

## RELEVÉS DE DÉSORDRES

**Pied de l'ouvrage en amont :**     accumulation de sédiments                     matériaux provenant de l'ouvrage  
     mise à jour des fondations                     circulation d'eau  
     autre :

**Parement amont :**     glissement de blocs/matériaux                     lacune de blocs                     altération, fracturation de blocs  
     bourrelet, ventre                     défaut d'alignement                     dégradation du géotextile  
     fissures                     rupture de pente                     affouillement  
     végétation préjudiciable                     présence d'animaux fouisseurs                     autre :

**Crête :**  modification du profil en long                     affaissement                     cavité, fontis                     fissures  
                   érosion, ravinement du talus                     trace de surverse                     affouillement  
                   présence d'animaux fouisseurs                     végétation préjudiciable  
                   autre : déchaussements ou lacunes de pierres de couronnement

**Parement aval :**     glissement de blocs/matériaux                     lacune de blocs                     altération, fracturation de blocs  
     bourrelet, ventre                     défaut d'alignement                     dégradation du géotextile  
     fissures                     rupture de pente                     affouillement  
     végétation préjudiciable                     présence d'animaux fouisseurs                     autre :

**Pied de l'ouvrage en aval :**     accumulation de sédiments                     matériaux provenant de l'ouvrage  
     mise à jour des fondations                     circulation d'eau  
     autre :

	Localisation des désordres	Description des désordres	Photo(s) associée(s)
<b>Banquette gravillonnée</b>	pied amont	- dépôts des graves de la crête	1 - 2
	parement amont	- effet de ventre avec fissure verticale dans le réseau de joints, du pied vers la tête et fracturation de moellon	3
		- fracturation de moellons - ouvertures pluricentimétriques entre les moellons = défaut de mortier ou lacunes de blocs	4
	crête	- (A.) fontis (profondeur mesurée 60cm)	5 à 7 8 à 11
		- érosion de surface : plusieurs couloirs de ravinements de l'aval vers l'amont (transversaux, aux intersections banquette/couronnement – banquette/linteaux des portes à mer, déchaussement de pierres)	12 - 13
		- décapage de la grave au droit des portes à mer => mise à jour des pavés des voûtes	11
- lacunes de petites pierres jointives entre les linteaux des portes à mer amont et leurs voûtes => ouvertures ~ 10cm - arasement des pierres de couronnement aval - coursier amont : dalles du toit de fissurées		5-14-15 16	
parement aval	- effet de ventre de la carapace maçonnée => déchaussement des moellons	17 à 19	
pied aval	- écoulement d'eau en pied - quelques moellons en pied	20 21 - 22	
<b>Ancien moulin de Béquerel et ouvrages hydrauliques</b>	Une inspection détaillée serait à envisager. La visite rapide du sous-sol du moulin a déjà permis de constater un gonflement de la maçonnerie en pied du mur Nord de la structure ainsi que la fissuration du linteau de la porte trapézoïdale du pignon Ouest. Le plafond (ou plancher?) de l'ancien moulin a été repris il y a 20-25 ans (poutres bétonnées et hourdis). Les poutres d'origine en bois sont toujours en place mais fortement détériorées.		23 24 25

	Localisation des désordres	Description des désordres	Photo(s) associée(s)
<b>Banquette enherbée</b>	pied amont	- quelques moellons en pied	26
	parement amont	- plusieurs ventres avec ou sans déchaussement des moellons en tête - deux éboulements de la carapace maçonnée - modification du profil en long par affaissement en tête	27 à 29 30 à 35 36 - 37
	crête	- profil de crête général en cuvette du fait du rehaussement des abords par des merlons terreux (vases?). Cette configuration facilite la rétention des eaux de pluie et de surverse piégées entre ces talus (absence de drains) => problèmes d'écoulement et d'infiltration dans le corps de digue de ces eaux de surface => lessivage des éléments fins constituant le noyau interne de la digue => phénomènes de désorganisation interne et de tassement ce qui génère des poussées latérales des matériaux du cœur de digue d'où la création des ventres de la carapace maçonnée - 3 secteurs où la végétation diffère du reste du tapis herbeux de la digue = végétations de zones plus humides - point de surverse (?) au droit de la buse PVC (OH3) = carapace maçonnée très gonflée en aval + zone humide en crête - 2 fissures de traction d'ouverture centimétrique = indice d'instabilité - quelques jeunes épineux et chênes + plant de genêt poussent sur le merlon aval (extrémité Ouest)	38  39 à 41 41 42 à 44 45 à 47
	parement aval	- (B.) désolidarisation des maçonneries entre l'ancien moulin de Béquerel et le parement aval + affouillement. Angle limite surversé par fort coefficient - déchaussements des pierres de couronnement = érosion de tête par érosion marine - plusieurs ventres dont un très marqué au droit de l'OH3 (buse PVC) - secteur repris en 2017 (plusieurs désordres associés) : en crête, cette zone présente des signes d'une poussée interne = fissure de traction - en aval, lacunes de moellons de couronnement, encoches d'érosion - lacune de moellons en base avec écoulement d'eau en pied mais pas d'ouvrage hydraulique traversant (désordre localisé au droit de l'affaissement amont de tête, photos 36-37) - extrémité rive droite de la digue = merlon de terre => encoche d'érosion marine	48 à 50  51 à 53  54 à 60 42 - 61 - 62  63  64
	pied aval	- écoulement en pied - quelques moellons en pied	65 66
	l'extrémité Ouest de la digue semble établie sur le DPM. Cette zone est complètement ennoyée lors des marées à fort coefficient (>100)		67 à 70

## ÉVALUATION DE L'INDICE D'ÉTAT DE L'OUVRAGE

État général de l'ouvrage :    ruiné            mauvais état            état moyen            bon état

La carapace maçonnée de la digue de Béquerel affiche plusieurs signes de fatigue qui attestent de la détérioration généralisée de son état. Aux constats de dégradations externes type lacunes de moellons, fissurations selon le réseau de joints, s'ajoutent des signes de désordres internes dus à la mise en charge de l'ouvrage, la circulation d'eau au travers des matériaux constituant le noyau et aux lessivages de ces éléments : gonflement de la carapace maçonnée, fissures de traction en crête, fuite d'eau en base de la digue, fracturation de moellons hors du réseau de joints... Ces désordres conduisent à des instabilités d'ensemble de l'ouvrage comme l'attestent les deux éboulements relevés en amont de la banquette enherbée et la réfection d'un linéaire d'une dizaine de mètres en aval de celle-ci.

D'un point de vue topographique, la digue apparaît également plus basse en partie centrale de la banquette enherbée et à son extrémité Ouest (rive droite = DPM ?). Des vidéos prises par le propriétaire de la digue lors des marées de début mars témoignent de l'enneigement de ces sections d'ouvrage. Ainsi, le 03/03/2018, la pleine mer au port de référence de la Trinité/Mer plus en aval

affichait, pour un coefficient de 110, une hauteur de marée calculée à 5,83m CM (cote marine) soit environ 2,98m NGF. Or, la topographie et la configuration assez étroite et peu découpée en de nombreuses anses de la rivière du Crac'h amplifie le phénomène de marée d'une surcote d'environ 20cm par rapport aux données de hauteur de marées prises au port de la Trinité/Mer. Ainsi, on peut penser que le 03/03/2018, pour un coefficient de 110, la hauteur de marée sur le site de Béquerel était proche des 3,20m NGF ce qui correspond quasiment à la cote PHMA (Plus Haute Mer Astronomique) calculée à 3,25m NGF au port de la Trinité/Mer. L'ouvrage peut donc être sensible au phénomène de franchissement et de surverse notamment lors des marées à fort coefficient.

Outre le fait que ces débordements de la digue contribuent à alimenter en eau la zone centrale de la banquette, ils provoquent aussi des désordres sur le merlon aval (encoche d'érosion marine) par la dislocation des pierres du couronnement et l'arasement des matériaux du talus. La configuration en cuvette de la banquette enherbée contribue fortement à ces désordres par le piégeage et la rétention des eaux (eaux de pluie et de mer) qui ne peuvent s'évacuer que par infiltration.

Enfin, le sous-sol de l'ancien moulin de Béquerel ainsi que les ouvrages hydrauliques des portes à mer et des coursiers demanderaient à être inspectés plus en détail.

## CRÊTE DE L'OUVRAGE SUPPORT DE LA FUTURE SENTE

**Utilisation actuelle de la crête d'ouvrage :**  chemin  route  bâtiments  sans objet  
 autres :

Même si la digue relève du régime de la propriété privée, elle semble être empruntée par quelques promeneurs et/ou chasseurs. Elle sert également de passage aux animaux sauvages (corridor écologique?).

**Fréquentation :**  type d'utilisateur :  nombre :  sentier de randonnées inexistant actuellement

**Aire de marche**  45-60cm  1-1,25m  1,50-2m  sans objet

**Description :** la configuration en cuvette de la banquette enherbée confère un semblant d'aire de marche en section centrale.

**Équipement de sécurité :**  barrières de protection  végétation  signalisation, balisage  sans objet

### Obstacles à la facilité du cheminement :

sol non stabilisé  glissance du sol  trous  stagnation d'eau  ouvrages à franchir  
 obstacles (végétation, monticules, laisses de mer et embâcles)  déclivité latérale  irrégularité de pente latérale

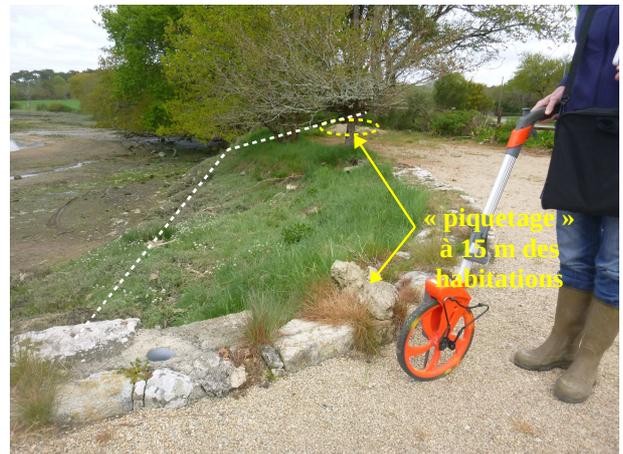
**Description :** en crête de la banquette gravillonnée, deux réservations sur trois pour la commande des coursiers peuvent représenter un danger, car elles ne sont actuellement pas condamnées ou grillagées. Le recensement de couloirs de ravinement, de secteurs à végétation type petite zone humide, de la surverse de l'ouvrage voir l'ennoiement de la rive droite lors des marées à fort coefficient sont des éléments qui peuvent limiter partiellement (déviation de la trajectoire avec report sur les talus de la banquette enherbée par exemple) ou totalement le cheminement.

**Croisement des promeneurs :**  aisée  impossible  avec précaution

### Contraintes de site :

habitation d'avant 1976 à moins de 15 mètres  manœuvre des organes des ouvrages  environnementale  néant

**Description :** la rive gauche (commune de Crac'h) comprend des bâtiments à usage d'habitation construits avant 1976. Le contournement de cette zone dans le respect de la limite des 15m pour instituer la SPPL nécessiterait donc la création d'une passerelle de près de 20m, parallèlement au rivage.



## ÉVALUATION DE L'INDICE D'USAGE DE L'OUVRAGE

**Confort de la sente:**  dangereux  pour public averti  bon  très bon  sans objet

**Sécurité :**  dangereux  acceptable  bonne  très bonne  sans objet

Sous réserve d'une inspection plus détaillée des ouvrages hydrauliques y compris du sous-sol de l'ancien moulin de Béquerel, de la condamnation des diverses ouvertures de l'ancien moulin (escalier, porte trapézoïdale du pignon Ouest, réservations des coursiers en crête...), de la reprise des secteurs éboulés, de la surveillance des fissures de traction, de l'entretien du couvert végétal et hors des périodes de grandes marées ou des crues du cours d'eau.

## ACTIONS À ENTREPRENDRE POUR LA MISE EN ŒUVRE DE LA SPPL ET ASSURER LA SÉCURITÉ DES USAGERS

### SPPL :

- travaux sur l'assise du sentier
- aménagement
- entretien courant  entretien spécialisé  suivi régulier

### Sécurité des usagers :

- signalisation-balisage  canalisation de la fréquentation  dispositifs de sécurité (garde-corps, écran végétal, grillage...)
- condamnation de secteurs  interdiction temporaire

Comme mentionné ci-dessus, une visite approfondie des ouvrages hydrauliques (sas des portes à mer, coursiers, sous-sol de l'ancien moulin de Béquerel) serait à programmer pour s'assurer de leur état.

#### > Entretien courant et entretien spécialisé de la digue :

Les défauts mineurs sur la structure maçonnée tels que défauts de joints pour les sections jointoyées, lacunes de moellons notamment au couronnement de la banquette gravillonnée devront être repris. En cas de nécessité et suite au ravinement de la crête, celle-ci devra être également rechargée par des matériaux type grave aux propriétés identiques à ceux actuellement en place.

La banquette enherbée devra être entretenue et fauchée régulièrement pour maintenir une sente praticable et un enherbement vigoureux. En effet, le maintien d'une couverture herbacée homogène améliore la résistance à l'érosion induite par le piétinement et l'action de l'eau. Toutefois, il est à prévoir que le passage répété d'usagers sur cette banquette enherbée viendra à la dégrader :

- décapage du tapis herbacé central,
- création de nouvelles traces de cheminement (en dehors du cheminement principal central) pour éviter les flaques d'eau résiduelles en crête.

À défaut d'apports de matériaux identiques à ceux constituant le noyau (risque d'une surcharge et d'accentuer l'effet de tassement), une alternative serait de recharger cette banquette centrale par des copeaux de bois sur une hauteur de 10-15cm. Outre le fait qu'il peut provenir d'une ressource locale du site, le principal intérêt de ce matériau est de stabiliser le cheminement tout en luttant contre l'érosion générée par le piétinement. Ce matériau très léger apporterait donc peu de charge à l'ouvrage tout en constituant un support drainant. Des rechargements annuel et/ou suivant la fréquentation du sentier seraient à prévoir.

#### > Suivi régulier :

Les désordres plus importants (fracturations verticales, déchaussements des moellons, désolidarisations des éléments, gonflements de la carapace maçonnée, fissures de traction) témoignent notamment d'une altération du matériau support de la digue et de poussées internes. Ces désordres fragilisent l'ouvrage et, à terme, conduisent à la destructuration de celui-ci comme en attestent les éboulements recensés lors de la visite. Il paraît difficile de régler ces désordres sans recourir à des réparations lourdes et coûteuses (reconstruction partielle de maçonnerie, remblaiement en arrière de la structure maçonnée ...) requérant potentiellement en amont à des investigations complémentaires d'auscultations géophysique et géotechnique mais, dans tous les cas, nécessitant l'intervention d'entreprises ayant la connaissance et le savoir-faire pour la réfection de ce type de structure en pierres sèches.

En premier lieu, une surveillance et un suivi régulier de ces désordres seraient à programmer afin d'évaluer leur évolution dans le temps. Cette évaluation pourrait se faire sous la forme de visites d'inspection de l'ouvrage basées sur de l'observation visuelle ne nécessitant pas forcément de moyens lourds et de compétences techniques particulières.

Le tableau suivant synthétise le contenu pour la mise en œuvre d'un tel suivi au moyen d'un levé photographique :

Outil de levé	Objectifs	Fréquence et durée du suivi
Suivi photographique	Analyses diachroniques tenant compte d'un état initial de l'ouvrage (état zéro) puis des évolutions postérieures	Au moins 1 visite/an et après chaque événement tempétueux exceptionnels. Durée à court terme (au moins 5 ans) puis, sans modifications notables de l'ouvrage, fréquence des visites à repenser

Un suivi régulier pour la mesure de la fréquentation de cette nouvelle SPPL pourrait être également envisagé par la pose de compteurs de passages.

> Aménagement d'une passerelle bois :

Pour contourner l'aire de sauvegarde de 15m au droit des habitations, une passerelle en bois sur pilotis serait donc à prévoir le long de la rive gauche, en amont de la digue. Au regard de la portée de cette passerelle avoisinant les 20ml, un projet d'ouvrage serait à monter pour considérer au mieux la mise en œuvre de cette nouvelle structure et son intégration dans le paysage.

Dans tous les cas, la largeur minimale de la plate-forme devrait faire au moins 1m pour permettre aux randonneurs de se croiser et un garde-corps ou une main courante serait à prévoir du moins du côté de l'étang de Béquerel. Pour augmenter sa propriété antidérapante, le tablier devra être rugueux ou recouvert d'un treillis métallique.

> Condamnations de secteurs :

Les deux réservations actuellement ouvertes pour la commande des coursiers seraient à condamner au moyen de grilles pour toutefois permettre aux eaux de surface de s'évacuer. L'accès au sous-sol de l'ancien moulin ainsi qu'au pied amont de l'ouvrage par l'escalier seraient impérativement à fermer.

Par contre, il paraît difficile de restreindre l'accès à la plateforme de l'ancien moulin sans recourir à la construction d'une barrière physique (pose de ganivelles, d'un grillage ? Questionnement sur l'intégration dans le site).

> Information des promeneurs sur le risque de submersion du sentier lors des grandes marées :

La mise en place de panneaux, informant de la possibilité de submersion du sentier (rive droite) par grande marée (coefficient supérieur à 100), et qui déconseille de s'engager sur l'ouvrage en cas d'inondation de la crête, apparaît indispensable à installer de part et d'autre de l'itinéraire qui emprunte ce tronçon de sentier.



Photo 1



Photo 2



Photo 3



Photo 4



Photo 5



Photo 6



Photo 7



Photo 8



Photo 9



Photo 10



Photo 11

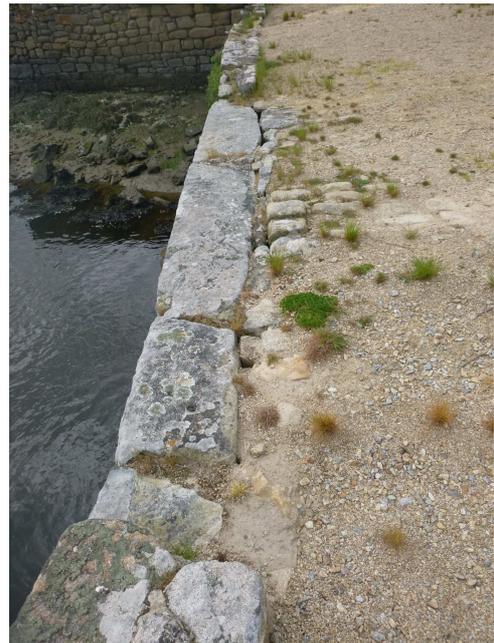


Photo 12



Photo 13



Photo 14



Photo 15



Photo 16



Photo 17



Photo 18



Photo 19



Photo 20



Photo 21



Photo 22



Photo 23

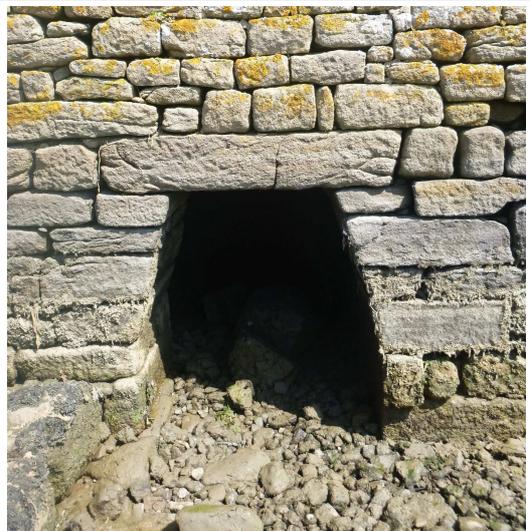


Photo 24



Photo 25



Photo 26



Photo 27



Photo 28



Photo 29



Photo 30



Photo 31



Photo 32



Photo 33



Photo 34



Photo 35



Photo 36