



Géocorail® pour la protection contre l'érosion et l'affouillement aux pieds des ouvrages maritimes

**Brahim BENAÏSSA¹, Nicolas VERJAT¹, Marc JEANNIN²,
Alaric ZANIBELLATO²**

1. Géocorail SAS, Direction Scientifique et Technique, 5 rue de la Baume, 75008 Paris, France.

brahim.benaïssa@geocorail.fr ; nicolas.verjat@geocorail.fr

2. Lab. des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement (LaSIE) UMR-CNRS 7356, Université de La Rochelle, Av Michel Crépeau, 17042 La Rochelle Cedex 1, France.

marc.jeannin@univ-lr.fr ; alaric.zanibellato@univ-lr.fr

Résumé :

Le dispositif Géocorail® maintient la polarisation et la répartition uniforme d'une densité de courant sur un support métallique associé à une anode dans un milieu maritime. Le procédé électrochimique va précipiter sur ce support qui servira d'armature, les minéraux dissous dans l'eau de mer (dont le calcium et le magnésium) principalement sous forme d'aragonite, de calcite (CaCO_3) et de brucite ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), formant un liant autour des agrégats (sable, sédiments et débris coquilliers) présents ou charriés par les vagues.

Le matériau formé ainsi, par le dispositif innovant Géocorail®, présente des caractéristiques mécaniques et physiques qui vont être mises à profit pour le confortement d'une plage sableuse ou la consolidation d'une digue, en constituant une butée en pied d'enrochements, le colmatage des brèches et fissures en pied des murs de quais.

Suivant les objectifs fixés et la configuration des sites à consolider le support aura une forme spécifique et une mise en œuvre adaptée à l'ouvrage.

Mots-clés : Géocorail, Afouillement, Butée de pied de digue.

1. Introduction

GEOCORAIL SAS, détentrice d'un brevet de formation de matériau Géocorail®, réalise un chantier pilote en appliquant ce procédé pour la lutte contre l'érosion.

Le matériau produit par le dispositif Géocorail® est un agrégat obtenu par sédimentation sous l'effet combiné du dépôt calco-magnésien, par électrochimie en eau de mer et des mouvements sédimentaires associés aux vagues sur l'estran. Le matériau formé ainsi, présente des caractéristiques mécaniques particulières dépendantes des constituants (sable, galets et débris coquilliers) et des liants favorisés par les réactions électrochimiques dans l'eau de mer (aragonite, calcite et brucite).

GEOCORAIL SAS s'est associé autour du projet ECOCORAIL à quatre laboratoires universitaires de La Rochelle, Caen et Nouvelle-Calédonie pour réaliser des recherches scientifiques sur le dépôt calco-magnésien afin de maîtriser le processus de formation. Ce projet a été retenu et subventionné par l'ANR (programme Matériaux et Procédés pour des Produits Innovants). GEOCORAIL SAS doit réaliser un démonstrateur sur site réel.

2. Le chantier pilote GEOCORAIL

Des collectivités gestionnaires de bandes côtières sont régulièrement confrontées à des dégradations des ouvrages de protection des biens, routes ou espaces publics. Celles-ci sont principalement occasionnées par des dislocations, suivies d'affaissements d'énrochements érigés en défenses contre l'érosion. Aussi, le recul du trait de côte soumis aux tempêtes répétitives et violentes, rétrécit la bande sableuse et menace des ouvrages en bordure de mer.

Géocorail SAS mise sur le développement du procédé Géocorail®, et son déploiement sur un site du littoral soumis à l'érosion. Un chantier pilote permettra la maîtrise de la mise en œuvre, la vérification de la tenue du dispositif Géocorail® avec son ancrage au sol et le choix de la meilleure disposition et forme pour plus d'efficacité (tapis, coussins, butée, seuils ou traverses). Aussi une mise au point des réglages électriques pour un fonctionnement optimum (suivi des marées et économie d'énergie) sera recherchée.

Un chantier pilote, sur un site maritime devra être déployé pour fournir aux membres du consortium, des éprouvettes prélevées régulièrement sur le site et échanger sur les résultats en comparaison de ceux obtenus en laboratoire.

Sur un site retenu en Atlantique, le dispositif installé doit consolider l'assise d'énrochements et limiter le dégraissement sableux par une production maîtrisée du Géocorail. Le site retenu comprend une digue en énrochements présentant des dislocations de blocs de base et un affaissement des blocs de crête. Le but visé revient à démontrer la faisabilité technique, l'absence d'impact négatif sur le milieu aquatique (aucun apport de matières externes, faible champs électrique), son efficacité dans la durée et la maîtrise de l'énergie consommée et ramenée au juste nécessaire. Il permettra de :

- Mettre en œuvre un cordon de Géocorail ayant une forme et un positionnement donné
- Observer, une fois le matériau formé, l'impact sur l'érosion ou l'affouillement.
- Réaliser un chantier avec un esprit de suivi, analyse des résultats et certification, afin de valider cette technique par un label type éco-matériaux.
- Démontrer la faisabilité technique et économique de l'application de ce procédé pour la protection des pieds d'énrochements et la rétention sédimentaire.
- Faire le bilan énergétique.

2.1 Scénario contre l'érosion

Un tapis pour la formation de Géocorail® est positionné en bas d'estran, enfoui et ancré à une dizaine de centimètres sous le sable (figure 1). Après agrégation il présentera une surface solide et rugueuse pouvant retenir le sable entraîné par la nappe de retour après chaque déferlement de vagues.

Le développement du Géocorail en agrégat solidement ancré au sol par sédimentation va rendre la cale de pied de plage affleurant avec une épaisseur qui continuera d'augmenter au fil du temps, remontant ainsi petit à petit le profil de plage. Une rétention sédimentaire sera ainsi constituée, épousant la même pente que celle existante et façonnée par les conditions hydrodynamiques et morphologique du site.

Par la suite, les résultats des essais menés en parallèle en bassin à houle au Laboratoire d'Hydraulique St Venant permettront de valider cette rétention sédimentaire.

2.2 Scénario contre l'affouillement

En pied de digues, le développement de Géocorail® va créer et diffuser dans le sol un cordon stabilisateur de l'assise d'ouvrage, évitant le départ de fines en pied de structure tout en augmentant la surface de contact blocs-sol avec un coefficient de frottement élevé.

Le noyau de digue sera ainsi pérennisé en évitant le glissement des blocs de base. Ces blocs seront pris dans la matrice de Géocorail® sur lesquels ils sont assis, assurant leur ancrage et stabilité, tout en maintenant le caractère dissipateur énergétique de l'ouvrage.

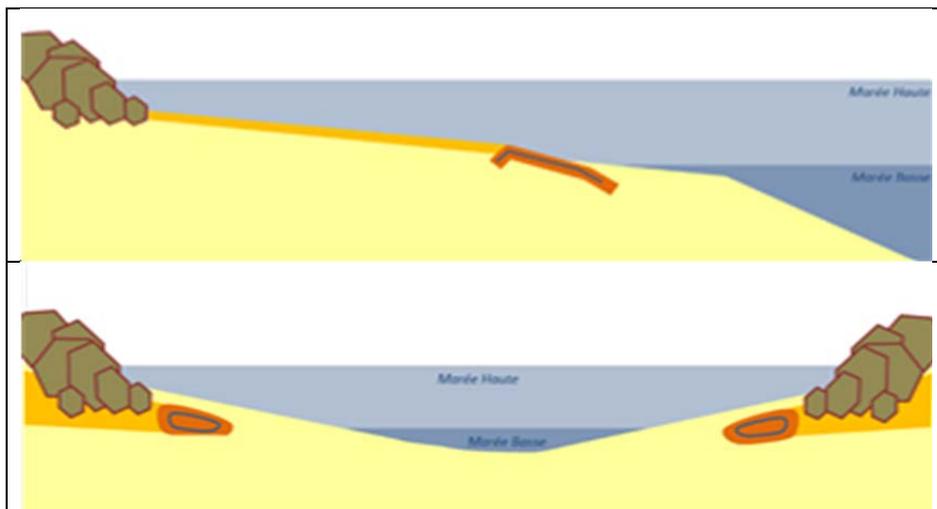


Figure 1. Positionnement du dispositif en bas d'estran ou en butée.

3. Résultats

Des essais en laboratoires ont été réalisés sous des conditions identiques (tension basse, courant continu et durée d'exposition) avec et sans enfouissement de la structure métallique dans les sédiments.

On constate alors (figure 2) qu'au bout de trois semaines, le dépôt calcomagnésien formé sur grille nue, reste fin et friable alors qu'enfoui dans les sédiments, il agglomère ceux-ci pour former agrégat épais, solide et rugueux.



Figure 2. Dépôts obtenu aux laboratoires par UnivLR et UnivCaen.

En conditions réelles sur site côtier, les premiers prélèvements effectués sur le pilote après 80 jours ont montré un bon départ de la phase concretion sur des éprouvettes disposées sur le même site et soumises aux mêmes conditions d'alimentation régulée (figure 5).

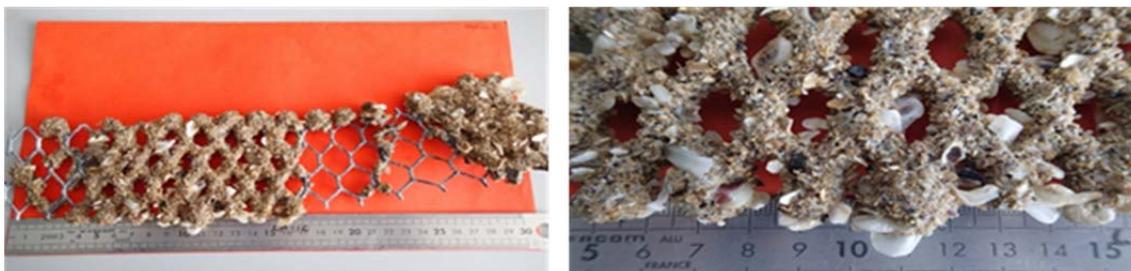


Figure 3. Dépôt obtenus sur site pilote après près de 2 mois d'alimentation.

La mise au point de technique de découpage, métallisation et adaptation aux appareils d'analyses cristallographiques, d'observations au microscope ou d'essais mécaniques sont pratiquées sur des échantillons de Géocorail collectés sur des sites anciens (10 à 15 ans). Les résultats sont prometteurs avec des épaisseurs de l'ordre de 30 cm (figure 4).



Figure 4. Echantillon de Belle Ile (56), premier site réalisé : agrégat formé après 2 ans.

4. Conclusion

Les résultats du chantier pilote et des recherches menées par les laboratoires membre du consortium pour le projet Ecocorail, permettront à terme, de mettre au point les caractéristiques du matériau et les paramètres du dispositif générateur afin de réussir des applications à la lutte contre l'affouillement et l'érosion. Cette opération innovante contribuera à développer de nouvelles applications caractérisées en particulier par le respect de l'environnement ainsi que par l'absence de grands travaux de terrassement ou de manutention. Excepté le simple support métallique enfoui et ancré au sol, les seules matières utilisées sont des sédiments présents sur le site et charriés par les vagues. Ceci se traduit par une réduction des mouvements de matériaux type enrochements ou bétons et également celles des émissions de CO₂. L'apport énergétique reste minime (Puissance inférieure à 5 VA/m², tension de service 24 V). En cas de fissuration ou rupture de l'agrégat, le système peut se régénérer sans nécessiter des puissances importantes.

Les impacts négatifs et parfois très coûteux de l'érosion occasionnée par les tempêtes de plus en plus violentes et répétitives sur le littoral justifient la prise de risque consistant à pérenniser les ouvrages de défenses en consolidant les assises ou en colmatant les fissures et autres cavités avec la mise en place de l'innovation Géocorail®. Ceci augmente l'efficacité de la défense dans la durée sans apport de matériaux supplémentaire (économie à réaliser sur les rechargements en blocs ou de lourds travaux de restauration). L'agrégation des sédiments apportés par les vagues, en continu, est réalisée in situ, en exploitant et régulant les réactions électrochimiques dans l'eau de mer qui génèrent du liant sous forme de calcite, aragonite et brucite.

En complément des applications contre l'affouillement testées sur le chantier pilote et par convention de recherche avec l'Ecole des Ponts Paris-Tech, un programme de recherche est en cours d'exécution au Laboratoire hydraulique St Venant à Chatou (78).

*Côtes méditerranéennes menacées :
Risques et défis dans le contexte du changement climatique*

Les essais physiques, l'analyse et la modélisation des impacts que pourrait avoir le matériau sur un profil de plage sableuse soumis à la houle sont les principaux volets de ce programme.

Remerciements :

Une partie de ces travaux a été réalisée grâce au soutien financier de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et à l'implication de l'ensemble des membres du consortium dans le cadre du projet Ecocorail.