de Paimpol, la commune compte près de 3 000 habitants, soit une densité de population de l'ordre de 750 habitants/km², largement supérieure à la moyenne nationale. La principale activité économique est le tourisme (un peu plus de la moitié des logements correspondent ainsi à des résidences secondaires), mais Saint-Quay-Portrieux reste un port de pêche important (6^{ème} port de France), notamment à travers l'exploitation des gisements de coquilles Saint-Jacques de la Baie de Saint-Brieuc. Saint-Quay-Portrieux dispose ainsi de l'un des rares ports en eau profonde de la côte Nord de la Bretagne.

1.2. CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

Comme l'essentiel du Massif Armoricain, le sous-sol de la commune de Saint-Quay-Portrieux est constitué de roches de socle cristallin (roches métamorphiques ou magmatiques).

La géologie de Saint-Quay-Portrieux présente toutefois la spécificité d'être en grande partie représentée par des gabbros (Formation des Diorites et gabbros de Saint-Quay-Portrieux), roches plutoniques magmatiques composées essentiellement de pyroxènes et de feldspaths.

Du fait de leurs propriétés physico-chimiques, ces roches s'avèrent relativement facilement altérables¹ (Illustration 2). Les matériaux issus de l'altération des gabbros de Saint-Quay-Portrieux ont été partiellement représentés sur la carte géologique au 1/50 000 du secteur (Illustration 3), et les reconnaissances de terrain lors de la présente étude ont permis de préciser cette représentation (paragraphe 3.1).

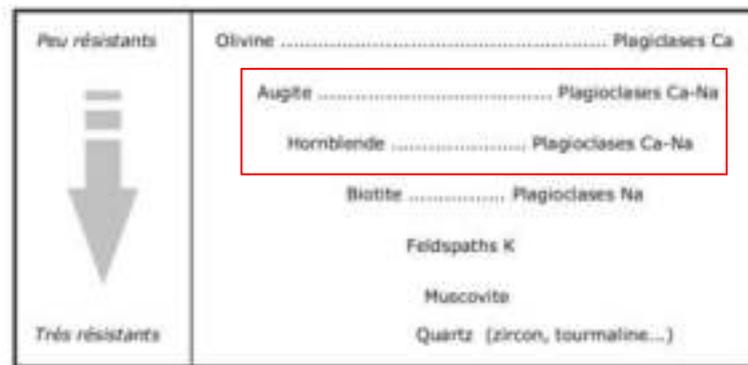


Illustration 2 – Ordre de résistance des minéraux à l'altération (Goldich, 1938). Les minéraux encadrés en rouge indiquent la position des diorites et gabbros dans l'échelle de résistance des minéraux.

¹ L'altération correspond au phénomène de dégradation de la roche sous l'effet notamment des conditions météorologiques telles que la pluviométrie et le gel, conduisant à l'apparition de matériaux meubles, facilement mobilisables et érodables. Ces matériaux peuvent être plus ou moins grossiers (type sables et arènes) ou fins (type argiles) selon le degré d'altération.

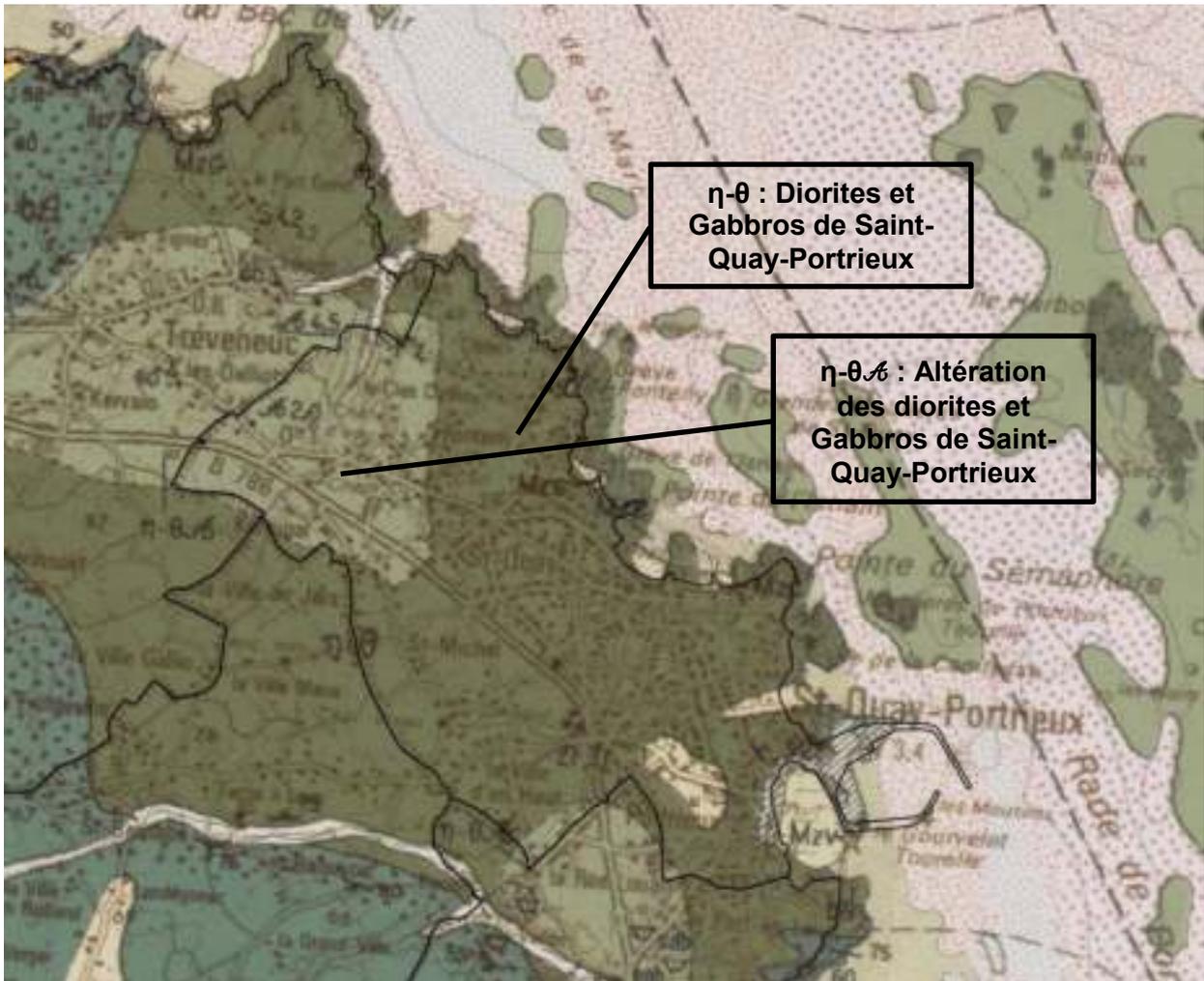


Illustration 3 – Extrait de la carte géologique au 1/50 000 (Feuille n°204, Pontrieux - Etables-sur-Mer). La formation marron notée $\eta-\theta$ correspond aux Diorites et Gabbros de Saint-Quay-Portrieux, la formation notée $\eta-\theta/\alpha$ correspondant à l'altération de la précédente.

D'un point de vue géomorphologique, alors que la bordure orientale de la Baie de Saint-Brieuc se caractérise par des pointes rocheuses potentiellement élevées (Cap Fréhel à 60-70 m NGF, Cap d'Erquy à 40-50 m NGF...) séparées par quelques secteurs bas (estuaires et massifs dunaires), la façade occidentale de la Baie de Saint-Brieuc se caractérise plutôt par des côtes rocheuses hautes, à l'image des falaises de Plouha (plus hautes falaises de Bretagne, atteignant 100 m de hauteur), mais aussi des falaises de moindre hauteur mais très altérées à Saint-Quay-Portrieux, ce qui en fait un des rares cas en Bretagne avec Pénestin (56).

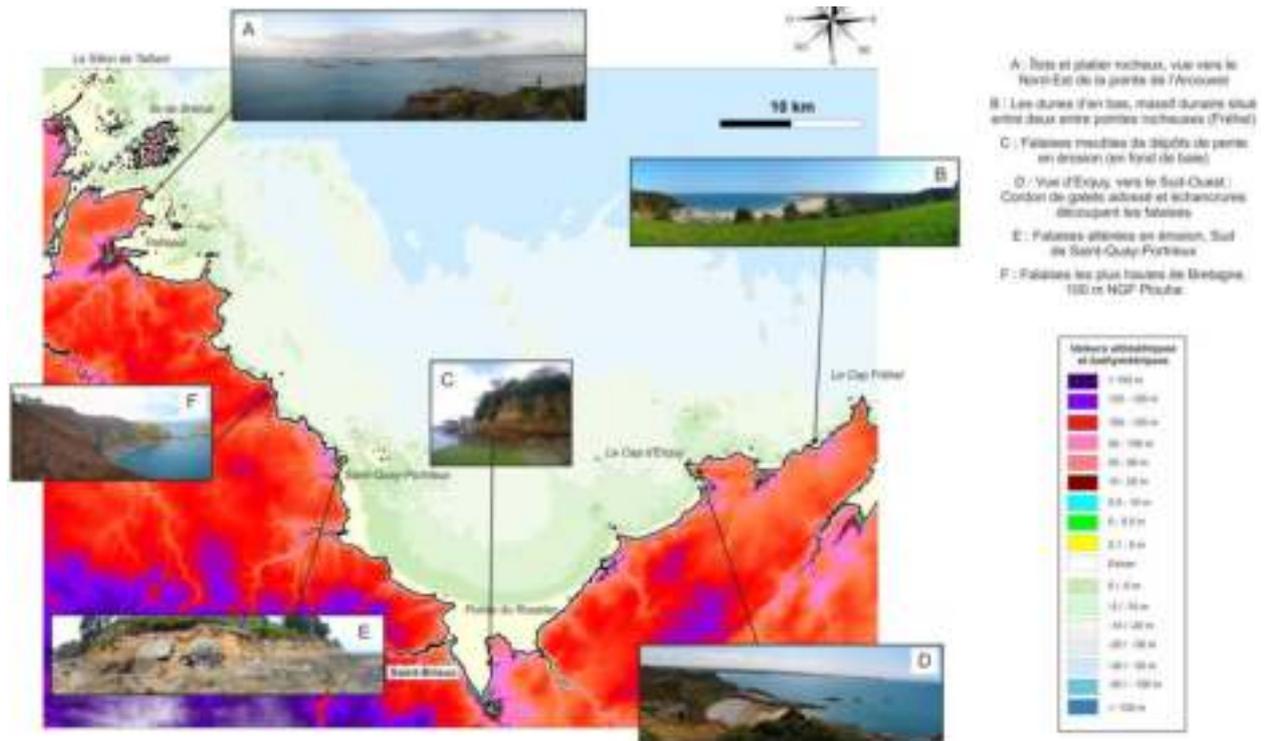


Illustration 4 – Aperçu de la géomorphologie du littoral de la Baie de Saint-Brieuc (Schroëtter et Blaise, 2015)

1.3. CONTEXTE METEOROLOGIQUE

Si les Côtes d'Armor se caractérisent par un climat océanique relativement doux et tempéré, des nuances peuvent être distinguées à l'échelle du département. En effet, l'intérieur du département (Sud) subit des influences plus continentales et moins océaniques, avec des hivers plus frais, des étés chauds et des pluies restant modérées, à l'exception toutefois de l'extrémité Sud-Ouest, dans les Monts d'Arrée, où la chaleur reste rare et les pluies importantes. Sur la frange littorale, le climat océanique est venté, avec des étés frais (devenant plus cléments vers l'Est) et des hivers doux, accompagnés de précipitations globalement moyennes.

La baie de Saint-Brieuc se caractérise ainsi par des précipitations assez fréquentes, mais généralement courtes et peu abondantes. Les variations de température (diurne/nocturne, journalières et saisonnières) restent modérées, grâce à l'influence maritime.

Ainsi, au niveau de la station météorologique de Saint-Brieuc (Illustration 5), l'amplitude des variations de températures mensuelles reste modérée, de l'ordre de 18°C. Si l'ensoleillement est assez variable suivant les saisons (d'une soixantaine d'heures par mois en Décembre-Janvier à près de 200 heures par mois en Juin Juillet), la répartition des précipitations au cours de l'année reste modérément contrastée (de 40 à 45 mm/mois durant les mois d'été à 80 à 90 mm/mois entre l'automne et l'hiver).

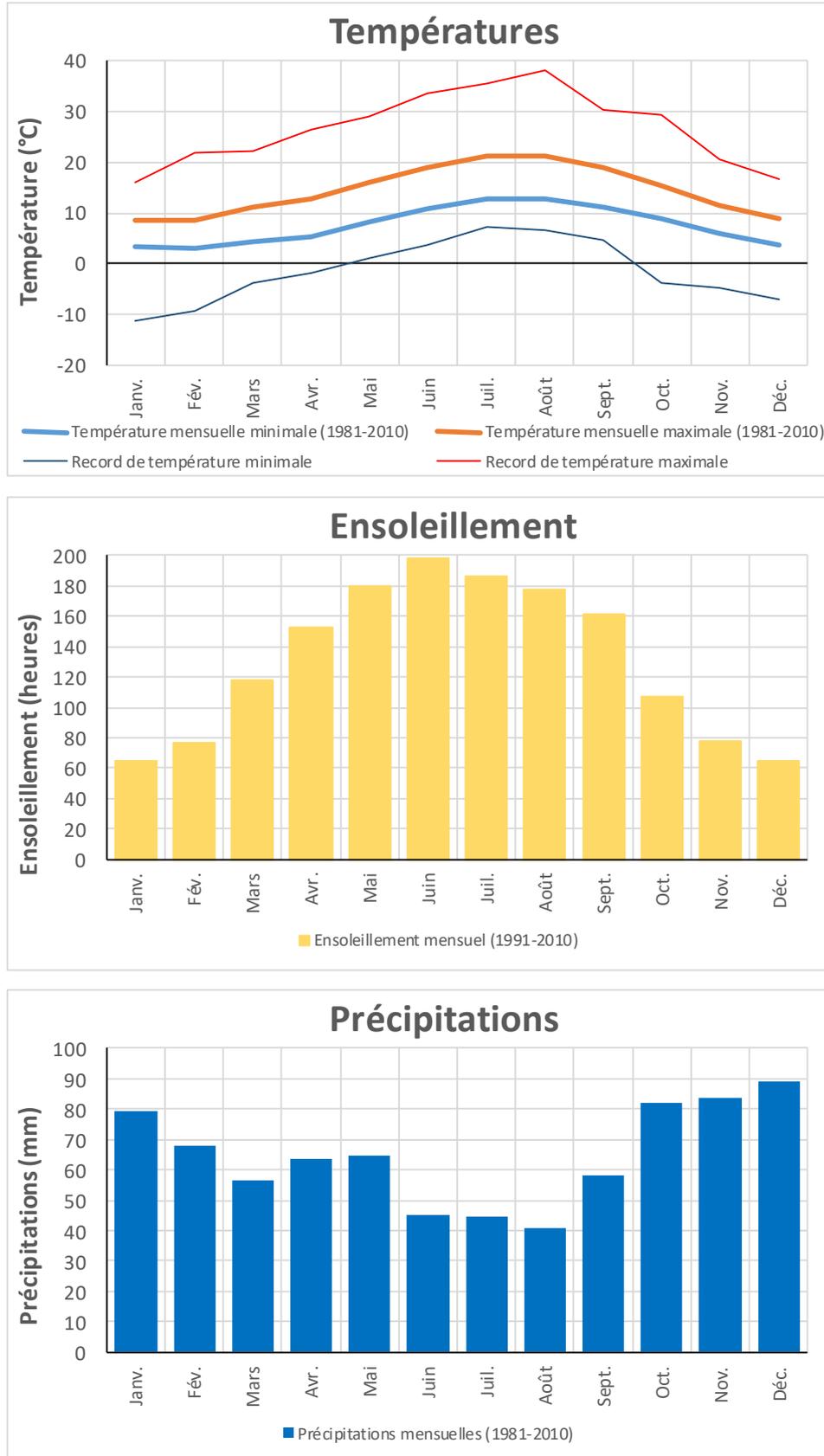


Illustration 5 – Caractéristiques météorologiques normales (Températures, Ensoleillement, Précipitations) de la station de Saint-Brieuc (Données Météo France)

1.4. CONTEXTE OCEANOGRAPHIQUE

1.4.1. Courants et régime de marée

La Manche, tout comme la façade atlantique de la France métropolitaine, est soumise à un régime de marée macrotidal semi-diurne (marnage supérieur à 4 m, deux basses-mers et deux pleines-mers d'amplitude similaires par jour). En Manche, l'onde de marée se propage depuis l'Océan Atlantique à l'Ouest vers la Mer du Nord au Nord-Est, générant des marnages particulièrement importants (la Baie du Mont-Saint-Michel présente ainsi des marnages parmi les plus importants au monde, pouvant dépasser les 13 à 14 m).

Au niveau de Saint-Quay-Portrieux, le marnage maximal (différence entre les plus hautes et les plus basses mers astronomiques) est ainsi de 12,5 m (SHOM, 2014), et la marée présente un « retard » de 1 à 2 heures par rapport au port de Brest (ce déphasage étant causé par le temps de propagation de la marée dans la Manche).

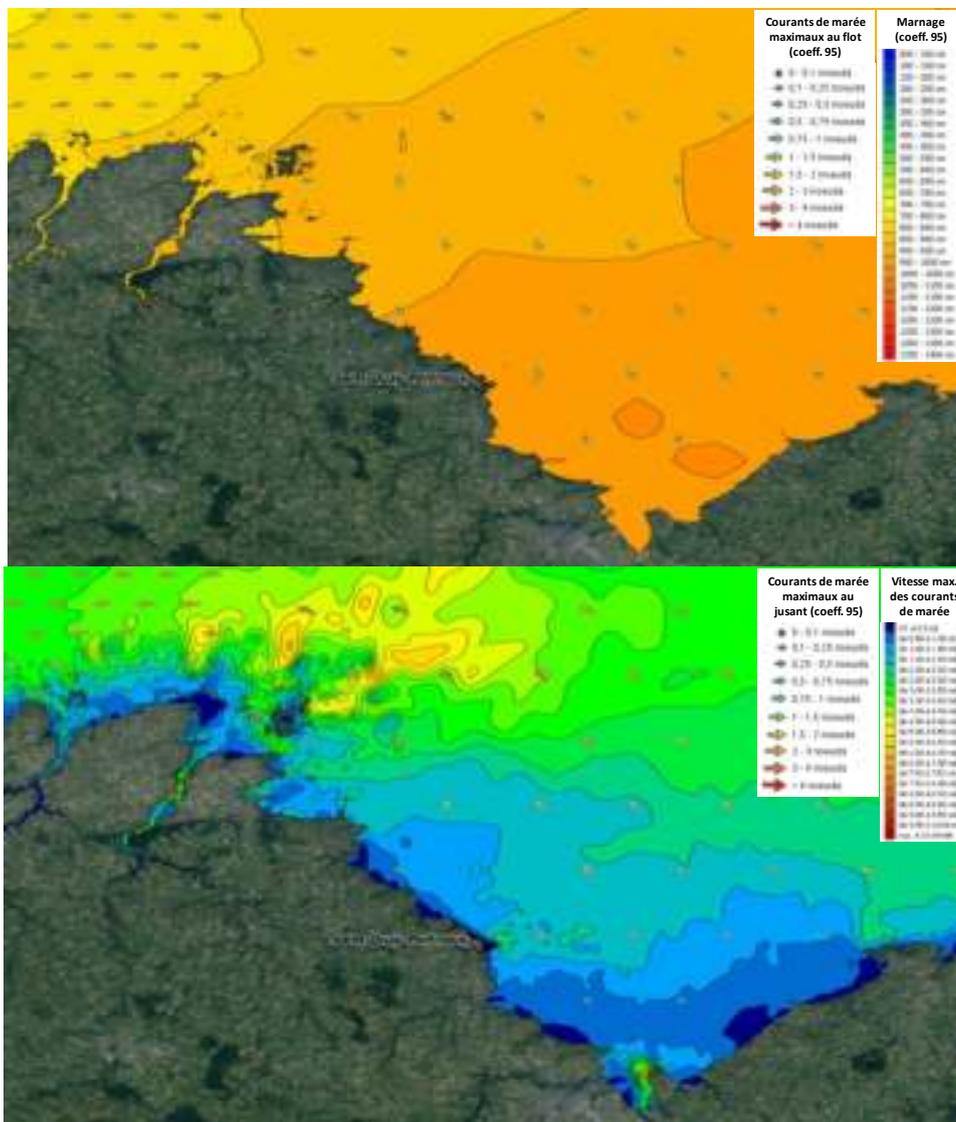


Illustration 6 – Marée au niveau de la Baie de Saint-Brieuc pour un coefficient de 95 : Courants de marée au maximum du flot et marnage (en haut), Courants de marée au maximum du jusant et vitesse maximale des courants de marée (en bas) (d'après data.shom.fr)

Du fait de la position abritée de la Baie de Saint-Brieuc, les courants de marée y restent modérés, typiquement inférieurs à 2 nœuds (Illustration 6). Au niveau de Saint-Quay-Portrieux, les courants de marée sont quasi-alternatifs selon le moment de la marée (orientés vers le Sud-Est à marée montante et vers le Nord-Ouest à marée descendante), avec des vitesses restant faibles le long de la côte (typiquement inférieures à 1 nœud), sauf à l'extrémité du port où ils peuvent s'accélérer à plus de 2 nœuds, de par la concentration des courants entre l'extrémité des jetées vers le large (construites entre 1988 et 1990) et les Roches de Saint-Quay.

1.4.2. Niveaux marins et surcotes

Le port de Saint-Quay-Portrieux dispose depuis Octobre 2018 d'un marégraphe installé par le SHOM, qui permettra à l'avenir une meilleure caractérisation des niveaux marins dans la baie de Saint-Brieuc. En effet, jusqu'à présent, les mesures marégraphiques les plus proches disponibles étaient celles de Saint-Malo et de Roscoff.

Dans les Références Altimétriques Maritimes, publiées par le SHOM (2014), Saint-Quay-Portrieux constitue un port secondaire, rattaché au port de référence de Saint-Malo. Les caractéristiques du port indiquent, outre un marnage astronomique maximal de 12,5 m, que le niveau des plus hautes mers astronomiques à Saint-Quay-Portrieux atteint 12,59 m cote marine (soit 6,682 m NGF), pour un niveau moyen à 6,38 m cote marine (soit 0,472 m NGF).

Outre les effets de la marée, le niveau marin est composé de surcotes provenant de la combinaison (Illustration 7) :

- des effets météorologiques, i-e la surcote atmosphérique, générée par la chute de pression lors du passage d'une dépression et l'action du vent ;
- des effets liées aux vagues (*wave setup*), le déferlement des vagues pouvant générer une surcote locale, notamment le long de la côte.

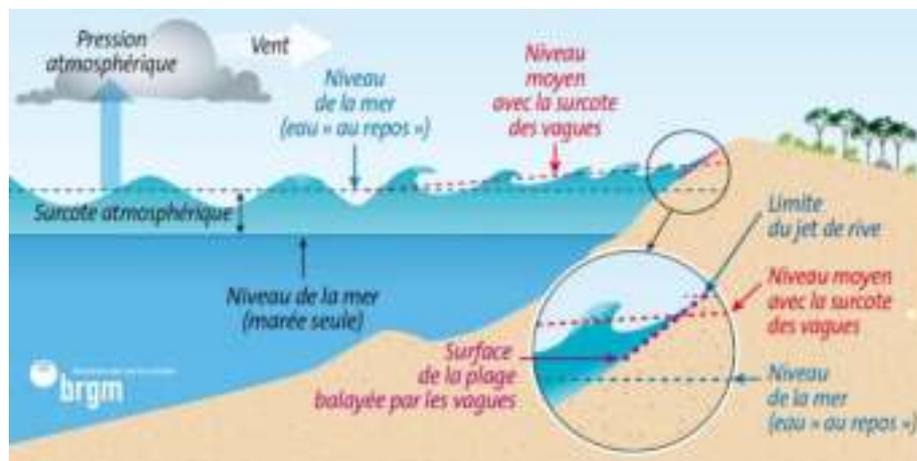


Illustration 7 - Schéma des différentes contributions au niveau du plan d'eau lors d'une tempête (surcotes) jusqu'au rivage.

La conjugaison de la surcote atmosphérique et de la surcote liée aux vagues avec des forts coefficients de marées et/ou des pleines mers, peut considérablement surélever l'altitude du plan d'eau, conduisant à des niveaux extrêmes qui peuvent aggraver les aléas côtiers (submersion et érosion marines).

Les statistiques des niveaux marins extrêmes ont été calculées par le SHOM (SHOM-CETMEF, 2012) au niveau des ports de référence (en intégrant également des données de sites

secondaires), comme illustré à l'illustration 8. Les caractéristiques issues de l'interpolation de ces résultats au niveau de Saint-Quay-Portrieux sont résumées à l'illustration 9. Ces chiffres montrent que le niveau marin centennal au niveau de Saint-Quay-Portrieux se trouve environ 30 cm au-dessus du niveau des plus hautes mers astronomiques.

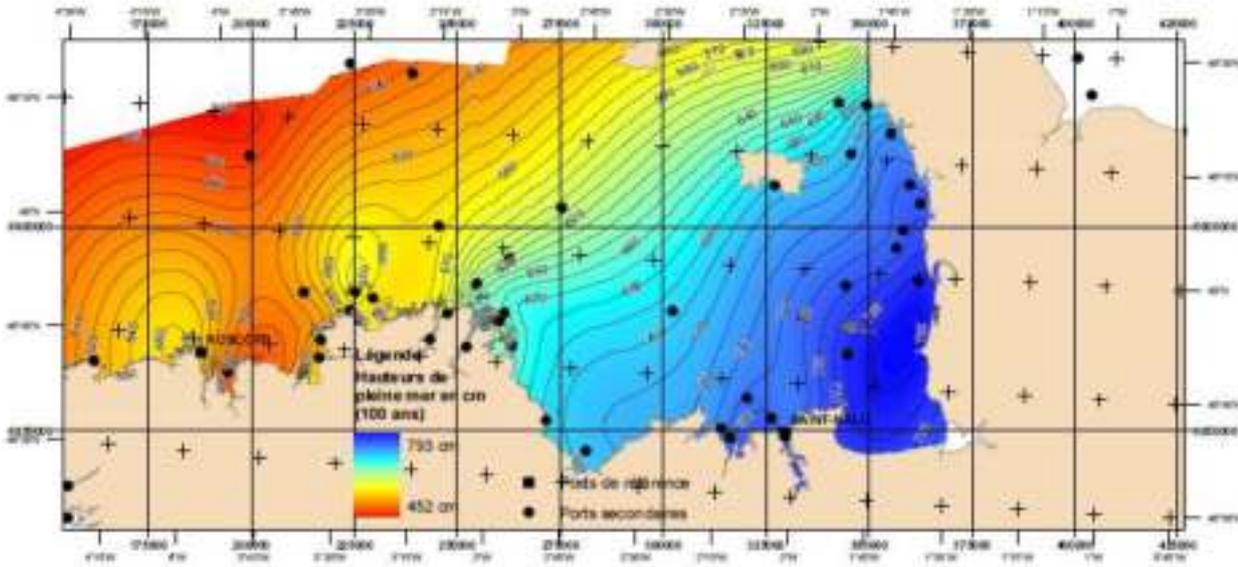


Illustration 8 – Niveaux extrêmes de pleine mer pour une période de retour centennale au niveau de la Bretagne Nord (SHOM-CETMEF, 2012)

Période de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Niveau marin (m NGF)	6.70	6.80	6.85	6.95

Illustration 9 - Niveaux extrêmes de pleines mers (en m NGF) à Saint-Quay-Portrieux (SHOM-CETMEF, 2012)

1.4.3. Vagues

La configuration et l'orientation de la partie occidentale de la Manche conduit assez logiquement à une relative protection des côtes contre les houles générées dans l'Atlantique, par comparaison avec des secteurs plus directement exposés comme par exemple la pointe bretonne. Les hauteurs significatives centennales² des vagues estimées au large par Bulteau et al. (2013) apparaissent ainsi comme étant de l'ordre de 8 à 12 m au large des Côtes d'Armor, et plus précisément de l'ordre de 8,5 à 10,5 m au large de la baie de Saint-Brieuc (Illustration 10).

² La hauteur significative des vagues est une caractéristique statistique des vagues en un point, correspondant à la hauteur moyenne (crête à creux) du tiers des plus fortes vagues en ce point. Issue d'une analyse probabiliste, la hauteur significative centennale correspond à la hauteur significative qui a tous les ans une chance sur 100 de se produire.

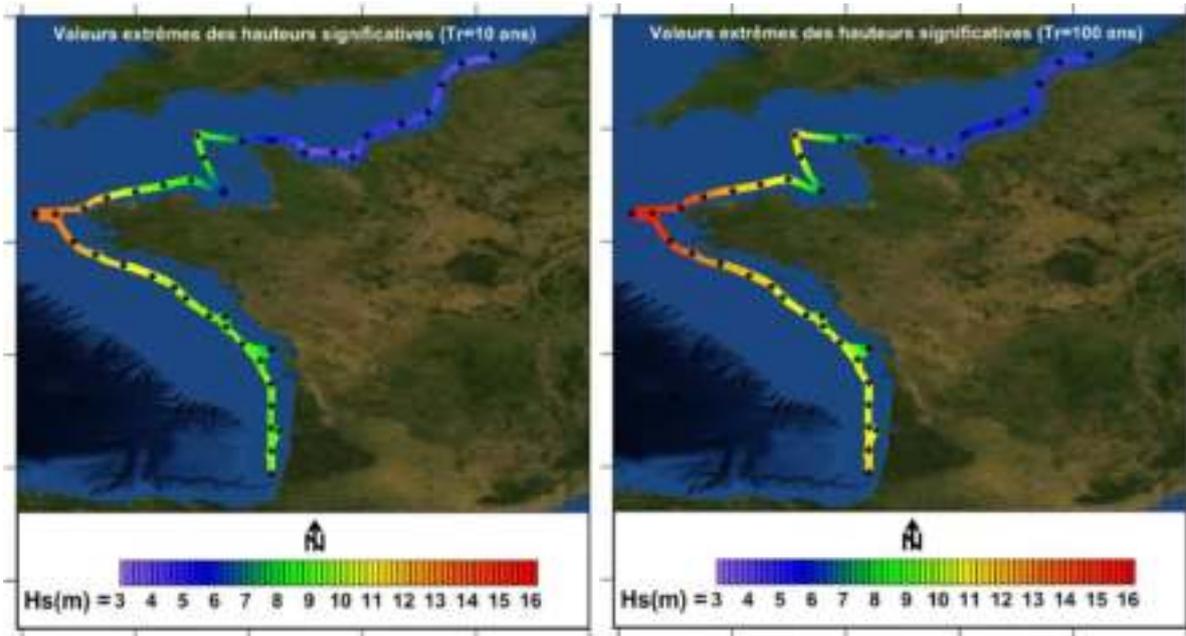


Illustration 10 – Hauteurs significatives des vagues au large pour des périodes de retour de 10 ans (à gauche) et 100 ans (à droite) estimées à partir de la base BoBWA (Charles et al., 2012) sur la période 1958-2001 à pas de temps 6 heures (d'après Bulteau et al., 2013)

Les vagues au large de la baie de Saint-Brieuc (Illustration 11) sont principalement soumises à un régime généré par des flux dépressionnaires d'Ouest issus de l'Atlantique Nord. Ainsi, les houles les plus fréquentes et les plus fortes (pouvant atteindre régulièrement des hauteurs significatives de 6 à 8 m) sont observées en période hivernale (Illustration 12), et proviennent généralement globalement de l'Ouest, les houles du Nord et du Nord-Est (en provenance de l'autre extrémité de la Manche) restant plus rares et moins importantes (hauteurs significatives n'excédant que rarement 2 à 3 m).

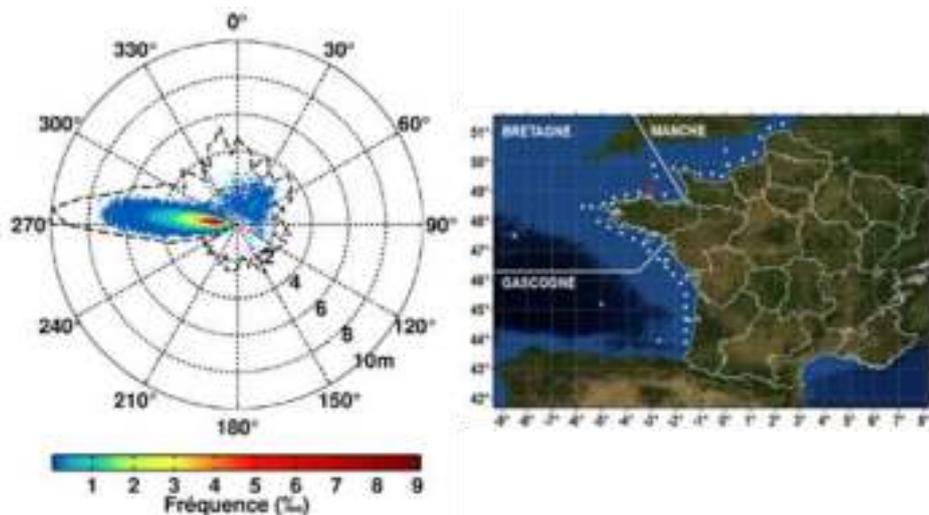


Illustration 11 - Rose des vagues au large du Sillon du Talbert (point rouge sur la carte de droite), à partir de la base BoBWA (Charles et al., 2012) sur la période 1958-2001 à pas de temps 6 heures (d'après Bulteau et al., 2013). La valeur de Hs se lit sur l'axe radial. L'enveloppe des points de la série temporelle est représentée par la ligne noire en pointillés. La fréquence d'occurrence des couples (Hs,Dp) est représentée par l'échelle de couleur (min=0,02 ‰). Dp est en convention nautique (i.e. provenance des vagues par rapport au Nord).

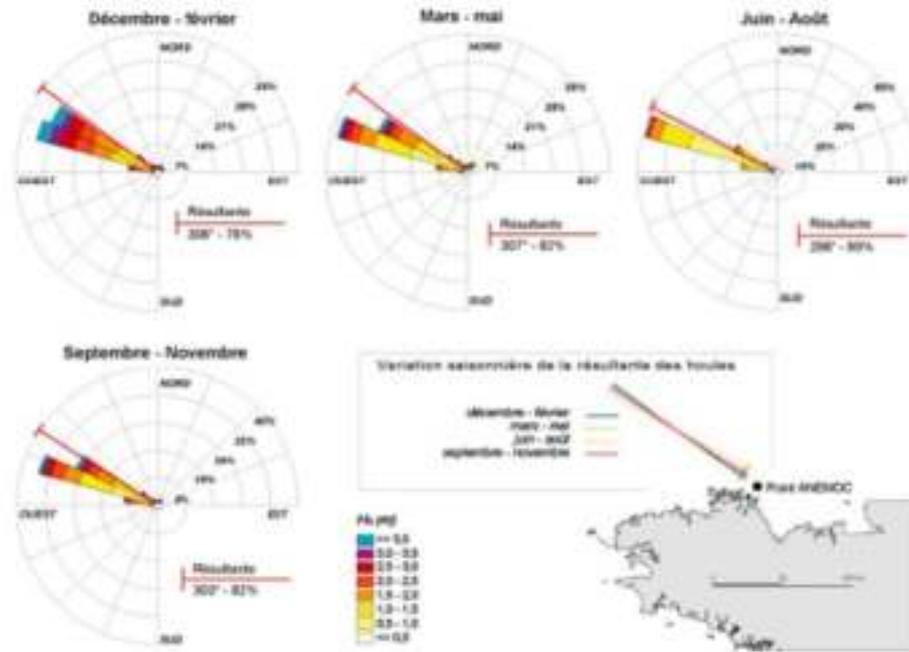


Illustration 12 – Saisonnalité des conditions de houle au large du Sillon du Talbert d’après la base de ANEMOC sur la période 1979-2002 (Stéphan, 2009)

En entrant en baie de Saint-Brieuc, les vagues vont subir des phénomènes de réfraction qui vont leur permettre de se diffuser à l’intérieur de la baie jusqu’à venir sensiblement orthogonales aux côtes. Pour ce qui concerne le littoral ouest de la baie de Saint-Brieuc, ces houles d’Ouest provenant de l’Atlantique vont donc se réorienter de manière très importante, diffusant ainsi leur énergie dans la baie, comme illustré à l’Illustration 13. Les vagues qui atteignent Saint-Quay-Portrieux sont donc sensiblement atténuées, ce qui explique que la commune reste relativement épargnée par des impacts importants directs de vagues, comme cela peut être observé dans des secteurs plus exposés (Finistère Sud, Golfe de Gascogne...).

même repris dans le cadre de la présente étude, le détail de ces événements de la BDMVT n'est pas détaillé par la suite.



Illustration 14 – Mouvements de terrain recensés sur la commune de Saint-Quay-Portrieux dans la BDMVT (d'après www.georisques.gouv.fr)

1.5.2. Recul du trait de côte

De par sa nature rocheuse, le trait de côte de la commune de Saint-Quay-Portrieux s'avère relativement peu mobile : l'accrétion n'est possible que sur les plages ou par des actions anthropiques (par exemple la création du port en eaux profondes entre 1988 et 1990), et la dynamique de recul des falaises reste modérée, même dans les secteurs où la roche est fortement altérée.

Ainsi, quelques photographies aériennes anciennes de 1930 ont été comparées aux Ortholittorales récentes (illustrations 15 et 16) : le recul des falaises est ainsi perceptible sur certains sites spécifiques, mais sa quantification nécessiterait le calage précis des photographies aériennes anciennes, ce qui dépasse le cadre de la présente étude.



Illustration 15 – Comparaison d'une photographie aérienne du 23/10/1930 (à gauche, remonterletemps.ign.fr) et de l'Ortholittorale V2 (à droite, prise de vue du 22/08/2013, www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr) au niveau de l'Hôtel Ker Moor et de l'Île de la Comtesse



Illustration 16 - Comparaison d'une photographie aérienne du 23/10/1930 (à gauche, remonterletemps.ign.fr) et de l'Ortholittorale V2 (à droite, prise de vue du 22/08/2013, www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr) au niveau de l'Anse de Fonteny

Ces faibles vitesses de recul sont confirmées par la comparaison des traits de côte en 1952 et en 2008, période pour laquelle l'Indicateur National d'Erosion côtière (INE) indique une mobilité du trait de côte non perceptible en dehors des zones aménagées.



Illustration 17 – Indicateur national de l'érosion côtière (INE, www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr) au niveau de Saint-Quay-Portrieux

1.5.3. Impacts de tempêtes

Dans le cadre de l'Atlas des aléas littoraux des départements d'Ille-et-Vilaine, des Côtes d'Armor et du Finistère (Schroëtter et Blaise, 2015), le BRGM a réalisé pour le compte de la DREAL Bretagne une base de données des impacts littoraux de tempête sur ces 3 départements, base de données ensuite actualisée dans le cadre de l'extension de cet atlas au département du Morbihan (Le Roy et al., à paraître).

Cette base de données recense sur Saint-Quay-Portrieux un certain nombre d'événements (Illustration 18) :

- 23 Novembre 1824 : dégâts sur la digue (avant la construction du port en eau profonde) ;
- 26 Mars 1826 : dégâts sur la digue (avant la construction du port en eau profonde) ;
- 15 Février 1855 : dommages à l'enrochement et au parapet de la jetée du port (avant la construction du port en eau profonde) ;
- Novembre 1862 : Avaries au port ;
- 12 Février 1870 : 2 brèches dans la jetée du port (avant la construction du port en eau profonde) ;
- 22 Mars 1906 : Franchissements sur la digue (avant la construction du port en eau profonde) ;
- 05 Mars 1912 : cabines de plage emportées ;
- 10 Janvier 1978 : sérieux dommages sur le front de mer (sans localisation ou détails plus précis), destruction du casino par la mer (Illustration 19) et bateaux coulés dans le port ;
- 20 Février 1996 : dommages à l'enrochement de la cale d'accès à la plage de la Comtesse, et pêcheurs empêchés de sortir en mer.



Illustration 18 – Localisation des dommages liés aux tempêtes recensés sur la commune de Saint-Quay-Portrieux



Illustration 19 – Carte postale montrant des franchissements de vague sur la digue lors de la tempête du 22/03/1906 (www.delcampe.net) et photo de presse du casino écroulé après la tempête du 10 Janvier 1978 (Ouest France)

Toutefois, aucun de ces événements liés à des phénomènes tempétueux n'a pu être à ce jour mis en relation avec des mouvements de terrain au niveau des falaises de Saint-Quay-Portrieux.

1.6. CONTEXTE DE L'ETUDE

Entre les 23 et 24 mars 2016, un important glissement de terrain s'est produit au niveau de la tête de la falaise entre l'Hôtel Ker Moor et l'île de la Comtesse (Illustration 20). Ce glissement de

terrain, d'un volume estimé à quelques centaines de m³, a occasionné un recul de 6 à 10 m de la tête de la falaise, faisant disparaître une partie du sentier du littoral. A la demande de la DDTM des Côtes d'Armor, le BRGM a effectué une visite sur site afin d'émettre un avis sur les mesures à prendre (Schroëtter, 2016). L'origine de l'événement a été attribuée essentiellement à la lithologie de la falaise (falaise meuble constituée de dépôts de pente surmontant les gabbros eux-mêmes altérés), combinée à des facteurs négatifs tels que la présence de la mer (qui peut nettoyer les matériaux glissés et empêcher ainsi d'atteindre une pente d'équilibre) et des rejets du réseau du réseau d'eau pluviale (a priori la période du glissement étant intervenue en l'absence de précipitations, mais des pluies importantes étant survenues 2 semaines auparavant).

D'importants travaux ont par la suite été nécessaires afin de conforter cette portion de falaise (étude et reconnaissances géotechniques, purge et reprofilage, installation d'un grillage cloué, déplacement de la Stèle du Viking qui était installée à proximité immédiate du glissement). La ville de Saint-Quay-Portrieux a donc demandé au BRGM un appui pour un diagnostic des falaises de la commune, afin de pouvoir mieux anticiper et planifier les coûts des travaux nécessaires au confortement des falaises. Cet appui fait l'objet du présent rapport.



Illustration 20 – Aperçus du glissement de terrain du 23-24/03/2016 au niveau de l'Hôtel Ker Moor (Schroëtter, 2016)

2. Les falaises de Saint-Quay-Portrieux

2.1. RAPPELS SUR LA TYPOLOGIE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

La typologie des mouvements de terrain affectant les falaises littorales est issue de Schroëtter et Blaise (2015), et s'appuie sur la nomenclature nationale utilisée lors des inventaires départementaux des mouvements de terrain. Les critères de définition concernent à la fois le type de mécanisme de déformation, de rupture et de déplacement des matériaux et le type de matériaux déplacés.

2.1.1. Glissements de terrain

Les glissements de terrain correspondent à des déplacements de terrains le plus souvent meubles le long d'une surface de rupture (Illustration 21).

Les facteurs de prédisposition correspondent à des variations de lithologies depuis le sol jusqu'à des massifs fracturés ou des formations superficielles meubles. La géométrie du plan de glissement est fonction de la topographie.

Les facteurs aggravants sont souvent de fortes précipitations, et/ou des actions naturelles ou anthropiques en aval (par exemple l'action des vagues en pied de falaise qui déblayent les matériaux glissés/éboulés ou favorisent le sous-cavage) comme en amont (par exemple surcharge ou rejet d'eau pluviale).



Illustration 21 - Schéma de principe d'un glissement de terrain (Landevennec, 29) (Schroëtter et Blaise, 2015)

2.1.2. Glissements banc sur banc

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 (Illustration 22).

Les facteurs de prédisposition correspondent à différentes lithologies, mais ce type de phénomènes affecte 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, et/ou des actions naturelles ou anthropiques en aval (par exemple l'action des vagues en pied de falaise qui déblayent les matériaux glissés/éboulés ou favorisent le sous-cavage) comme en amont (par exemple surcharge ou rejet d'eau pluviale).



Illustration 22 - Schéma de principe d'un glissement banc sur banc (A : Binic, 22 ; B : Cap à la Chèvre, 29) (Schroëtter et Blaise, 2015)

2.1.3. Glissements de dièdres

Les glissements de dièdres (Illustration 23) 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 correspondent à différentes lithologies, mais ce type de phénomènes affecte 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, et/ou des actions naturelles ou anthropiques en aval (par exemple l'action des vagues en pied de falaise) comme en amont (par exemple surcharge ou rejet d'eau pluviale).



Illustration 23 - Schéma de principe d'un glissement de dièdres (A : Kerfany, 29 ; B : Plouha, 22) (Schroëtter et Blaise, 2015)

2.1.4. Éboulement, chute de blocs

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 (Illustration 24).

Les facteurs de prédisposition correspondent à la présence d'un massif rocheux, de conglomérats, et de nombreuses discontinuités, stratigraphiques ou tectoniques.

Les facteurs aggravants sont souvent de fortes précipitations, et/ou des actions naturelles ou anthropiques en aval (par exemple l'action des vagues en pied de falaise qui fragilisent le pied de versant voire favorisent le sous-cavage) comme en amont (par exemple surcharge ou rejet d'eau pluviale).



Illustration 24 - Schéma de principe d'un éboulement/Chute de blocs (A : Pointe du Van, 29 ; B : Planguenoual, 22) (Schroëtter et Blaise, 2015)

2.1.5. Ravinement

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, matériaux issus de l'altération des roches), des dépôts de pente ou une forte épaisseur de sols, par l'action des eaux météoritiques (Illustration 52).



Illustration 25 - Ravinement important des formations superficielles composées de sols sombres épais (1 m) sur un manteau latéritique (Cap à la Chèvre, 29) (Schroëtter et Blaise, 2015)

2.1.6. Sous-cavage

Le phénomène de sous-cavage ne correspond pas à un mouvement de terrain à strictement parler, mais constitue un facteur aggravant important vis-à-vis des mouvements de terrain. Le sous-cavage est essentiellement présent en pied de falaise. Il est essentiellement lié à l'action des vagues. Le sous-cavage emprunte différentes hétérogénéités de la formation géologique en

jeu, à partir du moment où celles-ci se situent au niveau de la mer. Il correspond au développement d'une érosion régressive frontale ou latérale, suivant des plans de fracturation, des plans de failles, des intrusions magmatiques mineures (filons de dolérites ou de quartz), des plans de stratification etc (Illustration 53).

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



Illustration 26 - Sous-cavage (A : secteur Saint-Coulomb, 35 ; B : Plouha, 22) (Schroëtter et Blaise, 2015)

2.1.7. Effondrement

Les effondrements sont la conséquence de l'évolution prononcée du phénomène précédent qui aboutit à la rupture du toit d'une cavité souterraine (Illustration 27) 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.

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



Illustration 27 - Effondrement sur la bordure nord de l'anse de Dinan (Camaret, 29) (Schroëtter et Blaise, 2015)

2.2. TOPOGRAPHIE

L'analyse de la topographie de Saint-Quay-Portrieux (Illustration 28) met en évidence la présence de 2 « plateaux » bien distincts :

- Un plateau élevé, sur une large partie Est de la commune, présentant des altitudes globalement supérieures à 40 m NGF, et pouvant dépasser les 60 m NGF ;

- Un plateau plus bas, entre le port et la grève de Fonteny, avec des altitudes plutôt de l'ordre de 20 à 30 m NGF, et recoupé par le vallon rejoignant la plage du Casino et la zone basse au niveau de la plage du Portrieux.

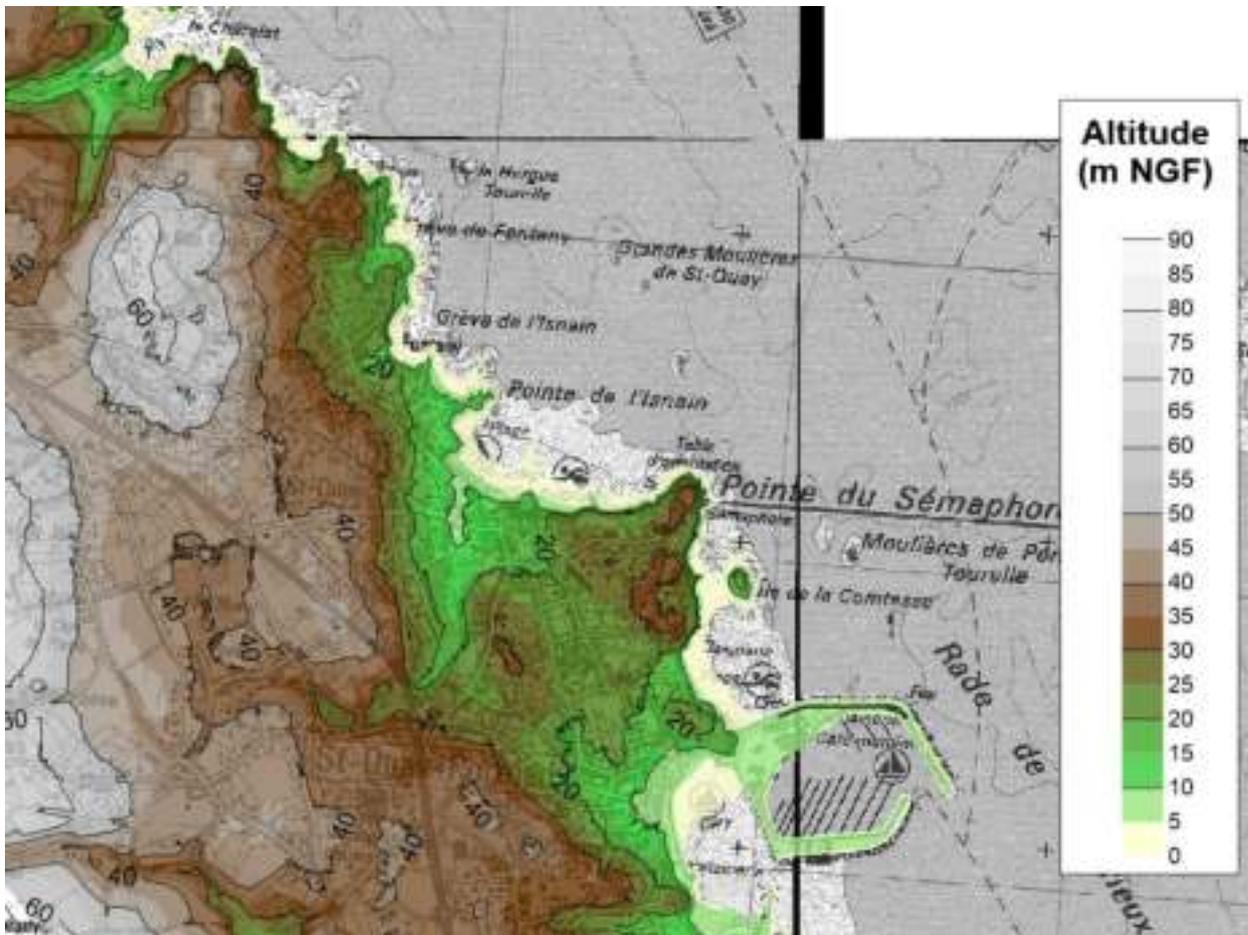


Illustration 28 – Topographie du secteur de Saint-Quay-Portrieux (données RGE-Altitude ©IGN)

Cette topographie se retrouve par conséquent dans celle des falaises côtières, lesquelles peuvent dépasser les 30 à 40 m NGF à l'extrémité Nord de la commune, mais restent d'une hauteur plus modérée ailleurs, généralement de l'ordre d'une dizaine de mètres NGF, voire 20 m NGF localement à Fonteny/Grève de l'Isnain et autour de la Pointe du Sémaphore où elles peuvent même atteindre les 30 m NGF.

Compte-tenu de la topographie de l'estran, le pied des falaises littorales apparaît comme baignant dans l'eau lors des pleines mers (en intégralité en vives-eaux, et en grande partie en mortes-eaux). Si l'on considère le niveau marin moyen (Illustration 29), il apparaît que le pied d'une partie des falaises dans le tiers Nord de la commune baignent la majeure partie du temps dans l'eau, alors que plus au Sud elles restent majoritairement hors d'eau (à quelques exceptions près, comme à l'extrémité de la Pointe de l'Isnain, et sur la face Est de la Pointe du Sémaphore).

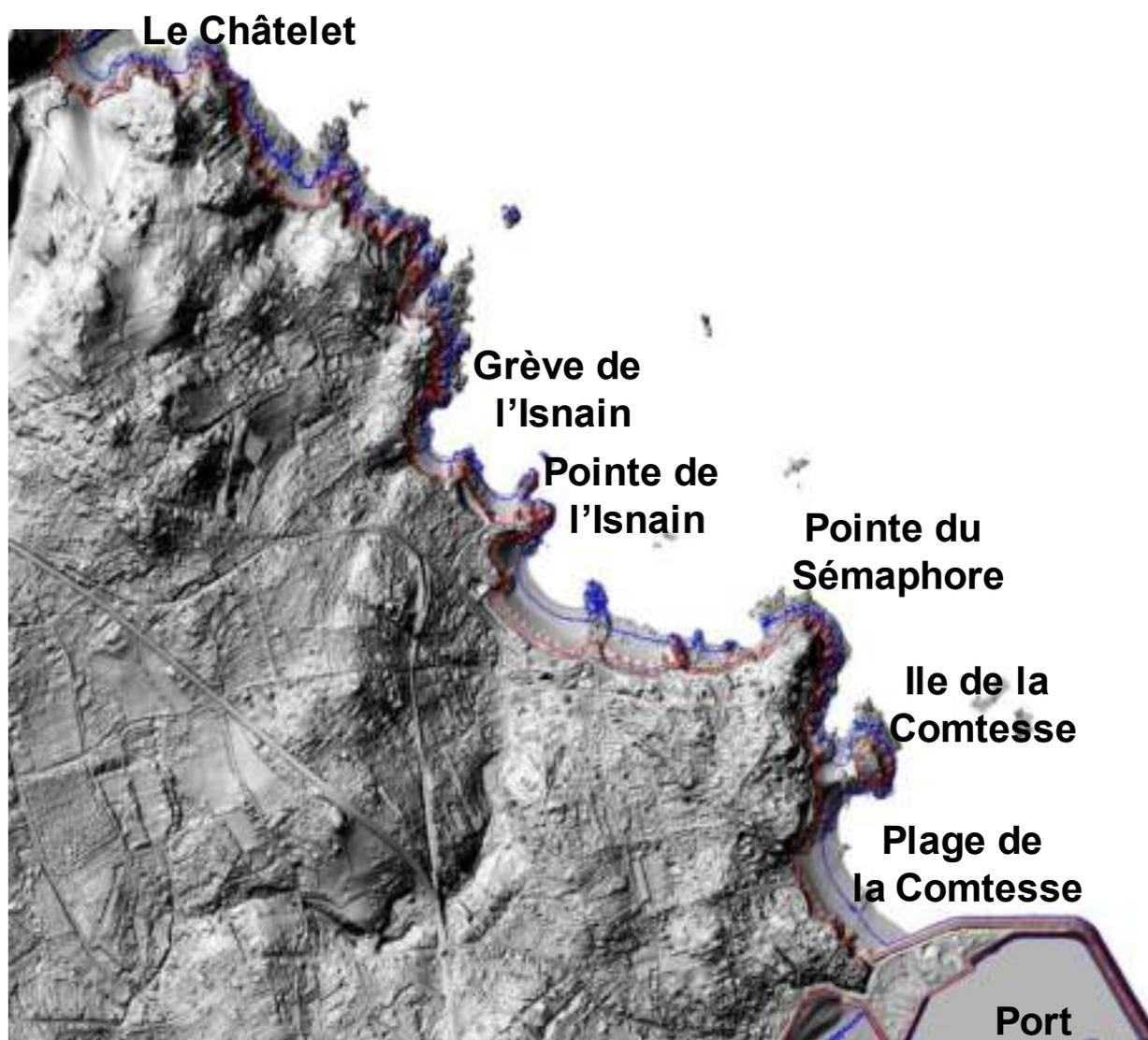


Illustration 29 – Topographie du littoral et position du niveau des plus hautes mers astronomiques (en rouge : 6,68 m NGF) et du niveau moyen (en bleu : 0,47 m NGF) (d'après les données RGE-Altitude ©IGN)

L'analyse des données altimétriques (Illustrations 30 et 31) confirme que les fortes pentes de la commune de Saint-Quay-Portrieux sont concentrées au niveau des falaises littorales, avec des secteurs significatifs présentant des pentes sub-verticales (par exemple entre la grève de Fonteny et le Châtelet au Nord de la commune, ou de part et d'autres de la Pointe du Sémaphore).

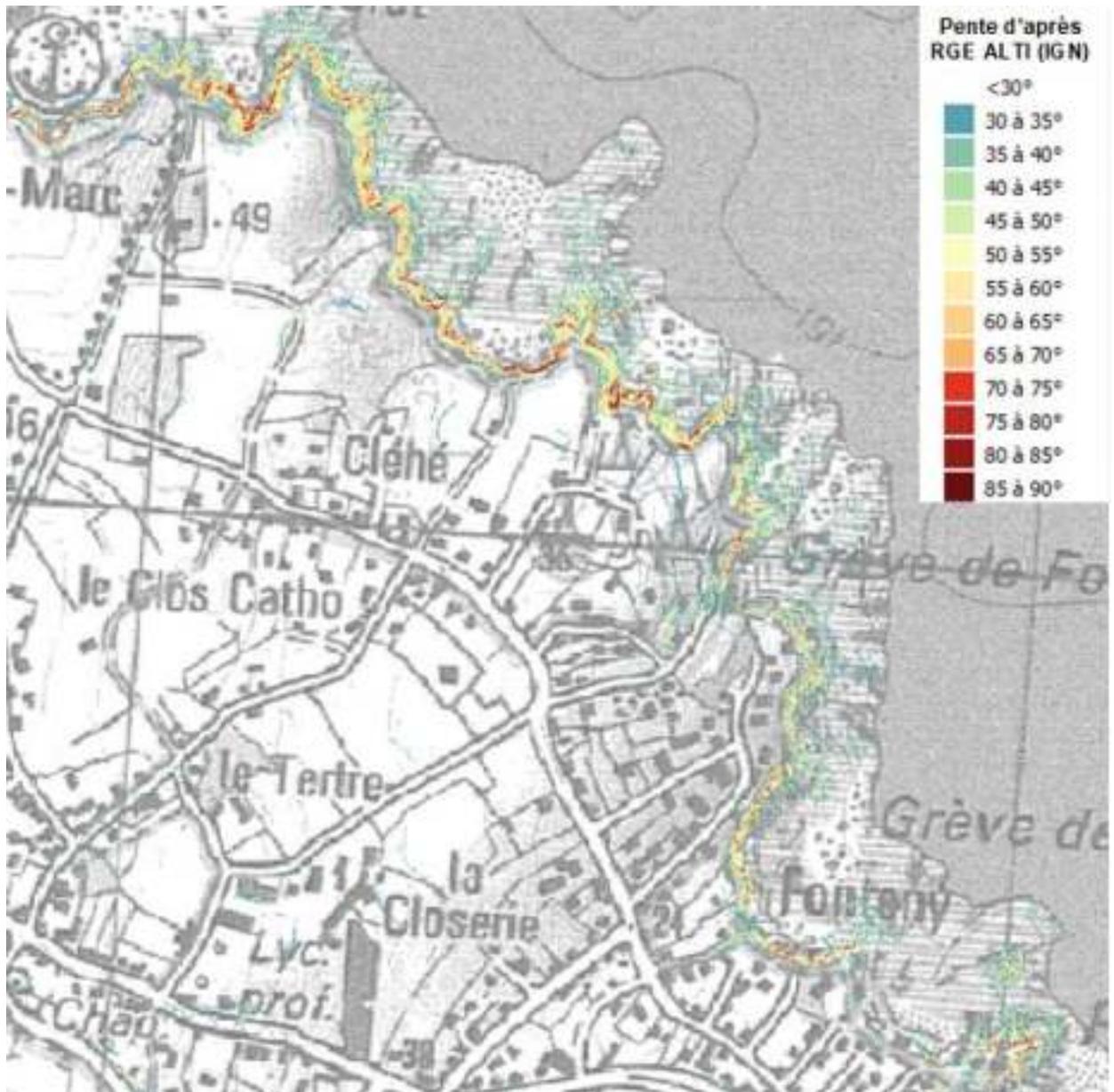


Illustration 30 – Carte des pentes supérieures à 30° sur la partie Nord de la commune de Saint-Quay-Portrieux ; les zones rouges correspondent aux pentes supérieures à 70° (d'après les données RGE-Altitude ©IGN)

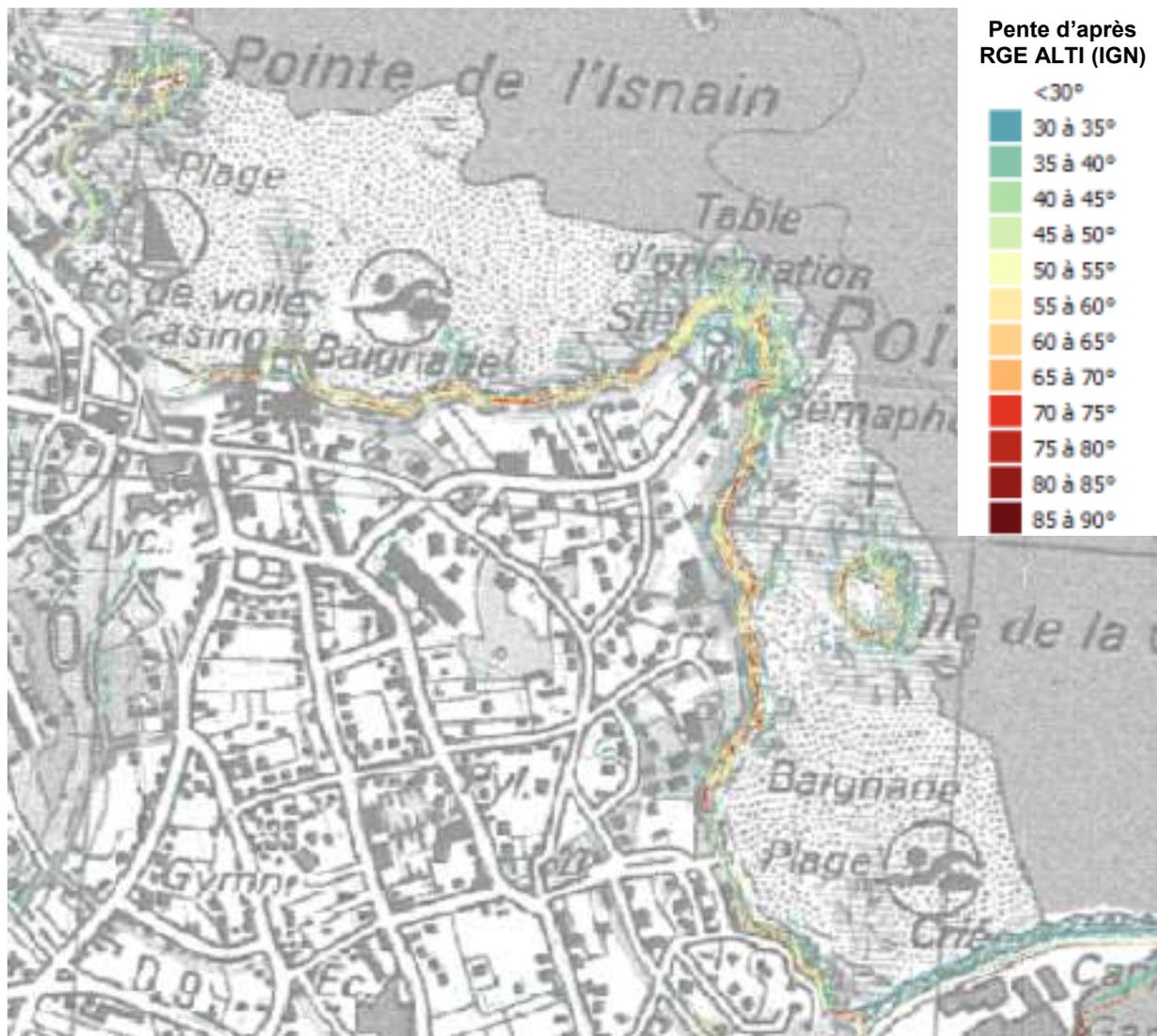


Illustration 31 – Carte des pentes supérieures à 30° sur la partie Sud de la commune de Saint-Quay-Portrieux ; les zones rouges correspondent aux pentes supérieures à 70° (d'après les données RGE-Altitude ©IGN)

2.3. GEOMORPHOLOGIE DU TRAIT DE COTE

La caractérisation de la géomorphologie du trait de côte des départements de l'Ille-et-Vilaine, des Côtes d'Armor et du Finistère a été réalisée par Schroëtter et Blaise (2015). Cette caractérisation a été reprise et affinée suite aux visites de terrain réalisées dans le cadre de la présente étude.

Nature du trait de côte	Longueur (m)	Longueur (% communal)	Altération (% selon nature du trait de côte)		Erosion (% selon nature du trait de côte)	
			Sain:	Altéré:	Stable:	Erosion:
Roches plutoniques à volcaniques basiques	4 628	44.6	60.6	39.4	44.1	16.5
			0.0		0.0	39.4
Roches filoniques volcaniques basiques	85	0.8	0.0	100.0	-	-
			100.0		100.0	-
Dépôts de pente (des colluvions aux alluvions)	256	2.5	-	-	0	100
			-		100	0
Plage de sable	238	2.3	-	-	100	0
			-		100	0
Côte anthropique	5 176	49.9	-	-	100	0
			-		0	0

Illustration 33 – Répartition de la nature du trait de côte de Saint-Quay-Portrieux tel que présentée à l'illustration 32

2.4. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Quinze études concernant les falaises de la commune ont été collectées (principalement fournies par la mairie) et analysées. La liste chronologique et le contenu de ces études sont synthétisés à l'illustration 34. Seules sont résumées plus en détail par la suite les 4 études portant sur la totalité du littoral communal.

Organisme/Bureau d'études	Année	Site(s)	Type d'étude	Nature de l'étude	Estimation des coûts	Référence bibliographique
LRPC de Saint-Brieuc	2000	Ensemble du sentier littoral communal	Diagnostic	Identification et hiérarchisation des désordres	Non	Paraire (2000)
Géolithe	2003	Ensemble du littoral communal	Faisabilité	Priorisation des secteurs Propositions de principe de confortement	Oui	Meignan (2003)
Géolithe	2008	Ensemble du littoral communal	Avant-Projet	Identification des instabilités Hiérarchisation du risque Principe de confortement	Oui	Roy (2008)
Géolithe	2008	Plage de la Comtesse (2 secteurs) Hôtel Ker Moor (Nord de l'escalier vers la plage) Pointe du Sémaphore côté Est Pointe du Sémaphore côté Ouest (2 secteurs)	Projet	Reconnaitances géotechniques Calculs de stabilité Dimensionnement des confortements	Oui	Pascuttini (2008)
Fondasol	2010	Ker Moor (de part et d'autres de l'escalier vers la plage)	Avant-Projet	Suite à désordres (tempête Xynthia) Calculs de stabilité Propositions de principe et prédimensionnement des parades	Oui	Leray (2010)
Géolithe	2010	Anse de Fonteny (Grève de l'Isnain)	Diagnostic/Faisabilité	Suite à désordres (2009) Analyse des fracturations Diagnostic Propositions de principe des parades	Non	Roy (2010)
LRPC de Saint-Brieuc	2011	Ensemble du sentier littoral communal	Diagnostic	Identification et hiérarchisation des désordres	Non	Le Maître (2011)
Fondasol	2011	Sud de l'Hôtel Ker Moor	Diagnostic/Avant-Projet	Propositions de mesures et de principes de confortement	Non	Kerdraon (2011)
Fondasol	2014	Nord de la rue des Embruns Secteur face au Sud de la Pointe de l'Isnain	Diagnostic	Identification des instabilités Propositions de mesures et de principes de confortement	Oui	Kerdraon (2014)
BRGM	2016	Hôtel Ker Moor (Sud de l'escalier vers la plage)	Diagnostic	Suite au glissement de terrain de Mars 2016 Avis et recommandations à court/moyen terme	Non	Schroëtter (2016)
Solcap	2016	Hôtel Ker Moor (Sud de l'escalier vers la plage)	Diagnostic/Projet	Suite au glissement de terrain de Mars 2016 Reconnaitances géotechniques Calculs de stabilité Dimensionnement du confortement	Non	Greuell (2016)
Solcap	2017	Grève de la Source Pointe du Roc Celtic	Diagnostic/Projet	Suite à désordres Reconnaitances géotechniques Dimensionnement des confortements	Oui	Greuell et Ressouche (2017)
DDTM 22 / CEREMA	2017	Anse de Fonteny (Grève de l'Isnain)	Diagnostic	Identification des ouvrages et des désordres Evaluation des aléas et du risque Proposition de mesures et de principes de confortement	Oui	DDTM22 (2017)
CEREMA	2017	Anse de Fonteny (Grève de l'Isnain)	Diagnostic/Avant-Projet	Analyse des fracturations Analyse des désordres et des ouvrages Evaluation des aléas et des risques Proposition de mesures et de principes de confortement	Oui	Bozec (2017)
CEREMA	2017	Passerelle de l'anse de Fonteny (Grève de l'Isnain)	Diagnostic	Analyse de l'état de l'ouvrage Proposition de confortement	Non	Chauliaguet (2017)

Illustration 34 – Synthèse des études disponibles sur les falaises de Saint-Quay-Portrieux

2.4.1. Etude LRPC de 2000 (Paraire, 2000)

Cette étude a été menée par le LRPC de Saint-Brieuc à la demande de la Ville de Saint-Quay-Portrieux, et a consisté à identifier et hiérarchiser les zones à risques au niveau du sentier littoral de la commune (Paraire, 2000), en vue de constituer un « état 0 » de la situation du sentier.

Pour cela, une visite de terrain a été effectuée le 25/02/2000, et a conduit d'une part à une segmentation du littoral en 4 secteurs (eux même segmentés pour un total de 13 sous-secteurs), et d'autre part à une identification et une hiérarchisation des désordres observés.

La hiérarchisation des désordres a été réalisée par la définition d'un « indice d'état » à 4 niveaux selon la gravité des désordres en termes de sécurité du sentier et de nécessité de travaux (Illustration 35).

Au final, cette étude a permis d'identifier 32 désordres, dont 12 d'indice d'état « 2 - Moyen » et 7 d'indice d'état « 1 – Fort » parmi lesquels 4 ont été jugés graves (Illustration 36). On peut noter que les chiffres annoncés ici peuvent différer de ceux indiqués par Paraire (2000), car certains désordres identifiés étaient indiqués à plusieurs localisations.

Enfin, l'étude propose des mesures de suivi (inspections régulières) et de confortement (travaux de confortement à prévoir essentiellement pour les indices 1 et 2, et parfois des travaux préventifs pour les autres), qui restent toutefois à croiser avec les priorités du gestionnaire. Au niveau du camping Bellevue, au Nord de la commune (secteur 4), l'étude préconise de conserver une réserve depuis la tête de la falaise pour un recul de 35 m.



Qualificatif	Indice d'Etat	Définition du désordre	Délai d'intervention	Niveau de l'intervention
Fort	1	Désordre ne présentant pas d'assurer la sécurité publique	Immédiate	Mesure d'urgence. Travaux urgents. Inspection détaillée exceptionnelle.
Moyen	2	Désordre mettant en cause directement l'état de service du sentier	Court terme (1-2 ans)	Travaux urgents. Inspection détaillée à court terme.
Faible	3	Dégradation évitable si des travaux ne sont pas réalisés	Moyen terme (3-4 ans)	Travaux préventifs. Inspection périodique à moyen terme.
Moins	4	Dégradation « normale » nécessitant des travaux d'entretien courant	Long terme (> 4 ans)	Travaux préventifs constants. Inspection périodique à long terme.

Illustration 35 – Définition d'un « indice d'état » des désordres (d'après Paraire, 2000)

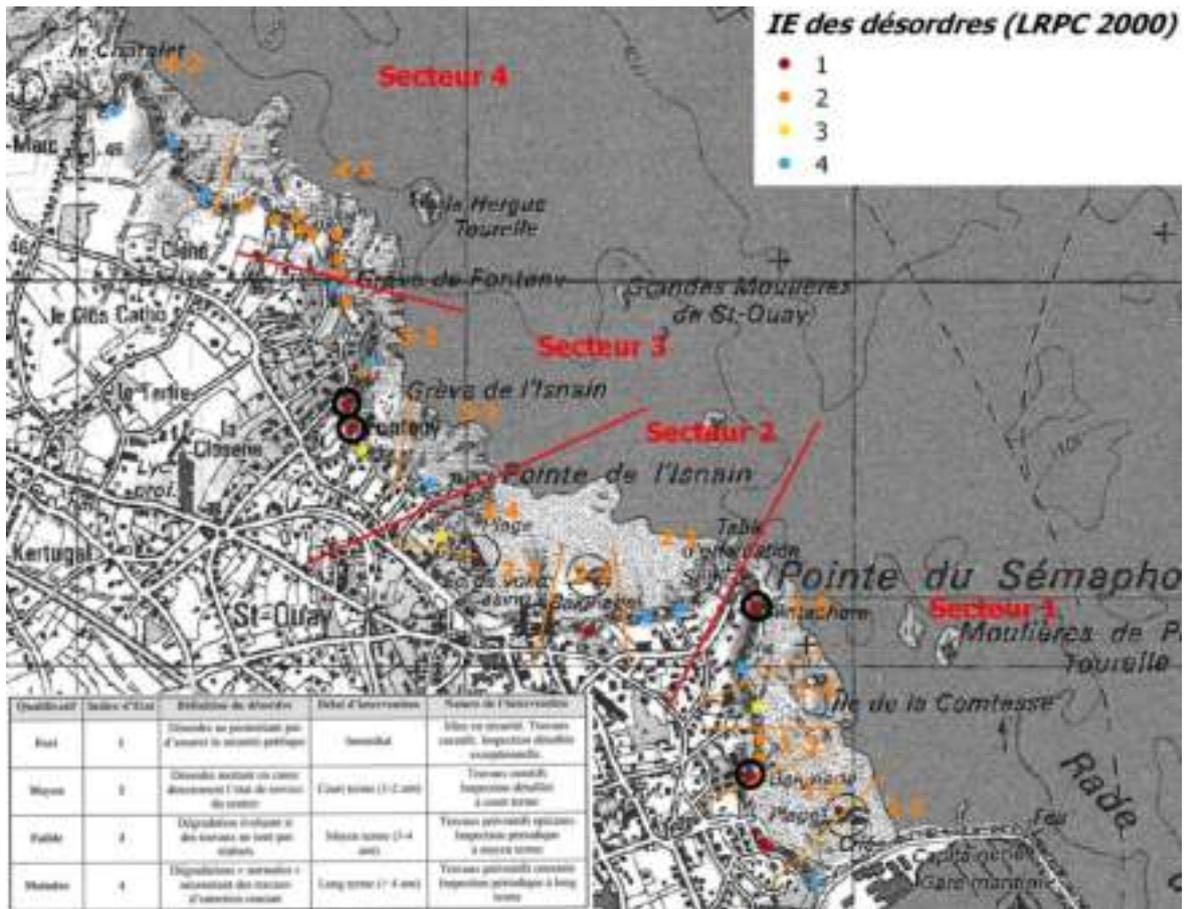


Illustration 36 – Sectorisation du littoral de Saint-Quay-Portrieux et hiérarchisation des désordres constatés par l'étude du LRPC en 2000 ; les 4 désordres entourés en noir ont été jugés graves (d'après Paraire, 2000)

2.4.2. Etude Géolithe de 2003 (Meignan, 2003)

Menée pour le compte de la commune, cette étude de faisabilité géotechnique propose une synthèse en identifiant suivant les secteurs (découpage identique à celui de l'étude du LRPC, 2000, et à l'exception de la Plage du Casino) les enjeux exposés (plage et/ou sentier) et les désordres qui les affectent (Illustration 37).

Zone	Secteur	Compartiment	Point kilométrique		Espace		Usage et typologie de l'habitat		Phénomènes pris en compte					
			début	fin	plage	vertice	Péri urbain	Naturel	Sécher			Piqûre et grève		
									Éboulement glissement ou érosion ancré	Déformés sur ouvrages mûres	Déformés sur grève roche	Usurement Mouvements du littoral local	Usurement Mouvements du littoral ancré	Déformés sur ouvrages structurels
1	1.1	1.1.1	0.362	0.382										
		1.1.2	0.381	0.398										
		1.1.3	0.395	0.405										
		1.1.4	0.405	0.422										
		1.1.5	0.405	0.407										
	1.2	1.2.1	0.412	0.412										
		1.2.2	0.412	0.412										
		1.2.3	0.412	0.412										
		1.2.4	0.412	0.412										
		1.2.5	0.412	0.412										
2	2.1	0.412	0.412											
	2.2	0.412	0.412											
	2.3	0.412	0.412											
	2.4	0.412	0.412											
	2.5	0.412	0.412											
3	3.1	0.412	0.412											
	3.2	0.412	0.412											
	3.3	0.412	0.412											
	3.4	0.412	0.412											
	3.5	0.412	0.412											
4	4.1	0.412	0.412											
	4.2	0.412	0.412											
	4.3	0.412	0.412											
	4.4	0.412	0.412											
	4.5	0.412	0.412											

Illustration 37 – Synthèse des enjeux et des désordres le long du littoral communal (Meignan, 2003)

Pour chacun de ces compartiments, des principes de parades (actives et/ou passives) sont proposés avec une hiérarchisation en termes de priorité (Illustration 38).

Zone	Secteur	Compartiment	Point kilométrique		Principe de parade														
			début	fin	Passives					Actives									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9/11	10	12	13	14		
1	1.1	1.1.1	0.362	0.382															
		1.1.2	0.381	0.398		A													
		1.1.3	0.395	0.405															
		1.1.4	0.405	0.422															
		1.1.5	0.405	0.407															
	1.2	1.2.1	0.412	0.412															
		1.2.2	0.412	0.412															
		1.2.3	0.412	0.412															
		1.2.4	0.412	0.412															
		1.2.5	0.412	0.412															
2	2.1	0.412	0.412		A														
	2.2	0.412	0.412																
	2.3	0.412	0.412																
	2.4	0.412	0.412																
	2.5	0.412	0.412																
3	3.1	0.412	0.412																
	3.2	0.412	0.412		A														
	3.3	0.412	0.412																
	3.4	0.412	0.412																
	3.5	0.412	0.412																
4	4.1	0.412	0.412		A														
	4.2	0.412	0.412																
	4.3	0.412	0.412																
	4.4	0.412	0.412																
	4.5	0.412	0.412																

Illustration 38 – Propositions de principes de parades (actives et/ou passives) le long du littoral communal avec leurs priorités (U = urgent, puis phases A, B et C) (Meignan, 2003)

2.4.3. Etude Géolithe de 2008 (Roy, 2008)

Dans la continuité de l'étude de 2003, cette étude visait à préciser les préconisations de confortement (préciser les solutions techniques, vérifier la faisabilité et la réglementation, préciser les priorités et l'estimation financière) tout en actualisant le diagnostic et en intégrant l'aspect paysager (mise en valeur du site). Une nouvelle sectorisation du littoral en 31 compartiments a alors été proposée, et associée à une identification des zones problématiques.

Pour chaque zone problématique, les désordres et des principes de parades sont décrits dans des fiches, en envisageant suivant les cas 2 solutions, selon la garantie de pérennité qui peut être assurée (pérennité incertaine pour le type 1 en bleu à l'illustration 39, et assurée pour le type 2 en jaune à l'illustration 39). L'illustration 39 résume ces propositions.

SECTEUR	COMPARTIMENT	RISQUE	PARADES										
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
			Déplacement amont	Passerelle	Clôture pilot	Débâis amont	Clouage	Paroi béton stable	Création des seuils	Piedlage	Défense contre la mer	Réalisation d'écurage	
1	1a	T1											
2	2a	T2											
	2b	F											
3	3a	T2											
	3b	F											
4	4a	T2											
	4b	F											
5	Ile de la Comtesse												
	5a	F											
6	6a	F											
	6b	F											
7	7a	T2											
	7b	F											
8	8a	T2											
	8b	F											
9	9a	T2											
	9b	F											
10	10a	T2											
	10b	F											
11	11a	T2											
	11b	F											
12	12a	T2											
	12b	F											
13	13a	T2											
	13b	F											
14	14a	T2											
	14b	F											
15	15a	T2											
	15b	F											
16	16a	T2											
	16b	F											
17	17a	T2											
	17b	F											
18	18a	T2											
	18b	F											
19	19a	T2											
	19b	F											

Illustration 39 – Propositions de parades selon les compartiments (Roy, 2008)

2.4.4. Etude LRPC de 2011 (Le Maitre, 2011)

Menée à la demande de la DDTM 22 dans la continuité de l'étude de 2000, cette étude du LRPC a consisté en une visite de terrain menée le 28/01/2011. En s'appuyant sur le découpage en 4 secteurs de l'étude du LRPC (2000), une nouvelle segmentation du littoral en 17 zones a été proposée, les annexes de l'étude fournissant pour chacune de ces zones une fiche de synthèse résumant la configuration du versant (versant naturel/anthropique, Morphologie-Hauteur, Géologie, Dispositifs de protection, Configuration du sentier, Enjeux amont) et les pathologies observées (sur le versant, le sentier et les enjeux amont).

Les observations issues de cette étude peuvent être globalement résumées par secteurs :

- Secteur 1 (du port à la Pointe du Sémaphore) : Principalement des petits glissements de terrain, mais des glissements plus importants peuvent être observés dans les zones 1-4 et 1-5 (Plage de la Comtesse et face à l'île de la Comtesse). Les aménagements doivent être surveillés, notamment les confortements des zones 1-1 et 1-6 (près du port et en direction de la Pointe du Sémaphore).
- Secteur 2 (de la Pointe du Sémaphore à la Pointe de l'Isnain) : Là encore, principalement des petits glissements, mais un glissement généralisé dans la zone 2-2 a justifié la réalisation d'un confortement.
- Secteur 3 (de la Pointe de l'Isnain à la Grève de Fonteny) : Principalement des petits glissements, mais glissement généralisé en zone 3-3 (Fonteny – Grève de l'Isnain) ayant conduit à la disparition du sentier. Les confortements de ce secteur vieillissent et sont à surveiller.
- Secteur 4 (de la Grève de Fonteny au Châtelet) : Petits glissements, avec localement des phénomènes plus importants liés à la fracturation de la roche, mais ne menaçant pas le sentier à court terme.



Illustration 40 – Sectorisation du littoral dans l'étude du LRPC (2011) (d'après Le Maître, 2011)

2.4.5. Bilan

Au final, ces études s'accordent sur l'identification des 2 secteurs les plus préoccupants, sur lesquels des interventions sont nécessaires :

- Le secteur de la Comtesse, marquée par une importante falaise meuble (plusieurs mètres de sables/argiles/cailloutis/roche altérée reconnus en sondage par l'étude Solcap sur le site du glissement de terrain de 2016) ; Les importants glissements de terrain qui peuvent s'y produire sont susceptible d'affecter le sentier littoral, et potentiellement les propriétés en amont ;
- L'anse de Fonteny, sur laquelle le sentier à flanc de falaise est directement menacé par les instabilités (sentier dévié depuis au moins 2000), ainsi que potentiellement les propriétés en amont. Ce secteur est marqué par les nombreux confortements déjà réalisés, soit anciennement (par exemple la passerelle soutenant le sentier) soit à la suite des études consultées (par exemple voiles béton, grillages plaqués...).

A l'inverse, les études semblent s'accorder aussi sur le Nord de la commune, moins exposé en raison des phénomènes d'ampleur moindres qui peuvent s'y produire et de l'éloignement des enjeux (l'étude du LRPC de 2000 s'inquiète néanmoins de prévoir un espace pour le recul du sentier).

Ailleurs, les études montrent que des mouvements de terrain peuvent se produire au moins localement et ponctuellement, nécessitant a minima une surveillance des phénomènes et d'éventuels travaux de sécurisation.

Les parades proposées par les études sont de différents types, actives ou passives, et consistent en général soit à fixer les masses instables, soit du moins à les maîtriser (purgés, grillages...), et sont parfois, selon le contexte, accompagnées de défense contre la mer. Un déplacement du sentier a également parfois été envisagé.

3. Reconnaissances terrain et cartographie

Les visites de terrain ont été réalisées en Septembre 2018, et ont permis de reconnaître l'ensemble du littoral de la commune de Saint-Quay-Portrieux, afin d'identifier la géologie et la lithologie des falaises littorales de la commune et de recenser les désordres les affectant.

3.1. CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

Les observations menées sur le terrain, ajoutées à la synthèse des informations disponibles (carte géologique, topographie et données de sondages de la Banque des Données du Sous-sol) ont conduit à proposer une carte des formations superficielles (Illustration 41). Cette carte fait notamment apparaître :

- Un filon de dolérite identifié au Nord de la commune (cartographié en tant qu'*Intrusion magmatique mineure*, et dont la prolongation à l'intérieur des terres reste incertaine). Ce filon, bien qu'altéré à l'affleurement, ne semble pas affecté d'un recul ou de mouvements de terrain conséquents.
- Des secteurs recouverts de dépôts de pente (matériaux plus ou moins fins issus des formations géologiques situées topographiquement plus haut, et qui sont descendues le long des pentes sous l'effet de la gravité et des conditions météorologiques) en face de l'île de la Comtesse et au niveau de la plage du Casino. Ces dépôts de pente constituent des formations meubles potentiellement épaisses de plusieurs mètres (au niveau du glissement de mars 2016 à la Comtesse, l'étude Solcap de 2016 a ainsi reconnu ce type de sols sur 4 à 5 m d'épaisseur en sondage), facilement érodables, et qui peuvent être le siège de glissements de terrain importants lorsque la pente est marquée par des falaises, comme cela s'est produit par exemple en face de l'île de la Comtesse.
- Une altération importante sur de larges portions du territoire. Cette altération (cf note en bas de la page 12) se traduit par la présence d'un épais recouvrement de matériaux meubles (de 1 à plus de 10 m d'épaisseur) qui peut facilement être mobilisé sous l'effet de la pente, des conditions météo-océaniques ou de forçages anthropiques (rejets d'eau, charge...). Il s'agit donc également de formations meubles dont le comportement va se rapprocher de celui des dépôts de pente (facilement érodables et sujettes à des glissements de terrain potentiellement importants).
- Des poches d'altération localisées, liées à la présence de fractures dans la roche (infiltration préférentielle de l'eau). Ces poches d'altération sont principalement présentes dans la partie Nord de la commune, entre l'Anse de Fonteny et le Châtelet. Elles peuvent être le siège de mouvements de terrain plus ou moins importants selon leurs tailles, mais n'occasionnent en général que des reculs limités de la falaise sur le court terme.

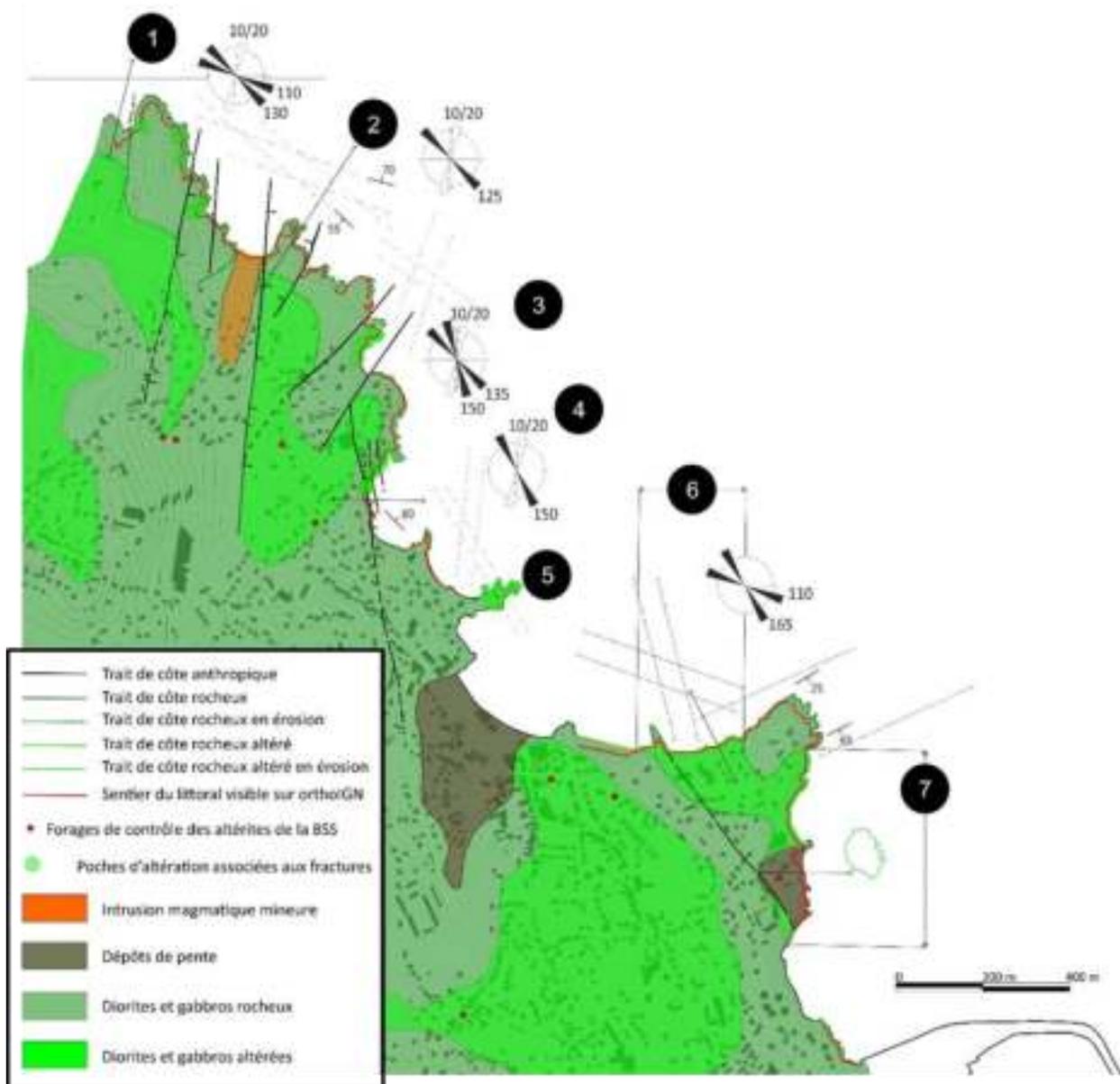


Illustration 41 – Carte des formations superficielles et des structures au niveau du littoral de Saint-Quay-Portrieux et position de certains profils illustrés par la suite

3.2. CARTOGRAPHIE STRUCTURALE

Lors de visites de terrain, la présence et l'orientation des systèmes de failles ont été relevées, puis reportées sur la carte de l'illustration 41. Plusieurs familles de failles de directions différentes coexistent, et peuvent selon les secteurs découper les falaises de façon plus ou moins défavorable vis-à-vis des mouvements de terrain, comme cela est analysé au chapitre 4.

3.3. RECENSEMENT ET CARTOGRAPHIE DES MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les visites de terrain ont permis de recenser et qualifier les mouvements de terrain apparents sur site. Ces relevés ont été confrontés et complétés avec les informations disponibles en bibliographie, pour aboutir à une liste de 68 mouvements de terrain, géoréférencés et qualifiés en termes de source de l'information, de type de mouvement de terrain et d'ordre de grandeur du volume mis en jeu. La carte de l'illustration 42 résume ces observations.

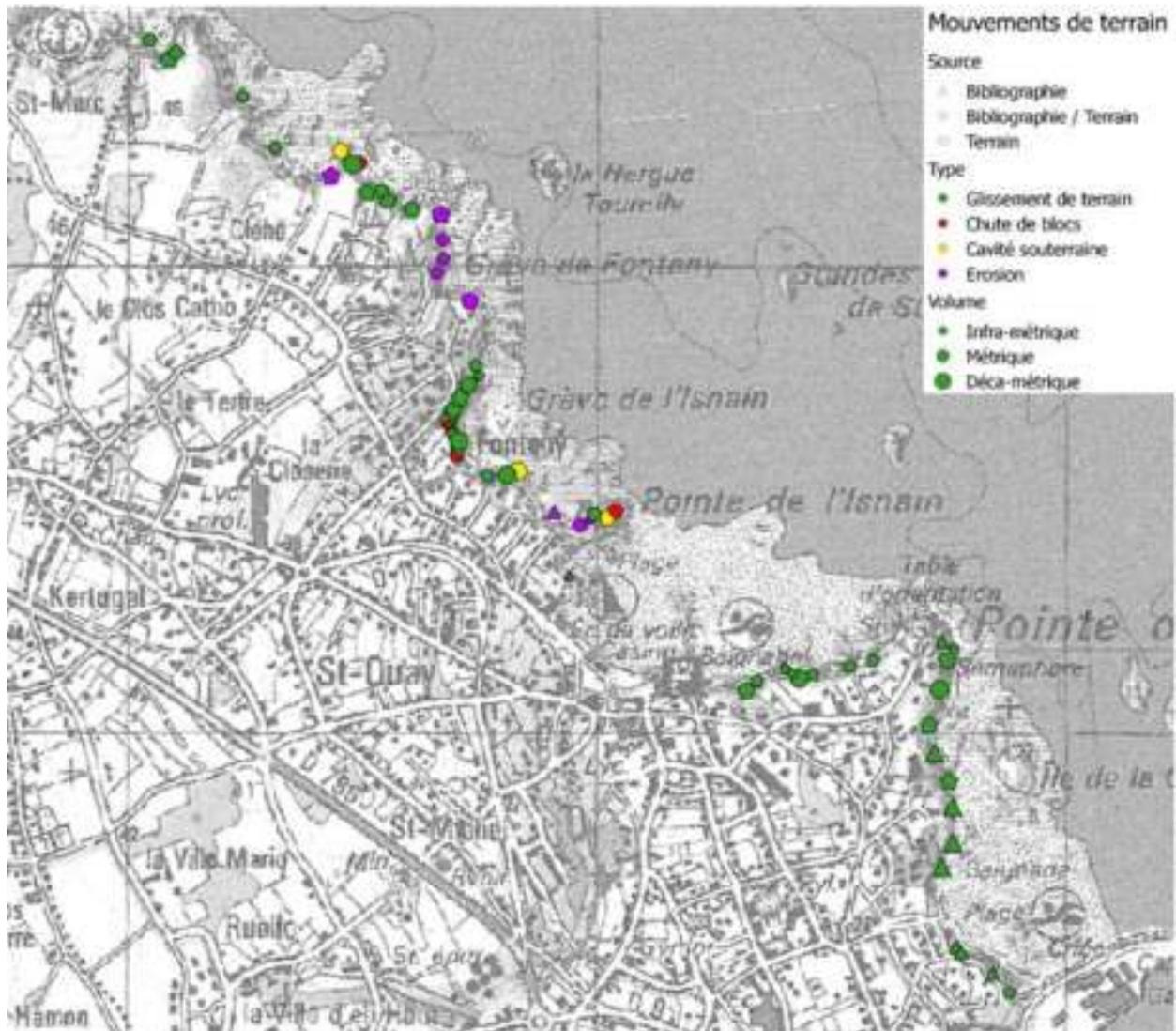


Illustration 42 – Mouvements de terrain recensés sur la commune de Saint-Quay-Portrieux

Cet inventaire montre une nette prédominance des phénomènes de glissement de terrain sur les autres types de mouvements de terrain, ce qui s'explique notamment par l'importante altération qui affecte certains secteurs des falaises.

En termes de répartition, il apparaît que la Pointe du Sémaphore est particulièrement affectée (notamment dans le secteur entre la plage de la Comtesse et la pointe, où les volumes sont importants), ainsi que le secteur de Fonteny – Grève de l'Isnain. Des phénomènes relativement importants ont également été recensés au Nord de la commune, avec toutefois des enjeux moindres du fait du recul de l'urbanisation.

4. Analyse des linéaires impactés

Si la grande majorité des falaises côtières de Saint-Quay-Portrieux est affectée par des phénomènes de mouvements de terrain, les mécanismes peuvent varier sensiblement suivant la géomorphologie, conduisant à des phénomènes et des conséquences variables suivant les secteurs.

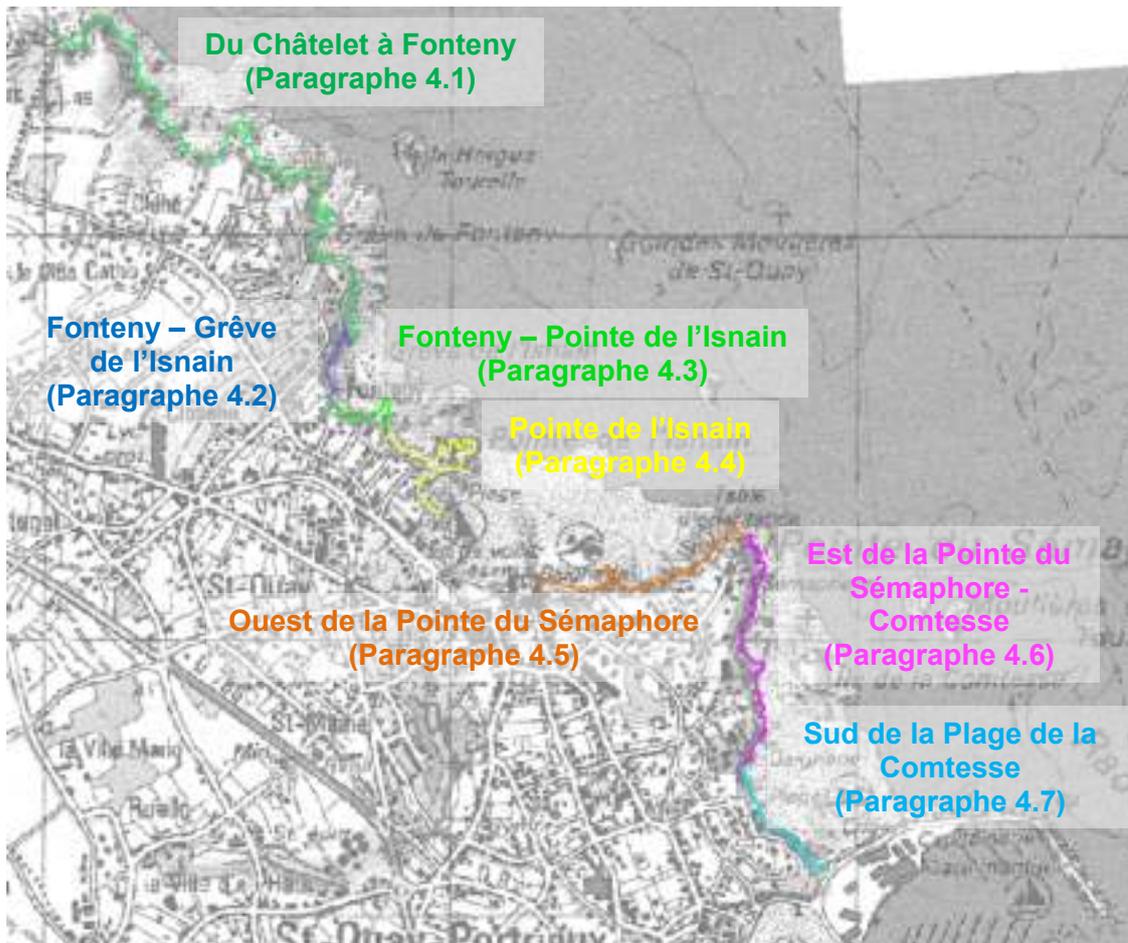


Illustration 43 – Localisation des linéaires analysés dans la suite du chapitre 4

4.1. DU CHATELET A FONTENY

Dans ce secteur situé au Nord de la commune, où se trouvent les falaises les plus élevées (pouvant dépasser les 30 m NGF), la couverture superficielle de matériaux altérés reste globalement peu épaisse (généralement inframétrique à métrique, sauf éventuellement dans les poches localisées d'altération) : les glissements de terrain ne concernent donc généralement que des volumes limités, et n'occasionnent qu'un recul modéré de la tête de la falaise.

Au niveau du profil noté 1 à l'illustration 41, une fracturation orientée N10° à N20° peut être observée sur l'estran et dans les falaises. Cette direction étant plus ou moins perpendiculaire à la côte, ces fractures ne génèrent que ponctuellement des secteurs d'érosion préférentielle localisée. Deux autres familles peuvent être distinguées, orientées respectivement N110° et N130°, qui elles peuvent redécouper des pans de falaises et générer des mouvements de terrain

plus importants par désolidarisation de blocs pouvant atteindre quelques mètres-cubes (illustrations 44 et 45).

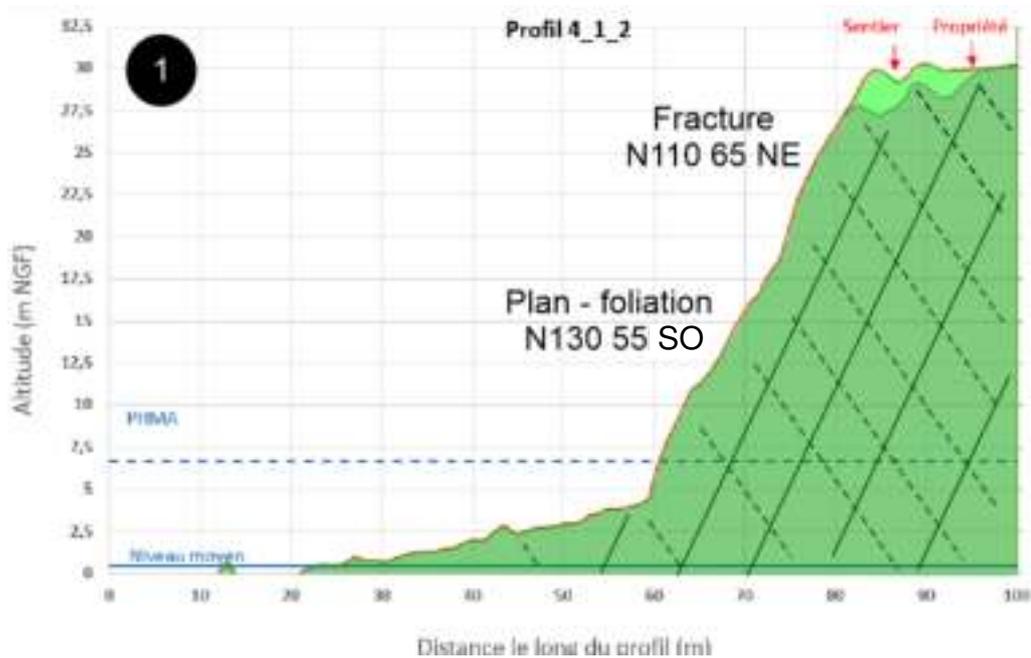


Illustration 44 – Profil et structure de la falaise au niveau du Châtelet (secteur noté 1 à l'illustration 41)



Illustration 45 – Découpage de la falaise par la fracturation pouvant mener à la désolidarisation de blocs au niveau du Châtelet

A la faveur de ces fracturations, des poches d'altération localisées peuvent se créer en surface, puis se déstabiliser et engendrer des petits glissements de terrain. Ces glissements de terrain restant superficiels, ils ne s'accompagnent en général que d'un recul très limité de la tête de la falaise (Illustration 46).



Illustration 46 – Glissements de terrain superficiels (secteur noté 1 à l'illustration 41)

Dans le secteur noté 2 à l'illustration 41 se retrouve une fracturation orientée N10° à N20°, recoupée par la direction N125°. Là aussi, les intersections de ces discontinuités peuvent être le siège d'instabilité restant d'ampleur limitée et de poches d'altération localisées (Illustration 47). La falaise dominant la plage et correspondant au vallon situé en arrière est formée par un filon de dolérite, marqué par une tendance significative à l'altération, sans toutefois que l'érosion et le recul de la falaise ne semblent très significatifs (Illustration 48).

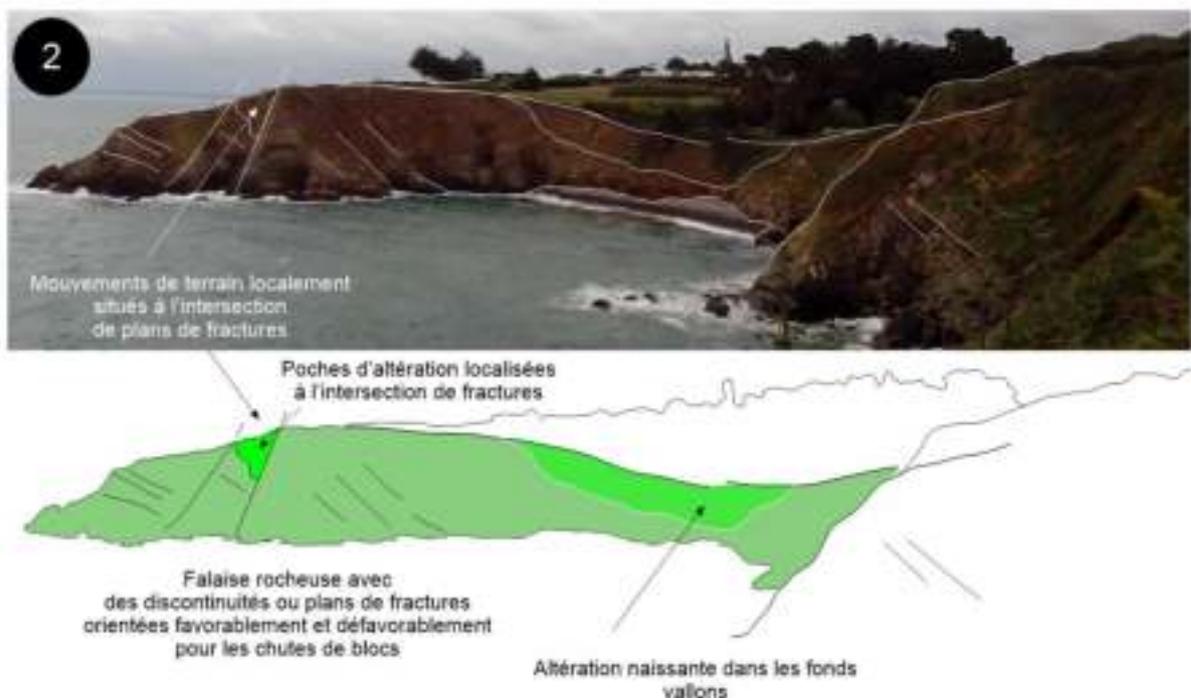


Illustration 47 – Schéma structural des falaises dans le secteur du filon de dolérite (secteur noté 2 à l'illustration 41)



Illustration 48 – Aspect de la falaise de dolérite altérée (secteur noté 2 à l’Illustration 41)

A l’approche de la Grève de Fonteny, alors que les falaises s’abaissent progressivement, l’altération prend de l’importance, ce qui se traduit par un recouvrement de la tête de falaise plus meuble et susceptible de glisser, comme illustré à l’Illustration 51. Le pied de falaise reste cependant en général protégé des impacts de la mer par la roche saine ou par des blocs tombés précédemment de la falaise. Bien que des reculs importants à court terme de la tête de la falaise soient peu probables, ces glissements de terrain peuvent s’approcher sensiblement du sentier littoral (Illustration 49), notamment lorsque les structures de la falaise conduisent à l’apparition d’encoche d’érosion qui peuvent s’avérer importantes. Il convient donc de surveiller attentivement les phénomènes dans ces secteurs, voire de baliser le sentier en cas de danger.



Illustration 49 – Aperçu de glissements de terrain superficiels susceptibles d’approcher du sentier littoral au Nord-Ouest de la Grève de Fonteny



Illustration 50 – Exemple d'une « encoche d'érosion » liée à la structure de la falaise et s'approchant du sentier au Nord-Ouest de la Grève de Fonteny



Illustration 51 – Aperçu des falaises dans la partie Nord de la Grève de Fonteny (secteur noté 3 à l'illustration 41)

Au final, ce secteur allant du Châtelet à Fonteny est surtout affecté par des glissements de terrain superficiels, n'engendrant pas de recul important de la tête de la falaise à court terme. Les facteurs de déclenchement semblent principalement continentaux, le pied de falaise restant généralement sain (sauf à l'approche de la grève de Fonteny). Compte tenu de l'éloignement des enjeux (et de la faible accessibilité de l'estran), ce secteur n'apparaît donc pas comme prioritaire à l'échelle de la commune. Une surveillance régulière (pluri-annuelle) reste quand même nécessaire, afin de vérifier la praticabilité du sentier littoral dans les secteurs où il est proche de la tête de la falaise.

4.2. FONTENY – GREVE DE L'ISNAIN

La partie Nord de l'Anse de Fonteny - Grève de l'Isnain se caractérise par des falaises relativement élevées (plus de 20 m NGF) et pentues (typiquement de 50 à 60° en partie Sud à plus de 70° plus au Nord), une urbanisation proche de la tête de la falaise. Comme présenté à l'illustration 52, le sentier monte à flanc de falaise dans ce secteur depuis le fond de la baie jusqu'à la tête de la falaise, avant de passer en arrière d'une parcelle privée bâtie puis de revenir sur le littoral (le sentier ayant été supprimé sur environ 90 m, à partir d'une piscine privée désormais quasiment à flanc de falaise).

L'ensemble du secteur a déjà fait l'objet de nombreux confortements, plus ou moins anciens, en amont et en aval du sentier (filets, écran béton, passerelle soutenant le sentier en surplomb...), comme illustré à l'illustration 53.

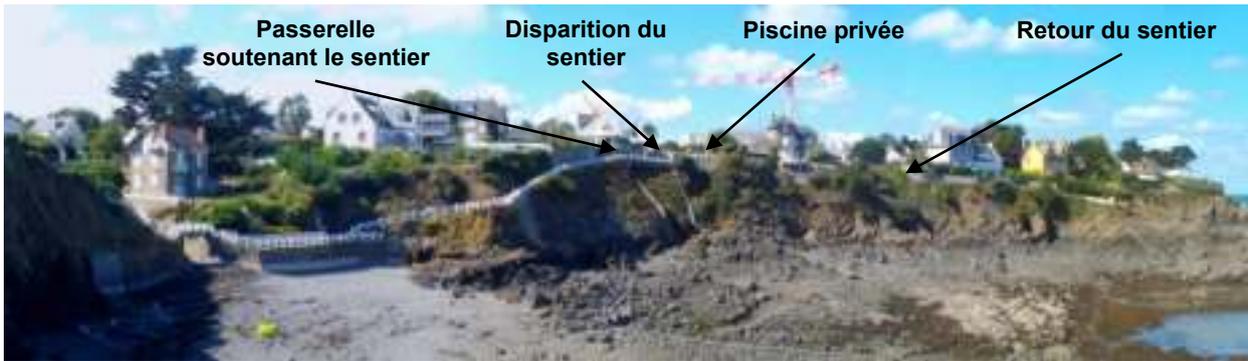


Illustration 52 – Aperçu général de la falaise Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain



Illustration 53 – Aperçu de quelques confortements sur la falaise Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain : Pilier béton soutenant un surplomb, filets plaqués, écran béton, passerelle reposant sur des piliers béton

La falaise dans ce secteur est assez fortement altérée en tête de falaise et à l'intersection des différentes fractures, ce qui a permis l'installation d'une végétation assez abondante qui masque une grande partie de la tête du versant (Illustration 55). La présence de cette couche meuble dont l'épaisseur semble pouvoir atteindre plusieurs mètres dans certains secteurs (Illustration 54) pourrait se traduire par des reculs de la tête de la falaise de plusieurs mètres en cas de mouvement de terrain, sachant que les maisons en amont se situent entre quelques dizaines de mètres et une douzaine de mètres de la tête de la falaise.



Illustration 54 – Aperçu de dépôts meubles sur une grande épaisseur dans la falaise Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain

La fracturation de la falaise est structurée autour d'une faille normale orientée N150° 65° NE, nettement visible un peu au Sud de la passerelle (Illustration 56). Cette orientation s'avère assez défavorable vis-à-vis du versant, et a déjà occasionné plusieurs désordres ayant donné lieu à divers confortements. Le plan de faille recoupant assez largement le sentier (Illustration 56), il est probable que celui-ci soit amené à disparaître à terme.



Illustration 55 – Altération et végétation sur la falaise Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain



Illustration 56 – Vues du plan de faille orienté N150° recoupant le sentier au Sud de la passerelle

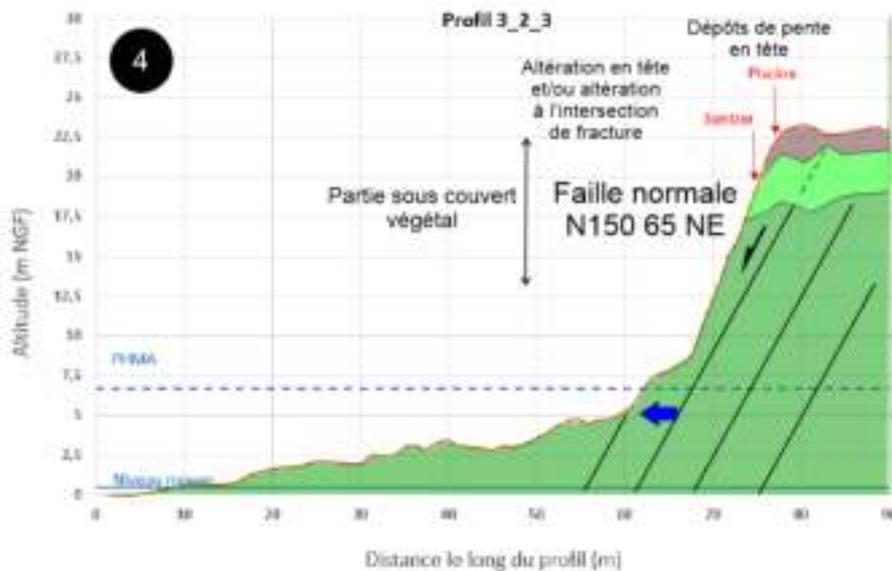


Illustration 57 - Profil et structure de la falaise au Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain (secteur noté 4 à l'illustration 41)

Les 2 études menées par le CEREMA en 2017 concernant spécifiquement ce secteur :

- Bozec (2017) analyse les désordres et les confortements sur le versant au niveau de la parcelle privée sur laquelle est bâtie la piscine, et fournit des préconisations en termes de surveillance/maintenance des confortements existants et en termes de compléments de confortements à prévoir ;
- Chauliagnet (2017) analyse l'état de la passerelle en béton soutenant le sentier, constate que les pieds des 2 piliers de béton qui soutiennent l'ouvrage sont attaqués par l'érosion et recommande de les reprendre jusqu'au niveau des plus hautes mers astronomiques.

Au final, ce secteur correspondant à la falaise Nord de la Baie de Fonteny – Grève de l'Isnain apparaît comme particulièrement exposé aux mouvements de terrain (glissements de terrain essentiellement, avec des volumes pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres cubes), d'une part en raison de l'état de la falaise (forte altération en tête et forte fracturation) et d'autre part en raison des enjeux (sentier littoral, bâti) qui pourraient être directement affectés par un recul de plusieurs mètres de la falaise, avec des échéances assez courtes. Ce type de phénomène, déclenché ici essentiellement par des facteurs

continentaux mais probablement favorisé également par les facteurs marins (qui sapent et nettoient le pied de falaise), semble fréquent dans ce secteur, comme l'atteste la présence de nombreux confortements plus ou moins anciens. Par conséquent, ce secteur apparaît comme prioritaire à suivre et à conforter à l'échelle de la commune. Des interventions (type travaux de confortement) doivent être menées rapidement pour sécuriser le sentier et les propriétés en amont, et les diagnostics complémentaires de désordres et confortements associés seraient nécessaires au niveau des parcelles les plus au Nord, vers la pointe. Par ailleurs, quelques petits volumes instables pourraient être purgés aisément autour de la passerelle.

4.3. FONTENY – POINTE DE L'ISNAIN

Les falaises en partie Sud de l'Anse de Fonteny sont légèrement moins élevée, typiquement d'une dizaine de mètres de haut (altitude se réduisant d'environ 18 m NGF à l'Ouest à 10 m à la pointe du Roc Celtic), avec des pentes de 50 à 60° pouvant localement dépasser les 70°. Altérées à leur sommet, elles présentent des signes de petits glissements superficiels, dont certains pourraient être purgés pour de faibles coûts, évitant ainsi de potentiels dommages pour les usagers de la grève en aval (Illustration 58).

En 2 secteurs, le pied de la falaise est protégé par des murs de soutènement (Illustration 58). Le plus large, à l'Ouest, est en maçonnerie et présente un état correct. Le second, plus petit vers la pointe, est en béton, et n'est plus solidaire de la falaise : il laisse passer l'eau en son extrémité Ouest, et les matériaux de la falaise en arrière du mur semblent avoir été emportés par cet orifice (Illustration 59).

L'étude menée par Solcap en 2017 (Greuell et Ressouche, 2017) a reconnu dans ce secteur par 2 sondages un recouvrement superficiel limoneux épais de 0,6 m à 1,20 m recouvrant 1,80 m à 2,40 m de gabbros altérés avant un refus à 3 m de profondeur. Cette même étude préconise sur ce secteur de purger les volumes instables et d'installer des grillages cloués de manière à sécuriser le sentier. On peut également noter que cette étude préconise l'installation de drains vis-à-vis des désordres observés au niveau du Roc Celtic, lesquels pourraient, vu l'implantation proposée, avoir également un effet bénéfique au niveau des ruissellements intervenant derrière le mur en béton.

Ce secteur est donc affecté par des glissements de terrain assez superficiels en tête de falaise, avec des volumes observés pouvant aller de quelques mètres-cube à quelques décamètres-cube. Bien que ce secteur n'apparaisse pas comme prioritaire dans le sens où un recul important et soudain de la tête de la falaise soit peu probable à court terme, la sécurisation du sentier doit être envisagée assez rapidement, du fait des volumes instables qui peuvent tomber sur la grève, et du fait qu'à terme le sentier soit probablement menacé.



Illustration 58 – Vue générale de la falaise Sud de l'Anse de Fonteny, depuis le Nord



Illustration 59 – Vue du mur en béton depuis le haut de la falaise

A la pointe du Roc Celtic (dans le jardin à l'extrémité de la pointe), des désordres ont été observés en surface, laissant penser à un sous-cavage qui pourrait remonter en surface (une cavité peut être observée sur le côté Nord-Ouest de la pointe, Illustration 60). L'étude menée par Solcap en 2017 (Greuell et Ressouche, 2017) attribue ce phénomène, après reconnaissances en sondage (3 sondages menés jusqu'au refus, à 1,6 m, 0,9 m et 0,6 m de profondeur), à un entrainement des particules fines, et préconise l'installation de drains pour éviter l'apparition de ces cavités ; compte-tenu de la configuration du site, il pourrait toutefois être utile de vérifier que les désordres en surface ne sont pas liés au sous-cavage sous la pointe.



Illustration 60 – Pointe du Roc Celtic : Désordres en surface dans le jardin à l’extrémité de la pointe (à gauche) et présence d’un sous cavage sous cette pointe (à droite)

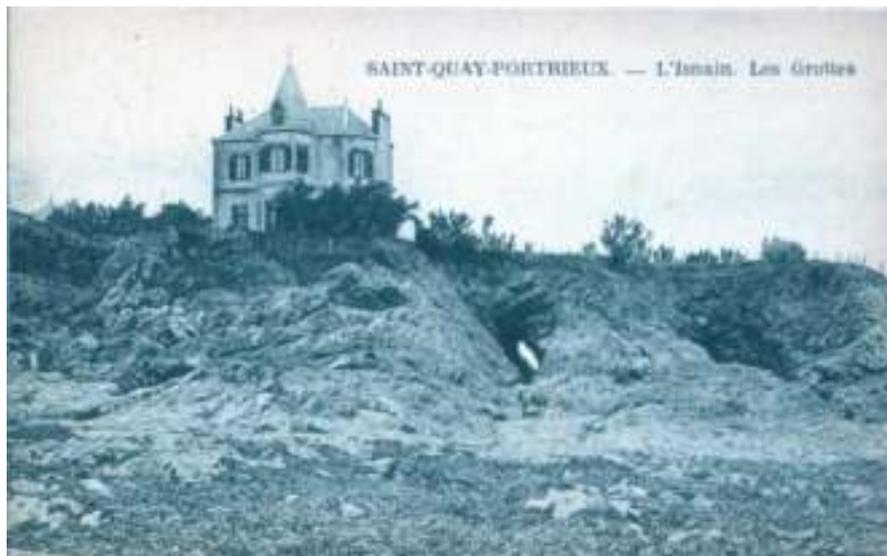
4.4. POINTE DE L’ISNAIN

La Pointe de l’Isnain se caractérise par la présence de 2 cavités traversantes parallèles dans la partie la plus étroite de son extrémité, connues sous le nom de « Grottes de l’Isnain » (Illustration 61). L’analyse structurale montre que ces grottes se sont formées le long d’une importante fracturation orientée N150° (Illustration 41).



Illustration 61 – Aperçu de la grotte Est de l’Isnain (la grotte Ouest se trouvant dans le creux sur la gauche de la photo)

La comparaison de photographies prises à diverses dates (Illustration 62) ne semble pas montrer d’évolution majeure de ces cavités. Toutefois, la comparaison des photographies prises en 2011 et en 2018 semble laisser apparaître une altération légèrement plus marquée qui pourrait s’expliquer par une petite perte de matériaux.



Photographie BRGM 2011



Photographie BRGM 2018

Illustration 62 – Vue des grottes de l'Isnain depuis le Sud sur une carte postale ancienne (en haut), en 2011 (en bas à gauche) et en 2018 (en bas à droite)

Sur la façade Nord de la Pointe de l'Isnain, on retrouve une encoche d'érosion de même orientation que les grottes, qui s'explique par le même type de fracturation orientée N165°. L'altération dans ce secteur reste faible, et d'importants mouvements de terrain ne semblent pas devoir se produire à court terme, mais on peut noter des traces d'érosion au niveau du blockhaus et de la maison situés immédiatement en tête de falaise, probablement du fait de l'impact direct de vagues.



Illustration 63 – Traces d'érosion au niveau du blockhaus et de la maison en tête de falaise sur la façade Nord de la Pointe de l'Isnain

La Pointe de l'Isnain ne semble donc pas affectée par des désordres majeurs, seules quelques petites traces d'érosion y ayant été observées, et les grottes ne montrant pas de signes d'effondrement. Au vu de ces caractéristiques, la Pointe de l'Isnain n'apparaît pas comme un secteur prioritaire. Une surveillance régulière des grottes et de l'érosion serait toutefois utile afin de détecter une éventuelle accélération des phénomènes.

4.5. OUEST DE LA POINTE DU SEMAPHORE

Les falaises à l'Ouest de la Pointe du Sémaphore présentent une hauteur moyenne, culminant typiquement à un peu plus de 20 m NGF (mais montant à plus de 35 m NGF à l'extrémité de la Pointe). Les pentes y sont assez importantes, pouvant atteindre 70 à 80° depuis la plage à l'Ouest et se réduisant légèrement, entre 40 et 60° vers la Pointe du Sémaphore. Assez significativement altérées, elles sont le siège de glissements de terrain relativement importants (épaisseur pouvant être plurimétrique) dans le secteur où l'altération est épaisse et descend jusqu'à proximité du pied de la falaise (Illustration 64).

Ce secteur est d'ailleurs marqué par la présence de nombreux murs de confortement en maçonnerie en pied de falaise, anciens et discontinus (et parfois en mauvais état), qui ont permis de plus ou moins stabiliser les glissements de terrain (Illustration 64 et Illustration 65 en bas à droite). Outre ces portions de murs, d'autres confortements ont été installés plus récemment, comme l'écran en béton projeté au-dessus de la promenade de la Plage du Châtelet, les grillages plaqués au niveau de l'escalier d'accès à la plage, ou une paroi en béton clouée situé à mi-falaise plus vers l'Est (Illustration 65).



Illustration 64 – Vue générale de la falaise à l'Ouest de la Pointe du Sémaphore



Illustration 65 – Aperçu de divers confortements sur la partie Ouest de la Pointe du Sémaphore, depuis l'accès à la Plage du Châtelet et en direction de la Pointe du Sémaphore

L'analyse structurale montre que la falaise est découpée par 2 familles de fractures sécantes à la côte : une orientée N110° et la seconde orientée N165° (Illustration 66).

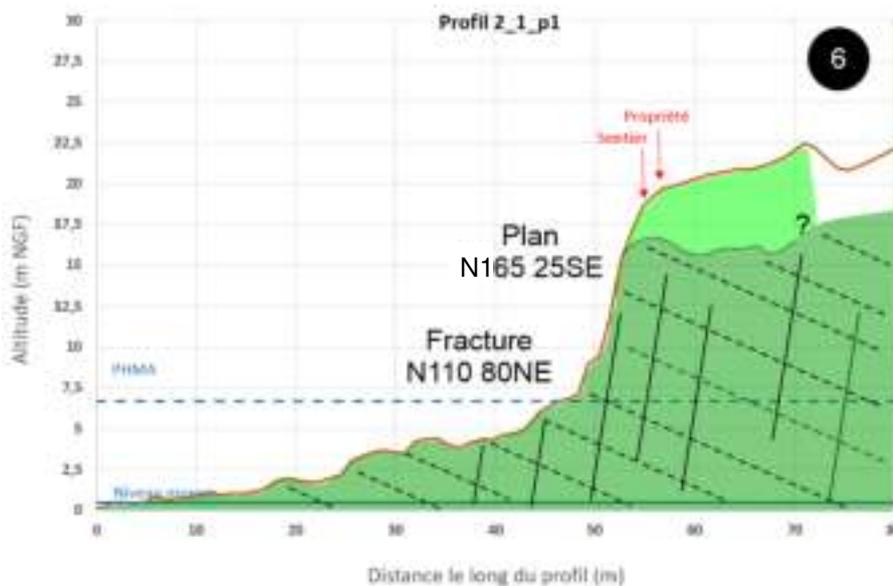


Illustration 66 - Profil et structure de la falaise à l'Ouest de la Pointe du Sémaphore (secteur noté 6 à l'illustration 41)

Du fait de l'altération de ce secteur, des glissements de terrain importants, pouvant atteindre plusieurs décimètres-cube, pourraient affecter les falaises à l'Ouest de la Pointe du Sémaphore, occasionnant un recul de la tête de la falaise de quelques mètres, notamment dans la zone où l'altération descend en pied de falaise l'exposant ainsi aux facteurs marins en plus des facteurs continentaux. Dans les zones plus rocheuses, la fracturation de la roche peut conduire aux détachements de blocs, mais les secteurs où le sentier est directement exposé ont d'ores et déjà été sécurisés (grillages plaqués au niveau de l'accès à la plage). Les enjeux du secteur restent toutefois relativement limités, les habitations restant généralement à bonne distance de la tête de la falaise et le sentier s'avérant assez large et possible à reculer dans la partie Ouest (plus en direction de la pointe, l'espace disponible pour le recul de la falaise se restreint toutefois). De ce fait, bien que non prioritaire à très court terme, ce secteur reste à surveiller attentivement (fréquence pluri-annuelle) pour détecter l'apparition éventuelle de désordres, et une sécurisation du sentier sera à envisager, au moins dans la partie où il est étroit et à proximité immédiate de la tête de falaise.

4.6. EST DE LA POINTE DU SEMAPHORE – COMTESSE

Les falaises du côté Est de la Pointe du Sémaphore – Comtesse s'élèvent à des altitudes de l'ordre de 20-25 m NGF, voire 30 m NGF à l'extrémité de la pointe, avec des pentes importantes, typiquement de 50 à 60° mais pouvant localement dépasser les 70°. Sous le sémaphore, à l'extrémité de la pointe, la roche semble peu altérée, et la falaise plutôt saine malgré sa hauteur. En descendant vers le Sud en direction de l'Hôtel Ker Moor, une altération et une fracturation importantes apparaissent dans la falaise, essentiellement en amont du sentier littoral. Ce secteur est sécurisé par d'importantes nappes de grillage plaqué (illustrations 67 et 68), récentes et en bon état.



Illustration 67 – Grillages plaqués en partie Nord de l'Est de la Pointe du Sémaphore – Comtesse, vus depuis le Nord



Illustration 68 - Grillages plaqués en partie Nord de l'Est de la Pointe du Sémaphore – Comtesse, vus depuis le Sud

En continuant vers le Sud et jusqu'à l'escalier d'accès à la grève (au niveau de l'Hôtel Ker Moor et de l'île de la Comtesse), le sentier remonte sur la falaise, qui reste significativement altérée. D'importantes cicatrices de glissements de terrain sont visibles en aval du sentier (Illustration 69), ces glissements étant visiblement restés assez superficiels et n'ayant a priori pas occasionné de recul important de la tête de la falaise.



Illustration 69 – Cicatrice de glissement de terrain au Nord de l'escalier d'accès à la grève

Immédiatement au Nord de l'escalier d'accès à la grève, un important confortement a été réalisé, consistant en un clouage associé à un voile en béton projeté sur la hauteur de la falaise, associé à un mur de protection du pied de la falaise (Illustration 70). D'après l'étude de Fondasol en 2010 (Leray, 2010), qui a dimensionné cet ouvrage, ce confortement a été réalisé suite à un glissement de terrain assez superficiel survenu suite à la tempête Xynthia en février 2010 : sur environ 50 ml de falaise, les couches de recouvrement auraient glissé (peut-être du fait d'une déstabilisation de la base du talus par les vagues) découvrant une roche restant altérée et oxydée, et mettant en surplomb le garde-corps du sentier sur 10 ml.



Illustration 70 – Confortement par écran béton et protection contre la mer en pied de falaise au niveau de l'Hôtel Ker Moor, côté Nord de l'escalier d'accès à la grève

L'éperon rocheux supportant l'escalier d'accès à la grève, sous l'Hôtel Ker Moor, montre également une altération importante (Illustration 71). Cette forte altération se retrouve sur la section de falaise située plus au Sud, alors que la falaise est recouverte d'une formation de dépôts de pente (dépôts meubles pouvant également être aisément mobilisés par des glissements de terrain, Illustration 72). Lors de l'étude Solcap en 2016 pour le confortement du glissement de Mars 2016 au niveau de l'Hôtel Ker Moor, ces dépôts de pente ont été reconnus par 2 sondages sur 4 à 6 m d'épaisseur, recouvrant 0,5 à 1,5 m de roche altérée avant le refus. C'est cette caractéristique qui explique le recul de plusieurs mètres lors du glissement de terrain de Mars 2016 sous l'Hôtel Ker Moor (Illustration 73).



Illustration 71 – Aperçu de l'éperon rocheux altéré supportant l'escalier d'accès à la gève et du glissement de terrain de Mars 2016 en partie gauche (en 2016)

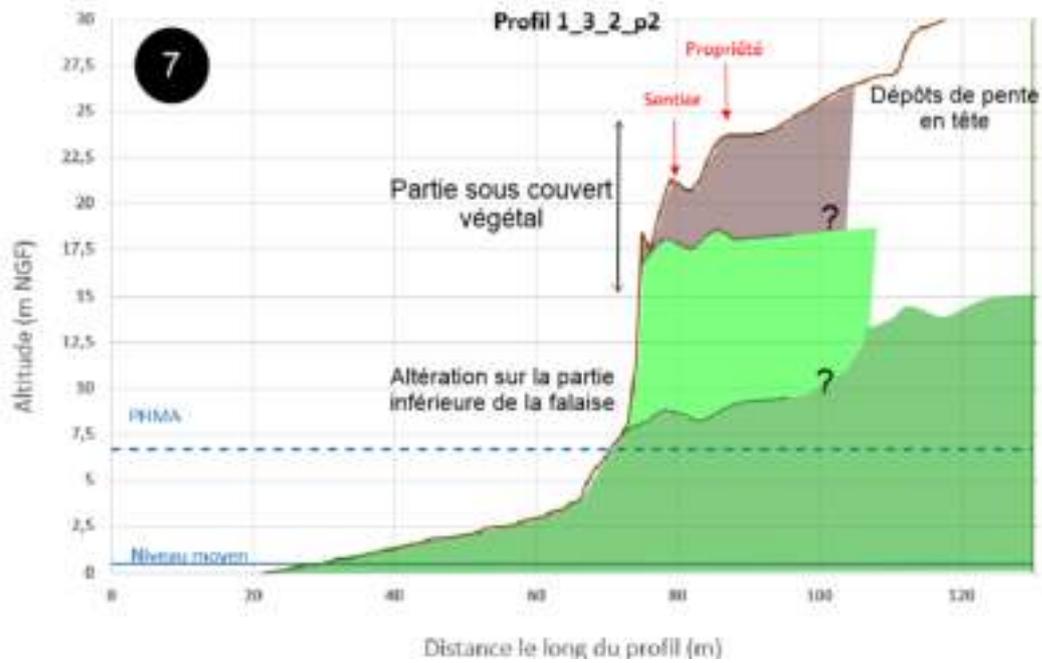


Illustration 72 - Profil et structure de la falaise à l'Est de la Pointe du Sémaphore - Comtesse (secteur noté 7 à l'illustration 41)



Illustration 73 – Aperçu de la falaise sous l’Hôtel Ker Moor, au Sud de l’escalier d’accès à la grève, avant et après le glissement de terrain de Mars 2016 (photographie de 2011 en haut et de 2016 en bas)

Le glissement de terrain de Mars 2016 a depuis été conforté en suivant les préconisations de l’étude Solcap de 2016 (Greuell, 2016) : purge et reprofilage, puis renforcement de la partie haute par clous et grillage/textile (Illustration 74). Ces travaux se sont accompagnés d’un réaménagement conséquent de la promenade en haut de falaise (recul important de la tête de falaise, déplacement de la stèle du Viking...). Lors des visites de terrain en Septembre 2018, un glissement superficiel de la partie basse était visible, se traduisant par l’apparition de fissures en bordure du talus intermédiaire. Un tuyau émergeant du sol à ce niveau, il est probable que ce glissement soit activé par des rejets d’eau pluviale qu’il conviendrait de détourner (a minima de les canaliser jusqu’à l’estran pour éviter d’alimenter le glissement).



Illustration 74 – Confortement du glissement de terrain de Mars 2016 sous l'Hôtel Ker Moor

Au final, ce tronçon correspondant à la façade Est de la Pointe du Sémaphore – Comtesse apparaît comme fortement exposé aux glissements de terrain, de par l'importante altération et fracturation du versant, associées en partie Sud à un recouvrement de dépôts de pente facilement mobilisables. Bien que localement déjà sécurisée par des confortements, cette configuration est susceptible d'occasionner d'importants glissements de terrain, capables d'engendrer un recul de la tête de la falaise de plusieurs mètres voire d'une dizaine de mètres (comme en Mars 2016), ce qui pourrait à court terme mettre en péril le sentier littoral, voire les propriétés situées en amont. Ce secteur est donc jugé prioritaire vis-à-vis de la problématique, ce qui implique a minima un suivi très régulier des confortements existants et de l'éventuelle apparition de désordres.

4.7. SUD DE LA PLAGES DE LA COMTESSE

Entre la Plage de la Comtesse et le port, les falaises apparaissent d'une hauteur modérée (< 20 m NGF). L'altération y reste moyenne et superficielle, et les pentes y restent généralement relativement modérées, hormis au Sud, au niveau de la cale d'accès à la plage depuis le port, où des confortements ont déjà été installés (grillages plaqués, Illustration 75). Des petits glissements superficiels peuvent toutefois être observés dans la couche superficielle d'altération, dont l'épaisseur maximale ne semble pas dépasser le mètre.



Illustration 75 – Aperçu des falaises et des confortements entre le port et la Plage de la Comtesse

Dans ce secteur, l'occurrence de glissements de terrain importants semble peu probable, et n'engendrerait qu'un recul limité de la tête de falaise qui ne devrait pas affecter les enjeux sus-jacents à court terme (sauf éventuellement au niveau de la cale d'accès depuis le port, où des confortements sont en place). Ce secteur n'apparaît donc pas comme prioritaire, mais un suivi régulier des confortements et des désordres serait nécessaire pour éviter des désordres importants.

5. Hiérarchisation des secteurs et planification

5.1. HIERARCHISATION DES SECTEURS

Au vu de l'analyse présentée au chapitre 4 le long des linéaires de falaises de la commune de Saint-Quay-Portrieux, une hiérarchisation des secteurs est proposée de manière à faciliter la priorisation des interventions par la commune. Cette hiérarchisation des priorités est présentée à l'illustration 76.

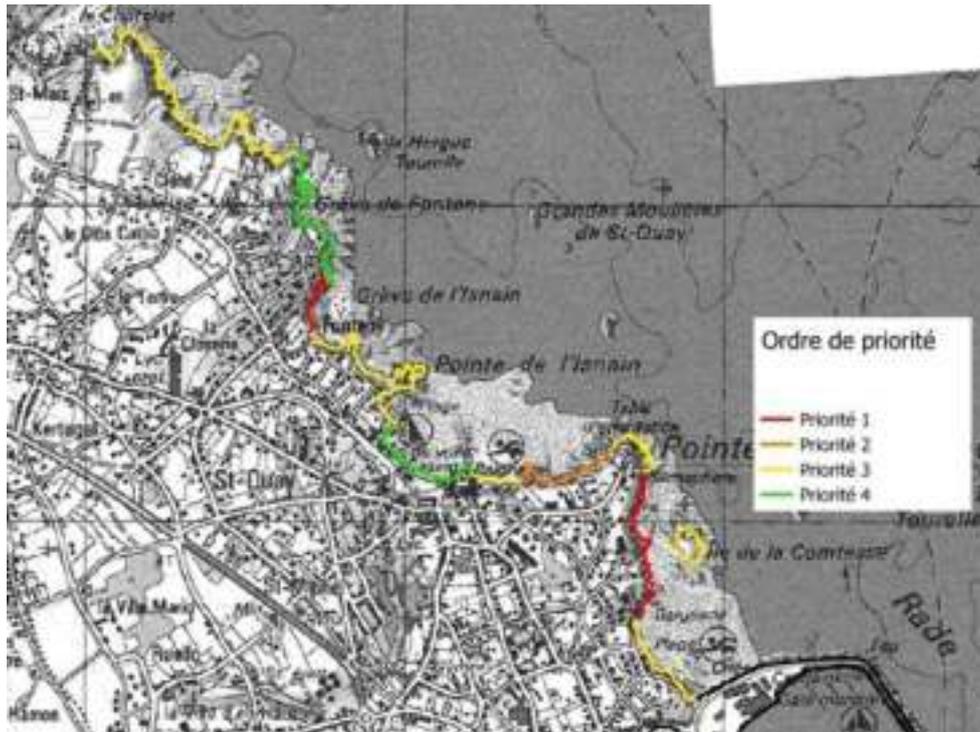


Illustration 76 – Hiérarchisation des priorités pour le suivi et le confortement des falaises de Saint-Quay-Portrieux

Quatre niveaux de priorité ont été distingués, de 1 pour les secteurs les plus critiques où une surveillance, un entretien et des confortements ou interventions seraient nécessaires rapidement, à 4 pour les secteurs où la préoccupation vis-à-vis des mouvements de terrain est moins importante.

Les 2 secteurs qui ont été jugés prioritaires (priorité 1) sont :

- La falaise qui fait face à l'île de la Comtesse, où d'importants glissements de terrain peuvent se produire (de par la présence d'une intense altération et de dépôts de pente) et occasionner un recul significatif de la falaise menaçant à la fois le sentier côtier et les propriétés,
- La partie Nord de la Baie de Fonteny, où la structure et l'altération de la falaise la fragilisent de manière importante, menaçant ainsi les enjeux situés directement en amont (sentier et propriétés).

Sur ces secteurs :

- Il est nécessaire de rapidement (si possible dans les 2 ans à venir) sécuriser et conforter les falaises,
- Il serait souhaitable de compléter les diagnostics par des études géotechniques sur les tronçons qui n'ont pas encore été étudiés en détails (dans la Baie de Fonteny au Nord de la parcelle où le sentier a été supprimé, et à la Comtesse entre le confortement au Nord de l'escalier d'accès à la grève et les grillages plaqués vers la Pointe du Sémaphore).

En tout état de cause, un suivi régulier de l'ensemble des falaises et des confortements reste nécessaire **sur l'ensemble du linéaire côtier** de la commune afin de détecter toute apparition ou aggravation de désordres et pouvoir prendre si nécessaire les mesures de sauvegarde adaptées. Idéalement, ce suivi comprendrait au moins 2 passages par an sur l'ensemble des falaises (avant et après la période hivernale), complétés par des visites post-événement climatique (tempêtes, forte pluviométrie...).

5.2. PLANIFICATION

Afin d'aider la commune à planifier les travaux nécessaires, un outil de synthèse a été développé permettant une visualisation rapide des études menées, des travaux réalisés ou planifiés et des coûts associés.

Cet outil (Illustration 77) consiste en un tableur faisant apparaître un plan du secteur (2 secteurs ayant été distingués autour des zones jugées prioritaires), avec en face des tronçons concernés des colonnes correspondant aux études déjà menées (dont les rapports peuvent s'ouvrir directement en cliquant sur leurs noms), un résumé de l'étude et des préconisations associées, l'estimation des coûts (si elle a été réalisée dans l'étude) et l'état des travaux (obsolète, réalisés, ou l'année de planification) à choisir dans un menu déroulant. La hiérarchisation des priorités est rappelée à travers un code couleur, et des colonnes supplémentaires sont disponibles pour permettre à la commune d'incrémenter le tableau avec de nouvelles études géotechniques. Enfin, un onglet final présente un bilan financier année par année, selon la planification saisie dans le tableur.



Illustration 77 – Aperçu du tableur pour la planification des travaux dans le secteur de Fonteny

Cet outil Excel a été remis à la commune afin qu'elle puisse planifier les travaux de confortement en fonction des priorités, des études disponibles et des budgets dont elle dispose.

6. Conclusion

Cette étude a permis de proposer une synthèse de connaissances au niveau des falaises de Saint-Quay-Portrieux :

- Une **synthèse de l'ensemble des études géotechniques** fournies par la ville a été réalisée ;
- Un **inventaire et une cartographie des désordres affectant les falaises côtières** ont été menés, sur la base de la bibliographie et des visites de terrain, conduisant à l'identification de 68 événements de mouvements de terrain ;
- Une **carte des formations superficielles** a été réalisée et mise en lien avec les mouvements de terrain sur les falaises côtières (notamment du fait que l'altération des gabbros de Saint-Quay-Portrieux soit un facteur directement lié à l'occurrence d'instabilités gravitaires le long des falaises) ;
- Une **hiérarchisation des secteurs prioritaires** à sécuriser a été proposée, sur la base des événements susceptibles de se produire, des confortements déjà en place et des enjeux qui pourraient être affectés par le recul de la tête de la falaise. Les secteurs prioritaires sont :
 - o La **partie Nord de l'Anse de Fonteny**, qui a déjà fait l'objet de nombreux confortements, mais dont la configuration (falaise et enjeux) nécessite un suivi rapproché, comme l'illustre le fait que le sentier côtier y soit déjà coupé. Des travaux de sécurisation et/ou de confortement sont nécessaires rapidement pour éviter des désordres importants.
 - o Le **secteur de la Comtesse**, qui a déjà fait l'objet de plusieurs glissements de terrain importants et de confortements. La forte altération de la falaise dans ce secteur et la présence de dépôts de pente meubles peut en effet conduire à des reculs de plusieurs mètres de la tête de la falaise, susceptibles d'affecter le sentier côtier et les propriétés en amont.
- Un **outil synthétisant les préconisations de confortement** issues des différentes études géotechniques a été réalisé, de manière à aider la ville à planifier et suivre ses investissements vis-à-vis de ces travaux de sécurisation.

Compte-tenu de l'exposition des falaises littorales de Saint-Quay-Portrieux aux instabilités, un suivi régulier de l'ensemble des falaises et des confortements reste nécessaire **sur l'ensemble du linéaire côtier** de la commune afin de détecter toute apparition ou aggravation de désordres et pouvoir prendre si nécessaire les mesures de sauvegarde adaptées. Idéalement, ce suivi comprendrait au moins 2 passages par an sur l'ensemble des falaises (avant et après la période hivernale), complétés par des visites post-événement climatique (tempêtes, forte pluviométrie...). Les diagnostics globaux ou locaux et les priorités d'intervention pourront au besoin être actualisés selon l'évolution des désordres et des travaux de confortements.

7. Bibliographie

- Bozec H.** (2017) – Erosion d'un versant littoral sur la commune de Saint-Quay-Portrieux : Etude de définition de confortements pour un renforcement à court terme de la falaise rocheuse sous la parcelle au 15 rue des Embruns. Rapport CEREMA Affaire C17OB0401.
- Bulteau T., Nicolae-Lerma N. et Lecacheux S.** (2013) – Projet Climats de houle – Phase 2 : Analyse des valeurs extrêmes de vagues le long de la côte Atlantique et en Manche. Rapport final BRGM/RP-62730-FR, 49 p., 26 fig., 3 ann.
- Charles E., Idier D., Thiébot J., Le Cozannet G., Pedreros R., Arduin F. and Planton S.** (2012) – Present wave climate in the Bay of Biscay : Spatiotemporal variability and trends form 1958 to 2001. Journal of Climate, 25 (6), 2020-2039. doi: 10.1175/JCLI-D-11-00086.1.
- Chauliaguet C.** (2017) – Saint-Quay-Portrieux : Passerelle béton – Diagnostic géotechnique. Rapport CEREMA Affaire C17OB0414.
- DDTM22 (2017)** – Erosion d'un versant littoral sur la commune de Saint-Quay-Portrieux au droit de la rue des Embruns. Présentation de la rencontre en mairie de Saint-Quay-Portrieux le 22/02/2017.
- Goldich S. S.** (1938) - "A Study in Rock Weathering". Journal of Geology. 46: 17–58.
- Greuell E.** (2016) – Saint-Quay-Portrieux : GR34, secteur de la Stèle du Viking : Etude d'une protection contre un glissement de terrain. Phases Diagnostic et Projet (missions G5 et G2-PRO). Rapport Solcap Affaire R16/04/2091
- Greuell E. et Ressouche J.** (2017) – Saint-Quay-Portrieux : Grève de la Source – Roc Celtic : Traitements de stabilisation de la bande littorale. Phases Diagnostic et Projet (missions G5 et G2-PRO). Rapport Solcap Affaire R17/11/2505.
- Kerdraon F.** (2011) - Saint-Quay-Portrieux (22) GR34 – Diagnostic géotechnique G5. Rapport Fondasol FNB.11.036.
- Kerdraon F.** (2014) – Saint-Quay-Portrieux (22) GR34 – Stabilité talus – Diagnostic géotechnique G5. Rapport Fondasol FNB.14.007 – 001.
- Le Maitre A.-M.** (2011) – Servitude de passage des piétons sur le littoral sur la commune de Saint-Quay-Portrieux : Visite d'inspection du sentier littoral. Rapport CETE Ouest – LRPC de Saint-Brieuc. Dossier n°18 668.
- Le Roy S., Voix F. et Schroëtter J.-M.** (à paraître) - Atlas des aléas littoraux du département du Morbihan.
- Leray A.** (2010) – Saint-Quay-Portrieux : Sécurisation, confortement et mise en valeur du sentier des douaniers, Ile de la Comtesse, Secteurs 6 et 7a – Etude géotechnique en phase AVP. Rapport Fondasol FN.10.039.
- Meignan L.** (2003) – Commune de Saint-Quay-Portrieux – 22 : Sécurisation du sentier littoral – Etude de faisabilité géotechnique. Rapport Géolithe Dossier n°02-246 IV.
- Paraire J.** (2000) – Saint-Quay-Portrieux – Sentier littoral – Inventaire des zones à risques. Rapport CETE Ouest – LRPC de Saint-Brieuc. Dossier n°42/99/2/0210.
- Pascuttini N.** (2008) – Saint-Quay-Portrieux (22) : Sécurisation du sentier littoral – Projet. Rapport Géolithe Dossier n°07-276 II 1.

Roy F. (2008) – Commune de Saint-Quay-Portrieux (22) – Sécurisation du sentier littoral – AVP. Rapport Géolithe Dossier n°07-276 I 1.

Roy F. (2010) – Saint-Quay-Portrieux (22) – Anse de Fonteny : Protection contre les éboulements rocheux – Sécurisation du sentier littoral. Etude de diagnostic/Faisabilité. Rapport Géolithe Dossier n°09-282.

Schroëtter J.-M. et Blaise E., avec la collaboration de Debert V., Le Gall B., Gilbert G., Tissot H., Meunier F., Audo J., Pillios F., Premaillon M., Gouygou B., Palvadeau E. et Suanez S. (2015) – Atlas des aléas littoraux (Érosion et Submersion marine) des départements d'Ille-et- Vilaine, des Côtes-d'Armor et du Finistère : Phase 1, Rapport final, BRGM/RP-65212-FR, 1 282 p., 861 ill., 19 ann., 1 CD.

Schroëtter J.-M., Aubertin F. et Yahia M. (2013) – Inventaire départemental des mouvements de terrain des Côtes d'Armor. Rapport BRGM/RP-62104-FR, 96 p., 31 ill., 4 ann., 1 carte h.-t.

Schroëtter J.-M. (2016) – Glissement de terrain littoral, le 23 mars 2016 à Saint-Quay-Portrieux (22) : Avis du BRGM. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP- 65826 -FR. 26 p., 16 ill., 1 ann.

SHOM (2014) - Références Altimétriques Maritimes. Cotes du zéro hydrographique et niveaux caractéristiques de la marée, 114 p.

SHOM-CETMEF (2012) - Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique). Rapport SHOM, 144 p., 2 ann.

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



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

Direction régionale Bretagne
2, rue de Jouanet
35700 – Rennes – France
Tél. : 02 99 84 26 70