

ÉTANCHÉIFICATION D'ÉTANGS FILTRANTS PAR GÉOSYNTHÉTIQUES BENTONITIQUES.

SEALING OF FILTER PONDS BY BENTONITIC GEOSYNTHETICS.

F. CHERIFI ¹, S. TABTI ², W. AKOUIR ³

1 Afitex Algérie – Alger (Algérie).

2 Daewoo - Alger (Algérie)

RÉSUMÉ - La pollution du fleuve Oued el Harrach, long de 67 km, menace la baie d'Alger. Les études menées ont montré la présence de plomb, de chlore, de zinc et de chrome en forte quantité, rejetés dans la mer. Les travaux de dépollution sont lancés. Il s'agit d'un projet de requalification du fleuve sur 18 km depuis son embouchure jusqu'au croisement de ses affluents. La largeur de l'oued est rééquilibrée, les berges sont aménagées avec des promenades, des jardins et des parcs urbains, et des étangs filtrants sont projetés dans la zone. Traditionnellement, l'étanchéité des bassins est réalisée en mettant en œuvre une couche d'argile compactée, mais les inconvénients majeurs de cette solution nous ont amenés à utiliser une étanchéité par Géosynthétique bentonitique (GSB).

Mots-clés : étanchéité – bentonitique – filtrant – environnement - eaux usées

ABSTRACT - The pollution of Oued el Harrach river, 67 km long, threatens the bay of Algiers. The studies carried out have shown the presence of lead, zinc, chlorine and chromium in large quantities, discharged into the sea. The clearance works are launched. It is a project to rehabilitate the river for 18 km from its mouth to the crossing of its tributaries. The width of the oued is rebalanced, the banks are equipped with walks, gardens and urban parks and filter ponds will be created in the area. Traditionally, the waterproofing of basins is achieved by using a compacted clay layer, but the major disadvantages of this solution led us to use a Bentonite Geosynthetic (GCL).

Keywords: sealing – bentonite – filtering – environment - wastewater.

1. Introduction

1.1. Rappel sur les rôles respectifs des barrières passive et active.

Le stockage des eaux usées en Algérie s'appuie, en général, sur le principe des barrières multiples (Tableau 1). Une barrière dite « active » est installée à la base des casiers : il s'agit d'un système d'étanchéité-drainage, constitué typiquement d'un horizon drainant surmontant une géomembrane. Cette barrière surplombe la barrière dite « passive », qui est constituée par le milieu géologique naturellement en place, ou qui peut être « rapportée » (reconstituée artificiellement par un géosynthétique bentonitique).

Tableau 1. Distinction entre barrières « active » et « passive »

	Fonctions	Matériaux
Barrière dite « active »	Drainage	Granulaires, synthétiques
	Étanchéité active	Géomembrane
Barrière dite « passive »	Étanchéité passive	Argiles naturelles, GSB, sols traités, SBP, ...
	Atténuation	Milieu géologique naturel

Note : GSB = géosynthétique bentonitique, SBP = mélange sable-bentonite-polymère

Une conséquence de cette complémentarité pour le calcul d'équivalence évoqué précédemment, est qu'un renforcement de l'une des barrières (active ou passive) ne peut, par principe, pallier une insuffisance de l'autre barrière. Bien qu'il ne fasse aucun doute qu'une barrière composite (géomembrane + couche minérale faiblement perméable) ait de bien meilleures performances que l'une ou l'autre de ces barrières prise indépendamment (Geosynthetics International, 2005), le calcul d'équivalence effectué pour la barrière passive considère uniquement les éléments constitutifs de cette barrière et ne prend notamment pas en compte la présence d'une géomembrane.

1.2. Définition de l'équivalence

L'étude de l'équivalence en barrière passive a pour objectif de permettre à l'exploitant d'apporter des garanties suffisantes pour la protection de l'environnement dans des situations qui ne se prêtent pas naturellement aux prescriptions réglementaires. L'équivalence ne doit donc pas être considérée simplement comme un moyen d'améliorer la rentabilité économique du stockage (réduction des coûts des matériaux et/ou de leur mise en œuvre, augmentation du vide de fouille pour une cote maximale donnée, etc.), mais doit être motivée techniquement, l'objectif premier des barrières d'étanchéité passive étant la protection des eaux souterraines.

1.3. Éléments de justification de l'équivalence en étanchéité passive

1.3.1. Introduction

Le retour d'expérience que l'on peut avoir sur les dossiers d'équivalence suggère que, trop souvent, les dossiers s'appuient largement sur des calculs théoriques plutôt que sur des études géologiques et hydrogéologiques suffisamment complètes. Pourtant, ces calculs théoriques sont limités par les hypothèses simplificatrices des modèles utilisés. Aussi est-il essentiel d'appuyer le plus possible le dossier d'équivalence sur des éléments concrets de l'étude géologique et hydrogéologique pour être en mesure de répondre à certaines questions clé, et notamment sur :

- le degré de connaissance de la perméabilité des matériaux en place,
- le degré de compréhension du système hydrogéologique,
- les cibles vulnérables (sources, AEP, ...).

1.3.2. Contexte géologique

La définition du contexte géologique et hydrogéologique local constitue le préalable au choix de l'implantation d'une installation de lagunage. La délimitation précise de l'implantation nécessite généralement de préciser l'extension horizontale et verticale des formations géologiques présentes au droit et à la périphérie du site envisagé, dans le but d'utiliser au mieux les formations géologiques en place pour constituer la barrière passive de type réglementaire. Le choix d'un niveau projeté de fond de fouille nécessite la réalisation d'une campagne de caractérisation de la perméabilité des horizons sous-jacents et la localisation du niveau des plus hautes eaux de la nappe.

Les données géologiques recueillies lors de la phase documentaire permettent d'orienter le choix du dispositif de barrière passive, avec éventuellement la définition d'une barrière passive qui est équivalente, en termes d'impact, à la barrière prévue par la réglementation. Si des ressources locales sont disponibles, on s'orientera de préférence vers une barrière passive constituée de matériaux argileux naturels, qui permettent de se conformer au mieux aux prescriptions réglementaires, ainsi que le guide des recommandations pour la reconnaissance de formations géologiques hétérogènes et du contexte hydrogéologique (AFNOR, 2009).

1.3.3. Contexte hydrogéologique

La définition du contexte hydrogéologique doit notamment permettre d'identifier les cibles et d'évaluer les caractéristiques du transfert de la source de polluant vers une nappe identifiée comme ressource en eau.

La présence d'une nappe très peu profonde et le caractère perméable du site a constitué une des raisons de la recherche d'une solution d'équivalence (BRGM/RP, 2009).

2. Cas des bassins filtrants de l'oued el Harrach

Ce projet se caractérise par les éléments suivants :

- l'impossibilité technico-économique d'un approvisionnement en matériaux argileux de qualité satisfaisante ;
- l'absence d'une ressource en eau souterraine (socle rocheux peu perméable) ;
- le soubassement respecte le critère de 5 mètres à $K < 10^{-6}$ m/s.

À partir de ces données, l'étude d'exécution a spécifié l'utilisation d'un géosynthétique bentonitique (GSB). Concernant la stabilité des talus de terrassement, la pente naturelle est égale à l'angle de frottement obtenu au laboratoire dans le cas le plus défavorable (essai de cisaillement UU) : angle de frottement égal à 4 degrés environ. Le GSB qui assure la fonction étanchéité doit être protégé par une couche en ballast et par un enrochement pour minimiser l'effet des vagues sur ces talus.

2.1. Aperçu de l'étang filtrant

2.1.1 Surface des travaux et définition.

Il est prévu d'installer des étangs filtrants (Figures 1, 2, 3 et 4) dans des terrains inoccupés à côté des confluents de l'oued Adda et de l'oued Smar avec l'oued El Harrach, pour épurer les eaux des affluents avant de les rejeter dans l'oued El Harrach. Il est prévu également de réaliser un biotope en harmonie entre les espaces bleus et la végétation. Il existe de nombreuses définitions de l'étang. Il s'agit d'un plan d'eau, continental, d'origine naturelle ou anthropique. L'étang est plus petit qu'un lac, mais plus grand qu'une mare, laquelle est définie comme une étendue d'eau à renouvellement généralement limité, de taille variable (5 000 m² au maximum). Certaines définitions considèrent que l'eau d'un étang doit être stagnante, d'autres que seules les berges et les zones ayant une profondeur inférieure à 2,50 m sont à considérer comme zone humide.

2.1.2 Surface des travaux et plan de disposition des installations.



Figure 1. Étang filtrant 1.

- Superficie 32 527 m²
- Surface de l'eau 11 327 m²
- Débit à traiter 2 000 m³/jour
- Qualité de l'eau DBO : 6 ppm, DCO : 30 ppm
- Installations projetées Pergolas, bancs, panneaux de direction, mur en pierre, poubelles, terrasse riveraine

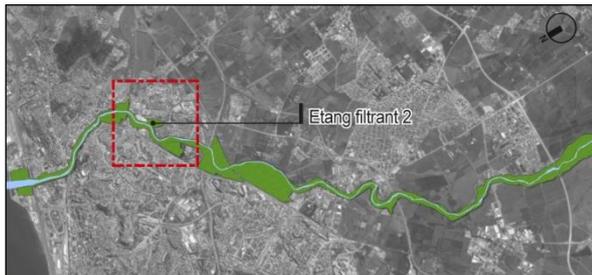


Figure 2. Étang filtrant 2

- Superficie 39 124 m²
- Surface de l'eau 17 523 m²
- Débit à traiter 2 700 m³/jour
- Qualité de l'eau DBO : 6 ppm, DCO : 30 ppm
- Installations projetées Pergolas, bancs, panneaux de direction, mur en pierre, poubelles, terrasse riveraine



Figure 3. Étang filtrant 3

- Superficie 476 459 m²
- Surface de l'eau 143 119 m²
- Débit à traiter 25 000 m³/jour
- Qualité de l'eau DBO : 6 ppm, DCO : 30 ppm
- Installations projetées Terrain de football, pergolas, bancs, bollards, panneaux de direction, bornes de vélo



Figure 4. Étang filtrant 4

- Superficie 10 176 m²
- Surface de l'eau 4 662 m²
- Installations projetées Terrasse riveraine, pergolas,

La fonction principale de l'étang écologique est la suivante : augmentation de l'oxygène, offre d'une surface d'eau ouverte, paysage et sédimentation des corps solides.

Il est possible d'exploiter l'étang écologique comme espace d'observation des plantes aquatiques et comme promenade en installant une terrasse, et aussi par la plantation des roseaux autour de l'étang et par l'aération du jet d'eau flottant. Ensuite, la vitesse faible de l'étang écologique produit l'effet de la sédimentation des matières solides. Le schéma de principe est représenté sur la Figure 5.

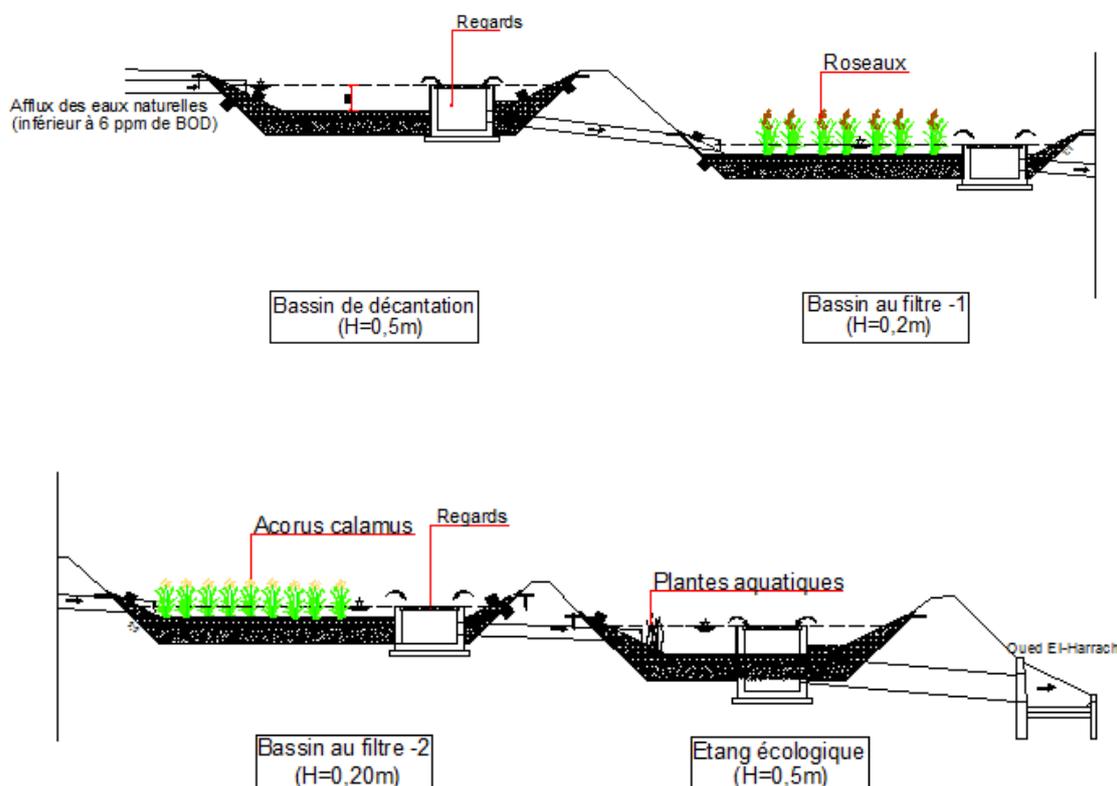


Figure 5. Schéma de principe des bassins écologiques

3. Description du produit géosynthétique

Le produit est un géosynthétique bentonitique avec des spécifications techniques (Tableau 2), constitué de bentonite de sodium encapsulée entre deux géotextiles tissés et non tissés en polypropylène (CFG, 2011).

Tableau 2. Caractéristiques du produit géosynthétique bentonitique

Propriétés	Norme	Valeur
Propriétés physiques		
Masse surfacique totale	EN 14196	4500 g/m ²
Masse surfacique de la bentonite.	EN 14196	4200 g/m ²
Propriétés hydrauliques		
Indice de flux	EN 16416	6.10 ⁻⁹ m ³ /m ² /s
Indice de gonflement	ASTM D5890	24 ml/2g
Absorption de l'eau		600 %
Propriétés mécaniques		
Résistance à la traction	EN ISO 10319	8.5 kN/m
	ASTM D 6496	650 N/m
Résistance à la perforation statique (CBR)	EN ISO 12236	1.8 kN

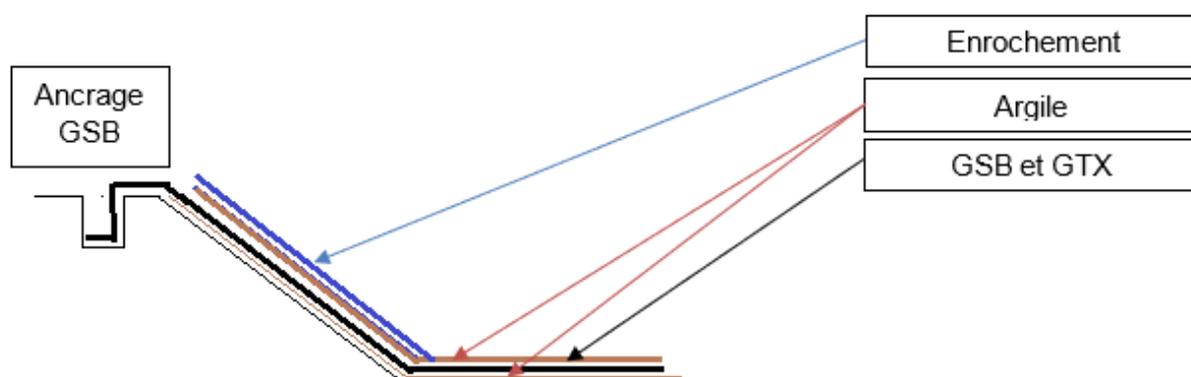


Figure 6. Structure du dispositif d'étanchéité utilisé dans les bassins

4. Équivalence hydraulique entre le GCL utilisé et 50 cm d'argile compactée

Le géosynthétique bentonitique utilisé est considéré équivalent à l'argile compactée en termes de performances hydrauliques. Les calculs de filtration sont utilisés pour prouver l'équivalence hydraulique d'une seule barrière.

Selon la loi de Darcy, le flux est directement proportionnel à la conductivité hydraulique et au gradient hydraulique : $q = k \cdot i$.

Le Tableau 3 compare les débits d'eau au travers d'une couche d'argile compactée de 50 cm et du composant argileux du GCL utilisé :

Tableau 3. Équivalence des propriétés hydrauliques

	Argile compactée	ActiMat NW 36C
Charge hydraulique, h	30 cm	30 cm
Perméabilité, k	10^{-9} m/s	$3,5 \cdot 10^{-11}$ m/s
Épaisseur, t	50 cm	0,68 cm
Gradient hydraulique $i = (h+t)/t$	1,60	1,60
Débit	$1,610^{-9}$ m ³ /m ² /s	$1,6010^{-9}$ m ³ /m ² /s
$q = k \cdot i \cdot A$	1382 litres/hectare/jour	1364 litres/hectare/jour

Par conséquent, il est démontré que la barrière d'argile géosynthétique GCL dépasse les performances d'un revêtement en argile compactée de 50 cm en termes de performances hydrauliques.

Le géotextile de protection 350 g/m² (Tableau 4) est choisi en fonction des caractéristiques principales suivantes : résistance à la traction, résistance à la perforation statique et résistance à la perforation dynamique. On retiendra, à défaut de document normatif ou de recommandations couvrant ce sujet particulier, que la famille des produits non tissés aiguilletés constitue sans doute le meilleur compromis.

En l'absence de prescriptions minimales fixées par le maître d'œuvre (ce qui constitue pourtant la règle), l'entrepreneur a justifié les caractéristiques du produit par rapport à la nature du fond de forme après terrassements et des matériaux constituant le filtre au contact du dispositif d'étanchéité par géosynthétiques.

Tableau 4. Caractéristiques du géotextile

Caractéristiques	Normes	Unités	Produit utilisé	Produit exigé
Masse surfacique	EN ISO 9864	g/m ²	350	> 300
Épaisseur sous 2 kPa	EN ISO 9863-1	mm	1,70	> 1,5 mm
Résistance à la traction SP	EN ISO 10319	kN/m	20	20
Résistance à la traction ST	EN ISO 10319	kN/m	25	20
Perforation dynamique	EN ISO 13433	mm	10	<15

5. Illustrations de la mise en œuvre du produit

Les Figures 7 et 8 illustrent la mise en œuvre des produits géosynthétiques.



Figure 7. Photos de la mise en place du géotextile



Figure 8. Photos de la mise en place du GSB

6. Conclusion

Dans le cadre de ce projet, un géosynthétique bentonitique a été utilisé pour remplacer une couche d'argile compactée d'épaisseur de 50 cm.

L'utilisation des GSB en barrière passive dans les bassins filtrants a fait appel à la notion dite "d'équivalence".

Ce produit a été utilisé car le terrain naturel en l'état ne répond pas en termes de perméabilité et d'épaisseur aux exigences réglementaires, afin d'assurer un niveau de protection des nappes souterraines.

7. Références bibliographiques

AFNOR (2009). Guide de bonnes pratiques pour les reconnaissances géologiques, hydrogéologiques et géotechniques de sites d'installation de centres de stockage de déchets.

Geosynthetics International (2005). Empirical equations for calculating the rate of liquid flow through composite liners due to large circular defects in the geomembrane. *Geosynthetics International*, 12(4), 205

CFG (2011). Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques bentonitiques en installations de stockage de déchets.

BRGM/RP (2009). Guide d'équivalence pour l'étanchéité passive pour les installations de stockage de déchets.

EN 14196 Masse surfacique.

EN 16416 Indice de flux.

ASTM D5890 Indice de gonflement.

EN ISO 10319 Résistance à la traction.

EN ISO 12236 Résistance à la perforation statique (CBR).

EN ISO 9864 Masse surfacique.

EN ISO 9863-1 Épaisseur sous 2 kPa.

EN ISO 13433 Perforation dynamique.

