

**ANNEXE 8 :**  
**ELEMENTS DE DIMENSIONNEMENT**  
**POUR LA PRISE EN COMPTE DES**  
**IMPACTS DU CHANGEMENT**  
**CLIMATIQUE SUR L'EXPLOITATION DE**  
**LA CARRIERE A L'HORIZON 2050**  
**(BRGM, JUIL. 2021)**



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité



Document confidentiel

**Note sur l'appui et avis scientifique et technique dans le cadre du dossier d'autorisation d'extension de la carrière de Kaolin à Ploemeur**

Rapport final

**BRGM/RP-71028-FR**

18 août 2021

Avis réalisé dans le cadre d'un projet commercial CF21DEP032

**Nadia Amraoui, Alexandre Boisson, Emmanuelle Petelet-Giraud et Sylvestre Le Roy**

**Vérificateur :**

Nom : Jean-François Vernoux

Fonction : Hydrogéologue

Date : 19/07/2021

Signature :

**Approbateur :**

Nom : Pascal AUDIGANE

Fonction : Responsable de l'unité  
DEPA/GDR

Date : 19/08/2021

Signature :

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

Contact : [qualite@brgm.fr](mailto:qualite@brgm.fr)

### 3. Données disponibles concernant l'exposition du site aux risques côtiers en contexte de changement climatique

#### 3.1. GÉOLOGIE ET GÉOMORPHOLOGIE

##### 3.1.1 Géologie du site

D'après la carte géologique au 1/50 000 (Illustration 6), l'essentiel de la géologie littorale du secteur correspond aux granites de Ploemeur. Le long d'une faille orientée NNE se rencontrent les altérites kaoliniques, exploitées par la carrière des kaolins. Des formations éoliennes de dunes bordières et champs dunaires sont cartographiées en arrière de la plage des kaolins (devant laquelle la cartographie de dépôts anthropiques traduit le caractère artificiel de la plage, constituée des rejets de la carrière des kaolins) et le long de la plage de Fort-Bloqué, où elles isolent une zone basse marécageuse de formations alluviales fluviales et lacustres (étang de Lannédec).

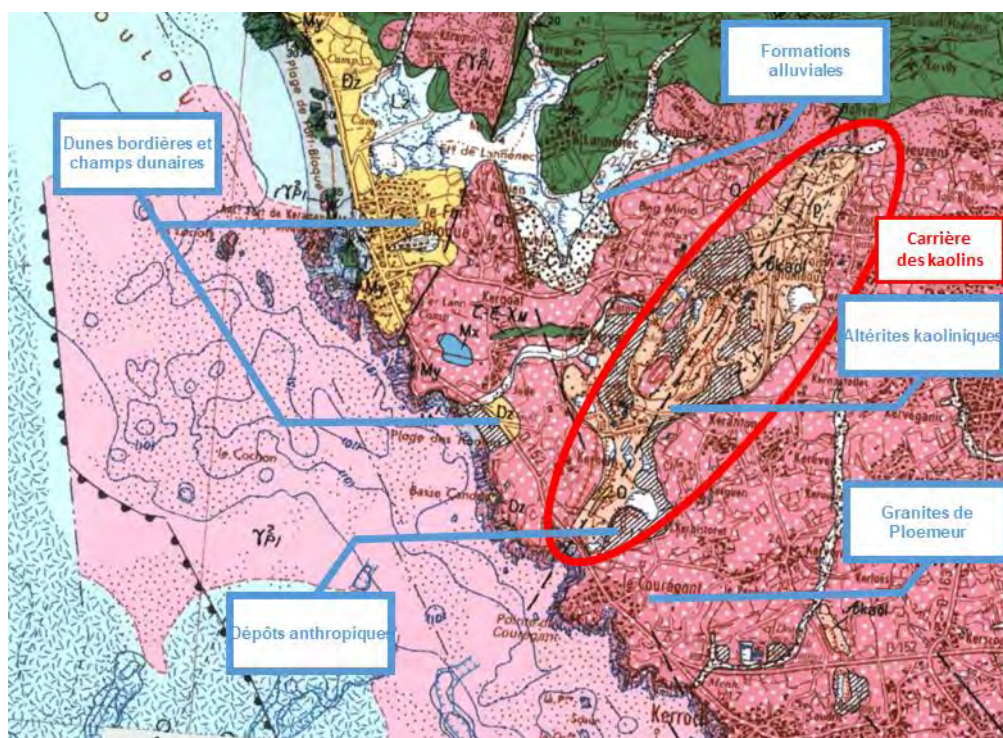


Illustration 6 : Géologie sur le secteur de la carrière des kaolins d'après la carte de Ploemeur Source : <https://infoterre.brgm.fr/>

Au fond de l'anse du Courégant, la carte géologique indique également la présence de granite de Ploemeur. Toutefois, la taille de cette zone se confronte à l'échelle de validité de la carte, et cette information ne peut être considérée aveuglément. En effet, plusieurs indices laissent à penser que la route ne repose pas forcément sur du granite sur toute sa longueur :

- Le sondage PzBS2 fourni par le rapport ANTEA (Bauny, 2021), localisé dans la carrière, en arrière du remblai qui isole cette dernière de la route RD152 et à environ 160 du trait de côte du fond de l'anse du Courégant, a recoupé des remblais, puis des kaolins jusqu'à 12 m, puis 1 m d'arènes et enfin du granite.
- L'observation des photographies aériennes ne montre pas d'affleurement de granite massif sur l'estran au nord du fond de l'anse du Courégant.
- Les traces d'érosion observées sur le même secteur semblent montrer un matériau meuble ressemblant à des remblais ou des dépôts de pente (Illustration 11).

### 3.1.2 Topographie

La topographie du site à haute résolution, présentée à l'illustration 7, montre qu'à l'exception des fosses de la carrière le secteur est relativement élevé, avec des altitudes généralement supérieures à 5 voire 10 m NGF.

Il convient toutefois de noter que :

- Ces données ne sont pas représentatives pour les zones en eau, dans lesquelles le système de LiDAR topographique (utilisé pour établir le RGE Alti) ne pénètre pas ; c'est par exemple le cas de la fosse au Sud de la carrière, à proximité de la mer, qui apparaît particulièrement lisse car elle était en eau au moment de l'acquisition.
- Les acquisitions ont été menées par l'IGN au début des années 2010, et n'intègrent donc pas les modifications qui ont pu survenir ultérieurement ; c'est notamment le cas pour cette même fosse à proximité de la mer, dont l'altitude est vraisemblablement sous-évaluée car la zone a été remblayée depuis.



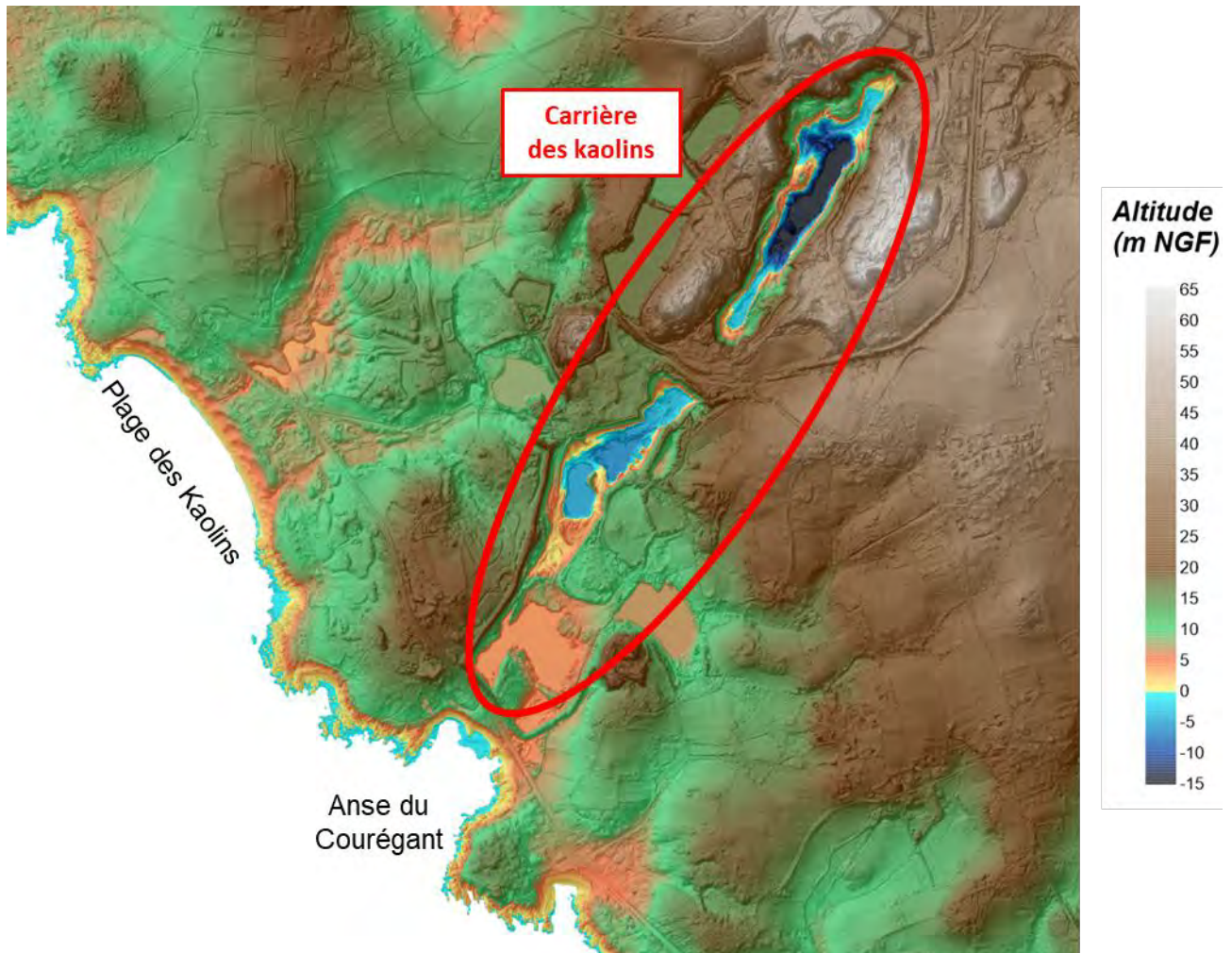


Illustration 7 : Topographie du secteur de la carrière des kaolins

La carrière des kaolins est séparée de la mer par une centaine de mètres, sur laquelle on rencontre la route départementale RD152, dont l'altitude varie sur ce secteur entre 5,7 m NGF au Sud et 13 m NGF plus au Nord. La carrière elle-même est ceinturée d'un important remblai large de 15 à 20 m qui l'isole de la route, dont l'altitude varie globalement de 20 m NGF sur la partie Nord à 12,5 m NGF sur la partie Sud.

### 3.1.3 Géomorphologie du trait de côte

On distingue ainsi généralement les « côtes d'ablation », qui correspondent aux côtes à falaises, et les « côtes d'accumulation », qui correspondent plutôt aux côtes sédimentaires meubles.

Les côtes d'ablation doivent cette appellation au fait qu'elles ne peuvent naturellement que reculer par enlèvement de matériaux. Il peut s'agir de falaises rocheuses ou de falaises meubles (par exemple constituées de colluvions ou de limons plus ou moins cohérents). Les côtes à falaise meubles sont généralement plus susceptibles de reculer que les côtes à falaises rocheuses, dont le recul dépend souvent de l'état d'altération et de fracturation de la roche, qui va conditionner les mouvements de terrain qui peuvent survenir.

Les côtes d'accumulation, quant à elles, correspondent à des accumulations sédimentaires (sables, graviers, galets) qui peuvent à la fois reculer et avancer, selon les périodes et les secteurs, en fonction des flux sédimentaires. Ces côtes, qui correspondent par exemple à des plages ou à des massifs dunaires, peuvent se révéler très mobiles, avec par exemple des vitesses de recul pouvant atteindre plusieurs dm/an à plus de 1 m/an selon les secteurs.

Dans certains secteurs, des aménagements anthropiques ont pu être installés le long du trait de côte, qu'il soit rocheux ou meuble, conduisant à un trait de côte artificiel. Les objectifs de ces aménagements sont variables, généralement à des fins d'aménagement (quais d'un port, polders...) ou de protection contre l'érosion et/ou la submersion (digues, enrochements...).

La caractérisation de la géomorphologie du trait de côte dans le Morbihan a été réalisée par Le Roy et al. (2020). Elle est illustrée pour le secteur de la carrière des kaolins à l'illustration 8.



Illustration 8 : Géomorphologie du trait de côte sur le secteur de la carrière des kaolins  
(données : Le Roy et al., 2020)

Le trait de côte sur le secteur est essentiellement constitué par des roches granitiques, reconnues comme saines (non altérées) et n'étant visiblement pas en érosion. Localement, des petites plages constituées de sables et/ou de galets s'adossent au granite.

La plage des kaolins est très spécifique, car elle est au moins en grande partie « artificielle », et constituée des déchets de la carrière des kaolins elle-même. Le volume des sédiments qui y ont été rejetés a même conduit et/ou accompagné la formation d'un massif dunaire (cf. paragraphe 3.1.1) et à une avancée importante du trait de côte au niveau de la plage sur les dernières décennies (cf. paragraphe 3.4).

Enfin, certains secteurs présentent un trait de côte anthropique, avec des ouvrages dont l'état varie selon les secteurs. L'anse du Courégant se caractérise par la présence d'un ouvrage de protection ancien, datant probablement de la guerre et baptisé « Mur de l'Atlantique », en mauvais état (cf. paragraphe 3.2).

### **3.2. AUTRES OBSERVATIONS HISTORIQUES DISPONIBLES**

La consultation des bases de données disponibles au BRGM (bases de données des cavités souterraines et des mouvements de terrain et observations ponctuelles de l'atlas de la géomorphologie du trait de côte) ne dégage que peu d'éléments sur le secteur :

- Pas de cavités souterraines naturelles ou de sous-cavages littoraux recensés sur le secteur (les seules cavités recensées sont des casemates datant de la seconde guerre mondiale, dont l'une est située au niveau de la plage des Kaolins, et la seconde est située plus au Sud, vers la pointe de Kerroc'h).
- En termes de mouvements de terrain, hormis l'effondrement d'un petit sous-cavage dans l'anse du Courégant (côté Nord de la Pointe du Courégant), seules des « érosions de berge » (i.e. des traces d'érosion qui pourraient traduire un recul du trait de côte) ont été relevées à Fort-Bloqué, au niveau du camping au Nord de la plage des Kaolins et sur le côté Sud de la Pointe du Courégant ; plus au Sud, vers Kerroc'h, des glissements de terrain ont également été recensés.
- Vis-à-vis des ouvrages de protection côtière, outre quelques dommages sur des enrochements vers Fort-Bloqué, la présence d'un ouvrage de protection ancien, datant probablement de la guerre et baptisé « Mur de l'Atlantique » a été relevée dans l'anse du Courégant ; cet ouvrage est toutefois aujourd'hui en très mauvais état, des pans entiers du mur ayant basculé sur la plage. Au fond de l'Anse, un recul marqué du trait de côte a rapproché le rivage au plus près de la route, ce qui a conduit à l'installation d'un enrochement pour protéger cette dernière.





*Illustration 9 : Vue aérienne de l'anse du Courégant ([www.geoportail.gouv.fr](http://www.geoportail.gouv.fr)) et localisation des 3 illustrations suivantes*



*Illustration 10 : Dommages au « Mur de l'Atlantique » sur la partie Nord de l'anse du Courégant (photo : BRGM, avril 2018)*





*Illustration 11 : Erosion en arrière du « Mur de l'Atlantique »  
sur la partie Nord de l'anse du Courégant  
(photo : BRGM, avril 2018)*



*Illustration 12 : Enrochement au plus près de la route  
au Sud de l'anse du Courégant  
(photo : BRGM, avril 2018)*

En complément, le BRGM a réalisé dans le cadre de l'atlas de la géomorphologie du trait de côte une base de données régionale sur les impacts de tempêtes à la côte. Les données recensées font surtout état de dommages aux ouvrages côtiers dans les divers secteurs, et de submersions localisées vers Kerroc'h. Pour l'anse du Courégant elle-même, on peut noter des dommages importants au Mur de l'Atlantique lors des tempêtes du 11/02/1974 et du 10/03/2008, ainsi que des projections de matériaux (sables et roches) sur les routes et chemins lors des tempêtes du 30/12/1978 et du 04/02/2014.

Le tableau suivant synthétise les données recensées dans cette base pour le secteur entre Fort-Bloqué et Kerroc'h.

Secteur	Date de la tempête	Dommages
Sud de Fort-Bloqué	14-15 Décembre 1989	• Falaise et cale dégradées au Fort-Bloqué ; bétonnage nécessaire sur 10m supplémentaires (pour 50 000 francs HT)
	10 Mars 2008	• Recul de la falaise au Fort-Bloqué • Au niveau du camping au sud de Fort-Bloqué, enrochement dégradé, et trottoir attaqué
	Janvier 2014	• Sur des centaines de metres, sable disparu laissant place a la roche et aux cailloux qui affleurent en surface
Le Courégant	04 Décembre 1896	• Etat évaluatif des dégradations au port de Couregan: enlèvement et regalage sur le terre-plein de pierres transportées par la mer devant l'extrémité nord du mur du quai
	12 Mars 1905	• Avaries très graves à la cale de Couregan : une partie du parement extérieur s'est effondrée et une brèche de 18 m environ de longueur sur 2,5 m de hauteur et 0,75 m d'épaisseur s'est ouverte
	11 Février 1974	• Minés a leur base par les vagues, les éléments du mur en béton du Courégant, d'une quinzaine de metre de long chacun et pesant plusieurs milliers de tonnes, se sont couchés
	30 Décembre 1978	• En plusieurs endroits, notamment a hauteur du Couregant, la route côtière a été fortement ensablée, rendant la circulation difficile
	10 Mars 2008	• Effondrement d'une partie du mur de l'Atlantique • Dégradation de la cale du Couregant
	04 Février 2014	• Pendant la tempête Pétra, le chemin velo/pieton a subi d'importants degats: il est jonché de cailloux mélangés au sable, notamment à hauteur du mur de l'Atlantique (en tres mauvais etat)
Kerroc'h	21 Décembre 1911	• La cabane du feu de Kerroc'h a été démolie par la mer bien que sa plateforme soit située sur la côte
	22 Mars 1913	• De nombreux joints de la cale de Kerroc'h ont été dégradés
	13 Décembre 1978	• La cale d'accostage du petit port de Kerroc'h a durement souffert: la partie empierrée n'a pas résisté a la fureur des flots
	14-15 Décembre 1989	• Arrachement de l'accotement au Trou du Lion a Kerroc'h (coût: 21 715 francs HT)
	31 Janvier 1990	• A Kerroc'h, la digue, après celle de Iomener, était sur le point de s'abimer
	10 Mars 2008	• Effondrement au Trou du Lion a Kerroc'h
	04 Janvier 2014	• Le lavoir et la fontaine de Poul Feuteun ont été inondés
	04 Février 2014	• Le lavoir et la fontaine de Poul Feuteun ont de nouveau été envahis par la mer pendant Pétra; ils venaient d'être nettoyés après la submersion de Janvier

Illustration 13 : Résumé des impacts directs de tempêtes recensés sur le secteur de Fort-Bloqué à Kerroc'h (Source : Le Roy et al., 2020)

Concernant la destruction du Mur de l'Atlantique, il convient toutefois de noter que les dommages ont commencé à apparaître bien avant la tempête du 11/02/1974. En effet, la consultation des photographies aériennes anciennes (<https://remonterletemps.ign.fr/>) montre que si le mur semblait bien intact en 1948, des parties sont déjà déchaussées ou manquantes en 1966 (une photographie en 1953 ne laisse pas apparaître de dommages majeurs, tandis que d'éventuels dommages sont difficiles à détecter sur une photographie de 1958 du fait de sa résolution).

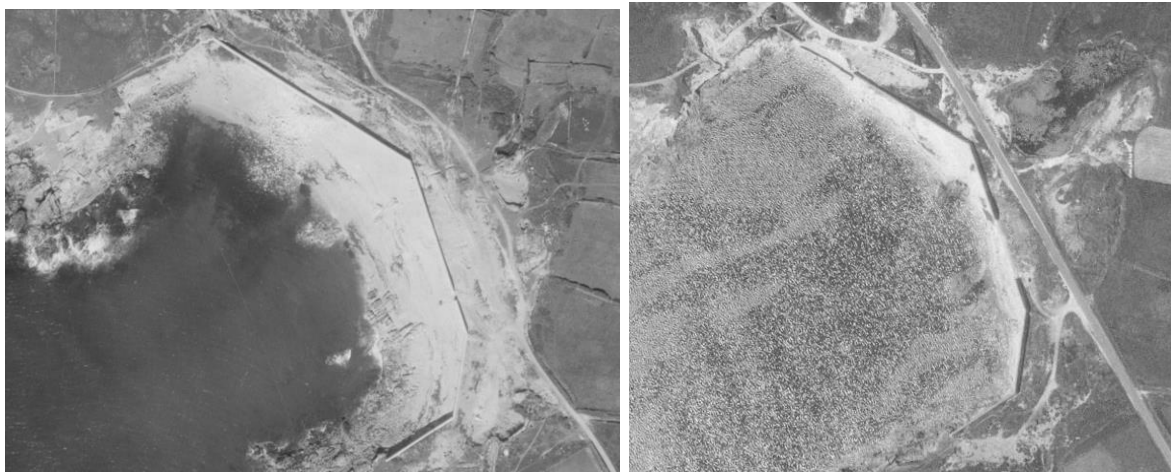


Illustration 14 : Vues aériennes anciennes : le 08/10/1948 à gauche et le 03/06/1966 à droite (<https://remonterletemps.ign.fr/>)

Au final, les différentes observations disponibles montrent donc que :

- L'anse du Courégant ne semble pas particulièrement exposée aux submersions marines.
- L'impact des vagues y est malgré tout suffisant pour causer la ruine d'ouvrages de protection (Mur de l'Atlantique) et le recul du trait de côte en arrière de ces ouvrages.

### 3.3. ALÉA « SUBMERSION MARINE »

#### 3.3.1 Rappels sur les submersions marines

« Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer lors de conditions météorologiques et océaniques défavorables (basses pressions atmosphériques et fort vent d'afflux agissant, pour les mers à marée, lors d'une pleine mer) ; elles peuvent durer de quelques heures à quelques jours » (Guide méthodologique, MEDDE, mai 2014). Elles sont le plus souvent associées à des surélévations temporaires du niveau de la mer lors de tempêtes ou de cyclones, voire de tsunamis.

Les surcotes marines sont contrôlées par deux processus principaux (Illustration 15) :

- La surcote atmosphérique : le passage d'un important système dépressionnaire (tempête) est caractérisé par des variations du niveau marin selon deux mécanismes :
  - o La chute de pression atmosphérique entraîne une surélévation du niveau du plan d'eau. C'est le phénomène de *baromètre inverse* : une diminution d'1 hPa équivaut à une élévation d'1 cm du plan d'eau (valeurs pour une situation théorique d'un plan d'eau infini et d'une pression atmosphérique uniforme).
  - o A cela s'ajoute l'effet du vent, qui en fonction de son intensité et de sa direction est susceptible de provoquer des accumulations d'eau sur la bande littorale.

La surélévation du plan d'eau provoquée par la chute de pression et l'action du vent correspond à la surcote atmosphérique. La combinaison de la marée et de cette surcote atmosphérique génère le niveau de la mer « au repos » (Illustration 15).



- La surcote liée aux vagues (*wave setup*) : à l'approche de la côte, les vagues générées au large déferlent en transférant leur énergie sur la colonne d'eau, dont une partie provoque une surélévation du niveau moyen du plan d'eau (le « *wave-setup* » ou surcote liée aux vagues) qui peut atteindre plusieurs dizaines de centimètres.

Le niveau moyen du plan d'eau (ou niveau statique) lors d'une tempête résulte de la contribution de la surcote atmosphérique, de la surcote des vagues et de la marée (Illustration 15).

La marée est de type semi-diurne en France métropolitaine (2 cycles de pleine mer et basse mer par jour). La différence de hauteur entre une pleine mer et une basse mer, appelée le marnage, peut atteindre plusieurs mètres. On distingue alors les côtes macrotidales (marnage supérieur à 4 m), mésotidales (2 à 4 m de marnage) et microtidales (marnage inférieur à 2 m). Le littoral au niveau de Ploemeur, en particulier, est exposé à un contexte macrotidal, le marnage maximal étant de l'ordre de 5,40 m au Pouldu (SHOM, 2019).

Enfin, le niveau instantané du plan d'eau dépendra du jet-de-rive (*swash*), c'est-à-dire le flux et le reflux des vagues sur l'estran. On appelle *run-up* la cote maximale atteinte par la mer au-dessus d'un niveau de référence (ex. le zéro hydrographique).

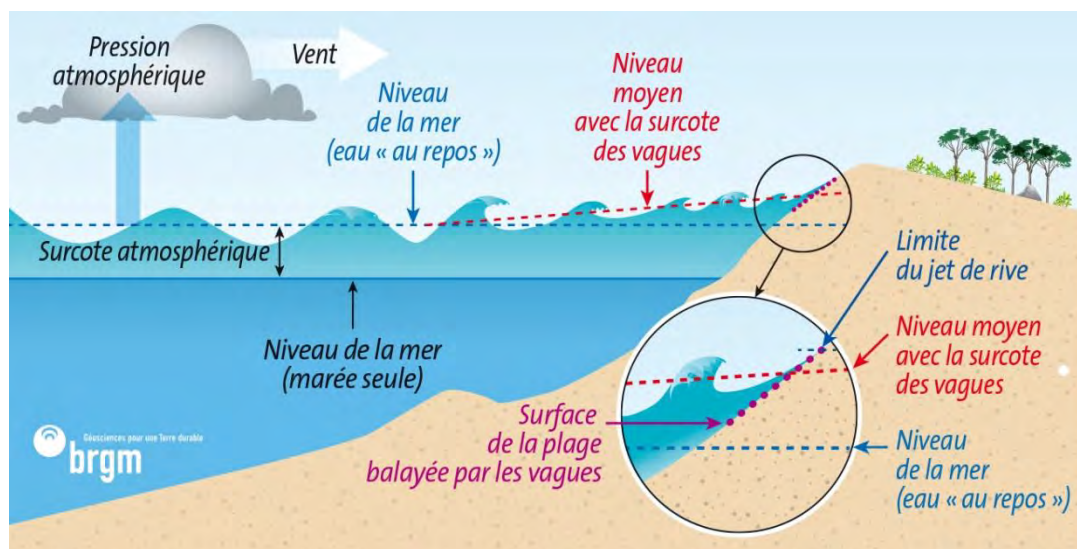


Illustration 15 : Schéma des différentes contributions au niveau du plan d'eau lors d'une tempête (surcotes) jusqu'au rivage (Source : BRGM)

La submersion peut se manifester sous trois formes différentes (Illustration 16) :

- le franchissement par paquets de mer, qui correspond au passage des vagues par-dessus les défenses côtières (naturelles ou artificielles), l'accumulation d'eau résultante peut s'avérer importante selon l'ampleur des franchissements, sa durée et le linéaire concerné ; le franchissement est conditionné essentiellement par la position du plan d'eau (niveau statique) par rapport à la cote maximale du terrain naturel ou des ouvrages de protection, et par les caractéristiques locales des vagues (hauteurs et périodes) ;
- le débordement, qui correspond à une élévation du niveau d'eau statique au-dessus de la cote maximale du terrain naturel ou des ouvrages de protection ; il entraîne un déversement continu d'eau à terre ; les volumes d'eau mis en jeu dépendent de l'écart entre le niveau d'eau et celui de la cote maximale du terrain naturel ou des ouvrages de protection, la durée du débordement et de la vitesse de l'écoulement ;

- la rupture de structures de protection est causée par l'action répétée des vagues et/ou la surverse. Les structures de protection peuvent être alors endommagées progressivement ou brutalement, et des brèches ou une défaillance généralisée peuvent se produire, provoquant le passage à un régime de débordement. Le déversement de l'eau en arrière des ouvrages est également de nature à dégrader fortement les ouvrages.

Un épisode de submersion peut résulter de la succession de ces différents processus, voire de leur occurrence simultanée, en des endroits différents. Lors de tempêtes, on assiste généralement à une montée progressive du niveau statique et à un renforcement de l'intensité des vagues (temps 1). Au-delà d'une certaine intensité, il peut y avoir franchissements par paquets de mer, la submersion associée restant en général limitée (temps 2). Si le niveau statique continue à s'élever et dépasse la cote maximale des défenses côtières, la submersion passe alors en régime de débordement (temps 3A). Lorsque le niveau statique diminue du fait de la marée et/ou de la baisse de la surcote, on peut observer, suivant la configuration, une « vidange » partielle de l'eau accumulée à terre vers la mer ou de nouveaux franchissements jusqu'à ce que les conditions de mer diminuent (temps 3B). En cas de rupture d'un ouvrage de protection, il peut y avoir submersion par débordement alors que le niveau statique ne dépasse pas la cote maximale de l'ouvrage avant rupture (temps 3C).

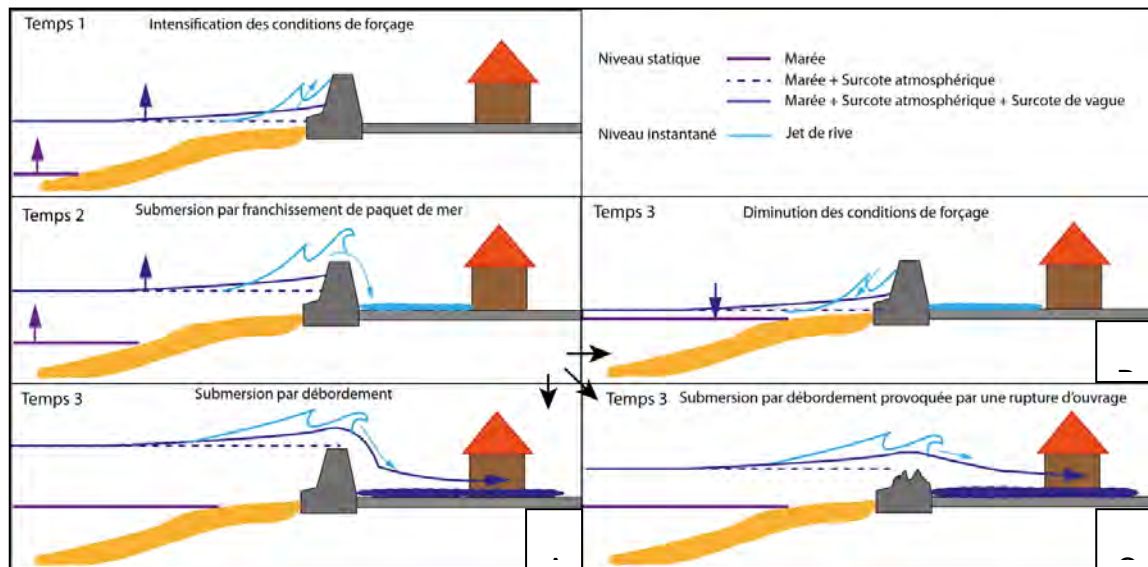


Illustration 16 : Exemple de chronologies possibles en cas de submersion marine (franchissement par paquets de mer/dégradation des ouvrages/débordement, ©BRGM)

### 3.3.2 La submersion marine à Ploemeur

Comme évoqué au paragraphe 3, même si quelques petits événements de submersion sont connus localement à Ploemeur, l'anse du Courégant ne semble pas particulièrement exposé à cet aléa. Toutefois, la dépression topographique que constitue la carrière des kaolins à proximité immédiate du rivage peut faire craindre une submersion importante de la carrière.

D'après SHOM (2019), le niveau des Plus Hautes Mers Astronomiques (PHMA) au Pouldu (port le plus proche de Ploemeur où la donnée est disponible, à 7,5 km environ au Nord-Ouest de l'anse du Courégant) est de 5,70 m CM (cote marine), soit **2,78 m NGF**.

D'après SHOM-CETMEF (2012), la hauteur de pleine-mer centennale (i.e. qui a tous les ans une chance sur 100 de se produire ; on parle aussi de période de retour 100 ans) au niveau du Courégant est de l'ordre de **3,70 m NGF**, soit près de 1 m plus haut que la PHMA.

Ces 2 cotes sont reportées sur la topographie aux illustrations 17 et 18 afin de visualiser de façon « statique » si ces niveaux marins sont susceptibles de générer des phénomènes de débordement dans la carrière.

Les données topographiques montrent ainsi que ces niveaux marins restent largement inférieurs à la cote de la route RD152, dont le point bas se situe à environ 5,70 m NGF, et que les abords de la fosse la plus proche de la mer présentent eux-mêmes des altitudes supérieures à 4 m NGF, donc plus hautes que les niveaux marins centennaux (sachant que cette altitude est vraisemblablement sous-estimée dans la topographie utilisée, cette fosse ayant été remblayée par la suite). Une submersion marine de la carrière par débordement apparaît donc comme quasiment impossible à court terme.

Si un phénomène de débordement apparaît comme très improbable, les données historiques semblent montrer que des projections de matériaux en arrière du mur de l'Atlantique se sont déjà produites, laissant penser que des franchissements de la route par des vagues sont possibles. Toutefois :

- La fosse la plus proche de la mer est protégée par un remblai qui culmine à plus de 11 m NGF.
- Ce remblai est séparé du trait de côte par plus d'une cinquantaine de mètres (dont la route).

Il semble donc très improbable que les vagues qui pourraient franchir la route aient encore suffisamment d'énergie pour pouvoir franchir le remblai, particulièrement haut et assez éloigné du trait de côte. Le plus probable serait que l'eau qui parviendrait à franchir la route sous l'effet des vagues ruissellerait vers le parking, en partie Sud du fond de l'anse du Courégant. Le parking, qui forme une dépression topographique (altitude de l'ordre 4,5-5 m NGF), pourrait au pire se remplir et se re-déverser vers la mer, sous réserve que le remblai supporte la pression hydrostatique et la présence d'une nappe d'eau contre lui.



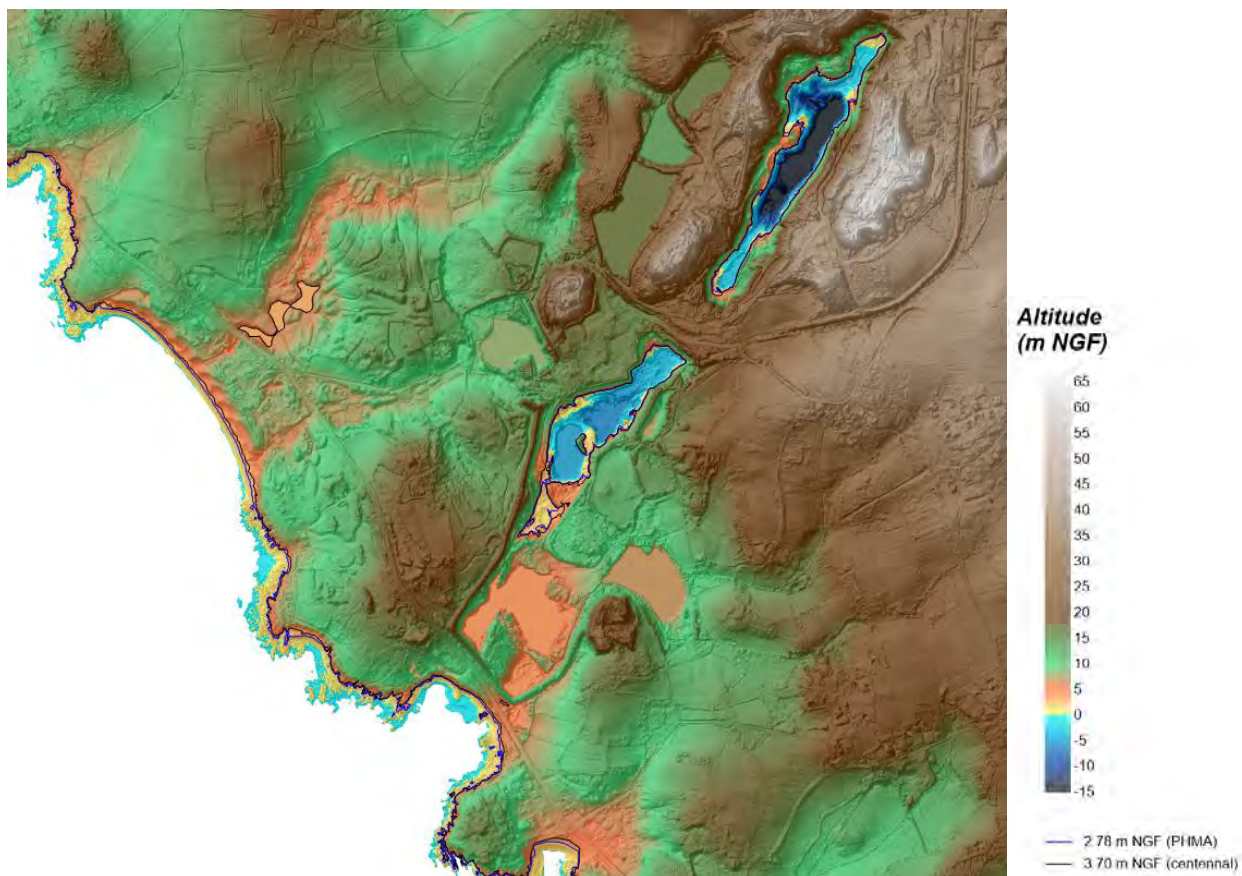


Illustration 17 : Topographie générale du site de la carrière et niveaux atteints par la PHMA et une pleine-mer centennale

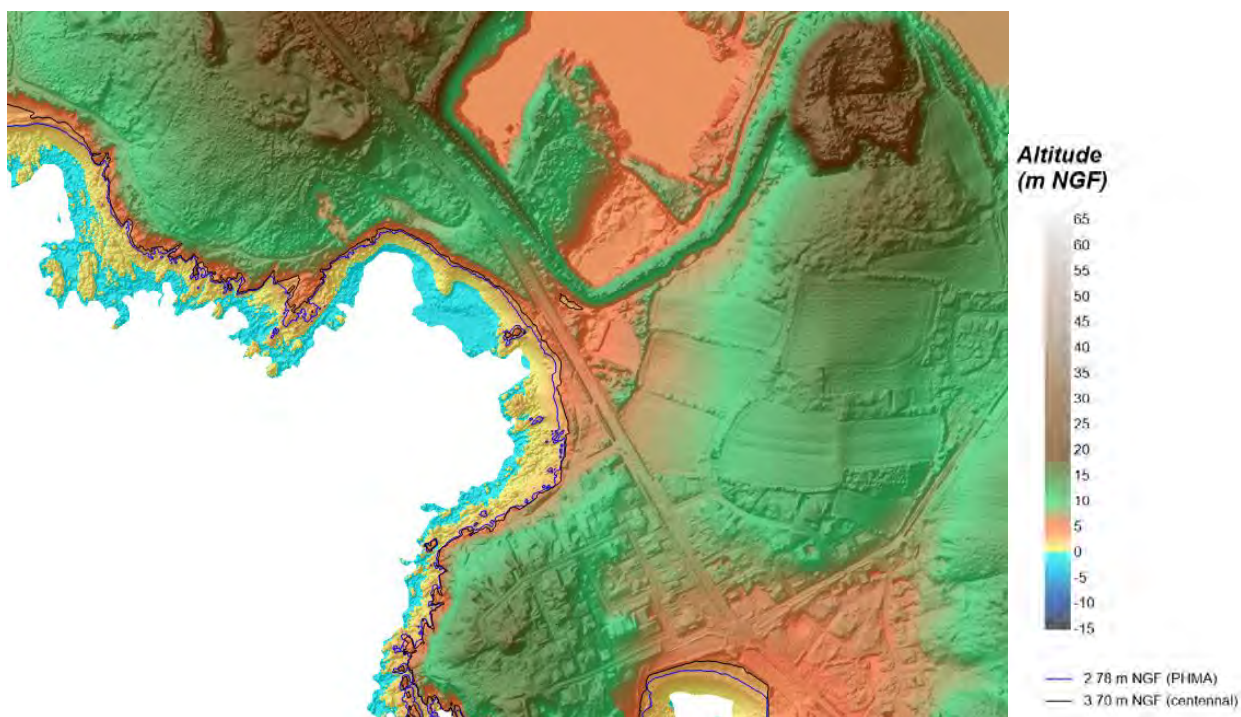


Illustration 18 : Zoom sur l'anse du Courégant : topographie et niveaux atteints par la PHMA et une pleine-mer centennale

**Ces éléments montrent que la carrière des kaolins n'est a priori pas exposée à une submersion marine par débordement ou par franchissement, dans sa configuration actuelle.**

Les seules conditions qui pourraient éventuellement mener à une submersion de la fosse la plus au Sud de la carrière seraient :

- Une élévation très importante du niveau marin.
- Un recul marqué du trait de côte, qui permettrait à la mer et aux vagues de se rapprocher significativement de la carrière et de son remblai.
- Une défaillance du remblai qui sépare la carrière de la route, soit sous l'effet du recul du trait de côte (impacts des vagues plus importants sur le remblai, voire érosion du remblai lui-même), soit en cas de remplissage du parking si le remblai n'a pas été dimensionné d'un point de vue géotechnique pour supporter la présence de l'inondation.

### 3.3.3 Conséquences potentielles du changement climatique

Sous l'effet du changement climatique, les projections actuelles prédisent une montée du niveau de la mer de plusieurs décimètres dans les prochaines décennies. L'estimation de cette élévation varie suivant les modèles et les scénarios considérés, mais on considère généralement, en France métropolitaine, que cette élévation devrait être de l'ordre de 20 à 30 cm à court-terme (2030-2040), d'une quarantaine de centimètres vers la moitié du siècle et de 0,6 à 1 m vers 2100. Ainsi, par exemple, les Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) utilisés par l'Etat pour réguler l'urbanisation dans les zones exposées, considèrent une élévation de 20 cm pour l'aléa actuel, et une élévation de 60 cm à échéance 100 ans. Il convient toutefois de rappeler que les projections montrent que l'élévation du niveau de la mer se poursuit dans les siècles suivants, avec selon les scénarios une élévation du niveau de la mer pouvant atteindre plusieurs mètres.

D'après le rapport Jouzel (Planton et al., 2015), les submersions marines vont être la conséquence la plus immédiate de cette élévation du niveau de la mer, car les extrêmes vont nécessairement suivre la tendance.

Ainsi, par exemple, Idier et al. (2020) ont, dans le cadre du projet ANR Riscope, étudié la submersion marine sur le site de Gâvres (à la sortie de la rade de Lorient, à moins de 10 km de l'anse du Courégant). Une étude statistique a permis d'estimer la période de retour des tempêtes historiques ayant occasionné des submersions à Gâvres depuis 1900, en termes de caractéristiques au large (Niveaux marins et Hauteurs significatives au large de Groix). La modification de ces périodes de retour avec l'élévation du niveau marin a permis d'estimer que la quasi-totalité des tempêtes étudiées pourraient avoir des périodes de retour annuelles lorsque la mer aura monté de 60 cm, malgré des périodes de retour actuellement élevée (jusqu'à plus de 100 ans). Ce résultat (Illustration 19) montre que même avec un régime de tempêtes inchangé, la fréquence des événements de submersion pourrait augmenter considérablement.

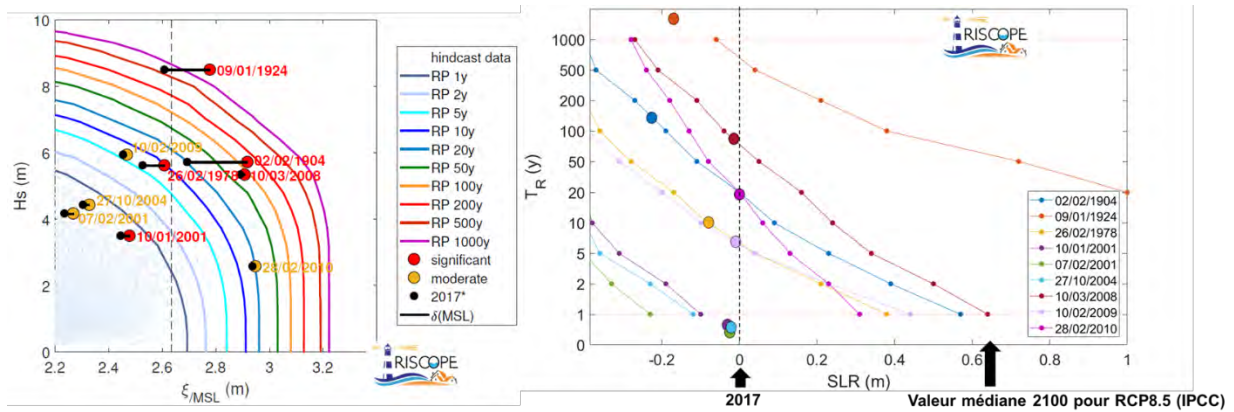


Illustration 19 : Projet ANR Riscope : Période de retour (RP) au large des événements tempétueux historiques en termes de niveau marin par rapport au niveau moyen,  $\xi_{MSL}$ , et de hauteurs de vagues,  $H_s$  (à gauche), et évolution de ces périodes de retour ( $T_r$ ) sous l'effet de la montée du niveau de la mer, SLR (« Sea Level Rise ») (à droite)

En plus d'être plus fréquentes, les submersions marines devraient également devenir plus sévères, avec selon les secteurs des hauteurs d'eau dans les zones inondées pouvant augmenter de plus d'un mètre pour quelques décimètres d'augmentation du niveau marin. Cela s'explique par des effets non linéaires entre la submersion et le niveau marin (Illustration 20), en raison notamment d'effets de seuil et d'effets dynamiques (les lames d'eau sont plus importantes et sur des durées plus longues).

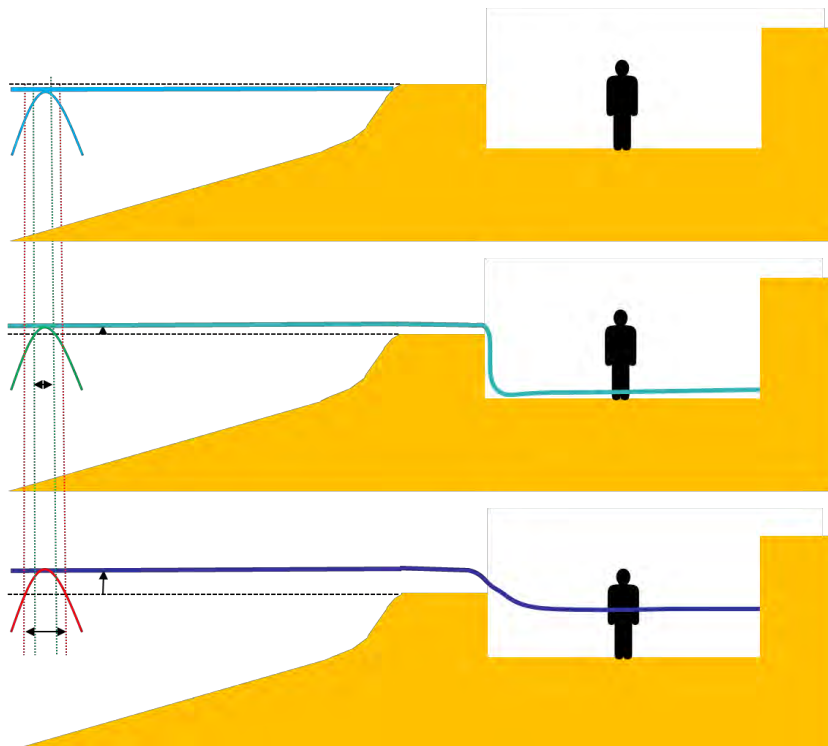


Illustration 20 : Non linéarité de la submersion avec le niveau marin du fait des effets de seuil et des effets dynamiques : Pas de submersion grâce à une protection topographique (en haut), submersion modérée (au milieu), submersion amplifiée par la lame d'eau et la durée du débordement (en bas)



Si l'on considère une augmentation du niveau de la mer de 40 cm (soit un niveau de PHMA à 3,18 m NGF et un niveau de pleine-mer centennale à 4,1 m), l'analyse de la situation actuelle (au paragraphe précédent) n'est guère modifiée, sinon que les franchissements de paquets de mer par-dessus la route et le remplissage du parking devraient devenir plus probables.

Avec une hypothèse plus drastique d'une élévation du niveau de la mer de 1 m (ce qui pourrait correspondre à la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle), la projection statique des niveaux (PHMA à 3,78 m NGF et pleine-mer centennale à 4,70 m NGF) sur la topographie montre que (Illustration 21) :

- Le parking se trouverait alors sous le niveau des pleines-mers centennales.
- La partie Sud de la carrière, protégée par le remblai, pourrait également se trouver sous le niveau de la mer (la topographie n'étant toutefois pas à jour, puisque datant d'avant le remblaiement de cette partie de la carrière).

La route ne culminant alors plus qu'à 1 m au-dessus du niveau des pleines-mers centennales, les franchissements de paquets de mer conduisant à une submersion du parking deviendraient alors plus probables, rendant plus critique la question de la résistance du remblai ceinturant la carrière à ce niveau à une telle sollicitation.

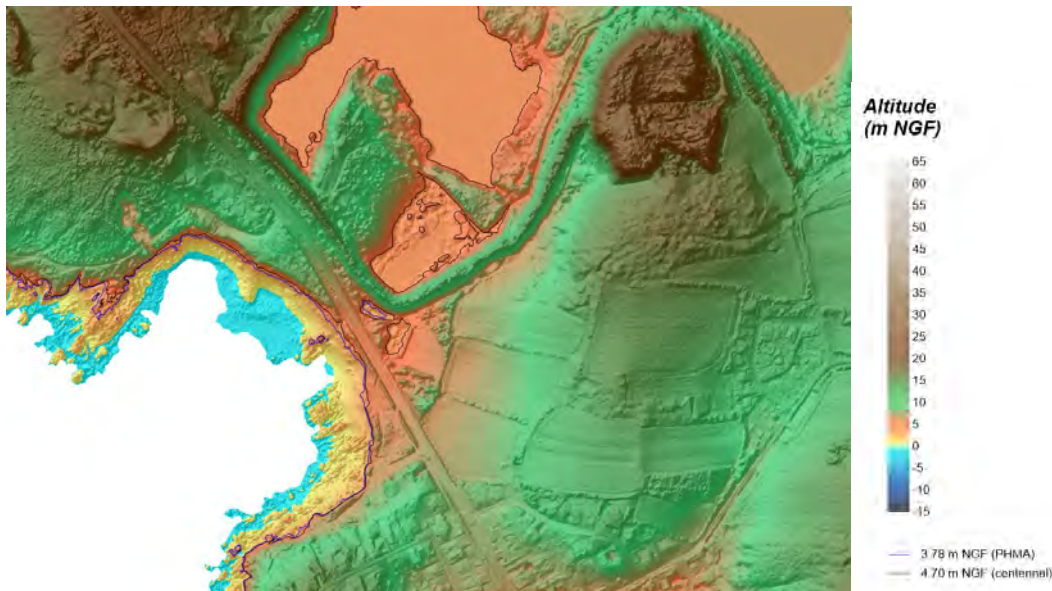


Illustration 21 : Zoom sur l'anse du Courégant : topographie et niveaux atteints par la PHMA et une pleine-mer centennale en considérant une élévation du niveau de la mer de 1 m

**Ces éléments renforcent l'analyse de la situation actuelle : même avec une augmentation importante du niveau de la mer, la carrière des kaolins n'est a priori pas exposée à une submersion marine par débordement ou par franchissement, dans sa configuration actuelle. Toutefois, le remblai ceinturant la carrière pourrait à son extrémité Sud être exposé à l'inondation du parking.**

### **3.4. ALÉA « REcul DU TRAIT DE CÔTE »**

#### **3.4.1 Rappels sur le recul du trait de côte**

L'aléa « Recul du trait de côte » correspond à une régression de la ligne de rivage à l'intérieur des terres, sous l'effet d'une érosion littorale entraînant l'enlèvement des matériaux constituant le rivage. Ces phénomènes sont fortement dépendant de la nature de la côte, des conditions hydro-sédimentaires et des éventuelles interactions avec les activités humaines.

#### **3.4.2 Le recul du trait de côte à Ploemeur**

Au vu de la géomorphologie du trait de côte (paragraphe 3.1.3), les côtes rocheuses du secteur de la carrière des kaolins n'apparaissent pas comme exposées à l'aléa « Recul du trait de côte » à court ou moyen terme.

Pour les autres secteurs, une analyse diachronique permet d'avoir une idée de la mobilité du trait de côte sur les dernières décennies. Ce type d'analyse s'appuie sur la comparaison de la position ancienne du trait de côte, obtenue par calage de photographies aériennes anciennes et digitalisation du trait de côte, avec sa position actuelle.

Parmi les données compilées dans l'atlas de la géomorphologie du trait de côte (Le Roy et al., 2020) figure une analyse diachronique sur toutes les côtes d'accumulation du Morbihan, entre 1952 et 2010.

Les résultats montrent une nette accrétion de la plage des Kaolins sur cette période, tandis que le fond de l'anse du Courégant montre plutôt des signes de recul du trait de côte (Illustration 22).



Illustration 22 : Cinématique du trait de côte sur la période 1952-2010  
(données : Le Roy et al., 2020)

Des outils permettent d'estimer les vitesses d'avancée et de recul du trait de côte sur la période considérée. Sur le secteur de la carrière (Illustration 23), on obtient les éléments suivants :

- La plage des kaolins a avancé de 100 à plus de 150 m en 58 ans, soit une vitesse d'avancée de + 2 à + 3 m/an.
- Le fond de l'anse du Courégant a subi un recul de 10 à 15 m en 58 ans, soit une vitesse de recul de - 20 à - 30 cm/an.





Illustration 23 : Dynamique du trait de côte sur la période 1952-2010  
(données : Le Roy et al., 2020)

Ce type d'approches diachroniques, basées sur la comparaison du trait de côte à 2 dates uniquement, présente un certain nombre de limites, et notamment de lisser d'éventuelles alternances de phases de stabilité relative ou d'accrétion avec des phases d'érosion marquées.

Si le cas de la plage des Kaolins n'appelle pas d'inquiétude en termes de recul du trait de côte, il est possible que les vitesses de recul actuelles au fond de l'anse du Courégant soit sous-estimées du fait de la ruine progressive du mur de l'Atlantique : le trait de côte s'est probablement révélé stable tant que le mur pouvait constituer une protection efficace (les principaux dégâts ont pu apparaître dans les années 1960), et le recul constaté ne s'est fait que sur une période d'une quarantaine à une cinquantaine d'années, ce qui pourrait conduire à des vitesses de recul de l'ordre de 0,3 à 0,4 m/an. De plus, le phénomène pourrait s'accélérer au fur et à mesure de la destruction progressive du reste du mur de l'Atlantique.

Comme évoqué au paragraphe 3.1.1, il est possible que le sol au droit de la route ne soit pas entièrement constitué de granite, mais qu'une partie corresponde à des sols meubles et à des remblais. Ces sols meubles ne seraient a priori pas à même de stopper le recul du trait de côte vers la carrière.

### 3.4.3 Conséquences potentielles du changement climatique

Les conséquences de l'élévation du niveau de la mer sur les phénomènes érosifs et le recul du trait de côte restent mal connues et difficiles à anticiper. Elles ne sont d'ailleurs en général pas prises en compte dans les Plans de Prévention des Risques Littoraux, qui pour cet aléa se contentent en général d'utiliser les taux de reculs déjà observés pour projeter la position du trait de côte à une échéance de 100 ans.

Toutefois, pour des matériaux meubles cohérents tels que ceux observés actuellement dans la zone en érosion, le comportement devrait se rapprocher de celui de falaises meubles, et il est possible que l'élévation du niveau de la mer tende à accélérer le recul (pas d'accrétion possible).

Le trait de côte se situe aujourd'hui à environ 50 à 60 m du remblai ceinturant la carrière pour les secteurs les plus fins (trait de côte enroché), et à environ 90 m du pied du remblai dans la zone plus au Nord où l'érosion de matériau meuble peut être observée.

Au vu des vitesses de recul actuellement observées, on peut estimer qu'il faudrait plusieurs décennies voire plus d'un siècle, pour que le trait de côte atteigne ce remblai. Un tel recul supposerait également la disparition de la route RD152, ce qui ne semble pas être la politique actuelle comme le montre l'installation d'un enrochement sur la partie Sud du fond de l'anse.

### 3.5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

**L'ensemble des éléments analysés montre que le site de la carrière des kaolins est assez peu exposé aux risques côtiers :**

- De par la topographie, une submersion marine apparaît très improbable à court terme.
- En termes de recul du trait de côte, seul le fond de l'anse du Courégant semble pouvoir potentiellement relier les zones basses liées à la carrière à la mer, au vu du recul observé à ce jour. Un tel recul reste toutefois particulièrement incertain, du fait :
  - o De la présence de la route RD152 entre la mer et la carrière, qui susciterait probablement l'installation d'ouvrages de défense pour ralentir, voir arrêter, le recul du trait de côte.
  - o De la géologie au droit de la route, qui resterait à préciser pour vérifier que des roches granitiques saines ne peuvent pas stopper le recul du trait de côte.

Malgré cette faible exposition, il est rappelé que la montée du niveau de la mer avec le changement climatique conduit à considérer aujourd'hui que la mer pourrait monter de l'ordre de 1 m à la fin du siècle, et continuerait à monter pendant plusieurs siècles, avec des élévations qui pourraient atteindre plusieurs mètres selon les scénarios.

Par conséquent, certains problèmes pourraient apparaître à moyen ou long terme sous l'effet de cette montée du niveau de la mer. Certaines actions pourraient être menées pour mieux appréhender les risques côtiers au niveau de la carrière en contexte de changement climatique :

- Vérifier la géologie au droit de la route RD152, soit par la recherche d'autres données existantes (reconnaitances lors de la construction de la route...), soit par de nouvelles acquisitions (géophysique, sondages...) : cela permettrait de vérifier si le recul du trait de côte par érosion est géologiquement plausible jusqu'à la carrière.
- Faire une étude sur l'aléa Submersion marine sur l'anse du Courégant, à travers des simulations numériques prenant en compte la montée du niveau de la mer et les franchissements par paquets de mer : cela permettrait d'anticiper à partir de quelle montée du niveau de la mer des problèmes significatifs pourraient apparaître, et d'anticiper la submersion du parking au Sud du site et les potentielles conséquences sur le remblai qui ceinture la carrière.
- Enfin, selon les conclusions d'une étude de l'aléa Submersion marine ou à titre préventif, la capacité du remblai ceinturant la carrière à résister à une submersion marine pourrait être vérifiée (capacité géotechnique à être au voisinage d'une zone submergée, résistance à la pression hydrostatique, voire aux chocs mécaniques de vagues le cas échéant...



## 4. Bibliographie

Bauny Y. (2021) – Carrière de KERGANTIC à Ploemeur (56) - Etude hydrogéologique. Rapport ANTEA n°A104862/version B.

Bauny, Y. (2021) – Carrière de Kergantic à Ploemeur (56). Volet eaux souterraines et eaux superficielles de l'étude d'impact. Rapport ANTEA n°109955/Version A – 19 mai 2021.

Bense, V.F., Gleeson, T., Loveless, S.E., Bour, O., Scibek, J., 2013. Fault zone hydrogeology. *Earth-Science Reviews* 127, 171–192. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.09.008>

Dewandel, B., Lachassagne, P., Wyns, R., Maréchal, J.C., Krishnamurthy, N.S., 2006. A generalized 3-D geological and hydrogeological conceptual model of granite aquifers controlled by single or multiphase weathering. *Journal of Hydrology* 330, 260–284. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.03.026>

Idier D., Rohmer J., Pedreros R., Le Roy S., Lambert J., Louisor J., Le Cozannet G., Le Cornec E. (2020). Coastal flood: a composite method for past events characterisation providing insights in past, present and future hazards. Joining historical, statistical and modeling approaches. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03882-4>

Lachassagne, P., Wyns, R., Dewandel, B., 2011. The fracture permeability of Hard Rock Aquifers is due neither to tectonics, nor to unloading, but to weathering processes. *Terra Nova* 23, 145–161. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2011.00998.x>

Le Roy S., Voix F., Blaise E. avec la collaboration de Schroëtter J.M. et Bardeau M. (2020) – Caractérisation de la géomorphologie du trait de côte, vulnérabilité à l'érosion et inventaire des tempêtes dans le département du Morbihan (56). Rapport final. BRGM/RP-69485-FR, 191 p., 129 ill., 1 annexe.

Planton S., Le Cozannet G., Cazenave A., Costa S., Douez O., Gaufres P., HiF., Idier D., Laborie V., Petit V., Sergent P. sous la direction de Jouzel J. (2015) – Le climat de la France au XXI<sup>ème</sup> siècle, Volume 5. Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises. Rapport du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie. <https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/154000211.pdf>

SHOM (2019) - Références Altimétriques Maritimes. Côtes du zéro hydrographique et niveaux caractéristiques de la marée, 122 p.

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

Wyns, R., Baltassat, J., Lachassagne, P., Legchenko, A., Vairon, J., Mathieu, F., 2004. Application of proton magnetic resonance sounding to groundwater reserve mapping in weathered basement rocks (Brittany, France). *Bulletin de la société géologique de France* 175, 21–34.