

Le COUREGANT - Diagnostic de l'ouvrage

affaire C 17 OB 0458
novembre 2018



Historique des versions des documents

| Version | Date | Commentaire |
|---------|----------|-------------|
| 1 | 12/04/18 | |
| | | |
| | | |

Affaire suivie par :

Anne-Marie Le Maitre – Cerema / Direction territoriale Ouest

Département Laboratoire de Saint-Brieuc – Risques Naturels Géophysique

anne-marie.lemaitre@cerema.fr – Tél: 02 96 75 93 49

Rédacteur :

Anne-Marie Le Maitre – Cerema / Direction territoriale Ouest

Département Laboratoire de Saint-Brieuc – Risques Naturels Géophysique

anne-marie.lemaitre@cerema.fr – Tél: 02 96 75 93 49

Validation :

| Date | Nom du valideur | Commentaire |
|----------|-----------------|-------------------|
| 30/03/18 | Raphael BENOT | |
| 11/12/18 | | Version complétée |

La Chargée d'études

Anne-Marie Le Maitre

Le Directeur du Département
Laboratoire de Saint-Brieuc

Régis Soenen

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| 1 - OBJET DE L'ETUDE | 3 |
| 2 - DESCRIPTION DE L'OUVRAGE | 3 |
| 21 – Localisation de l'ouvrage et présentation des enjeux | 3 |
| 22 – Le cadre géomorphologique | 5 |
| 23 – La structure de l'ouvrage | 8 |
| 3 - ETUDE DIACHRONIQUE | 12 |
| 4 - ETAT ACTUEL DU TRAIT DE COTE | 20 |
| 41 – Nomenclature | 20 |
| 42 – Etat de la section côtière orientée N116 | 26 |
| 43 – Etat de la section côtière orientée N156 | 31 |
| 44 – Etat de la section côtière orientée N183 | 35 |
| 45 – Etat de la section côtière orientée N230 | 37 |
| 46 – Synthèse sur le mode de dégradation de l'ouvrage et les risques générés | 40 |
| 5 - NIVEAUX DE STABILITE DE L'OUVRAGE | 43 |
| 51 – Détermination du niveau de stabilité interne | 43 |
| 52 – Détermination du niveau de stabilité externe | 46 |
| 6 - AUTRES RISQUES AU NIVEAU DU SITE | 51 |
| 7 - CONCLUSION | 53 |

ANNEXES

ANNEXE N°1 – profils côtiers

ANNEXE N°2 – photos aériennes

ANNEXE N°3 – photos relatives à la composition et l'état du mur M1

ANNEXE N°4 – photos relatives à la composition et l'état du mur M2

ANNEXE N°5 – photos relatives à la composition et l'état du mur M3

ANNEXE N°6 – photos relatives à la composition et l'état du mur M4

ANNEXE N°7 – synthèse des niveaux de stabilité interne

ANNEXE N°8 – synthèse des niveaux de stabilité externe

1 - Objet de l'étude

A la demande de la DDTM 56 - Délégation Mer et Littoral, Service Aménagement Mer et Littoral le Département Laboratoire de Saint-Brieuc du CEREMA Ouest a procédé à l'étude de la dégradation d'un mur longeant l'anse du Courégant sur la commune de Ploemeur.

La présente étude a pour objectifs d'appréhender les divers processus de dégradation ayant affecté cet ouvrage de défense depuis sa construction et d'apprécier les risques pesant sur les divers enjeux en présence sur ce site (infrastructures, lotissement, usagers de la plage) suite à l'état actuel du mur et de son environnement proche. Elle a été réalisée dans les conditions environnementales actuelles sans tenir compte d'une hypothétique montée du niveau des océans liée à l'actuel changement climatique.

2 - Description de l'ouvrage

21 – Localisation de l'ouvrage et présentation des enjeux

L'ouvrage étudié correspond à un mur anti-débarquement édifié pendant la dernière guerre. Implanté au fond d'une anse située à l'Ouest du port du Courégant, celui-ci se développe sur une longueur de ~470m.



orthophoto de 2013

Il est dominé par la route départementale n°152, axe côtier très fréquenté reliant Lorient à Guidel, ainsi que par une piste cyclable et un sentier pédestre ponctuellement proche du trait de côte ayant régressé suite à la détérioration du mur.



Côté Nord, de P309 à P140, crête de micro-falaise de ~10 à ~15m du bord du sentier



Côté Nord, à ~P170, crête de micro-falaise de 1.8m de haut à ~1.5m du bord du sentier



de ~P220 à ~P270, crête d'enrochements distante de ~5.5m du bord de piste cyclable et de ~9m du bord de chaussée



de ~P280 à ~P310, crête de micro-falaise distante de ~3.8 à ~7m du bord du sentier



de ~P340 à ~P370, crête de micro-falaise et bord de sentier éloignés d'une distance allant de ~5 à ~7m



de ~P370 à ~P380, crête de micro-falaise et bord de piste cyclable éloignés d'une distance allant de ~2.3 à ~3.3m

Au sud Est de l'anse, un lotissement est également implanté depuis 1976.



maison de la parcelle 183 à ~15m du coude du mur anti-char



de ~P280 à ~P310, couronnement de mur distant de ~0 à ~10m du bord du sentier

22 – Le cadre géomorphologique

Situé à l'embouchure d'un ancien petit fleuve côtier observable sur la carte de Cassini, le trait de côte présente donc une morphologie très peu marquée (très faibles altitude et déclivité des terrains) comme on peut le voir au Nord et au sud de l'anse.



carte de Cassini (1740)



Morphologie côtière au Sud de l'anse

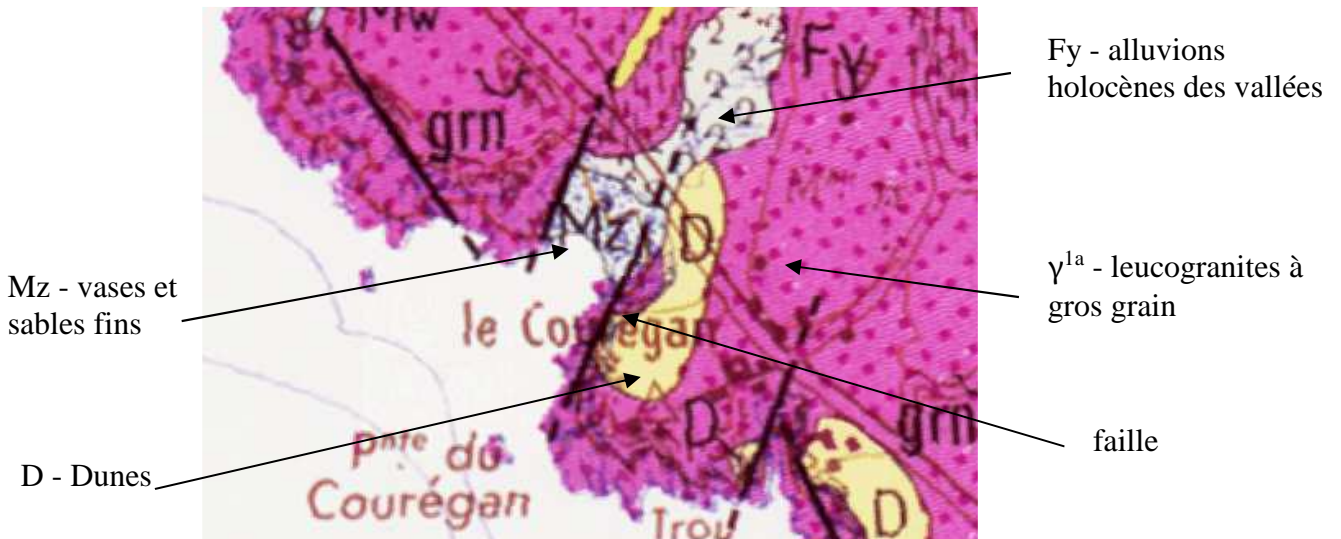


Morphologie côtière au Nord de l'anse

Ce profil très émoussé rendait ce site sensible au débarquement et a justifié sa défense par la construction d'un ouvrage en béton ceinturant le haut de l'estran sur l'ensemble de l'anse en redressant le profil du trait de côte sur ~4.5m de haut.

En partie Nord, il était implanté à une altitude de ~7m décroissant jusqu'à ~4m vers le Sud, soit sur sa moitié Sud au niveau des hautes mers de vives eaux (voir annexe n°1).

L'extrait de la carte géologique de Lorient au 1/50000 présenté ci-après montre la distribution des terrains d'assise de l'ouvrage.



Affleurant au niveau du platier ou présent à l'état de gros blocs, le substratum rocheux correspond à des roches magmatiques d'âge hercynien (leucogranites à gros grain de Ploemeur - γ^{1a}) se présentant comme une roche massive claire à grains plurimillimétriques bien observable sur la quasi-totalité du linéaire. Ce faciès est recoupé par un important filon de quartz perceptible de ~P80 à P ~130.

Ce substratum a fortement été altéré comme en témoigne le gisement de kaolin exploité au Nord de site d'étude, un débat existant sur l'origine de la kaolinisation (hydrothermale ou climatique et météoritique lors de phases climatiques chaudes de l'ère Tertiaire).



affleurement de leucogranites à gros grain au Nord du site (P10) recouvert d'un manteau de gros blocs



substratum quartzeux affleurant au droit du profil P100



affleurement de leucogranite à gros grain au Sud du site (P405 à P420) recouvert d'un manteau de blocs de volume individuel moyen allant de 0.2 m^3 à 0.6 m^3



Recouvrement de gros blocs ($V \sim 0.1 \text{ m}^3$ à 1.1 m^3) de granite en contrebas du profil P20

Il est aujourd'hui coiffé par un manteau de matériaux meubles d'épaisseur plurimétriques formé d'altérites ou d'alluvions auxquels s'ajoutent un horizon superficiel de remblais de nature variée (déblais de carrière, blocs de béton, blocs de maçonnerie, treillis métalliques).



au droit du profil P50, micro-falaise de $\sim 2.5 \text{ m}$ de haut entaillée dans un horizon basal argileux très humide dominé par un niveau tourbeux (0.2 m) puis un horizon d'altérites composé d'arène, de blocs et de gravats (1.2 m)



De P90 à P120, micro-falaise de $\sim 3 \text{ m}$ de haut entaillée dans un horizon basal argileux humide dominé par un niveau tourbeux puis un horizon d'arène et de gravats (2 m)

Au niveau de l'estran, les formations sédimentaires littorales offrent une étendue granulométrique importante avec de très gros blocs présents en extrémités Nord et Sud du site, passant en partie médiane (P150 et P330), à des galets se concentrant en partie haute d'estran et à du sable.



Accumulation de galets en haut d'estran au droit du linéaire allant de ~P140 à ~P 230



Recouvrement de sable en contrebas des profils ~P220 à ~P 340

Au droit d'une section d'ouvrage très dégradée ayant permis le creusement d'une anse d'érosion menaçant les infrastructures, la micro-falaise d'érosion marine a été récemment renforcée sur ~55m par un perré en enrochements d'une largeur en crête de ~2m et d'une hauteur apparente de 1.4m. Offrant généralement une pente frontale de ~65° passant en extrémité Nord à 50°, l'ouvrage est composé de blocs de ~0.3 à 0.5 m³, soit 0.8 à 1.3T se réduisant vers les extrémités et posés sur un géotextile.



perré en enrochements (~P220 à ~P280)



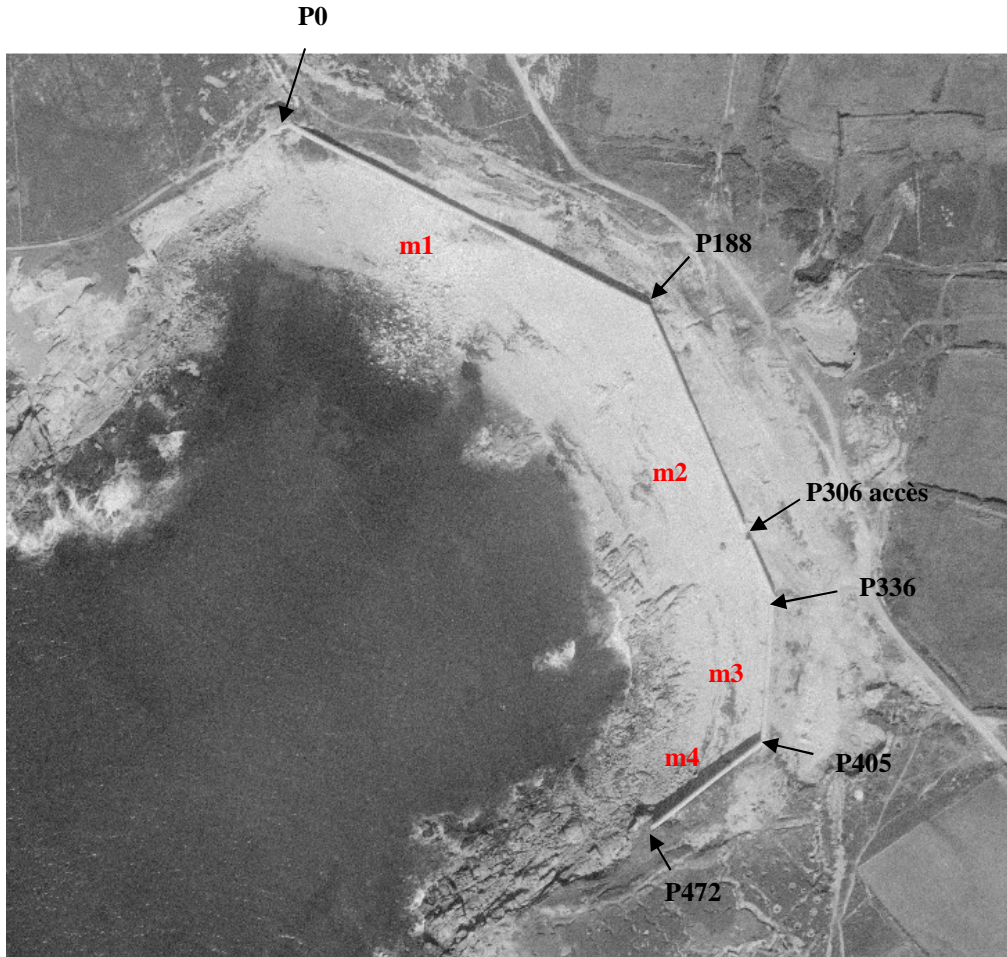
perré en enrochements formé de blocs de ~0.3 à 0.5 m³,

23 – la structure de l'ouvrage

A l'origine, cet ouvrage côtier en béton dont la fonction était de faire obstacle aux véhicules de débarquement, a été implanté en haut de plage et s'appuyait, en extrémité Nord, sur un poste de tir pris pour origine des profils.

Artificialisant l'ensemble du fond de l'anse, l'ouvrage linéaire originel présentait 3 coudes et se composait, du Nord au Sud, de 4 sections de mur de direction variable:

- ❖ une section de 188m de long orientée N116 (section de mur m1)
- ❖ une section de 148m de long orientée N156 (section de mur m2)
- ❖ une section de 69m de long orientée N183 (section de mur m3) portant une ouverture de ~6m de large
- ❖ une section de 67m de long orientée N230 (section de mur m4)



orthophoto de 1948

Réduisant la vulnérabilité du rivage au débarquement, le mur redressait notablement le profil côtier en offrant, hormis au droit de la plage, une hauteur moyenne de ~4.5m pour une largeur basale de ~2.7m, et en soutenant les terrains arrière sur ~2.5 à ~3m en partie Nord (P0 à P 200) ou Sud de site (P330 à P 470) et sur 1.5 à ~2m, en partie médiane de site (P200 à P330).

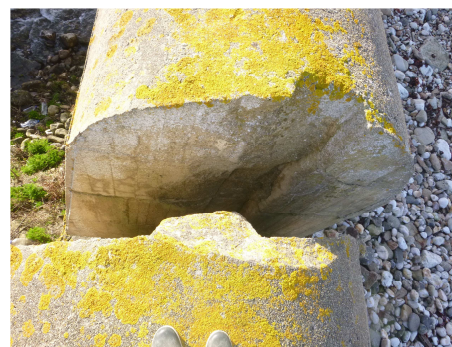
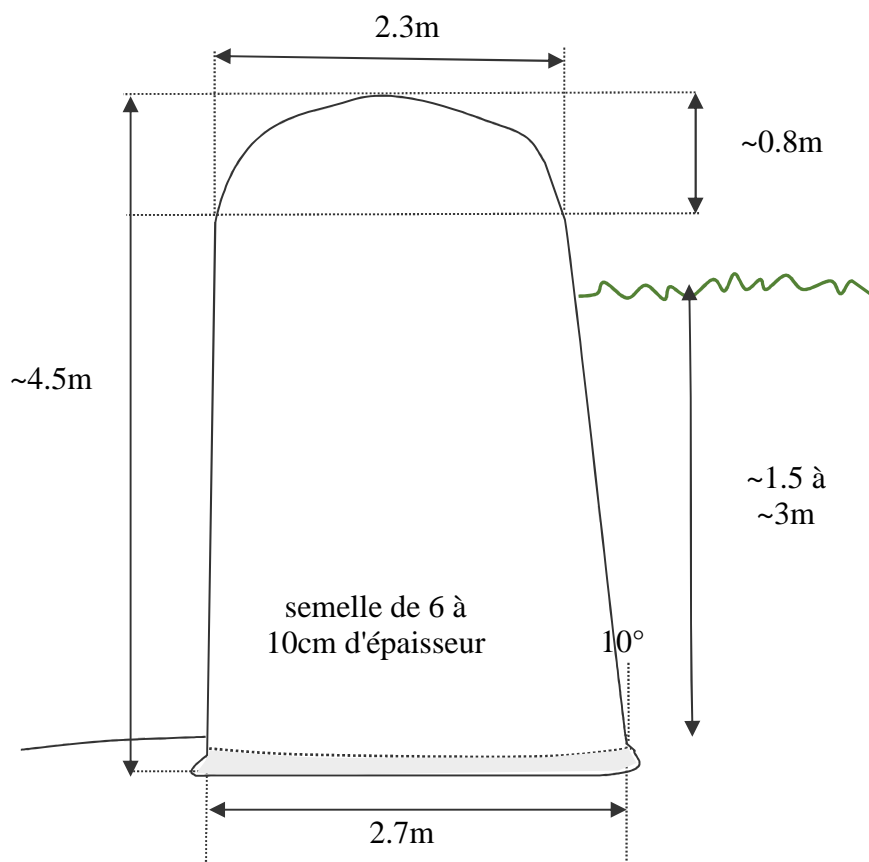


Mur en soutènement sur ~1.6m



Mur en soutènement sur ~3m

Cet ouvrage-poids ne faisant pas l'objet d'un drainage interne hormis très ponctuellement (présence de 2 exutoires sous la semelle à P15 et P206), offre une section trapézoïdale avec un couronnement arrondi (flèche moyenne de ~0.8m), un parement maritime vertical et un parement arrière à fruit (~10°).

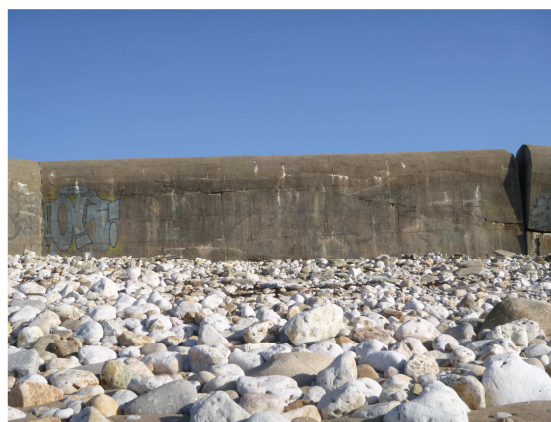


Joint de construction en chicane s'opposant à des mouvements de cisaillement

Marqués de joints de construction séparés en moyenne par une dizaine de mètres et uniquement armé d'un treillis métallique de peau (maillage de 30X30cm à 5cm de profondeur), l'ouvrage est constitué de mortier et galets ou blocs rocheux provenant du rivage limitrophe.



bloc 11 du mur M1 d'une longueur de 8.2m et d'une hauteur de 4.6m



bloc 1 du mur M2 d'une longueur de 15.2 m

Il est fondé directement sur sol porteur, pratiquement sans encastrement sur une semelle de ~6 à ~10cm d'épaisseur coulée, soit sur le rocher quand celui-ci est affleurant comme observable au

Nord de la section 1 ou au droit de la section 4, soit sur le paléosol observable au droit de la section 1 ou 2, et ne fait l'objet d'aucun dispositif parafouille.



fondation du bloc 10 du mur M1 directe sur le paléosol formé d'un niveau argileux emballant des galets granitiques



fondation directe du mur M4 sur assise rocheuse non travaillée



Couronnement du bloc 9 du mur M2 avec treillis d'armatures métalliques avec maillage de 30 cm de côté



armatures métalliques superficielles au droit du bloc 1 du mur M3



Semelle du bloc 3 du mur M2 avec treillis d'armatures métalliques avec maillage de 30 cm de côté



armatures métalliques distantes de 30 cm à 6cm sous le parement du bloc 2 du mur M1

3 - Etude diachronique

Une analyse diachronique de 21 photos aériennes du site fournies par le DDTM 56 (années 1948, 1958, 1966, 1969, 1973, 1977, 1981, 1991, 2000, 2004, 2010 et 2016) ou obtenues sur le site de l'IGN (années 1952, 1953, 1976, 1978, 1994, 2001, 2009 et 2013) a été réalisée afin de percevoir le comportement global de l'ouvrage sur ~75ans et l'évolution côtière associée.

De qualités inégales, elles ont toutefois permis de déceler, depuis les années 50, l'évolution de la physionomie générale du mur matérialisant la ligne de rivage et les conséquences de sa ruine sur l'environnement amont.

L'ensemble de ces photos enrichies de quelques commentaires constitue l'annexe 2 du présent rapport complétant l'analyse ci-dessous

31 – Analyse de la photo de 1948

La photo de 1948 indique que, ~5ans après sa construction, l'ouvrage montre globalement un bon état de conservation. La section de mur M1 montre une trace continue, de largeur homogène, sans déformation en plan ou fracturation transverse à l'ouvrage notables. Il en est de même sur les trois autres sections, une brèche ponctuelle ou une structure de plus faible hauteur permettant l'accès à la grève.

En amont de l'ouvrage, on perçoit un environnement remanié (emprunt de matériaux vers le Sud, au droit de l'actuel lotissement, et vers l'Est, au droit de l'actuel parking) avec une très faible colonisation végétale d'une bande de terrain sur une profondeur allant de 30 à 50m.

Immédiatement en amont du mur M1, entre ~P30 et ~P75, on distingue toutefois une largeur de terrain de ~5m de large pouvant correspondre à une dépression morphologique, signe de potentielles fuites de matériaux sous l'ouvrage.

32 – Analyse de la photo de 1952

La photo de 1952, de très faible qualité, ne permet de percevoir que la section de mur M1 et la partie Nord du mur M2. L'examen ne montre pas d'évolution de la géométrie de ces parties d'ouvrage mais une légère recolonisation de l'environnement amont par un couvert végétal.

33 – Analyse de la photo de 1953

La photo de 1953 indique que, ~10ans après sa construction, l'ouvrage commence à se dégrader en partie Nord. On constate au niveau du mur M1, un début de dégradation du mur sur ~35m (de ~P25 à ~P60, soit le linéaire correspondant aux blocs 3 à 6). En raison de l'allure de la trace de cette section (continuité linéaire, largeur homogène, absence de déformation en plan, absence de démantèlement ou fracturation transverse à l'ouvrage notable, ombre portée moindre, perception d'un lessivage des terrains amont), il est probable que cette évolution corresponde à un début de basculement de l'ouvrage vers l'aval.

Par contre, on ne note pas d'évolution des trois autres sections de mur mais quelques modifications au niveau de l'environnement amont des sections 2 et 4, en particulier une extension de la zone de prélèvement de matériaux vers le Sud.

34 – Analyse de la photo de 1958

La photo de 1958, de faible qualité, permet toutefois un examen des murs M1, M2 et M4 avec, au niveau du mur M1, la perception d'une progression nette de sa dégradation (rupture par renversement total allant de ~P25 à ~P75, soit le linéaire correspondant aux blocs 3 à 9) avec déplacement vers l'aval de la trace de la structure en béton sur une distance <5m associée, à l'arrière de la brèche, à une régression du trait de côte consécutive à des glissements des terrains complétés par un phénomène d'érosion marine.

Les sections M2 et M4 ne montrent pas de dégradation structurelle notable à cette échelle ni d'évolution nette de leur environnement amont sinon la présence d'une lacune de végétation ponctuelle mais marquée en amont de M4, vers ~P420, vraisemblablement due à de récentes fuites de matériaux sous l'ouvrage.

35 – Analyse de la photo de 1966

La photo de 1966 n'indique pas de dégradation des murs M3 et M4, hormis un affaissement au niveau de la zone d'influence amont du mur M4, vers ~P420 déjà observé sur la photo de 1958.

Au niveau du mur M1, on constate un état sensiblement similaire à celui de 58 avec une faible progression de la détérioration vers le Nord (changement d'orientation de l'extrémité du mur sur ~8m, soit le bloc 2), un début de démantèlement en partie médiane de l'ouvrage couché (blocs

5 et 6) avec un épandage des blocs sur ~5m, le recul du trait de côte à l'arrière de la brèche étant de ~6 à ~7m.

Par ailleurs, le mur M2 affiche une dégradation de ~55m de long au Nord de l'accès (de ~P250 à ~P308, soit le linéaire correspondant aux blocs 6 à 13) avec une disparition totale de sa trace probablement consécutive à son ensablement compte tenu de la nature des formations sédimentaires et de la période de prise de vue (juin).

36 – Analyse de la photo de 1969

Après une période de 3 ans, la photo de 1969 confirme, au niveau du mur M1, un démantèlement de la partie médiane de mur renversé déjà visible sur la photo de 1958 avec une mobilisation de blocs 5 jusqu'à ~10m de leur position d'origine et une déstructuration du bloc 7. On constate aussi un net renversement du bloc 2, en extrémité Nord de la brèche. Par contre, on ne remarque pas d'évolution notable de l'ampleur du recul du trait de côte.

Au droit du mur M2, compte tenu du dégraisement hivernal de la plage (photo du 01 01 1969), la brèche apparente entre ~P255 et ~P308, soit des blocs 7 à 13, laisse voir une trace continue de cette section d'ouvrage laissant supposer que la détérioration observable depuis 1966 correspond à une perte de hauteur de l'ouvrage par ablation du couronnement. On note également un lessivage des terrains arrière sur une profondeur de ~10m mais sans formation d'une micro-falaise d'érosion.

Au niveau du mur M3, on note l'apparition d'une discontinuité à P353 ainsi que la formation d'une zone déprimée morphologiquement en amont de la partie Sud du mur, signe probable de fuite de matériaux sous l'ouvrage. Par contre, on ne constate aucune évolution au droit du mur M4 (trace continue, largeur homogène, pas de déformation en plan ou fracturation transverse à l'ouvrage) mais un marquage plus net de la zone déprimée à l'arrière du mur.

37 – Analyse de la photo de 1973

La photo de 1973 montre uniquement, au droit du mur M1, un démantèlement grandissant de la section de mur renversé sur la grève avec un étalement grandissant du groupe de blocs 7 vers la grève sans évolution de l'anse d'érosion à l'arrière de la brèche.

Au niveau des murs M2 et M3, on ne constate pas d'évolution de l'allure de la structure en béton mais une forte érosion, probablement d'origine anthropique, du revêtement végétal jusqu'à

la RD ou jusqu'au sentier.

De même que sur le cliché de 1969, aucune évolution n'est décelable au droit du mur M4 (trace continue, largeur homogène, pas de déformation en plan ou fracturation transverse à l'ouvrage) ou des zones déprimées à l'arrière des murs M3 et M4.

38 – Analyse de la photo de 1976

La photo de 1976, de très faible qualité, ne permet de percevoir d'évolution de l'état du mur M1 mais une forte altération du couvert végétal en amont du mur.

Par contre, si aucun changement n'a été constaté au droit de la section de mur M4 sinon, le début de la construction du lotissement au Sud de celui-ci, on perçoit une progression de la dégradation de M2 vers le Nord avec le basculement variable vers l'aval de plusieurs blocs (de ~P228 à ~P255, soit le linéaire correspondant aux blocs 4 à 6) ainsi qu'un début d'arrondissement de l'ensemble de la trace du mur M3 correspondant à un mouvement de basculement vers l'aval de cette section de mur.

39 – Analyse de la photo de 1977

Un an plus tard, la très mauvaise qualité de la photo de 1977 ne permet d'apprécier aucune évolution nouvelle au niveau de l'ensemble du mur ou de son environnement amont sinon la confirmation de l'arrondissement de la trace du mur M3.

3 10 – Analyse des photos de 1978

Un an plus tard, la qualité plutôt bonne de la photo d'août 1978 permet d'apprécier, au droit de M1, une évolution du démantèlement de la section de mur renversé entre P65 et P75, soit le bloc 8, à la faveur d'une fracturation longitudinale subhorizontale avec une progression vers la grève jusqu'à ~7m du bloc issu du couronnement du mur.

Elle permet également de confirmer les évolutions déjà décelées depuis 1976 au droit des murs M2 et M3 sans noter d'aggravation des déformations de ces sections d'ouvrage.

3 11 – Analyse de la photo de 1981

Si la photo de 1981 ne montre pas d'évolution de l'état du mur M4 ou de progression importante de la dégradation du mur M1 sinon celle de l'étendue du groupe de blocs 5 jusqu'à ~10m sur la grève ou le basculement du bloc 9, on constate un accroissement vers le Nord de la destruction du mur M2 avec l'apparition de 2 nouvelles discontinuités transverses à ~P204 et ~P218 et le basculement des blocs 2 et 3 individualisés par celles-ci.

On note également, en partie médiane de brèche, le renversement d'un bloc de ~6m (bloc 7).

Au niveau du mur M3, on perçoit sur les 3 ans, une nette progression de la déformation en plan de la trace du mur avec observation de plusieurs discontinuités transverses et basculements variables mais modérés des blocs individualisés (blocs 2 et 3) ainsi qu'un agrandissement de la dépression morphologique associée au mouvement de la structure.

3 12 – Analyse de la photo de 1991

Malgré la mauvaise qualité de la photo de 1991, une nette progression de la dégradation du mur M1 est observable au Sud de la brèche formée depuis 1958 avec le basculement vers l'aval de la section d'ouvrage allant de ~P90 à ~P150, soit des blocs 11 à 16, associées à un glissement des terrains à l'arrière de celle-ci.

De même, on note une progression du démantèlement du mur M3 avec une déstructuration bien visible le long de 5 discontinuités transverses (joints de construction), un accroissement du basculement des blocs individualisés et en partie médiane, entre P360 et P380, soit les blocs 3 et 4, des chutes sur la grève de morceaux de couronnement du mur s'épandant sur ~5m de profondeur associé à la formation d'une ligne de rupture (escarpement de tête de glissement) des terrains arrière s'étendant sur une longueur de ~30m.

On ne note aucune évolution de l'état du mur M2 sinon un défaut d'alignement du bloc 15 avec la trace originelle, significatif d'un léger basculement vers l'aval de celui-ci

De même, aucun changement n'est observé au droit de M4 et on ne constate pas, en particulier, de progression au niveau de la petite dépression observable depuis 1966.

3 13 – Analyse de la photo de 1994

La bonne définition de la photo de 1994 permet de constater un étalement croissant des blocs au niveau de la première brèche du mur M1 avec les groupes de blocs 5 et 8 s'épandant jusqu' à ~10m sur l'estran et un renversement des blocs 11 à 14 mais pas d'évolution du basculement des blocs 15 et 16.

Par ailleurs, à P50, le recul de la crête de micro-falaise à l'arrière de l'implantation du mur d'origine est de ~6 à ~7m et ne montre donc pas de régression significative du trait de côte sur une trentaine d'années. De P90 à P130, le recul entre la crête de micro-falaise et la trace du mur d'origine est de ~5m

Au droit de M2, aucune évolution de l'état de la structure n'est visible mais, à la faveur d'une prise de vue hivernale, la trace d'une micro-falaise d'érosion marine est bien observable avec un recul de la crête d'escarpement évoluant de ~5m à l'arrière du bloc 13 à ~13m à l'arrière des blocs 3 à 6.

Par ailleurs, aucune évolution de l'état des murs M3 et M4 ou de leur environnement amont n'est perceptible.

3 14 – Analyse de la photo de 2000

Sur la photo de 2000, malgré sa faible qualité, on perçoit un accroissement du démantèlement du mur M1 entre ~P25 et ~P40, soit les blocs 3 et 4, avec une progression sur la grève de morceaux de couronnement, les autres sections de mur et les diverses anses d'érosion montrant un aspect similaire à ceux de 1994.

3 15 – Analyse de la photo de 2001

La photo de 2001 ne montre aucun changement remarquable au droit de l'ensemble du mur ou de son environnement amont hormis le renversement des blocs 15 et 16 du mur M1.

3 16 – Analyse des photos de 2004 et 2009

Leur mauvaise qualité ne permet pas d'apprécier d'évolution nouvelle nette au niveau de l'ensemble du mur ou de son environnement amont sinon, en 2009, un léger basculement vers la grève de la section d'ouvrage entre ~P150 et ~P170, soit les blocs 17 et 18, ainsi que l'individualisation à l'arrière du mur M2 d'une micro-falaise d'érosion marine bien marquée et son alignement perturbé significatif du déplacement, en partie médiane de brèche, de quelques blocs.

3 17 – Analyse de la photo de 2010

La bonne qualité de la photo de 2010 permet de bien observer le démantèlement du mur M1 survenu entre P25 et P40 (blocs 3 et 4) à la faveur d'une fracturation longitudinale subhorizontale et déjà décelable en 2000. On constate également une légère progression de l'épandage du groupe de blocs 5 (~15m). En partie Sud du mur M1, le basculement vers la grève des blocs 17 et 18 décelé en 2009 est bien visible avec des inclinaisons différentes de part et d'autre d'une discontinuité transverse à ~P159 et on note un début de démantèlement des blocs 15 et 16. Par contre, on ne perçoit pas de régression notable du trait de côte depuis 1994, les anses d'érosion montrant une profondeur de ~7m à l'arrière de l'implantation du mur d'origine.

On ne note pas d'évolution de l'aspect des murs M3 et M4 ou des secteurs affaissés les longeant mais on constate un accroissement de la déstructuration du mur M2 avec la mobilisation vers l'aval du bloc 8 sur ~4m (déjà perçue en 2009). A l'arrière de ce bloc, le recul de la ligne de rivage est ~15m vis-à-vis de la trace originelle du mur M3 et laisse le bord de la piste cyclable à ~7m.

3 18 – Analyse de la photo de 2013

La photo de 2013 ne montre pas d'évolution remarquable de l'aspect du mur M1 ou des anses d'érosion creusées en amont sinon, à ~P140, le déplacement vers l'aval sur ~5m d'un bloc de béton (groupe de blocs 16). De même, on ne note pas d'évolution marquée de l'état des autres sections de murs ni de leur environnement amont.

3 19 – Analyse de la photo de 2016

Sur la photo de 2016, au droit du mur M1, on constate le renversement sur la grève des blocs entre P150 et P170, soit les blocs 17 et 18, basculant depuis 2009 et une progression de l'étendue de l'anse d'érosion vers le Sud, au droit de ce linéaire, avec une profondeur de ~5m à l'arrière de l'implantation du mur d'origine. Par ailleurs, le petit décalage vers la grève du bloc 10 avec la trace originelle du mur est significative d'un léger basculement vers l'aval de celui-ci

Au droit du mur M2, on note la présence d'un cordon d'enrochements de P210 à P280 destiné à protéger les infrastructures de l'action érosive marine mais pas d'évolution du démantèlement de la structure en béton sinon quelques changements d'orientation de blocs (blocs 9 et 11) sans déplacement remarquable.

De même qu'en 2013, aucune évolution notable n'est perceptible au droit des murs M3 et M4 ou de leur environnement amont.

4 - Etat actuel du trait de côte

Compte tenu du caractère anthropique de la ligne de rivage, l'examen a porté sur l'environnement côtier naturel ainsi que sur la structure en béton.

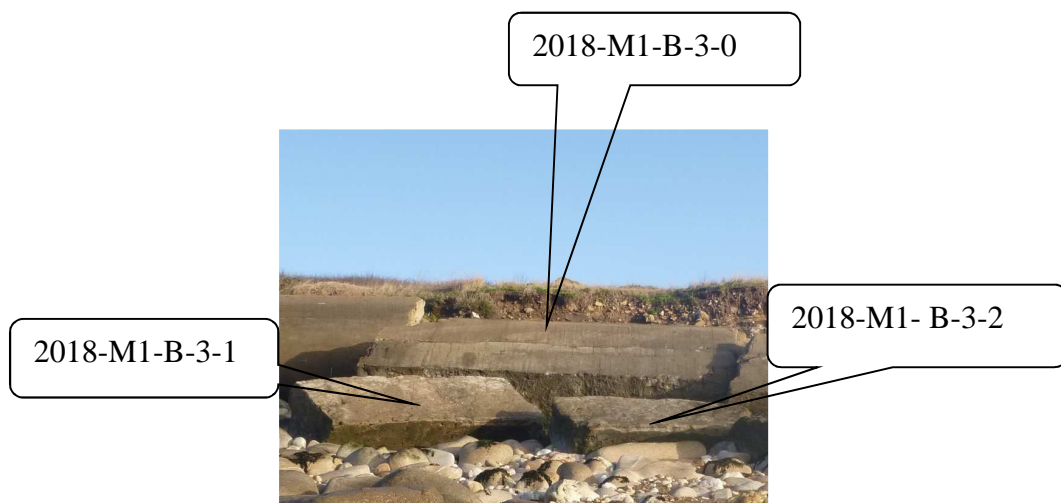
41 – Nomenclature

En raison de l'aspect de l'ouvrage, il est proposé pour qualifier son état et suivre son comportement dans le temps, de définir l'actuel vestige en une succession de blocs monolithes de taille plurimétriques à décamétrique (en cas d'absence actuelle de démantèlement vertical suivant les joints de bétonnage) ou en groupes ou amas de blocs.

Précédée de l'année de visite, la nomenclature employée pour les blocs monolithes ou groupes de blocs inclut, en premier lieu, la section de mur originelle, soit M1, M2, M3 ou M4.

Elle intègre, dans un 2^{ème} temps, la localisation des divers blocs en commençant par le poste de tir, soit pour le mur M1, 19 blocs ou groupes de blocs de 2018-M1-B-1 à 2018-M1-B-19, pour le mur M2, 15 blocs ou groupes de blocs de 2018-M2-B-1 à 2018-M2-B-15, pour le mur M3, 6 blocs ou groupes de blocs de 2018-M3-B-1 à 2018-M3-B-6, pour le mur M4, 4 blocs de 2018-M4-B-1 à 2018-M4-B-4.

Elle est complétée, dans un 3^{ème} temps, d'un chiffre achevant leur identification et significatif de leur caractère cyclopéen avec l'ajout du chiffre 0 ou de leur localisation en contrebas des précédents blocs ; soit pour le 3^{ème} groupe de blocs, les blocs 2018-M1-B-3-0, 2018-M1-B-3-1 et 2018-M1-B-3-2.



En cas de ruptures futures, les noms pourront être complétés par l'ajout, à chaque inspection, d'un chiffre supplémentaire ; soit pour le bloc 2018-M3-B-1-0 actuellement affecté par une discontinuité très déclive offrant une ouverture centimétrique, sa rupture l'année X conduirait à l'individualisation des blocs X-M3-B-1-0-0 et X-M3-B-1-1



Il est à noter que sur ce site, les blocs de quartz ou de granite peuvent présenter des volumes importants avoisinant ceux de certains morceaux de béton mais que seuls sont concernés par l'étude les blocs de béton montrant au moins 2 dimensions supérieures à 1m.

Actuellement, le mur M1 faisant l'objet de l'annexe n°3, présente une longueur de ~188m et est formé de 19 blocs ou groupes de blocs.



Le 1^{er} groupe est formé de deux blocs, le bloc 2018-M1- B-1-0 de ~15m de long et orienté N116 qui est actuellement dans son emplacement d'origine et correspond globalement au bloc d'origine, et le bloc 2018-M1-B-1-1, localisé à 1.5m en contrebas de 2018-M1-B-1-0 et correspondant à un fragment de la partie supérieure du bloc originel.

Le 2^{ème} bloc 2018-M1-B-2-0 de ~7.3m de long, couché sur la grève, montre une morphologie semblable à celle du bloc originel.

Le 3^{ème} groupe de blocs est formé de trois blocs ; le bloc 2018-M1-B-3-0, de ~9,8m de long couché sur la grève qui correspond à la majeure partie du bloc originel (partie basale) et les blocs 2018-M1-B-3-1 et 2018-M1-B-3-2, situés en contrebas du bloc 2018-M1-B-3-0, qui correspondent à la partie supérieure du bloc originel.

Le 4^{ème} groupe de blocs est formé de deux blocs ; le bloc 2018-M1-B-4-0, de ~7m de long couché sur la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel (partie basale) et le bloc 2018-M1-B-4-1 correspondant à la partie supérieure du bloc originel.

Le 5^{ème} groupe de blocs est formé actuellement de 10 blocs, le bloc 2018-M1-B-5-0, de ~5.4m de long et renversé sur la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel (partie basale) et les blocs 2018-M1-B-5-1 à 2018-M1-B-5-9, situés en contrebas de 2018-M1-B-5-0.

Le 6^{ème} groupe de blocs est formé actuellement de 13 blocs, le bloc 2018-M1-B-6-0, de ~9.3m de long et renversé sur la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel (partie basale) et les blocs 2018-M1-B-6-1 à 2018-M1-B-6-10 situés en contrebas de 2018-M1- B-6-0.

Le 7^{ème} groupe de blocs est formé actuellement de 7 blocs, le bloc 2018-M1-B-7-0, de ~8m

de long et renversé sur la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel (partie basale) et les blocs 2018-M1-B-7-1 à 2018-M1-B-7-6 situés en contrebas de 2018-M1-B-7-0.

Le 8^{ème} groupe de blocs est formé actuellement de 8 blocs, le bloc 2018-M1-B-8-0, de ~5.7m de long et couché sur la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel (partie basale) et les blocs 2018-M1-B-8-1 à 2018-M1-B-8-7 situés en contrebas de 2018-M1-B-8-0.

Le 9^{ème} groupe de blocs est formé de deux blocs, le bloc 2018-M1-B-9-0, de ~5.7m de long et couché sur la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel (partie basale) et le bloc 2018-M1-B-9-1 de ~6m de long correspondant à la partie supérieure du bloc originel.

Le 10^{ème} bloc 2018-M1-B-10-0 de ~9.6m de long est dans son emplacement d'origine et montre une morphologie semblable à celle du bloc origine. Le 11^{ème} bloc 2018-M1-B-11-0 de ~8.2m de long et couché sur la grève, montre une morphologie semblable à celle du bloc originel.

Le 12^{ème} groupe de blocs est formé de deux blocs, le bloc 2018-M1-B-12-0 de ~12.2m de long et couché sur la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel (partie basale), et le bloc 2018-M1-B-12-1 correspondant à un fragment de la partie supérieure du bloc originel.

Le 13^{ème} groupe de blocs est formé actuellement de 5 blocs, le bloc 2018-M1-B-13-0, de ~10.3m de long et couché sur la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel (partie basale) et les blocs 2018-M1-B-13-1 à 2018-M1-B-13-4 situés en contrebas du bloc 2018-M1-B-13-0.

Le 14^{ème} bloc 2018-M1-B-14-0 de ~9.6m de long et couché sur la grève, montre une morphologie semblable à celle du bloc originel.

Le 15^{ème} groupe de blocs est formé actuellement de 3 blocs, le bloc 2018-M1-B-15-0, de ~13.5m de long et couché sur la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel B_{m15} (partie basale), et les blocs 2018-M1-B-15-1 et 2018-M1-B-15-2 situés en contrebas du précédent.

Le 16^{ème} groupe de blocs est formé actuellement de 7 blocs, le bloc 2018-M1-B-16-0, de ~7.7m de long et couché sur la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel B_{m16} (partie basale), et les blocs 2018-M1-B-16-1 à 2018-M1-B-16-6 situés en contrebas de 2018-M1-B-16-0.

Le 17^{ème} bloc 2018-M1-B-17-0 de ~8.3m de long et couché sur la grève, montre une morphologie semblable à celle du bloc originel.

Le 18^{ème} bloc 2018-M1-B-18-0 de ~11m de long et couché sur la grève, montre une morphologie semblable à celle du bloc originel.

Le 19^{ème} bloc 2018-M1-B-19-0 de ~18.7m de long et orienté N114 est dans son emplacement d'origine et montre une morphologie semblable à celle du bloc origine.

Le mur M2 faisant l'objet de l'annexe n°4 présente une longueur de 148m de long. Il est actuellement surtout formé de blocs monolithes montrant des morphologies actuelles semblable à celles des bloc d'origine, et dans une moindre mesure, de groupes de blocs.



Le 1^{er} bloc 2018-M2-B-1-0 de 15.2m de long et orienté N155 est dans son emplacement d'origine et montre une morphologie semblable à celle du bloc origine.

Le 2^{ème} groupe de blocs est formé actuellement de 2 blocs, le bloc 2018-M2-B- 2-0 de 17.4 m de long légèrement basculé vers la grève et globalement dans son emplacement d'origine avec une morphologie semblable à celle du bloc originel, et le bloc 2018-M2-B-2-1 situé en contrebas du bloc 2018-M2-B-2-2.

Le 3^{ème} bloc 2018-M2-B-3-0 de ~9.8m de long et couché sur la grève, montre une morphologie semblable à celle du bloc d'origine.

Le 4^{ème} bloc 2018-M2-B-4-0 de ~8m de long est basculé vers la grève et montre une morphologie semblable à celle du bloc d'origine.

Le 5^{ème} bloc 2018-M2-B-5-0 de ~10.7m de long est couché sur la grève et montre une morphologie semblable à celle du bloc d'origine.

Le 6^{ème} bloc 2018-M2-B-6-0 de ~6.8m de long est couché sur la grève et montre une morphologie semblable à celle du bloc d'origine.

Le 7^{ème} bloc 2018-M2-B-7-0 de ~2 m de long et orienté N145 est unique.

Le 8^{ème} bloc 2018-M2-B-8-0 de ~5.5 m de long est couché sur la grève et montre une morphologie provenant de la partie basale du bloc d'origine.

Le 9^{ème} bloc 2018-M2-B-9-0 de ~4.7 m de long est couché sur la grève et montre une morphologie globalement semblable à celle du bloc d'origine.

Le 10^{ème} bloc 2018-M2-B-10-0 de ~11m de long est couché sur la grève et montre une morphologie semblable à celle du bloc d'origine.

Le 11^{ème} bloc 2018-M2-B-11-0 de ~8.7m de long est couché sur la grève et montre une morphologie semblable à celle du bloc d'origine.

Le 12^{ème} bloc 2018-M2-B-12-0 de ~5.9m de long est couché sur la grève et montre une morphologie semblable à celle du bloc d'origine.

Le 13^{ème} bloc 2018-M2-B-13-0 de ~5.5m de long est basculé sur la grève et montre une morphologie provenant de la partie basale du bloc d'origine.

Le 14^{ème} groupe de blocs est formé actuellement de 2 blocs, le bloc 2018-M2-B-14-0 de ~3.7m de long basculé sur la grève qui correspond à la partie basale du bloc originel, et le bloc 2018-M2-B-14-1 situé en contrebas de 2018-M2-B-14-0.

Le 15^{ème} bloc 2018-M2-B-15-0 de ~29m de long est légèrement basculé vers la grève et globalement dans son emplacement d'origine avec une morphologie semblable à celle du bloc originel.

Le mur M3 faisant l'objet de l'annexe n°5 présente une longueur de ~69m de long est formé de 4 blocs monolithes et de 2 groupes de blocs.

Le 1^{ème} bloc 2018-M3-B-1-0 de ~9.3m de long et légèrement basculé vers la grève, est globalement dans son emplacement d'origine et montre une morphologie semblable à celle du bloc originel.



Le 2^{ème} bloc 2018-M3-B-2-0 de ~7.6m de long et légèrement basculé vers la grève, montre une morphologie semblable à celle du bloc origine.

Le 3^{ème} groupe de blocs est formé de deux blocs, le bloc 2018-M3-B-3-0 de ~13.2m de long et nettement basculé vers la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel, et le bloc 2018-M3-B-1-1 situé en contrebas du bloc 2018-M3-3-0 et correspondant à un fragment de la partie supérieure du bloc originel.

Le 4^{ème} bloc groupe de blocs est formé de 10 blocs, le bloc 2018-M3-B-4-0 de ~12.6m de long et nettement basculé vers la grève, qui correspond à la majeure partie du bloc originel et les blocs 2018-M3-B-1-0 à 2018-M3-B-4-9 situés en contrebas du bloc 2018-M3-B-4-0.

Le 5^{ème} bloc 2018-M3-B-5-0 de ~12.1m de long et basculé vers la grève, montre une morphologie globalement semblable à celle du bloc origine.

Le 6^{ème} bloc 2018-M3-B-6-0 de 13m de long et légèrement basculé vers la grève, est globalement dans son emplacement d'origine et montre une morphologie semblable à celle du bloc origine.

Le mur M4 faisant l'objet de l'annexe n°6 présente une longueur de ~67m et est formé de 4 blocs dans leur emplacement d'origine mais individualisés par des discontinuités nettes et ouvertes correspondant à des fractures ou à des joints de construction.

Le 1^{er} bloc 2018-M4-B-1-0 de ~8.5m de long est limité, côté Sud, par une fracture.

Le 2^{ème} bloc 2018-M4-B-2-0 de ~5.3m de long est limité par deux fractures.

Le 3^{ème} bloc 2018-M4-B-3-0 de ~5.7m de long est limité, côté Nord, par une fracture et, côté Sud, par un joint de construction.

Le 4^{ème} bloc 2018-M4-B-4-0 de ~53.2m de long est limité, côté Nord, par un joint de construction.



42 – Etat du trait de côte orienté N116

Ce paragraphe synthétise les divers désordres affectant la ligne de rivage orientée N116 marquée par le mur M1 et étant illustrés en annexe 3.

Soumis à de nombreuses causes de destruction ayant œuvré depuis plusieurs dizaines d'années (~75ans), la majeure partie du linéaire du mur M1 est aujourd'hui affecté par une importante déstructuration résultant de basculement, voire de renversement total de blocs de béton sur la grève, ces mobilisations s'étant effectuées, dans un premier temps, à la faveur des points de faiblesse que constituent les joints de construction verticaux transverses au mur malgré leur morphologie en chicane.

Au-delà de la date de début de déséquilibre des blocs, les délais apparents maximum perçus entre les situations de basculement et de renversement total sur l'estran sont variables.

Pour le 2^{ème} bloc, il est de 3 ans. Des 3^{ème} au 8^{ème} blocs, il est de 5 ans. Des 11^{ème} au 14^{ème}, il est de 3 ans. Pour les 15^{ème} et 16^{ème} blocs, il est de 10 ans. Pour les blocs 17^{ème} et 18^{ème} blocs, il est de 7 ans.

La déstructuration de cette section de mur a également été conduite, dans un 2^{ème} temps, le long d'autres plans de faiblesse plus ou moins réguliers et traversants issus des reprises de

bétonnage.

Au-delà des dates de début de démantèlement des blocs, les délais apparents maximum perçus entre les situations de renversement total de blocs monolithes et de fracturation de ceux-ci sont variables.

Pour les 5^{ème} et 6^{ème} blocs, il est de 8 ans. Pour le 7^{ème} bloc, il est de 11 ans. Pour le bloc 8^{ème} bloc, il est de 20 ans. Pour les 3^{ème} et 4^{ème} blocs, il est de 42 ans. Pour les 15^{ème} et 16^{ème} blocs, il est de 9 ans.

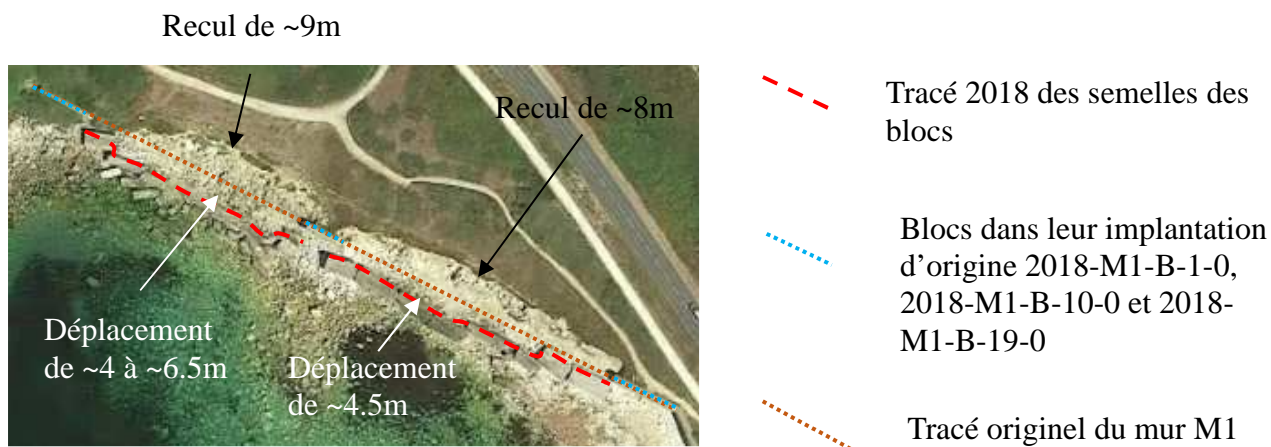
Le développement de ces 2 processus a aujourd'hui réduit le mur à une succession de blocs d'une longueur plurimétriques et a également conduit à la formation de deux zones de glissement de terrain d'une profondeur actuelle de ~8 à ~9m vis-à-vis du tracé originel du mur, l'action marine œuvrant également à faire régresser le trait de côte par ablation des matériaux glissés.



Glissement de terrain récent de ~7m de long et ~1.5m d'épaisseur à l'arrière du 17^{ème} bloc avec langue glissée de Photo du 01 02 2018



Ablation des matériaux glissés et redressement de l'escarpement par érosion marine Photo du 13 03 2018



Si dans leur grande majorité, les blocs composant cette section de mur ont fait l'objet d'un déplacement vers l'aval (déplacement de la semelle) plurimétriques d'ampleur variable allant jusqu'à ~6.5m entre P15 et P80 ou jusqu'à ~4.5m entre P90 et P175, l'alignement plutôt bon perçu en photo aérienne, des blocs 2018-M1-B-1-0, 2018-M1-B-10-0 et 2018-M1-B-19-0 de cette section, montre qu'ils sont encore dans leur implantation d'origine et n'ont fait l'objet d'aucun glissement. Ces 3 blocs offrent des sections transversales globalement complètes depuis leur semelle de fondation jusqu'à leur couronnement arrondi.

Avec un parement vertical côté mer, les blocs 2018-M1-B-1-0 et 2018-M1-B-19-0 ne montrent pas d'inclinaison anormale et n'ont pas fait l'objet de basculement vers la grève.

Par contre, le bloc 2018-M1-B-10-0 montre une inclinaison anormale vers l'aval de 82° significative de son léger basculement consécutif d'un défaut de résistance à la poussée des terres.

Discernable depuis 2016 sur photo aérienne, ce défaut de capacité portante est à rapprocher de l'important affouillement (sur 6m de long et 1.4m de profondeur) s'étant développé sous la semelle de l'ouvrage, côté mer.

Tous ces blocs monolithes présentent quelques épaufrures en rive, au droit des joints de construction, probablement liés aux mouvements différentiels des blocs. Elles sont associées à la mise à jour d'armatures oxydées et montrent, en parements ou en section transverse, la trace de discontinuités traversantes (2 à 3 fissures) subhorizontales d'ouverture mm à plurimillimétriques correspondant à des reprises de bétonnage.

Ils peuvent être aussi affectés par un réseau de fissurations plus superficiel trahissant le ferrailage de peau.



bloc 2018-M1-B-19-0 offrant un parement maritime vertical et affecté par une fissuration subhorizontale traversante correspondant à des reprises de bétonnage



Bloc 2018-M1-B-10-0 montrant une inclinaison anormale vers l'aval du parement maritime de 82° significatif de son basculement



Bloc 2018-M1-B-19-0 affecté par des discontinuités subhorizontales et un réseau de fissure superficiel trahissant le ferrailage de peau



2018-M1-B-1-0 avec parement maritime vertical et affecté en partie supérieure par une épaufrure et présentant des armatures métalliques corrodées en saillie sur 40cm

23% du linéaire de mur M1 (blocs 2018-M1-B-2-0, 2018-M1-B-11-0, 2018-M1-B-14-0, 2018-M1-B-17-0, 2018-M1-B-18-0) plus particulièrement localisé en partie Sud montre un stade de ruine correspondant à des blocs renversés sur la grève. Ayant fait l'objet d'un mouvement assez récent (basculement de 1991 à 2009 et renversement de 1994 à 2016, soit depuis 2 à 24 ans), ils offrent des sections transversales globalement complètes depuis leur semelle de fondation jusqu'à leur faîte arrondi et ne sont affectés que par quelques épaufrures en rive ou en couronnement.



Bloc 2018-M1-B-11-0 renversé sur une grève et affecté de quelques épaufrures en rive

59% du linéaire de mur M1, plus particulièrement localisé en partie Nord, apparaît également affecté par un démantèlement important en blocs de taille pluridécimétriques à plurimétriques survenu ultérieurement à leur renversement et guidé par les discontinuités correspondant à des reprises de bétonnage, en particulier celle limitant le couronnement.



4^{ème} groupe de blocs résultant d'une fracturation survenue le long d'un joint de bétonnage

Les délais de fracturation pouvant être variables (de 8 à 42ans), certains blocs se sont également rompus à la faveur d'une fissuration subverticale transversale au mur probablement initiée lors du choc subi au renversement sur cette grève recouverte de gros blocs.



bloc 2018-M1-3-1 et bloc 2018-M1-B-3-2 en contrebas du bloc 2018-M1-B-3-0 et résultant de la fracturation de la partie supérieure de la structure primitive 42ans après son renversement

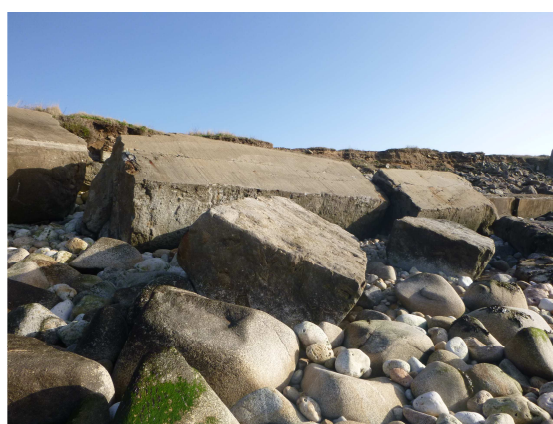


Bloc 2018-M1-B-6-6 rompu depuis 1966 et affecté par 3 fissures transverses continues de 5mm d'ouverture et distantes de ~1.8m

Ce mode de dégradation conduit à la constitution de groupes de blocs d'autant plus étendue (distance entre le bloc le plus éloigné et celui de la base de la structure) que la fracturation est ancienne (~15m pour les 5^{ème} et 6^{ème} groupes fracturés en 1966, ~5m pour les 3^{ème} et 4^{ème} groupes de blocs fracturés depuis 2000).



6^{ème} groupe de blocs étendu jusqu'à 15m en contrebas du bloc 2018-M1-B-6-0



3^{ème} groupes étendu jusqu'à 5m en contrebas du bloc 2018-M1-B-3-0

Les tailles des blocs sont très variables suivant leur origine, les blocs issus de la base de la structure originelle étant les plus gros (bloc 2018-M1-3-0 d'un volume de ~63m³ pour une longueur de ~9.8m, bloc 2018-M1-12-0 d'un volume de ~110m³ pour une longueur de ~12.2m).



bloc 2018-M1-B-3-0 d'un volume de $\sim 63\text{m}^3$ correspondant au 2/3 inférieur de la structure primitive

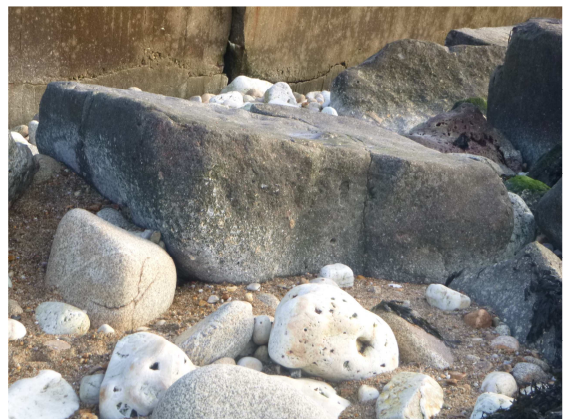


Bloc 2018-M1-B-12-0 d'une longueur de 12.2m et d'un volume de $\sim 110\text{m}^3$

Au-delà d'une fissuration plus ou moins ouverte et traversante, on constate au droit de nombreux blocs la mise à jour d'armatures oxydées en saillie sur plusieurs cm, voire dm (jusqu'à 60cm) et des formes émoussées résultant d'un phénomène d'érosion du béton pour les blocs épandus sur la grève.



Bloc 2018-M1-B-4-0 avec armatures en saillie sur $\sim 20\text{cm}$



Bloc 2018-M1-B-5-2 avec angles émoussés par usure




43 – Etat du trait de côte orienté N156

Ce paragraphe synthétise les divers désordres affectant la ligne de rivage orientée N156 marquée par le mur M2 et étant illustrés en annexe 4.

De même qu'au droit de la section de mur M1, on note un défaut d'alignement en plan de l'ouvrage entre $\sim P202$ et $\sim P307$ issu de son découpage en blocs plurimétriques le long des joints de construction mais celui-ci présente une ampleur moindre en raison d'une déclivité moins forte de l'estran (15 à 17° au droit de M1, 7° au droit de M2) ayant conduit à un strict basculement non accompagné de glissement.

Cette déstructuration associée à la réduction de hauteur de la structure en béton a permis, au fil du temps, le creusement d'une anse d'érosion d'une profondeur de ~15m vis-à-vis du tracé originel du mur.



-  Blocs dans leur implantation d'origine 2018-M2-B-1-0 et 2018-M2-B-15-0
-  Tracé des semelles des blocs
-  Tracé originel du mur M2

Au droit de ce mur, l'alignement du bloc 2018-M2-B-1-0 avec le tracé original montre qu'il est encore dans son implantation d'origine.

Il offre une section transversale globalement complète depuis sa semelle de fondation jusqu'à son couronnement.

Avec un parement vertical côté mer, il ne montre pas d'inclinaison anormale et n'a pas fait l'objet de basculement vers la grève.

Par contre, le bloc 2018-M2-B-15-0 montre actuellement une inclinaison anormale vers l'aval de 80° significative d'un léger basculement consécutif d'un défaut de résistance à la poussée des terres et discernable depuis 1991 sur photo aérienne.

Si le bloc 2018-M2-B-1-0 ne présente que des épaufrures en rive très marginales, la tête du bloc 2018-M2-B-15-0 apparaît affectée par des éclats de béton plus importants, la mise à jour d'armatures ou de nids de cailloux et la présence de 2 fractures verticales traversantes préalables à l'individualisation de trois blocs de 8 à 12m de long.

Par ailleurs, ils montrent, en parements ou en section transverse, le développement classique d'une fissuration subhorizontale traversante (2 à 3 fissures) soulignée par des efflorescences.



bloc 2018-M2-B-1-0 montrant un parement maritime subvertical marqué par la trace d'une fissuration subhorizontale à oblique traversante mais non ouverte liée à des reprises de bétonnage



Bloc 2018-M2-B-14-0 affecté par de la fracturation verticale sans rejet à ouverture croissante vers la base (ouverture de 1.5cm à la base à quelques mm en tête) se développant sur toute la hauteur

Le bloc 2018-M2-B-2-0 non aligné avec le bloc 2018-M2-B-1-0 car basculé vers la grève et apparaissant affouillé par l'action érosive du cours d'eau butant contre lui, fait l'objet d'une fissuration subhorizontale traversante (2 à 3 fissures) soulignée par des efflorescences, d'une fracturation localisée mais traversante à la base de l'ouvrage et en tête d'ouvrage associée à des épaufrures.



Fracturation en partie haute du bloc 2018-M2-B-2-0 sur ~ 2m de long associée à des épaufrures consécutives au mouvement des blocs 2018-M2-2-0 et 2018-M2-3-0



Affouillement du bloc 2018-M2-B-2-0

Dans leur grande majorité, les blocs composant cette section de mur ont fait l'objet d'un renversement total n'occasionnant qu'un faible déplacement vers l'aval (<2m en moyenne).

35% du linéaire de mur M2 (blocs 2018-M2-B-3-0, 2018-M2-B-4-0, 2018-M2-B-5-0, 2018-M2-B-6-0, 2018-M2-B-9-0) correspond à des blocs basculés ou totalement renversés sur la grève qui offrent des sections transversales globalement complètes depuis leur semelle de fondation

jusqu'à leur faîte arrondi, sans démantèlement, ce qui n'est pas surprenant compte tenu de la qualité de l'estran (estran sableux).

Ils présentent toutefois quelques épaufrures en rive et sont parcourus par des discontinuités correspondant à des reprises de bétonnage et plus rarement par des discontinuités verticales transverses aux blocs et peu ouvertes.



Bloc 2018-M2-B-4-0 basculé vers la grève et montrant une section transversale globalement complète



Bloc 2018-M2-B-5-0 affecté par une fissuration subhorizontale traversante correspondant à des reprises de bétonnage et 2 fissures subverticales continues mais peu ouvertes

59% du linéaire de mur M2 (blocs 2018-M2-B-6-0 à 2018-M2-B-12-0) apparaît affecté depuis ~50 ans, par une ablation du couronnement probablement consécutive à des ruptures survenues à la faveur de la fissuration subhorizontale correspondant à la dernière reprise de bétonnage, suite à l'action marine s'exerçant sur eux compte tenu de la bonne exposition de ces blocs.



Ablation du couronnement du bloc 2018-M2-B-9-0



démantèlement du couronnement du bloc 2018-M2-B-10-0 en petits blocs

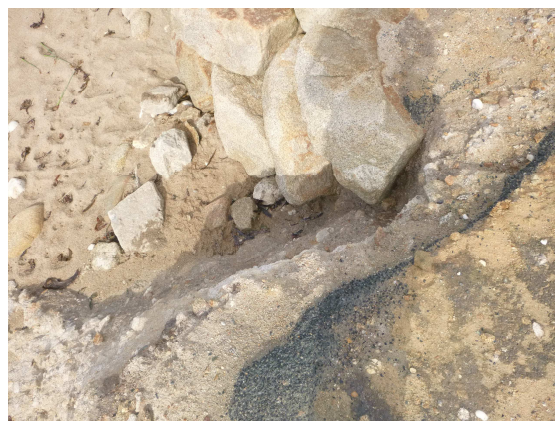
Sur cette section sableuse, malgré le démantèlement du couronnement, compte tenu de l'âge des ruptures, ce mode de dégradation conduit rarement à la constitution de groupes de blocs, les blocs issus des ruptures du couronnement et encore observables ayant des formes aplaties et peu volumineuses (dimension <1m) permettant un ensablement aisé.

Le perré en enrochements mis en œuvre récemment pour protéger la RD présente un état de conservation plutôt bon. On ne note pas de défauts structurels tels qu'un défaut d'alignement en plan ou de planéité du parement.

De même, on ne perçoit pas de désorganisation générale ou localisée des blocs mais un lessivage des terrains amont sur ~5m et une amorce de creusement d'anse d'érosion en rive Sud de cordon, celle-ci ne contournant pas encore complètement les blocs.



lessivage par la mer en amont du cordon d'enrochements sur une profondeur de 4 à 5m



lessivage par la mer des terrains d'assise, en rive du cordon d'enrochements sur une profondeur de 0.2m

44 – Etat du trait de côte orienté N183

Ce paragraphe synthétise les divers désordres affectant la ligne de rivage orientée N183 marquée par le mur M3 et étant illustrés en annexe 5.

De même qu'au droit des deux sections de mur précédentes, on note un important défaut d'alignement du mur M3 sur l'ensemble de son étendue, soit entre ~P336 et ~P405 associé à une déstructuration par rupture le long de joints de construction verticaux transverses au mur, réduisant l'ouvrage à une succession de blocs (2018-M3-1-0, 2018-M3-2-0, 2018-M3-5-0, 2018-M3-6-0) ou groupes de blocs (2018-M3-3-0, 2018-M3-4-0) d'une longueur moyenne décamétrique et conduisant au glissement et à l'érosion des terrains arrière sur une profondeur de ~4m vis-à-vis du tracé originel du mur.

Dans leur grande majorité, ces blocs offrent actuellement des sections transversales globalement complètes depuis leur semelle de fondation jusqu'à leur couronnement arrondi.

Ils font l'objet d'un basculement vers l'aval significatif d'une poussée des terres excessive (parement du bloc 2018-M3-1-0 incliné à 78°, parement du bloc 2018-M3-2-0 incliné à 66°, parement du bloc 2018-M3-3-0 incliné à 50°, parement du bloc 2018-M3-4-0 incliné à 62°, parement du bloc 2018-M3-5-0 incliné à 59°, parement du bloc 2018-M3-6-0 incliné à 82°), les

blocs 2018-M3-2-0, 2018-M3-3-0 et 2018-M3-4-0 ne soutenant les terres que sur ~1m de haut.

Les monolithes 2018-M3-1-0, 2018-M3-2-0, 2018-M3-5-0 et 2018-M3-6-0 situés aux extrémités présentent quelques épaufrures en rive de bloc ainsi qu'en couronnement d'ouvrage et sont généralement parcourus par une fissuration traversante correspondant à des reprises de bétonnage et soulignée, en parement, par des efflorescences. On note également quelques armatures de peau apparentes suite aux éclats de béton générés par la corrosion du ferrailage mais pas de fracturation transverse aux blocs.



2018-M3-1-0 basculé et affecté par une fissuration traversante liée à des reprises de bétonnage et soulignée par des efflorescences ainsi que des épaufrures peu profondes générées par la corrosion des armatures de peau



2018-M3-6-0 basculé et affecté par des épaufrures en parement et en couronnement

En partie médiane, en plus du basculement, 37% du linéaire du mur M3 (3^{ème} et 4^{ème} groupes de blocs) apparaît affecté, depuis 1991, par un démantèlement survenue à la faveur des reprises de bétonnage mais aussi d'une fissuration subverticale transversale au mur. Ce mode de dégradation conduit à la constitution de groupes de blocs d'étendue faible et de volumes individuels variables.

Ces blocs épandus sur la grève présentent une fissuration plus ou moins ouverte et traversante mais non continue et on peut noter la mise à jour d'armatures oxydées suite à l'éclatement du béton mais, contrairement aux blocs issus du démantèlement du mur M1, celles-ci apparaissent en faible saillie.

Globalement stable depuis 27ans, le 3^{ème} groupe de blocs est formé de 2 blocs distants de 4m, 2018-M3-3-0 d'un volume de ~ 124m³ correspondant à la majorité du bloc originel et le bloc 2018-M3-3-1 correspondant à un fragment de ~3.5m de long (V~ 8m³) du couronnement de celui-ci.



3^{ème} groupe de blocs

Globalement stable depuis 27ans, le 4^{ème} groupe de blocs est formé de 10 blocs provenant de l'ensemble du couronnement de la structure primitive. S'étendant sur une profondeur de ~5m en contrebas du bloc 2018-M3-B-4-0, ils offrent des volumes allant de $V \sim 80\text{m}^3$ (2018-M3-4-0) à $V \sim 0.7\text{m}^3$ (2018-M3-4-8)



4^{ème} groupe de blocs étendu sur ~5m



Bloc 2018-M3-B-4-8 d'un volume de $\sim 0.7\text{m}^3$ et affecté par une fissure médiane transverse

45 – Etat du trait de côte orienté N230

Ce paragraphe synthétise les divers désordres affectant la ligne de rivage orientée N230 marquée par le mur M4 et étant illustrés en annexe 6.

Si cette section de mur n'a pas fait l'objet d'un démantèlement la réduisant à une juxtaposition de blocs décimétriques, elle apparaît néanmoins affectée par des discontinuités subverticales ouvertes et transverses (joint, fracture) se développant sur toute la hauteur du mur et individualisant nettement 4 blocs.

Une observation depuis le haut de l'ouvrage montre, côté Nord du mur, un léger défaut d'alignement, le haut des blocs 2018-M4-2-0 et 2018-M4-3-0 montrant un léger basculement vers la grève.



Défaut d'alignement du mur M4 au droit de la partie Nord



Fracture avec rejet horizontal pluricentimétrique en haut de mur M4

Les caractéristiques de la fracturation limitant le bloc 2018-M4-2-0 montre également un léger affaissement de ce bloc (décalage vertical de 4cm), côté Sud, ce bloc étant également affecté par une forte fracturation en couronnement.



Fracture d'ouverture pluricentimétriques sans rejet horizontale ni décalage vertical significatif d'une absence de mouvement entre les blocs 2018-M4-B-1-0 et 2018-M4-B-2-0

Fracture d'ouverture pluricentimétriques sans rejet horizontal en pied mais à décalage vertical de 4cm significatif d'un affaissement du bloc 2018-M4-B-2-0 fortement sous-cavé

On note la présence d'importants affouillements se développant de manière diffuse sur l'ensemble du mur M4, en particulier au droit des 3 blocs de la partie Nord où les creusements apparaissent plus profonds que la largeur de l'ouvrage. Associées aux affouillements et à des écoulements d'eau privilégiés, on constate aussi de P413 à P418 (bloc 2018-M4-B-2-0) et de P449 à P454 (bloc 2018-M4-B-4-0), la présence de deux dépressions topographiques très marquées dans les terrains amont significatives d'importantes fuites de matériaux, celle au droit du bloc 2018-M4-B-2-0 étant observable depuis 1966.



Dépression ancienne au droit du bloc 2018-M4-B-2-0 sur ~6 m de long et ~4m de profondeur

Sous-cavage de 2.9m de profondeur à l'aplomb d'un joint de construction limitant les blocs 2018-M4-B-3-0 et 2018-M4-B-4-0

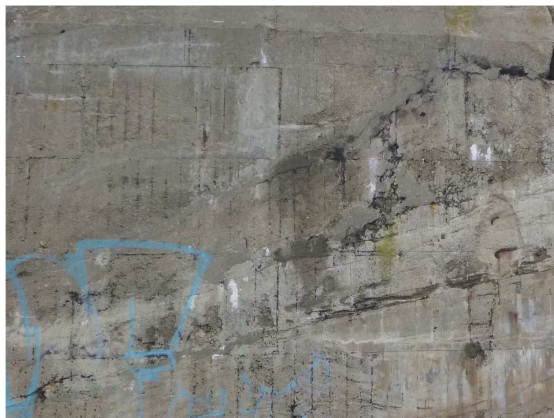


Vers P455, sous-cavage de 1.8m de profondeur avec fortes circulations d'eau au droit du bloc 2018-M4-B-4-0



Vers P455, dépression au droit du bloc 2018-M4-B-4-0 de ~5m de long sur ~4 m de profondeur

Enfin, d'une manière générale, ce mur fait l'objet de rares éclats de béton, hormis en partie Nord, d'une mise à jour de quelques armatures et est marqué par la trace classique d'une fissuration subhorizontale traversante (2 à 3 fissures) soulignée par des efflorescences.



Parement maritime du bloc 2018-M4-B-1-0 affecté par une fissuration subhorizontale soulignée par des efflorescences



Sud du parement maritime du bloc 2018-M4-B-4-0 affecté par une fissuration subhorizontale soulignée par des efflorescences



Couronnement du bloc 2018-M4-B-4-0 affecté par une fissuration subhorizontale soulignée par des efflorescences



Couronnement du bloc 2018-M4-B-3-0 affecté par de rares épaufrures (0.7m de long)

46 – synthèse sur le mode de dégradation de l'ouvrage et les risques générés

L'examen des différentes sections de ce mur artificialisant, en haut de grève, le trait de côte depuis ~75ans montre différents modalités de ruine héritées d'un passé plus ou moins lointain. Elles résultent de processus continentaux combinés à une action complémentaire marine, en particulier lors de conditions extrêmes (marée à fort coefficient, tempête), compte tenu de la localisation de l'ouvrage à l'interface des milieux maritime et terrestre.

Ouvrage de soutènement, les larges dimensions du mur ($L_{base} \sim 0.6H$) lui permettent de résister à la poussée des terres. Des désordres révélateurs d'un défaut de résistance à celle-ci (basculement vers l'aval) sont cependant apparus assez rapidement au niveau de la section de mur M1.

Au droit de ce mur, l'étude diachronique montre que dès 1953, ~10 ans après sa construction, l'ouvrage a commencé à se dégrader vers le Nord, par un basculement vers l'aval, allant en quelques années (de 3 à 5ans) jusqu'au renversement total de la structure par blocs, suivi de leur démantèlement.

40 ans plus tard, la partie Sud fait l'objet du même type d'évolution avec une période entre le basculement et le renversement des blocs plus longue allant jusqu'à 10ans et peu de démantèlement de la structure.

Cette détérioration qui s'est largement échelonnée dans le temps est due à des causes variées, depuis la non prise en compte du drainage de l'ouvrage jusqu'à l'instabilité de sa fondation sur le long terme liée à celle de son sol-support compte tenu de leurs caractéristiques.

L'absence de drainage interne de l'ouvrage augmente fortement les poussées sur celui-ci et provoque souvent sa ruine par glissement ou par basculement.

C'est une des causes très probables de la destruction de cet ouvrage compte tenu de la forte présence d'eau observée lors de la prospection dans l'escarpement côtier, en particulier au droit de la moitié Nord du mur M1 (blocs 2018-M1-B-5-0 et 2018-M1-B-6-0).

Par ailleurs, au-delà des très fortes poussées exercées, les circulations d'eaux internes bloquées par la longue muraille étanche de béton ont été contraintes de cheminer sous l'ouvrage en favorisant une érosion interne des terrains et l'initiation d'affouillements sous la semelle, aux débouchés de lignes d'eau.

Côté mer, compte tenu de la localisation de l'ouvrage en haut d'estran et du caractère abrupt du parement maritime du mur, l'action des vagues a contribué à éroder la grève en pied d'ouvrage puis, au fil du temps, les terrains d'assise du mur d'autant plus aisément que l'encastrement de sa

fondation est très faible (6 à 10cm), sinon inexistant et qu'elle ne fait pas l'objet de dispositif parafouille gênant les circulations d'eau et l'entraînement de matériaux.

En réduisant la surface portante, ce phénomène est très déstabilisateur pour la structure.

D'importants écoulements d'eaux ayant été perçus au droit de la partie Nord du mur M1, l'échelonnement dans le temps de la dégradation de cette section de mur est probablement dû à une teneur en eau différentielle des terrains. De plus, la pente de l'estran apparait légèrement plus forte vers le Nord de l'anse, ce qui favorise le ressac érodant la grève en pied d'ouvrage et a probablement également participé à la ruine précoce de cette partie de mur.

Compte tenu de la qualité du sol de réception au Nord de l'anse (gros blocs de quartz et de granite), de la présence de points de faiblesse dans l'ouvrage (présence de discontinuités internes telles que des joints de construction transverses à l'ouvrage et des joints de bétonnage longitudinaux à celui-ci) et de l'ancienneté du mouvement, la structure s'est renversée par blocs en initialisant vraisemblablement, au moment du choc, des fissures. Au fil du temps, ces fissures et les joints de bétonnage présentant une forte inclinaison sur les blocs couchés se sont progressivement ouverts en réduisant le mur initial à une succession de blocs de volumes très variés.

La fracturation moindre des blocs de la partie Sud du mur est probablement due à un estran offrant une bonne capacité d'amortissement (mélange de sable et galets) et, de manière mineure, à une ancienneté moindre du mouvement.

Au-delà des désordres structurels, on note également, à l'échelle du matériau et en raison de l'ambiance marine du site très agressive pour les métaux, une détérioration de la structure par un éclatement superficiel de ce béton faiblement armé en surface (profondeur des armatures à ~5 cm) suite à la corrosion des armatures.

Aujourd'hui, seuls les blocs extrêmes ne montrant pas d'évolution depuis leur construction en raison de l'altimétrie de leur fondation ou de leur structure (localisation à un coude) ainsi que le 10^{ème} bloc qui est en cours de basculement soutiennent encore des terres et fixent la ligne de rivage, la rupture du 10^{ème} bloc étant estimé à ~5ans compte tenu de ses caractéristiques (fonctionnement actuel de mur de soutènement, présence d'un important sous-cavage régressif, absence d'ancrage latéraux) et des vitesses de basculement constatées antérieurement sur les autres blocs.

L'essentiel des gros blocs du vestige de mur M1 est couché sur la grève à quelques mètres en aval de leur localisation initiale (de 4 à 6.5m) et présente une bonne stabilité externe compte tenu de la position de la verticale de leur centre de gravité par rapport à leur surface d'appuis et de leur centre de gravité bas mais ils ne soulignent plus l'actuel trait de côte.

La destruction du mur s'est accompagnée d'un recul de l'escarpement côtier de ~9m au Nord et 8m au Sud, cette régression consécutive à des glissements de terrain associés à de l'érosion marine ayant rapidement accompagné le basculement des blocs et n'ayant pas évolué de manière perceptible sur les photos aériennes depuis. Aussi, hormis au niveau du bloc 2018-M1-B-19-0 ou le sentier se trouve très ponctuellement très proche (1.5m) de la crête d'escarpement évoluant par glissement sur une profondeur de ~1m (observation de fissures de traction au droit du bloc 2018-M1-B-17-0), compte tenu de l'éloignement moyen du sentier (10 à 15m), le cheminement piéton n'apparaît pas menacé à court terme.

L'étude diachronique et l'examen détaillé du vestige de la section de mur M2 montre, 10 ans après le début de destruction du mur M1, le développement d'un mécanisme de destruction sensiblement similaire à celui de M1 par rupture de blocs le long de joints de construction et basculements vers l'aval des blocs individualisés, les causes de la ruine de cette section de mur étant liées, comme pour le mur M1, à l'instabilité sur le long terme du sol de fondation aisément affouillable (paléosol argileux).

Ce processus a toutefois été précédé, contrairement au mur M1, d'une ablation du couronnement de l'ouvrage en partie médiane du mur, ce secteur étant très sensible à l'action marine en raison de sa très faible altimétrie. L'action d'abrasion marine est aussi responsable de la forte érosion de la face de blocs faisant front aux vagues.

Aujourd'hui, seuls le bloc extrême Nord, ne montrant pas d'évolution depuis sa construction (localisation à un coude), et le bloc extrême Sud soutiennent encore des terres et fixent la ligne de rivage, l'essentiel des gros blocs de ce vestige de mur étant couchés sur la grève

Le bloc Sud est en cours de basculement depuis 1991, soit depuis 27 ans, et sa rupture est estimée à un horizon temporel bien plus éloigné que celui du 10^{ème} bloc de M1 compte tenu de l'ancienneté du mouvement et de ses caractéristiques (fonctionnement actuel de mur de soutènement mais pas d'affouillement sous la semelle et présence d'un ancrage latéral au Sud).

Peu précis (~30 à ~50ans), ce délai de rupture pourra être précisé, puis infirmé ou confirmé, par un suivi régulier de son basculement mais aussi de la fracturation traversante qui l'affecte et pourrait conduire à l'individualisation de blocs et au basculement différentiels de ceux-ci.

La destruction de cette section de mur sur ~50ans, s'est accompagnée d'un recul de l'escarpement côtier de ~15m, soit 30cm/an laissant craindre une attaque de la chaussée dans une quinzaine d'années. En prévention, la ligne de rivage a récemment (entre 2013 et 2016) été protégée par un cordon d'enrochements affichant actuellement un bon état, et laissant le bord de piste cyclable à ~5m et le bord de chaussée à ~10m.

Aussi, malgré l'agression marine s'effectuant sur cette section côtière, aussi longtemps que le cordon d'enrochements présentera un bon état structurel, la chaussée et la piste cyclable ne seront pas menacées par une régression de la ligne de rivage même si ces infrastructures apparaissent affectées par un phénomène de projection de petits blocs accompagnant les épisodes météo-marins forts.

Localisé en amont d'un platier rocheux protecteur, la section de mur M3, s'est dégradée plus tardivement que le mur M1 (~20 ans après) par basculement différentiel vers l'aval sans aller jusqu'au renversement total de la structure, les causes de la ruine de cette section de mur étant liées, comme pour les murs M1 et M2, à l'instabilité sur le long terme de leur assise aisément affouillable. Malgré une semelle non apparente car masquée par un recouvrement de galets et de sable, la dépression topographique observée à l'arrière du mur et perçue avant la déformation même de la structure est significative d'une importante fuite des matériaux sous l'ouvrage et donc, d'une baisse de capacité portante de l'assise conduisant à une déstabilisation de l'ouvrage.

Le basculement du mur s'est accompagné d'un recul de l'escarpement côtier par glissement et érosion des terrains arrière. Compte tenu des caractéristiques actuelles de l'escarpement côtier (forme et hauteur) et de la distance de recul actuelle du sentier (2.3m minimum), le cheminement piéton apparaît pérennisé sur quelques années (~5 à ~10ans) mais il est toutefois conseillé de surveiller l'état des terrains en amont de l'escarpement, notamment l'apparition de fractures de tension préalable au glissement, au droit du linéaire de sentier proche du versant, afin de prévenir une éventuelle coupure de sente.

Fondé sur une assise de qualité variable (rocher ou paléosol argileux avec blocs rocheux), le mécanisme de destruction initié en partie Nord du mur M4 par développement d'une fracturation subverticale, tient au creusement d'importants affouillements s'étant formé à la faveur du choc des vagues sur les terrains d'assise non rocheux, ceux-ci étant également le siège de circulations d'eau privilégiée suivant le toit du rocher ou le long de fractures rocheuses. L'affaissement de terrain perçu depuis ~60ans au droit de la partie Nord de ce mur témoigne de fuites de matériaux très anciennes conduisant aujourd'hui à la présence d'un secteur de mur (2^{ème} bloc) ne possédant plus qu'un appui rocheux minime côté Sud (20% de la longueur du bloc sur 45% de sa largeur) et ayant changé de mode de fonctionnement en passant de celui d'un soutènement à celui d'une poutre en béton non armé.

Compte tenu des caractéristiques actuelles de ce mur, son évolution probable apparaît être l'effondrement du bloc 2018-M4-B-2-0, suivi du bloc 2018-M4-B-3-0 puis du bloc 2018-M4-B-1-0. Cependant, en raison de la morphologie des fractures limitant le bloc 2018-M4-B-2-0,

l'horizon temporel de survenue de la rupture n'apparaît pas relever du très court, voire court terme. Dans l'état des connaissances actuelles assez sommaires sur le comportement de cette section de mur, en particulier le vieillissement de l'ancrage latéral Nord du bloc 2018-M4-B-2-0, le délai de rupture est aujourd'hui estimé à ~10ans mais reste plutôt incertain.

Des précisions sur celui-ci pourront être apportées par une surveillance de l'évolution de l'état du mur (vitesse de l'affaissement du bloc 2018-M4-B-2-0, signes de vieillissement de l'ancrage latéral Nord, comportement de la fissuration transverse subhorizontale à biaise).

Malgré la grande proximité entre le cheminement dominant cette section de mur et le bord de la dépression à l'arrière du bloc 2018-M4-B-2-0, compte tenu de l'ancienneté de la perte de matériaux et de l'allure stabilisée de la pente (végétalisation de la pente), la pérennité de l'ensemble de la section de sentier longeant le mur M4 n'apparaît pas préoccupante dans un avenir proche.

5 – Niveaux de stabilité du mur

51 – Détermination des niveaux de stabilité interne

Le niveau de stabilité interne actuel des divers blocs traduit leur aptitude au démantèlement et à la formation de blocs de volume moindre que le bloc originel. En fonction des caractéristiques des blocs (position, volume ...), il peut traduire des risques de chutes de morceaux de béton qui impactent la sécurité des usagers ou influencer dans le temps sur la stabilité externe des gros blocs présentant une fonction de protection du trait de côte.

Pour chaque bloc, il a été apprécié en fonction de l'existence et du cumul de divers paramètres pathogènes observés sur le site d'étude. Tous les résultats de ces examens et les niveaux de stabilité interne induits font l'objet de l'annexe n°7.

Les paramètres d'identification du niveau de stabilité interne sont :

- le volume des blocs déterminant leur caractère plus ou moins mobilisable à l'occasion d'un évènement météo-marin fort, et donc leur sensibilité à la fracturation par choc des vagues ou à l'occasion de charriage sur la grève (initiation de fissuration, progression du développement et de l'ouverture d'une fracturation existante)
- l'existence de discontinuités (joint de bétonnage, fissure) prédécoupant le bloc et guidant les ruptures

- le caractère traversant et continu des discontinuités conduisant à la formation de blocs de volume moindre que le bloc originel et déterminant une plus ou moins grande proximité de la rupture
- le caractère frontal des discontinuités vis-à-vis du déferlement des vagues
- l'ampleur de la déclivité des discontinuités déterminant une plus ou moins grande aptitude à l'ouverture de celle-ci sous l'effet de la gravité
- l'ampleur de l'ouverture des discontinuités déterminant une plus ou moins grande proximité de la rupture

Un niveau de stabilité interne très faible significatif d'un bloc potentiellement démantelable à très court terme (<10 ans) a été identifié par les associations présentés dans le tableau suivant.

| | |
|---|--|
| 1 | <p>Bloc aisément mobilisable (jusqu'à ~2m³) avec fissuration traversante continue (joint de bétonnage, fissure) et à ouverture notable de quelques mm</p> <p>Bloc moyennement mobilisable avec fissuration traversante continue à ouverture variable (quelques mm à 3cm)</p> <p>Bloc peu mobilisable avec fissuration traversante continue, parallèle au trait de côte, décline et à ouverture homogène pluricentimétriques</p> |
|---|--|

Un niveau de stabilité interne faible significatif d'un bloc potentiellement démantelable à court terme (~10 ans) a été identifié par les associations présentés dans le tableau suivant.

| | |
|---|---|
| 2 | <p>Bloc aisément mobilisable avec fissuration traversante continue et peu ouverte (mm)</p> <p>Bloc aisément mobilisable avec fissuration partiellement traversante à ouverture variable (de 1 à quelques mm)</p> <p>Bloc moyennement mobilisable avec fissuration traversante continue à ouverture variable de quelques mm</p> <p>Bloc peu mobilisable avec fissuration traversante continue, parallèle au trait de côte, décline et ouverture continue (~1cm) ou variable (de quelques mm à 2 à 3cm)</p> |
|---|---|

Un niveau moyen de stabilité interne significatif d'un bloc potentiellement démantelable à moyen terme (~25~30 ans) a été identifié par les associations présentés dans le tableau suivant.

| | |
|---|---|
| 3 | Bloc aisément mobilisable avec fissuration partiellement traversante à faible ouverture (mm) |
| | Bloc moyennement mobilisable avec présence de fissuration traversante continue et à ouverture faible (mm) |
| | Bloc peu mobilisable avec fissuration traversante continue, parallèle au trait de côte, décliné et à ouverture variable (de 1 à quelques mm) |
| | Bloc peu mobilisable avec fissuration traversante continue, transversale au trait de côte, décliné et ouverture variable (de quelques mm à ~1 à ~2cm) |

Un niveau de bonne stabilité interne significatif d'un bloc potentiellement démantelable à long terme (>50 ans) a été identifié par les associations présentés dans le tableau suivant.

| | |
|---|--|
| 4 | Bloc aisément mobilisable sans fissuration traversante |
| | Bloc moyennement mobilisable sans fissuration ou avec fissuration partiellement traversante et très peu ouverte (mm) |
| | Bloc peu mobilisable avec fissuration partiellement traversante ou continue, parallèle au trait de côte, décliné et très peu ouverte (1mm) |
| | Bloc peu mobilisable avec fissuration continue ou partiellement traversante, transverse au trait de côte, décliné et très peu ouverte (mm) |
| | Bloc peu mobilisable avec fissuration traversante continue mais peu décliné et très peu ouverte (mm) |

52 – Détermination des niveaux de stabilité externe

Le niveau de stabilité externe actuel des divers blocs constituant le vestige de mur traduit, pour les blocs volumineux non démantelés verticalement ou ayant fait l'objet d'une ablation de leur couronnement sur une hauteur de ~0.8 à ~1.5m, leur aptitude à la rupture par basculement ou écroulement, cette caractéristique impactant la mobilité du trait de côte.

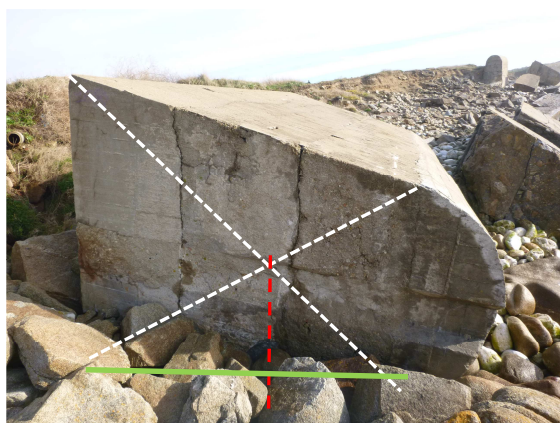
Pour ces blocs, il a été apprécié en fonction de l'existence et du cumul de divers paramètres

observés sur le site d'étude associés aux constatations effectuées lors de l'étude diachronique.

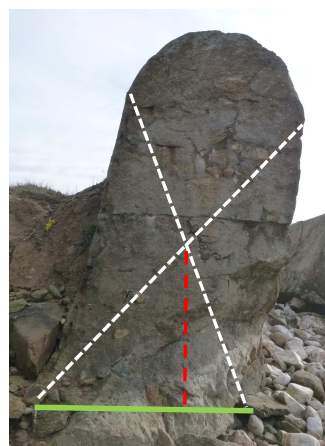
Tous les résultats de ces examens et les niveaux de stabilité externe induits font l'objet de l'annexe n°8.

L'analyse diachronique donne un éclairage sur leur mode de rupture par basculement, notamment l'existence de mouvement, sa vitesse, la stabilisation du mouvement ou sa persistance actuelle.

L'examen détaillé des blocs volumineux a porté sur sa typologie (mur de soutènement ou non), le niveau d'équilibre intrinsèque des divers blocs apprécié en fonction de la position de la verticale du centre de gravité des blocs par rapport à leur surface de sustentation, de la surface d'appuis ou de la hauteur de leur centre de gravité. Pour les cas les plus manifestes, l'évaluation n'a relevé que d'un constat visuel effectué de profil.

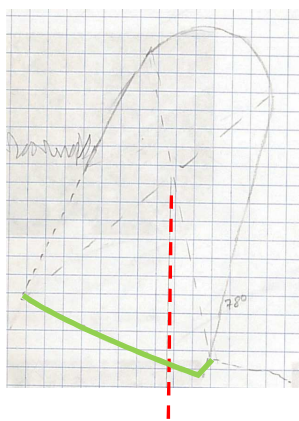


Bloc 2018-M1-2-0 couché, en position d'équilibre apparent



Bloc 2018-M1-10-0 en basculement, en position d'équilibre apparent

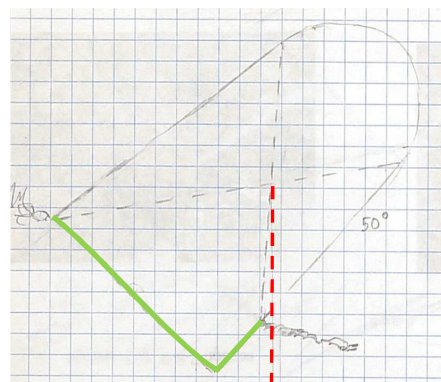
Pour les cas incertains, en particulier les blocs du mur M3, l'examen visuel a été complété de prise de mesures (dimension et inclinaison des faces) afin d'apprécier la stabilité apparente.



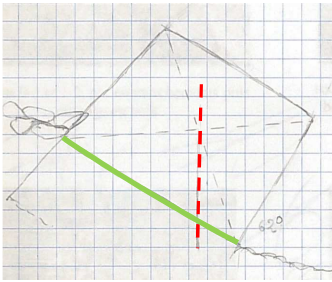
Bloc 2018-M3-1-0 en position d'équilibre apparent



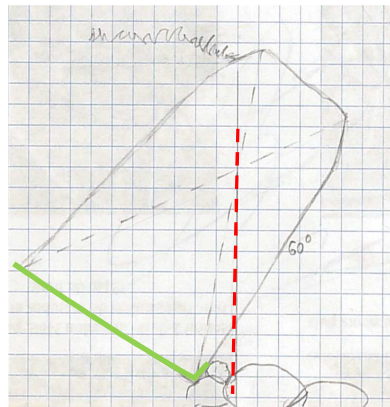
Bloc 2018-M3-2-0 en position d'équilibre apparent



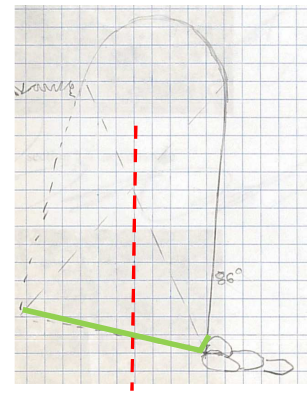
Bloc 2018-M3-3-0 en position de déséquilibre apparent



Bloc 2018-M3-4-0 en position d'équilibre apparent



Bloc 2018-M3-5-0 en position de déséquilibre apparent



Bloc 2018-M3-6-0 en position d'équilibre apparent

Les blocs étant liés à leur contexte, suivant les cas, le niveau de stabilité externe a également été apprécié suivant des spécificités de l'environnement proche des blocs telles que

- la présence et l'ampleur d'affouillements sous la semelle réduisant sa surface d'appuis et donc, son équilibre
- la présence d'appuis latéraux contrariant le mouvement de basculement
- la géométrie des fractures (rugosité) contrariant le mouvement de glissement

Un niveau de stabilité externe très faible a été identifié par les associations présentées dans le tableau suivant.

Il est significatif de rupture potentielle de blocs à très court terme (0 – 2ans) par renversement ou écroulement

| | |
|---|---|
| 1 | <p>Bloc soutenant des terres, affecté d'un basculement récent et sans information sur sa stabilisation, en position actuelle de déséquilibre apparent (inclinaison du parement maritime <math><65^\circ</math>) et ne faisant pas l'objet d'appuis latéraux</p> <p>Bloc ne soutenant pas des terres, affecté d'un affaissement et sans information sur sa stabilisation, en position actuelle de déséquilibre manifeste compte tenu de l'ampleur des affouillements réduisant de manière importante sa surface d'appuis mais faisant l'objet d'appuis latéraux douteux</p> |
|---|---|

Un niveau de stabilité externe faible des blocs significatif d'une rupture probable à court terme (~5 à 10ans) a été identifié par les associations présentées dans le tableau suivant.

| | |
|---|---|
| 2 | <p>Bloc soutenant des terres, affecté d'un basculement récent et sans information sur sa stabilisation, en position actuelle d'équilibre apparent (inclinaison du parement maritime $>65^\circ$) et ne faisant pas l'objet d'appuis latéraux mais d'affouillement régressif réduisant sa surface d'appuis (cas du bloc 2018-M1-B-10-0)</p> <p>Bloc soutenant des terres, affecté d'un basculement ancien (30ans) inchangé depuis ~30ans, en position actuelle de déséquilibre apparent (inclinaison du parement maritime $<65^\circ - 60^\circ$) sans appuis latéraux stables (cas du bloc 2018-M3-B-5-0)</p> <p>Bloc ne soutenant pas des terres, affecté d'un affaissement et sans information sur sa stabilisation, en position actuelle de déséquilibre manifeste compte tenu de l'ampleur des affouillements réduisant de manière importante sa surface d'appuis mais faisant l'objet d'appuis latéraux stable (cas du bloc 2018-M4-B-2-0)</p> |
|---|---|

Un niveau moyen de stabilité externe des blocs significatif d'une rupture probable à moyen ou long termes (~30 à ~50ans) a été identifié par les associations présentés dans le tableau suivant.

| | |
|---|---|
| 3 | <p>Bloc soutenant des terres, affecté d'un basculement assez ancien et sans information sur sa stabilisation, en position actuelle d'équilibre apparent (inclinaison du parement maritime $>65^\circ$) avec appuis latéraux sans affouillement régressif réduisant sa surface d'appuis (cas du bloc 2018-M2-B-15-0)</p> <p>Bloc soutenant des terres, affecté d'un basculement récent et sans information sur sa stabilisation, en position actuelle d'équilibre apparent compte tenu de l'ampleur des affouillements ne réduisant pas de manière importante sa surface d'appuis et faisant l'objet d'appuis latéraux (cas du bloc 2018-M4-B-3-0)</p> <p>Bloc soutenant des terres, affecté d'un basculement ancien inchangé depuis ~30ans, en position actuelle de déséquilibre apparent (inclinaison du parement maritime $<65^\circ$) avec appuis latéraux stables</p> <p>Bloc soutenant des terres, en position actuelle d'équilibre apparent (inclinaison du parement maritime $>65^\circ - 90^\circ$) depuis sa construction (~75 ans) avec des affouillements profonds mais localisés (cas du bloc 2018-M4-B-4-0)</p> <p>Bloc ne soutenant pas des terres, affecté d'un basculement ancien inchangé depuis ~37ans, en position actuelle de déséquilibre apparent (inclinaison du parement maritime $<65^\circ - 50^\circ$) sans appuis latéraux stables (cas du bloc 2018-M3-B-3-0) ou avec des appuis à la stabilité douteuse</p> |
|---|---|

Bloc ne soutenant pas des terres, affecté d'un basculement ancien inchangé depuis ~37ans, en position actuelle d'équilibre apparent (inclinaison du parement maritime $>65^{\circ}$ - 82°) sans appuis latéraux et faisant l'objet d'affouillement côté terre (cas du bloc 2018-M2-B-2-0)

Un niveau de bonne stabilité externe des blocs significatif d'une rupture probable à long terme (>50 ans) a été identifié par les associations présentées dans le tableau suivant.

4

Bloc soutenant des terres, en position actuelle d'équilibre apparent (inclinaison du parement maritime $>65^{\circ}$ - 90°) depuis sa construction (~75 ans) et ne montrant pas d'affouillement (cas des blocs 2018-M1-B-1-0, 2018-M1-B-19-0, 2018-M2-B-1-0)

Bloc soutenant des terres, en position actuelle d'équilibre apparent (inclinaison du parement maritime $>65^{\circ}$ - 90°) depuis sa construction (~75 ans) avec des affouillements ne réduisant pas de manière importante sa surface d'appuis et faisant l'objet d'appuis latéraux (cas du bloc 2018-M4-B-1-0)

Bloc ne soutenant pas des terres, affecté d'un basculement ancien inchangé depuis ~37ans, en position actuelle de déséquilibre apparent (inclinaison du parement maritime $<65^{\circ}$ - 50°) mais avec un appuis stable (cas du bloc 2018-M2-B-4-0)

Bloc soutenant des terres, affecté d'un basculement ancien inchangé depuis ~27ans, en position actuelle d'équilibre apparent (inclinaison du parement maritime $<65^{\circ}$ - 78 et 86°) avec appuis latéraux stables (cas des blocs 2018-M3-B-1-0 et 2018-M3-B-6-0)

Bloc ne soutenant pas des terres, affecté d'un basculement ancien inchangé depuis ~27ans, en position actuelle d'équilibre apparent (inclinaison du parement maritime $>65^{\circ}$ - 66°) avec des appuis à la stabilité plus ou moins douteuse (2018-M3-B-2-0 et 2018-M3-B-4-0)

Bloc ne soutenant pas des terres, affecté d'un basculement ancien inchangé depuis ~37ans, en position actuelle d'équilibre apparent manifeste et sans affouillement (cas des blocs 2018-M2-B-13-0 et 2018-M2-B-14-0)

Bloc ne soutenant plus des terres, en position actuelle d'équilibre apparent manifeste (couché ou renversé sur l'estran) ou d'équilibre douteux avec un appuis stable (cas du bloc 2018-M1-B-8-0)

6 – Autres risques au niveau du site

La fracturation superficielle du béton, en particulier vers le couronnement des blocs, induite par la corrosion des armatures génère des chutes potentielles de morceaux de béton engendrant des risques pour personnes circulant à grande proximité de la structure en fonction des hauteurs de chute. Ce risque apparaît cependant marginal au niveau du site. Aucun bloc superficiel à stabilité précaire n'a été observé au droit des rares blocs encore debout (blocs 1, 10 et 19) de la section de mur M1. Il en est de même au droit des sections de mur M3 et M4.

En rive du bloc 2018-M2-B-15-0 du mur M2, un morceau de béton à stabilité douteuse a toutefois été observé en tête de mur, au droit d'un passage aisé vers le bas de la grève.



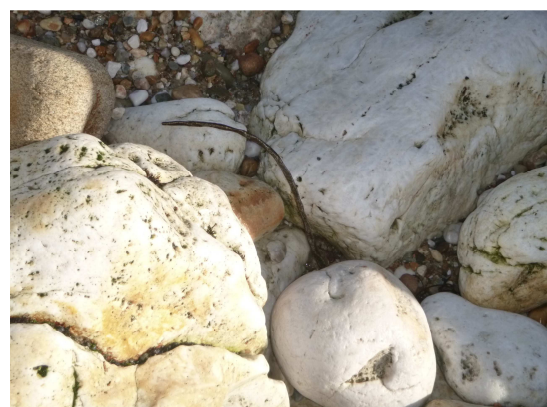
Chutes de blocs de 0.06 m³ depuis le couronnement du bloc 2018-M2-B-15

En revanche, le risque de blessure de personne par des armatures oxydées apparaît notable en raison de leur grand nombre au niveau des blocs de béton (fers en saillie de quelques cm à quelques dizaines de cm), voire directement sur la grève, en amont ou en aval des sections de mur M1 et M2 démantelées, associé la fréquentation du site.

Les blocs présentant des armatures en saillie plus ou moins dangereuses sont illustrés au niveau des annexes 3 à 5 de ce rapport et indiqués dans l'annexe 7. Les autres situations pouvant présenter un danger sont illustrées, à titre d'exemple, sur les photos suivantes et ne constituent pas une liste exhaustive en raison des grandes variations de niveaux du sable.



Sur l'estran, armatures de 50cm à proximité du bloc 2018-M1-B-13-3



Sur l'estran, armatures de 50cm à proximité du bloc 2018-M1-B-16-3



Sur l'estran, armatures de 45cm à 5m en contrebas du dans les débris à l'arrière du bloc 2018-M1-B-18-0



Ferrailage dans les débris à l'arrière du bloc 2018-M1-B-9-0



Ferrailage dans les débris à l'arrière du bloc 2018-M1-B-14-0



Ferrailage dans les débris à l'arrière du bloc 2018-M1-B-15-0



Ferrailage dans les débris à l'arrière du bloc 2018-M1-B-18-0



Au droit d'un accès à la plage, à l'arrière du bloc 2018-M2-B-15-0, morceau de semelle avec armatures en saillie sur 20cm



Sur la plage, à ~7m à l'arrière du bloc 2018-M2-B-12-0, armatures ressortant du sable sur 15cm



Sur la plage, à ~7m à l'arrière du bloc 2018-M2-B-13-0, armatures ressortant du sable sur 40cm



A proximité de la micro-falaise, au droit de la limite des blocs 2018-M2-B-13-0 et 2018-M2-B-14-0, armatures en saillie sur 80cm

7 – Conclusion

A la demande de la DDTM 56 - Délégation Mer et Littoral, Service Aménagement Mer et Littoral le Département Laboratoire de Saint-Brieuc du CEREMA Ouest a procédé à l'étude de la ruine d'un mur artificialisant, en haut de grève, l'anse du Courégant sur la commune de Ploemeur afin d'apprécier les risques pesant sur les divers enjeux (infrastructures, lotissement, usagers de la plage) de ce site côtier.

Réalisée dans les conditions environnementales actuelles sans tenir compte d'une hypothétique montée du niveau des océans liée à l'actuel changement climatique, cette étude s'est appuyée en premier lieu sur une analyse comparative des différentes photos aériennes du site donnant accès au comportement de l'ouvrage (modalités de ruine et vitesse de dégradation), à l'échelle du site depuis sa construction, et permettant d'apprécier sa stabilité externe (aptitude à la

rupture par basculement ou écroulement) qui impacte la mobilité du trait de côte et menace les infrastructures.

Elle s'est également fondée sur un examen détaillé de la structure en béton et de son contexte d'implantation ainsi que de leur état actuel renseignant, à une échelle plus fine, sur le mode de dégradation de l'ouvrage et les facteurs de ruine en permettant d'apprécier, notamment, la stabilité interne de l'ouvrage (aptitude au démantèlement et à la formation de blocs) et les risques liés à cette destruction, notamment pour les usagers de la grève.

Résultant de processus continentaux combinés à une action complémentaire marine, en particulier lors de conditions extrêmes (marée à fort coefficient, tempête), compte tenu de la localisation de l'ouvrage à l'interface des milieux maritime et terrestre, l'étude révèle, hormis pour la section de mur M4, un schéma de ruine se développant du Nord vers le Sud qui s'amorce par un basculement vers l'aval par blocs, allant en quelques années jusqu'au renversement total de la structure (cas des sections de mur M1 et M2), suivi d'un démantèlement plus ou moins prononcé de ces blocs. A moindre échelle, l'ambiance marine du site très agressive pour les métaux contribue également au processus de destruction de l'ouvrage en favorisant la corrosion des armatures et l'éclatement superficiel du béton.

L'examen du site montre que ce mode de détérioration est dû à des causes variées (dispositif de drainage insuffisant au regard de la forte présence d'eau observée lors de la prospection dans l'escarpement côtier, instabilité de la fondation sur le long terme liée à sa typologie (fondation superficielle sans parafouille) et à l'érodabilité notable de son sol-support conduisant au creusement d'affouillements sous la semelle et à une réduction de surface portante déstabilisant la structure, sol de réception rocheux permettant d'initier de la fracturation dans les blocs lors de leur renversement, présence de points de faiblesse dans l'ouvrage tels que des joints de construction transverses à l'ouvrage et des joints de bétonnage longitudinaux à celui-ci.

Le basculement vers l'aval par blocs, voire leur renversement, s'est accompagné d'un recul plurimétriques de l'escarpement côtier consécutif à des glissements et une érosion marine des terrains (~8 à 9m à l'arrière de M1, de ~15m à l'arrière de M2, ~4m à l'arrière de M3) ne mettant toutefois pas en péril à court terme les infrastructures menacées compte tenu de leur éloignement (10 à 15m à l'arrière de M1, ~5 et ~10m à l'arrière de M2, ~2.3m minimum à l'arrière de M3).

Il est toutefois recommandé de suivre au droit de M2 l'état du cordon d'enrochements protégeant la ligne de rivage et les infrastructures la dominant (chaussée et piste cyclable) et au droit de M3 l'état des terrains en amont de l'escarpement, notamment l'apparition de fractures, afin de prévenir une éventuelle coupure de sente.

L'examen de la section de mur M4 montre qu'elle se dégrade différemment par le développement d'une fracturation subverticale initiée par le creusement ponctuel d'importants affouillements se formant à la faveur du choc des vagues sur les terrains d'assise non rocheux, ceux-

ci étant également le siège de circulations d'eau permettant des fuites localisées de matériaux sous l'ouvrage responsables d'affaissement de terrain à l'arrière de la structure bétonnée, ces désordres ne mettant toutefois pas en cause, dans un avenir proche, la pérennité de la section de sentier dominant le mur M4

L'évolution probable de cette section d'ouvrage apparaît être l'effondrement successif des blocs à un horizon temporel plutôt incertain (estimé à ~10ans) qui pourra être précisé par une surveillance de l'évolution de l'état de cette section d'ouvrage.



Cerema Ouest

5 rue Jules Vallès – 22015 Saint-Brieuc cedex

Tel : 02 96 75 93 00 – Fax : 02 96 75 93 10 – mel : DLRB.DTerOuest@cerema.fr