

Affaire suivie par :
Boris Leclerc
Mail : boris.leclerc@cerema.fr
Direction / Service : Cerema REM / DREL

Note à l'attention de :
Direction des territoires, de l'alimentation et
de la mer de Saint-Pierre et Miquelon
MM De Montgolfier et Georgiou

Plouzané, le 16/03/2021

Objet : Erosion de l'isthme de Miquelon-Langlade au niveau du secteur dit du « PK16 »

NOTE

1. Contexte

La présente note fait suite à la DTAM de disposer d'éléments dans le cadre de travaux d'urgence sur l'Isthme de Miquelon-Langlade. La présente note rappelle le contexte particulier du site, la nécessité de bien articuler les travaux d'urgence et le développement puis la mise en œuvre d'une solution pérenne de traitement du site ainsi que quelques éléments de retour d'expérience sur des travaux d'urgence, sans former un avis sur une solution technique.

L'isthme Miquelon-Langlade, de formation récente à l'échelle géologique, est notamment constitué de moraines glaciaires reprises par la mer. Depuis plusieurs dizaines d'années, il est remarqué un recul régulier du trait de côte et en particulier au nord-ouest de l'isthme au niveau du site des Buttereaux.

Il n'y a pas d'études précises sur les causes de ce recul cependant d'après les éléments en notre possession ce recul serait dû aux effets conjugués de la montée des eaux en lien avec le changement climatique, des conditions météorologiques (houles, marées) et du transit littoral lié à l'action de la houle. La raréfaction voire l'absence de stock sédimentaire au nord de l'isthme contribuerait à ce recul. En tout état de cause, si une rupture de l'isthme devait s'opérer, elle interviendrait dans ce secteur.

Depuis le 10 février 2021, la côte du territoire de Miquelon-Langlade est affectée par une érosion sous l'effet de tempêtes hivernales. Les 26/02, 28/02 et 03/03, il a été noté un recul du rivage au niveau du lieu dit « la Crevasse » entre le PK15 et 16 sur l'isthme Miquelon-Langlade.

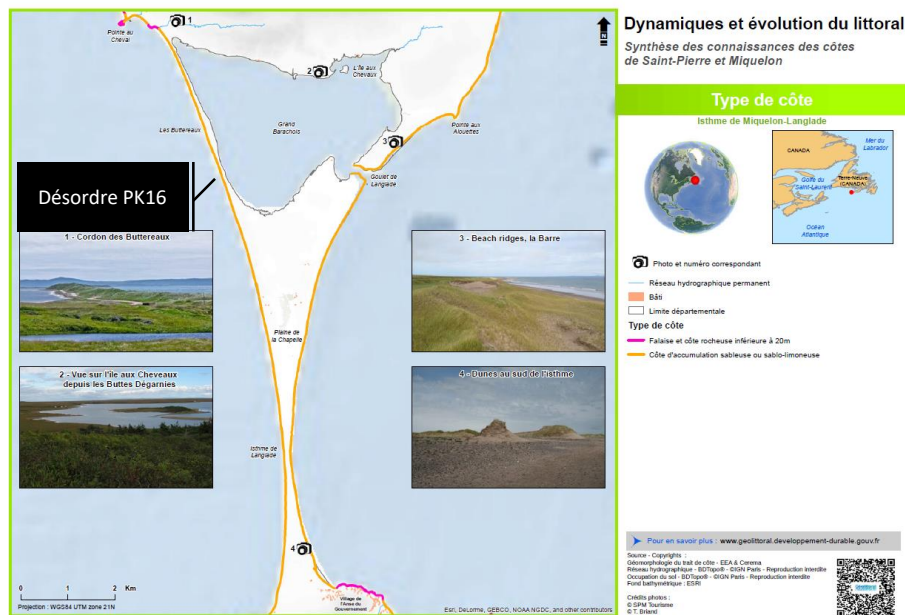


Figure 1: Localisation des désordres

Comme indiqué précédemment, on assiste depuis plusieurs années au recul du trait de côte au niveau des butteaux. Ce phénomène a déjà engendré des désordres en 1990 et en 2009. Il n'y a donc pas de caractère inédit au phénomène observé qui demeure néanmoins encore exceptionnel. Toutefois, ces reculs répétés, voués à se multiplier avec l'élévation du niveau marin, rendent la situation de plus en plus critique dans ce secteur qui supporte la chaussée desservant Miquelon à Langlade.

Depuis les années 2000, plusieurs interventions, souvent en urgence, ont eu lieu dans ce secteur pour la protection de la route Miquelon-Langlade par la mise en place enrochements. Ces travaux sous la maîtrise d'ouvrage de la Collectivité Territoriale ont été cofinancés par l'Etat.

Le conservatoire du littoral et la Mairie de Miquelon réalisent des travaux de protection contre l'érosion dans la zone naturelle des Butteaux par des méthodes légères (ganivelles, replantations,)

Les travaux de protection littorale sont très onéreux. Ils doivent être envisagés en tenant compte des enjeux réels du secteur (lien routier entre Miquelon et Langlade, biodiversité de la lagune).

La détermination du mode de protection le plus efficace et pérenne dans ce secteur nécessite une analyse globale et une étude technique approfondie s'inscrivant dans une analyse comparée des alternatives de traitement à long terme du site, objectivée par une analyse cout / avantages.

Cependant à ce stade, on peut citer, parmi les modes de protection de maintien du trait de côte connus, le rechargement de plage ou d'avant-plage du secteur des Butteaux au nord de l'isthme par des sédiments d'apport prélevés en mer ou la mise en place d'un ouvrage de protection de haut de plage. Sans études techniques préalable et détaillées, les résultats obtenus de déséquilibre sédimentaire et d'érosion chronique peuvent être contraires aux objectifs fixés de stabilisation.

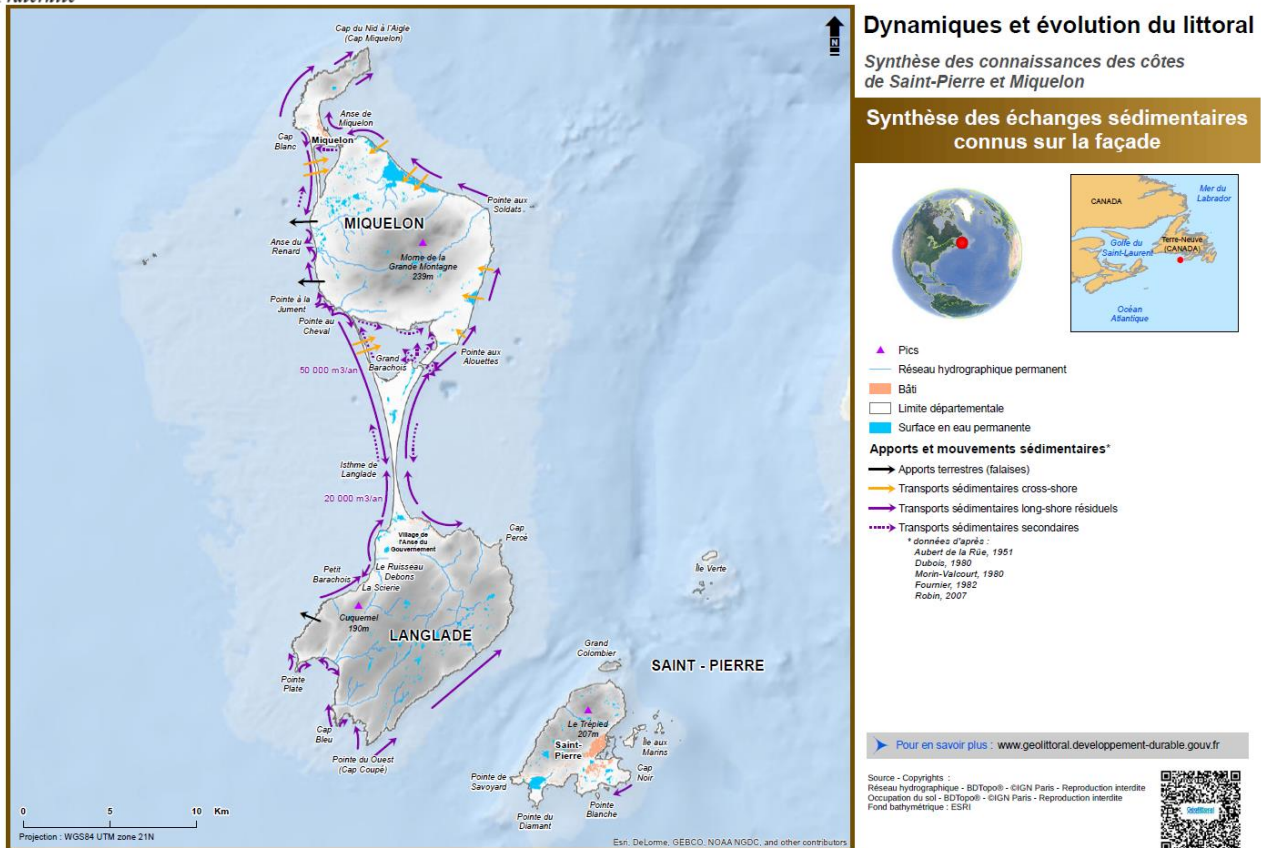


Figure 2: Synthèse des échanges sédimentaires sur l'archipel

2. Suivi du site et sécurité des personnes

S'agissant de la sécurité des biens et des personnes, aucun enjeu à proximité exposé directement au phénomène n'est à signaler. Ce secteur comportant une route sur le cordon dunaire déstabilisé, il convient d'en interdire l'accès *a minima* en cas de niveau de vigilance météorologique jaune (et niveaux supérieurs) pour la houle.

Les équipes de la DTAM réalisent un suivi régulier du recul de trait de côte. Suite au recul observé ces derniers jours, les équipes sont sur le terrain afin de mesurer son évolution.

Préalablement à toute autre considération, quelques règles de prudence doivent être observées pour préserver la sécurité du personnel et éviter toute intervention malencontreuse qui aggraverait la situation.

À marée haute en période d'événements de tempête, il est déconseillé de mener des actions d'inspection ou toute autre intervention non indispensable aux actions de sécurité civile sur les ouvrages de haut de plage exposés aux vagues.

Un suivi régulier de l'emplacement des blocs constituant l'ouvrage de protection de haut de plage en enrochements est préconisé (relevé topo simple, photo aérienne, prise de vue par drone, selon les moyens disponibles).. Celui-ci peut aussi prendre la forme d'un marquage physique (blocs repérés par de la peinture par exemple) le long de l'ouvrage. Ce repérage peut être espacé d'une dizaine de mètres en horizontal et trois mètres en vertical.

3. En matière d'évolution de l'ouvrage de haut de plage en enrochements du secteur des Buttereaux :

L'ouvrage longitudinal de haut de plage est fondé sur du sable et ne semble pas présenter de fondations pérennes dans le temps (pas de palplanches ou pieux présents en pied, ni d'ancrage dans le socle rocheux à priori profond). La présence de géotextile localement disloqué est observée, mais sans la présence d'une couche filtre de transition entre la carapace de surface et le corps sableux du remblai. Les blocs de taille hétérogène, ne semblent pas émoussés ; ils présentent des dimensions à priori petites pour un secteur fortement exposé aux houles et n'apparaissent pas positionnés à la griffe (en lien avec les appuis inter-blocs). Enfin, l'ouvrage de haut de plage en enrochements ne présente pas de protection en crête permettant de lutter contre l'érosion issue des franchissements de paquets de mer ou de dispositif permettant de gérer les eaux franchies.

La DTAM décrit des phénomènes typiques de départ de sédiments fins conduisant à une déstabilisation des blocs en appui et à la formation d'anses d'érosion qui s'élargissent. La présence de déformations très marquées des profils en travers de l'ouvrage est cohérente avec ce constat.

4. Analyse du phénomène d'évolution de l'ouvrage de haut de plage en enrochements :

L'ouvrage est fondé à même le sable (épaisseur de plusieurs mètres de sable) et n'est pas dimensionné pour reprendre les sollicitations de la houle. Le déferlement s'effectue au droit de l'ouvrage avec une réflexion des vagues par les ouvrages et des franchissements potentiels. Ces facteurs sont à l'origine d'une très forte agitation concentrée en pied d'ouvrage et de départs massifs de sable vers les petits fonds (courants sagittaux de houle). L'eau qui franchit l'ouvrage peut également éroder le haut du talus. Le pied de l'ouvrage est très déstabilisé et il glisse sous l'effet de son propre poids. L'abaissement de la plage est à l'origine d'une moindre atténuation des vagues qui atteignent avec plus d'intensité les ouvrages.

Les blocs ne sont pas bien dimensionnés et calés selon les règles de l'art. Des mouvements de la carapace sont possibles avec le mouvement des blocs (déstabilisation de l'ouvrage) et un risque de percement du géotextile ou de mise à jour des lés de recouvrement (départs de matériaux fins et érosion du corps de l'ouvrage).

5. Nature de la réponse à apporter en première intention

A très court terme, **une intervention d'urgence sur un ouvrage de protection contre les submersions marines est décidée au regard du risque de mise en danger des populations et des enjeux vulnérables.** A ce stade, le Cerema ne dispose pas de la solution technique envisagée pour formuler un avis technique mais effectue ici un certain nombre de rappels liés à la bonne pratique en la matière. Au regard des éléments de contexte, il n'apparaît pas nécessaire d'intervenir de manière urgente sur le secteur.

Le mode d'intervention est ensuite conditionné par de nombreux paramètres : type d'ouvrage, position et fonction de l'ouvrage dans le système de protection, conditions hydrauliques, conditions d'accès, état présent et évolution de l'ouvrage, techniques envisageables, moyens et matériaux disponibles pour les mettre en œuvre, temps nécessaire d'intervention, réversibilité de l'opération, impact sur l'environnement, coût... Si les interventions dans le domaine des ouvrages de protection doivent en général faire l'objet d'études précises et complètes, les interventions en situation d'urgence sont soumises à la contrainte du temps qui impose d'identifier rapidement les solutions techniques les plus pertinentes et de les mettre en œuvre dans un délai également contraint.

Sur le plan réglementaire, l'article R214-44 du code de l'environnement définit la procédure à suivre :

Les travaux destinés à prévenir un danger grave et présentant un caractère d'urgence peuvent être entrepris sans que soient présentées les demandes d'autorisation ou les déclarations auxquelles ils sont soumis, à condition que le préfet en soit immédiatement informé. Celui-ci détermine, en tant que de besoin, les moyens de surveillance et d'intervention en cas d'incident ou d'accident dont doit disposer le maître d'ouvrage ainsi que les mesures conservatoires nécessaires à la préservation des intérêts mentionnés à l'article L. 211-1. Un compte rendu lui est adressé à l'issue des travaux.

Dans le cas d'espèce, les mesures à mettre en œuvre portent sur la protection contre l'érosion externe et les instabilités résultantes sur la structure naturelle du cordon dunaire rigidifiée par endroits par les blocs en enrochements disposés sur le talus.

Dans ces cas de figure, les interventions visent à fournir un maintien du talus supportant la route et/ou une protection contre les affouillements et/ou une protection contre la surverse et le franchissement. A ce stade du désordre, les solutions à mobiliser veilleront à limiter les affouillements aggravant la situation.

a. Apport en enrochements

La construction d'une berme ou d'une carapace en enrochements permet de protéger les talus des digues maritimes. Trop souvent cette technique est employée pour stabiliser les cordons dunaires naturels sans prendre garde aux effets de bord latéraux érosifs en extrémités et au risque important d'abaissement du niveau de la plage issu de la réflexion de la houle sur l'ouvrage et du mouvement transversal des sédiments vers le large, ainsi que l'érosion du sol sous les enrochements posés à même les sols nus. L'abaissement du niveau de la plage et les affouillements en pied d'ouvrage sont susceptibles d'aggraver la situation et d'engendrer des affaissements et glissements de l'ensemble.

Cette technique de protection du haut de plage est utilisée pour stopper localement le recul du trait de côte, au détriment du niveau de la plage, qui se trouve d'autant plus abaissé que les ouvrages sont réfléchissants. Les enrochements peuvent avoir différentes origines, mais doivent être suffisamment lourds, anguleux et correctement disposés (points de contact inter blocs) pour résister à l'action des houles déferlantes une fois mis en place ; le poids des enrochements formant la carapace doit être défini à partir des formules de stabilité ; par exemple ces poids pourront être calculés par la formule de pré-dimensionnement de Hudson (en fonction du climat de houle, de la hauteur de houle $H_{1/10}$, de la pente du talus...). La carapace doit être posée sur une couche de remblai jouant le rôle de filtre dont la dimension de ses éléments soit suffisante pour éviter qu'ils ne s'échappent à travers les enrochements ou les blocs de la carapace.

Les fondations de l'ouvrage doivent être dimensionnées afin de supporter le poids des blocs et éviter l'enfoncement irrégulier de ces derniers dans l'estran.

Les inconvénients de cette technique de protection sont principalement :

- la perte de sable au pied d'ouvrage par la réflexion des vagues ;
- l'abaissement du niveau de la plage et l'augmentation de l'érosion à proximité du haut de plage ;
- le risque de dégradation et de rupture brutale par l'action des vagues durant de forts événements de tempête ;
- la possibilité de coûts d'entretien importants ;

Le coût de l'ouvrage longitudinal de haut de plage en enrochements est souvent élevé, avec une indisponibilité des enrochements sur place et des temps d'approvisionnement potentiellement longs. Cette mesure peut être adaptée lorsque :

- Les enjeux sont importants (en lien avec le coût)
- Les impacts sur l'environnement sont anticipés et maîtrisés (notamment en termes de modification des transits sédimentaires, sans parler des usages associés aux espaces considérés et aux enjeux de biodiversité)
- L'accessibilité à la crête et au pied du talus de la structure le permet ;
- la structure naturelle peut supporter des engins lourds ;
- Les conditions de fondations sont adaptées à la mise en place d'un ouvrage lourd (sauf si mise en place de fondations spécifiques)
- la disponibilité en enrochements (carapaces et blocs de couche de filtre) est suffisante.

En l'état des connaissances, plusieurs points ne sont pas assurés et doivent nécessiter des investigations complémentaires. En particulier, l'identification des sources de matériaux dont les caractéristiques sont satisfaisantes est nécessaire. En l'état, les blocs présents semblent trop petits (masse trop faible) pour assurer la tenue de l'ouvrage. Il est donc déconseillé d'intervenir sur l'ouvrage en l'état.

Des initiatives locales font état de la mobilisation possible d'accropodes. Il s'agit de structures en béton armé spécifiquement conçues pour certaines utilisations et soumises comme toute structure à du vieillissement (usure/vieillesse prématuré en cas d'utilisation non conforme aux recommandations). L'accropode vise l'absorption de l'énergie des vagues par porosité de la carapace (en accropodes). Leur utilisation nécessite donc une couche filtre permettant d'éviter l'érosion des remblais arrière (encore plus, si ceux-ci sont sableux). Sur la base d'une hauteur significative de vagues au large observée durant les

derniers épisodes tempétueux entre 4 et 6 m, ces accropodes atteindraient une valeur unitaire de bloc comprise entre 3 et 5 tonnes. La mobilisation de tels volumes ne dispense en aucun cas d'un filtre (enrochements en sous-couche) afin d'éviter l'affaissement des accropodes estimée en première approche à 1 mètre d'épaisseur sans compter sur la mise en œuvre d'un nécessaire tapis de pied.

La bonne imbrication des accropodes permet d'accroître leur stabilité et éviter des usures et rupture prématurées (plan de pose). La masses des accropodes, eu égard à leurs dimensions peut être substantiellement plus importante que celles d'enrochements. Ainsi la pose d'accropodes, en l'absence de mise en œuvre de fondations adaptées et dimensionnées vont irrémédiablement conduire à leur enfoncement dans le sol sableux. Leur mise en place sans couche filtre, fondation, calcul de structure, respect des recommandations en matière d'imbrication risque de dégrader ces blocs, de ne pas apporter la protection escomptée et d'être générateur de difficultés (récupération de blocs, porosité de la structure, effets indésirables en matière de courants ...). Leur utilisation pour un usage autre que celui pour lesquels ils sont conçus est donc **fortement déconseillée**. En l'état de la disponibilité en matériaux, cette solution ne peut être mise en place de manière satisfaisante au regard de l'état de l'art.

b. Mise en œuvre de sacs en géotextile

Les sacs en géotextile (ou big-bags) sont des protections d'urgence de très court terme, qui peuvent être employés à l'échelle de quelques événements de tempête, mais qui ne sont pas de grande efficacité pour des événements de tempête dits exceptionnels (occurrences annuelle, décennale et plus). La mise en place de sacs en géotextiles sur le haut du cordon dunaire au niveau du PK16, sur un linéaire (restant à confirmer de 150 à 200 m) au niveau de l'extrémité nord de l'ouvrage, peut être préconisée pour éviter l'émergence de brèches entre le Grand Barachois et la mer.

Le rapport du BRGM du 4 mars 2021 indique néanmoins que « ces brèches, bien que possibles, ne sont pas attendues à très court terme et ne sont probables que si les tempêtes se poursuivent pendant plusieurs semaines ou mois ». Il s'agit par conséquent d'une action préventive de submersion marine de la lagune du Grand Barachois.

La préconisation usuelle est de disposer en haut de cordon deux rangés de sacs en géotextiles, de l'ordre de 1m³ chacun, et en disposer en plus, ponctuellement, pour conforter sur les points critiques. Cependant l'efficacité d'une telle solution reste limitée à court terme. Pour remplir les sacs, il est impératif de prélever du sable, non pas sur le secteur érodé des Buttereaux, mais sur un autre secteur en accrétion, comme le secteur sud de l'Isthme (le sédiment doit être exogène au secteur érodé).

L'opération de pose en haut de cordon dunaire représente 300 à 400 sacs pour un volume d'environ 300 à 400 m³ (le prélèvement de sable est préconisé à 5 km au sud de l'ouvrage de haut de plage – secteur en accrétion).

Ce dispositif de protection est de court terme, et présente un coût de pose, un temps de pose et de démantèlement non négligeables. Il pourra rester jusqu'à la mise en place d'une solution plus durable.

Les avantages principaux sont :

- la rapidité d'intervention ;
- pas de moyens techniques lourds pour la mise en œuvre ;
- la réversibilité du procédé si impact négatif : destruction et régalinge des sédiments sur le site.

Les inconvénients sont :

- une stabilité faible sur les fonds en pente dans les cas de fortes houles (d'où la pose en haut de cordon dunaire) ;
- un risque de déchirement des sacs dû principalement aux chocs des vagues.

Philippe JOSCHT Signature numérique de
Philippe JOSCHT 2310003973jp
2310003973jp Date : 2021.03.16 21:03:32
+01'00'

Philippe JOSCHT
Directeur technique risques, eaux et mer

Bibliographie :

Dynamique et évolution du trait de côte, Cerema (2020)

Réseau de mesure de houle CANDHIS, Cerema (2021)

Interventions d'urgence sur les dispositifs de protection contre les submersions marines, Cerema collection Références (2018)

Table Accropode, CLI Concrete Layer (2012) https://www.concretelayer.com/sites/default/files/2019-05/ACCROPODE%E2%84%A2%20I%20Table%20de%20conception_FR_2012_0.pdf

Erosion de l'isthme Miquelon-Langlade en Février et Mars 2021. DE LA TORRE Y. (2021) – Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-70620-FR. 21 p., 21 ill., 1 ann.

Rédigé par Boris LECLERC, Bertrand MICHARD et Denis GATEAU
Cerema REM / Département DREL