



Systèmes de filtration géotextile bicouches en protection de côtes

Olivier Artières

Chef de Projet de Développement, Bidim Geosynthetics S.A.

9 rue Marcel Paul, B.P. 80, F-95873 Bezons Cedex,

Tel +33 (0)1 34235374, olivier.artieres@bidim.com

Résumé :

Les systèmes de filtration par géotextile utilisés en protection de côtes doivent être dimensionnés pour assurer la stabilisation du sol en place, mais également pour ne pas s'endommager lors de la mise en place des structures de protection externes. Un nouveau système de filtration bicouche a été développé pour satisfaire ces deux exigences sur la filtration et la résistance lors de la mise en œuvre. Ce développement a été basé sur les connaissances du producteur et sur sa longue expérience de réalisation d'ouvrages hydrauliques, mais aussi sur les derniers résultats théoriques et expérimentaux publiés. Les avantages de ce système sont détaillés dans la cadre de différents projets de défense de côte.

Abstract :

Geotextile filtration systems used for coastal protection must be designed to stabilise the underlying soil and at the same time to withstand to damage when the external protection structure is placed. A new two-layer geotextile filtration system has been produced to combine these two requirements on filtration and on installation. This development was based first on the knowledge of the producer, in particular on its long experience from old hydraulic works, but also on the latest theoretical and experimental results published the last years. The benefits of this system is explained by the design of recent coastal defence projects.

1. Introduction

Les côtes maritimes sont soumises à des contraintes hydrodynamiques sévères, nécessitant de stabiliser les talus exposés par des structures de défense. Ces structures comprennent deux zones à vocations bien différentes.

La zone externe doit dissiper l'énergie hydraulique apportée par les vagues. Cette partie fait généralement appel à des enrochements ou à des éléments préfabriqués en béton dont la masse, qui peut atteindre 10 tonnes, est proportionnelle à l'importance de la houle.

Sous ces blocs, la zone inférieure de la structure en contact direct avec le sol naturel de la côte a une fonction toute différente. Elle doit éviter l'érosion du sol soumis aux écoulements d'eau qui ressortent du massif au rythme de la houle. Cette fonction s'appelle la filtration. Une rupture ou un dysfonctionnement du système de filtration, dû soit à un lessivage du sol soit à un colmatage du filtre,

peut avoir des conséquences sévères, et toujours coûteuses. Les concepteurs et les maîtres de l'ouvrage exigent par conséquent de ces structures un haut niveau de performance. Les filtres granulaires constitués de couches de granulats de granulométrie croissante vers l'extérieur ont largement été utilisés pour jouer ce rôle. Ils fonctionnent bien pour peu qu'ils soient bien dimensionnés et qu'ils soient surtout bien mis en œuvre, car il faut respecter des rapports granulométriques précis et des épaisseurs minimales entre chaque couche. Les géotextiles sont des alternatives fiables et économiques aux filtres granulaires multicouches. En tant que produits manufacturés, ils bénéficient souvent de la rigueur exigée par un contrôle qualité usine de type ISO 9001, accompagnée d'une certification produit, comme le réalise l'ASQUAL (Association pour la Qualité dans la filière textile) en France. Plus simples à mettre en œuvre, ils peuvent aussi remplacer à eux seuls plusieurs couches d'un filtre granulaire. Cependant, la fonction « filtration » met en jeu des mécanismes d'interaction complexes entre les particules de sol et les filaments du géotextile. De nombreuses études et recherches ont été menées dans le monde, tant au laboratoire que sur le terrain, pour comprendre le comportement des géotextiles utilisés en fonction filtration, et pour définir des critères de dimensionnement précis. Ces études (analyse d'anciens ouvrages, prélèvement d'échantillons, modélisation théorique, essais de laboratoire et de terrain) ont conduit au développement d'un nouveau concept de géotextile de filtration. Le résultat de ce développement est un système de filtration spécifique qui possède des propriétés optimisées et qui offre des conditions d'utilisation plus sécuritaires : plus grande tolérance vis à vis des hétérogénéités de terrain, facilité d'utilisation, critères de dimensionnement plus précis.

2. Le dimensionnement fonctionnel des systèmes de filtration géotextile

Dans un ouvrage, tout géotextile a une fonction bien définie, ce qui impose le dimensionnement d'un ensemble de caractéristiques très précises. Les caractéristiques à spécifier sont conventionnellement regroupées en 3 catégories selon leur rôle comme l'indique la figure 1.

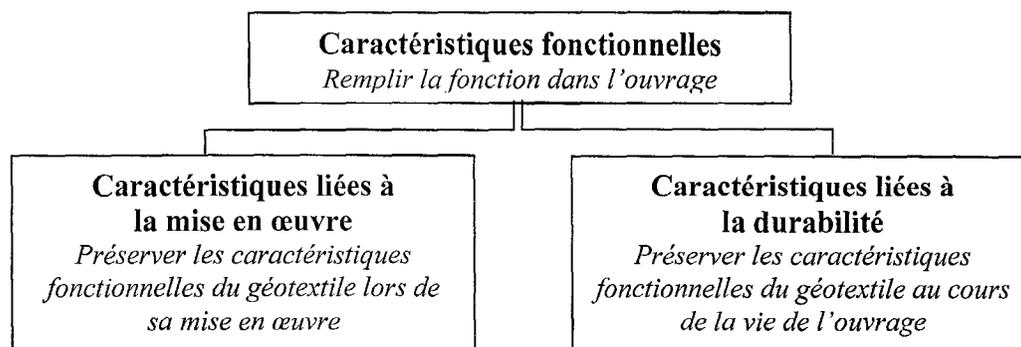


Figure 1 : Approche globale de dimensionnement des géotextiles : le rôle des 3 groupes de caractéristiques / *Functional approach of the geotextile design*

En protection de berge ou de côtes, la fonction du géotextile est la filtration. Dans cette fonction, le rôle du géotextile est de stabiliser le squelette du sol en surface pour éviter son érosion interne tout en laissant s'écouler l'eau durablement. Les caractéristiques fonctionnelles à dimensionner pour satisfaire ce rôle sont l'ouverture de filtration, le nombre de constriction et la perméabilité [1].

Un bon dimensionnement fonctionnel du géotextile n'est cependant pas garant du bon comportement du système de filtration. Le géotextile doit en effet préserver ses caractéristiques fonctionnelles lors de la phase chantier et sur le long terme. La mise en œuvre est notamment cruciale car il faut s'assurer d'une part du bon placement du géotextile sur le sol, et d'autre part éviter son endommagement lors de la pose de la structure externe, souvent constituée d'enrochements lourds et agressifs [2].

3. Système de filtration géotextile et structure externe en enrochements

3.1. Les risques d'endommagement du géotextile à la mise en œuvre

Dans ce type de structure, les systèmes de filtration géotextile sont soumis à des contraintes mécaniques élevées liées à la pose de la couche d'enrochements externes. L'analyse de plusieurs sites en Europe et en Asie par le laboratoire Delft Hydraulics a montré que ces sollicitations étaient importantes [3] : les empreintes relevées par exemple sur le géotextile de filtration de la plage de sable de Lacanau (Gironde, France) indiquent une déformation locale supérieure à 50 % (Figure 2). Avec un allongement à l'effort maximal de 60 %, ce géotextile non-tissé aiguilleté ne s'est pas déchiré et la continuité de la structure de filtration a été préservée.



Figure 2 : Plage de Lacanau : empreinte retournée d'un enrochement posé sur le géotextile / Lacanau beach : *Reverse imprint of a rock placed on the geotextile.*

3.2. Les possibilités de protection du géotextile vis à vis des agressions des enrochements

En plus d'une valeur minimale d'allongement avant rupture, d'autres caractéristiques du géotextile s'avèrent importantes pour résister aux endommagements lors de la mise en œuvre, en particulier sa résistance au poinçonnement statique. En effet dans certaines situations, les enrochements en contact avec le géotextile peuvent provenir de roches dures concassées et présenter des arêtes agressives. Ce risque de poinçonnement est particulièrement grand lorsque la structure externe est constituée de deux couches : une couche primaire externe de gros enrochements, dimensionnés pour être stables vis à vis des contraintes hydrauliques souvent importantes en façade maritime, posés sur une couche secondaire constituée par de petits enrochements. Ces derniers, souvent concassés et agressifs, s'enfoncent dans le géotextile et dans le sol, par un effet de « marteau sur poinçon », lors de la pose des gros enrochements.

Cette différence de comportement a été observée sur la côte des Basques à Biarritz lors du chantier de stabilisation du pied de falaise. Les marnes évolutives du site soumises à la houle se délitent, occasionnant des effondrements fréquents et une progression importante du domaine maritime sur la terre. La structure dimensionnée par la subdivision maritime de Bayonne comprenait (Figure 3) :

- un système de filtration géotextile,
- une couche secondaire sus-jacente en petits enrochements de 50/150 kg,
- une couche d'enrochements primaire de 3/6 tonnes en surface.

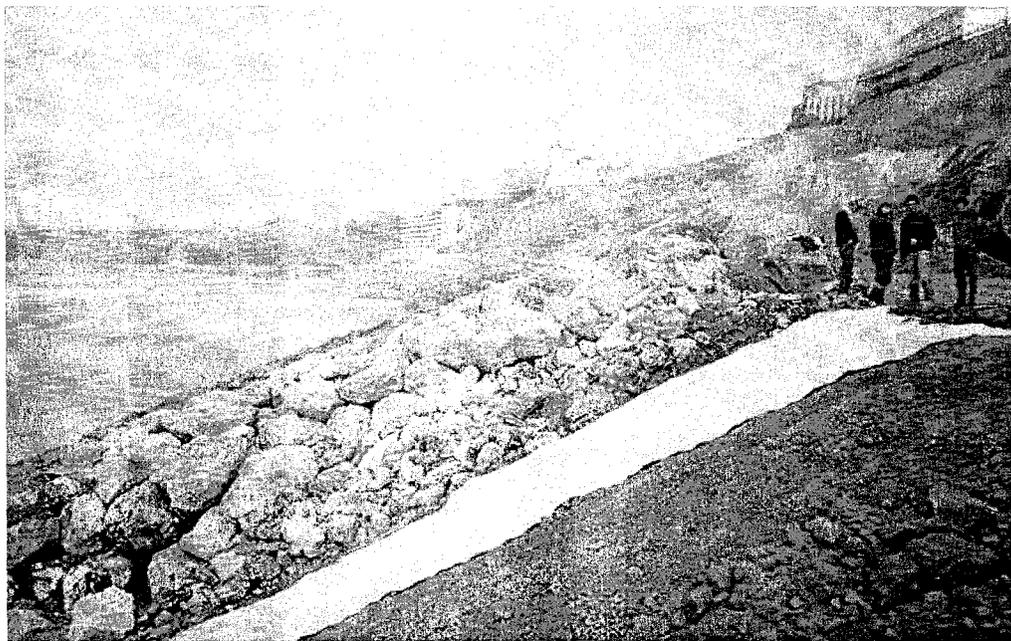


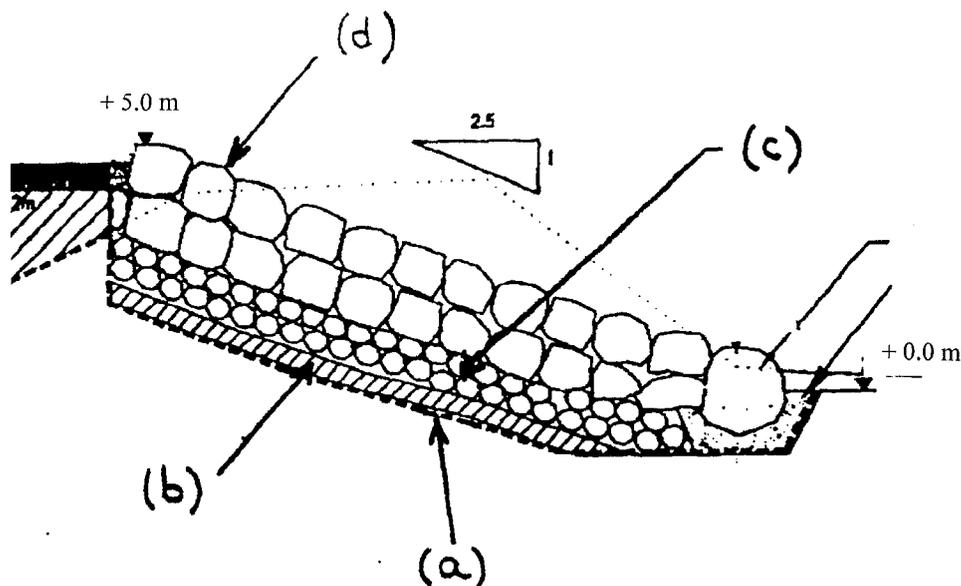
Figure 3 : Biarritz-Côte des Basques : système de filtration géotextile bicouche couvert des couches d'enrochement primaire et secondaire / *Two-layer geotextile filtration system covered by secondary and primary rip-rap layers.*

Les petits enrochements ont été déversés du haut du talus, et les gros enrochements ont été posés à la pelle hydraulique d'une hauteur de 0,5 à 1 m. Ces conditions sévères de mise en œuvre ont requis un système de filtration non-tissé aiguilleté de filaments continus possédant une résistance au poinçonnement pyramidal de 4 kN [5], associé à un allongement supérieur à 80% [6]. Grâce à cette combinaison de caractéristiques, le géotextile n'a pas été endommagé.

En l'absence de couche secondaire, des essais complémentaires sur ce site ont montré que ce géotextile supportait sans dommage la chute d'un enrochement de 5 tonnes d'une plus grande hauteur (4 m environ).

La couche d'enrochements secondaire peut s'avérer malgré tout indispensable pour diverses raisons : impossibilité de positionner plusieurs niveaux de gros enrochements, protection contre les ultraviolets, largeur d'emprise, etc Dans ce cas, il est possible de protéger le géotextile par une couche de matériau fin : c'est la solution adoptée sur l'ouvrage de défense de côtes à Newtownards (Northern Ireland, UK) dans lequel une couche de petits graviers de 30-40 mm a été interposée entre le système de filtration géotextile et la couche de petits enrochements secondaires de 125 kg. La couche primaire est constituée d'enrochements de 1 à 2 tonnes. Dans ces conditions, et sachant que le sol était de la même nature sableuse que le projet précédent, une résistance du géotextile au poinçonnement pyramidal de 3 kN [6] a été suffisante (Figure 4).

Figure 4 : Vue en coupe du site de Newtownards (GB) (a) : système de filtration



géotextile non-tissé aiguilleté bicouche ; (b) couche intermédiaire en graviers ; (c) couche secondaire d'enrochements de 125 kg ; (d) couche primaire d'enrochements 1/2 tonnes / Cross-section of the Newtownards site (UK) : (a) two-layer needle-punched nonwoven geotextile filtration system; (b) gravel intermediate layer; (c) secondary layer of 125 kg rip-rap; (d) primary layer of 1/2 ton rip-rap

L'emploi d'une couche de matériau fin est certes efficace pour la protection du géotextile, mais celle-ci peut être érodée par la houle et déstabiliser les enrochements qu'elle supporte, entraînant des mouvements de blocs et des risques d'abrasion ou de déchirure du géotextile.

Une autre technique alternative consiste à utiliser deux géotextiles superposés : le premier géotextile est dimensionné pour répondre aux exigences fonctionnelles de filtration ; il est recouvert d'un second géotextile dont l'unique rôle est de protéger le premier. Cette technique peut être plus économique qu'une couche de protection en graviers. Elle présente néanmoins une contrainte technique importante : la stabilité sur pente de la structure. En effet, l'angle de frottement entre deux géotextiles est souvent faible, et on peut craindre un glissement de l'ensemble de la structure à l'interface entre les deux géotextiles. Cette solution n'est donc applicable qu'aux talus de faible pente, et dans tous les cas, la stabilité de la structure doit être vérifiée.

3.3 Une innovation, le géotextile bicouche : système de filtration à protection intégrée

Pour éviter ces risques d'instabilité sur pente, mais aussi pour faciliter et réduire le coût de la mise en œuvre de deux géotextiles différents, notamment en conditions difficiles, comme sous l'eau ou en présence de courant, il est possible d'utiliser des systèmes de filtration composites. Ils associent en un seul produit la couche fonctionnelle de filtration et la couche de protection. Ceci évite également les risques d'inversion des 2 géotextiles sur chantier.



Figure 5 : Valras-Plage. Pose des enrochements sur le système de filtration (enroulé à l'avant de la zone de travail par manque de place) / *Placing of rockfill on the filtration system (rolled in the front of the work area).*

Ces avantages de mise en œuvre ont été déterminants pour l'entreprise Spada lors de la réalisation de 5 brise-lames de Valras-Plage (Hérault, France) par rapport à la solution employant deux géotextiles distincts. Ces ouvrages dimensionnés par le Service Maritime et Navigation du Languedoc-Roussillon prévoyaient la couverture du noyau de la digue par un géotextile fonctionnel de filtration, recouvert par un autre géotextile pour sa protection lors de la pose des enrochements de 2 à 5 tonnes (Figure 5).

Le système de filtration retenu, le bidim F70, est un géotextile composite tout à fait innovant dans sa conception. Il comprend une couche fonctionnelle de filtration réalisée en filaments continus fins optimisée pour assurer un parfait maintien du sol à stabiliser, à laquelle est associée en usine une couche de protection non-tissée aiguilletée de filaments plus gros qui apportent au produit d'excellentes propriétés mécaniques sans modifier les propriétés filtrantes de la couche fonctionnelle. Nous renvoyons le lecteur à la référence [4] pour plus d'informations sur les justifications techniques de ce produit.

L'emploi de ce système bicouche a grandement facilité la construction des digues à la mer dans des conditions de mise en œuvre difficiles (Figure 6).

4. Une alternative : la structure externe associée au système de filtration

En l'absence d'enrochements, ou lorsque les conditions géométriques de l'ouvrage sont contraignantes, des systèmes de protection de berge complets associent en un seul produit la structure de filtration géotextile et la structure de protection externe. Cette dernière est en général constituée de plots ou de blocs en béton fixés sur le géotextile.

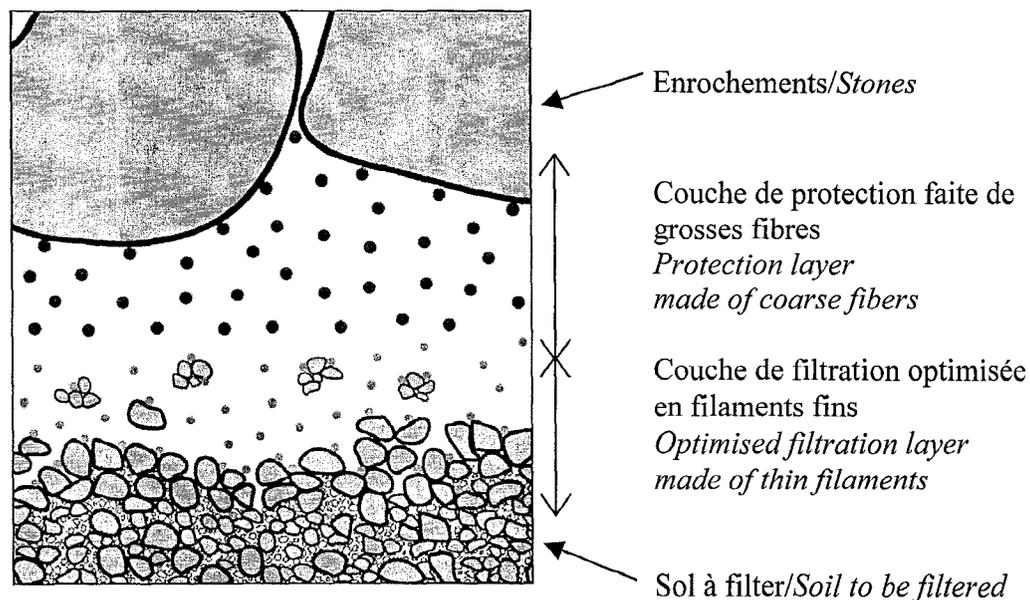


Figure 6: Concept du système de filtration bicouche / *Concept of the two-layer geotextile filtration system*

C'est par cette technique qu'une partie de la nouvelle zone portuaire de Ravena (Italie) sur les bords de l'Adriatique a été stabilisée. La structure de filtration était composée d'un non-tissé aiguilleté de filaments continus répondant aux critères de filtration du sol, sur lequel sont tricotés des câbles de renfort pour soutenir des plots carrés de 15 cm de côté et de 10 cm de haut. Les panneaux réalisés de 25 m de long et 8 m de large sont ensuite enroulés autour d'un gros cylindre flottant pour les transporter et les positionner au droit de la zone à protéger (Figure 7). La technique de filtration par géotextiles présente ainsi de nombreux avantages d'adaptabilité offrant aux producteurs de géotextiles un gros potentiel d'innovation pour s'adapter aux contraintes locales de chantier.

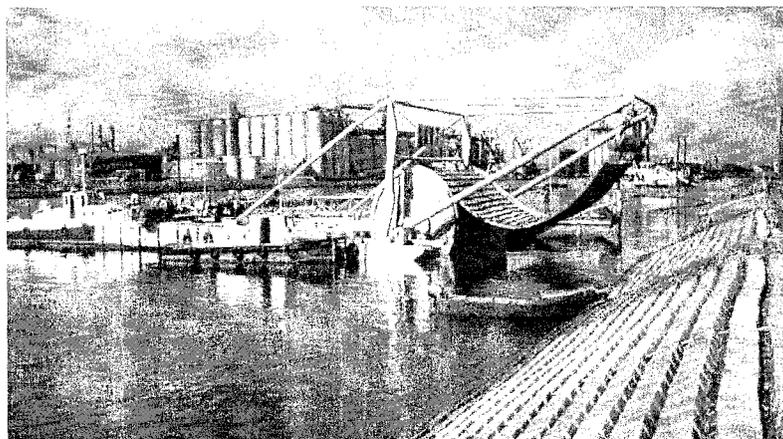


Figure 7 : Ravena : positionnement du composite géotextile – plots béton sur la berge / Positioning of the protection composite system on the bank.

5. REFERENCES

- [1] Artières, O. and Faure, Y.H. (1997). « Filtration des sols par géotextile : retour d'expériences et nouveaux développements », *Comptes-Rendus de Rencontres 97*, Volume 1, Reims, France, pp. 105-111.
- [2] Giroud, J.P., (1997). « Filtres géotextiles : dimensionnement et installations fiables », *Comptes-Rendus de Rencontres 97*, Volume 1, Reims, France, Octobre 97, pp. 170-196.
- [3] Nancey, A., Werner, G., Eichenauer, T. (1995). « Géotextile en protection de berge : analyse de plusieurs prélèvements sur ouvrages en fonctionnement ». *Comptes-Rendu Rencontres 95*, Beaune, pp. 50-55.
- [4] Delmas P., Artières O., Lugmayr, R. and Schörghenhuber, H. 2000. Development of a new geotextile filtration system. In W. Wolski & J. Mlynarek (eds), *Proc. of the Third Int. Conf. Geofilters 2000, Warsaw, 5-7 June 2000*: 51-58. Rotterdam: Balkema Publishers.
- [5] NF G 38019. Géotextiles. Résistance au poinçonnement statique. AFNOR.
- [6] NF EN ISO 10319. Géotextiles. Essai de traction des bandes larges. AFNOR.