

# RÉTENTION DES SÉDIMENTS DE LA RETENUE DE VEZINS PAR MUR-POIDS EN GABIONS : ESSAI DE PERFORMANCE DU GÉOTEXTILE DE FILTRATION ASSOCIÉ

## **RETENTION OF THE VEZINS' DAM SEDIMENTS BY GABION GRAVITY WALL: PERFORMANCE TEST OF THE FILTER GEOTEXTILE**

Sébastien BOURGÈS-GASTAUD <sup>1</sup>, Jérémie MARMUSE <sup>2</sup>, Guillaume STOLTZ <sup>3</sup>.

<sup>1</sup> France Maccaferri - Valence (France),

<sup>2</sup> Antea Group - Colombelles (France),

<sup>3</sup> Irstea - Aix en Provence (France).

**Résumé** - Lors de la dernière vidange des lacs de la Sélune, des sédiments pollués ont été emportés vers la baie du Mont St-Michel. Afin d'éviter une nouvelle pollution lors de la vidange de 2018, des casiers de stockage de sédiment ont été construits. Pour les entourer, des murs-poids en gabions ont été érigés : un géotextile de filtration à l'interface mur de soutènement / sédiment assure la rétention des particules. Au vu des enjeux environnementaux, le géotextile a été dimensionné puis testé par un essai de performance dans des conditions représentatives du projet. La cinétique d'assèchement a pu être évaluée et l'efficacité de la rétention a atteint plus de 99 %. Lors de l'exécution du chantier, la rétention totale des sédiments a été confirmée.

Mots-clés : géotextile, filtration, sédiment, essai de performance.

**Abstract** – During last emptying of Sélune's lakes, some polluted sediments were flushed into the Bay of Mont-Saint-Michel. In 2018, a new emptying operation was planned. To avoid another dispersion of polluted sediments, gabion gravity walls were realised to create some sediment storage cells. A filter geotextile was installed onto the gabion wall to ensure the filtration of the wet sediment and simultaneously drain water from the sediment and thus dewater them. The success of this project was based on the performance of the filter geotextile. This geotextile was tested in laboratory and site conditions were reproduced.

Keywords: geotextile, filtration, sediment, performance test.

## 1. Introduction

Lors de la dernière vidange des retenues de la Sélune (1993), des sédiments pollués ont été emportés vers la baie du Mont St-Michel. Cette catastrophe écologique a entraîné une disparition massive de la biodiversité du fleuve. Avant d'arasé les deux barrages de la Sélune, une nouvelle vidange était nécessaire en 2018. Afin d'éviter une nouvelle pollution, une solution de rétention des sédiments devait être mise en place avant la vidange. La solution mur-poids en gabions a été adoptée pour former des casiers de stockage de sédiment : les gabions assurent le soutènement des sédiments et permettent l'expulsion des fluides lors de leur consolidation. Afin d'empêcher la migration des sédiments à travers les gabions, un géotextile de filtration a été installé en amont. La réussite de ce projet était donc directement liée à la capacité du géotextile à filtrer les sédiments (retenir les particules et laisser passer l'eau).

La filtration est la fonction la plus courante des géotextiles (GTX). Pourtant, les GTX sont rarement dimensionnés et encore moins souvent testés pour vérifier leur capacité à assurer cette fonction. Le retour d'expérience montre que les GTX non tissés assurent généralement bien la filtration des sols et les pathologies sont très rares. Dans le présent projet, il n'est pas question de filtrer un sol mais une boue. Dans la filtration des sols, les particules du squelette granulaire sont immobiles, le GTX doit simplement les maintenir. Dans la filtration de boue, les particules sont mobiles dans un fluide, le GTX doit les stopper. La filtration de boue est plus complexe car elle implique la mise en place d'une croûte de filtration sur le GTX.

Au vu des enjeux environnementaux de ce projet hors norme et de la difficulté à filtrer des boues, la sélection du GTX devait être rigoureuse. Cet article présente cette sélection : dans un premier temps, le dimensionnement selon les recommandations du Comité Français des Géosynthétiques (CFG) est

présenté. Ensuite, l'essai de performance réalisé est décrit : afin de se placer dans des conditions les plus représentatives du projet, des sédiments ont été prélevés dans la retenue, puis floculés avec le polymère utilisé lors du chantier. Enfin, cette boue a été déposée sur le GTX. La capacité de rétention et la cinétique d'assèchement ont pu être évaluées grâce à un essai de filtration. Pour finir, la mise en œuvre sur chantier est illustrée. Le suivi du chantier a montré une rétention totale des sédiments.

### **1.1. Contexte et problématique du chantier**

La Sélune est un fleuve qui se jette dans la baie du mont St-Michel. Il comporte 2 barrages : Vezins, haut de 36 m et la Roche-qui-Boit, à l'aval, haut de 16 m. Ces barrages forment des retenues de 185 et 30 ha et ils retiennent une grande quantité de sédiment : en 2004 la retenue de Vezins en contenait environ 1,4 Mm<sup>3</sup>. Le remembrement agricole, les élevages hors-sol et l'augmentation des surfaces imperméabilisées accélèrent le transfert des sédiments et des polluants vers la rivière (DRIEE, 2011). En 1993, lors de la dernière vidange des retenues pour une visite de sécurité, des sédiments partiellement pollués et les déchets jetés à la rivière ont obstrué le barrage de la Roche-qui-Boit. Lorsque l'embâcle a cédé, une quantité très importante de boue (entre 120 000 et 200 000 tonnes) a été entraînée vers l'aval (Suzanne, 1993 ; DDTM 50, 2014). Un anéantissement total des peuplements piscicoles jusqu'à la baie du Mont St-Michel a été observé. Riverains et élus dénonçaient alors une « rivière morte », « transformée en égouts ». Depuis aucune vidange n'a été réalisée.

Dès 2002, l'effacement des barrages est évoqué par le SDAGE Seine-Normandie pour restaurer la continuité écologique des rivières, comme la Sélune, offrant un contexte salmonicole (application de la directive cadre européenne sur l'eau). En 2010, la Convention pour une hydroélectricité durable évoque à nouveau l'effacement des barrages de la Sélune. En 2015, une nouvelle vidange est alors nécessaire pour le contrôle de sécurité des barrages. En novembre 2017, Nicolas Hulot annonce la destruction des deux barrages. Première opération de cette ampleur en Europe, ce chantier se distingue par la hauteur des ouvrages affectés (16 m et 36 m). Le caractère emblématique du chantier est renforcé par le fait que la Sélune se jette dans la Baie du Mont St-Michel, haut lieu du tourisme et de la biodiversité, inscrit au patrimoine mondial de l'Unesco et siège d'activités sensibles à la qualité de l'eau (ostréiculture, conchyliculture, pêche) (DDTM 50, 2012).

Ce projet a un coût estimé à 55 M€ sur une durée d'au moins 10 ans. Le premier chantier concernait la gestion des sédiments, il fallait retenir la totalité des sédiments potentiellement mobilisables des deux retenues pendant la vidange et jusqu'à l'effacement des barrages. Ces travaux ont consisté à (DDTM 50, 2014) :

- extraire les sédiments mobilisables présents dans le lit mineur de la Sélune,
- rétablir un lit mineur avec une morphologie proche de son état naturel d'origine,
- mettre en dépôt au droit du lit majeur les sédiments extraits dans le lit mineur,

Les études préalables ont diagnostiqué une pollution aux métaux lourds des sédiments localisés au niveau de l'embouchure de l'Yvrande (retenue de Vezins). La non-mobilisation de ces sédiments pollués était une exigence majeure de l'opération. La solution consistait à :

- dériver le lit mineur d'origine de l'Yvrande par curage mécanique,
- créer des casiers de stockage des sédiments pollués,
- recouvrir ces sédiments pollués avec des sédiments sains.

Ce chantier de gestion des sédiments intègre un suivi environnemental complet : 5 piézomètres autour des casiers et un suivi automatique de la qualité de l'eau à l'amont et à l'aval des retenues (O<sub>2</sub>, T°, turbidité, conductivité, pH et mesure des MES).

### **1.2. Solution technique de stockage des sédiments**

Avant la vidange des lacs, les sédiments du lit mineur devaient être stockés dans des casiers bâtis sur le lit majeur. Ces casiers de stockage devaient donc être édifiés sous eau. Les murs de ces casiers, pouvant atteindre 5 m de hauteur, devaient être en mesure de soutenir les sédiments après la vidange et être en capacité de filtrer les sédiments, c'est-à-dire de retenir les particules solides sur lesquels les polluants sont majoritairement adsorbés.

Peu de solution de soutènement peuvent être installées sous eau depuis un bateau. Le choix s'est porté sur des gabions double-torsion préremplis présentant plusieurs avantages :

- les Gabions sont remplis en carrière, puis assemblés entre eux pour former des structures de 3 x 2 x 1 m<sup>3</sup>, soit des unités de 10 tonnes environ convoyées par barge jusqu'au lieu de mise en place ;
- ces unités ont été installées à la grue sous l'eau après curage de la fondation et son renforcement par des matelas RENO. Par empilement successif des unités de Gabions, un mur-poids a été édifié sous eau avec l'assistance de plongeurs ;
- les stabilités interne et externe du mur-poids gabion ont été vérifiées aux états limites ultimes en conditions fondamentale, sismique et accidentelle (NF P94-281) ;
- les gabions à fil revêtu de polymère ont une durabilité de plus de 100 ans ;
- les gabions sont fortement poreux (30 %) et très perméable. Ils sont transparents hydrauliquement et contribuent donc à l'assèchement des sédiments ;
- les gabions sont suffisamment souples pour épouser le fond irrégulier du lac et accepter les tassements différentiels (Figure 1).

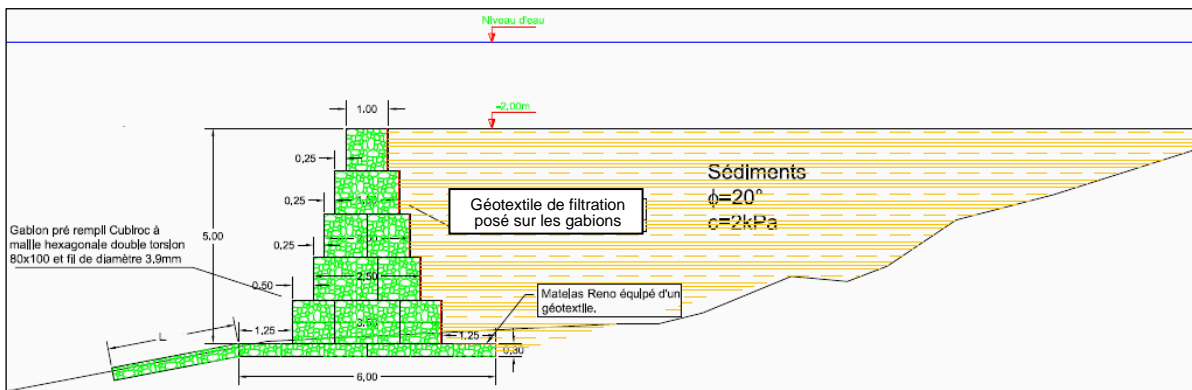


Figure 1. Coupe du mur-poids en gabions dans l'Yvrande. Il est fondé sur des matelas de gabions qui assurent la stabilité et la lutte contre l'affouillement à l'aval du mur.

Les sédiments étant trop fins pour être filtrés par les gabions, un GTX de filtration assurant la rétention des particules était nécessaire. Ainsi la réussite de ce projet hors norme reposait en partie sur une des fonctions les plus basiques des GTX à savoir la filtration. Alors que dans la plupart des ouvrages, la filtration n'est même pas dimensionnée, pour ce projet, un dimensionnement et un essai de performance ont été réalisés. La prochaine partie décrit la méthode pour identifier le géotextile le plus approprié.

### 1.3. Dimensionnement de la filtration du mur-poids gabion filtrant

Afin de présélectionner le GTX, la méthode de dimensionnement du fascicule du CFG a été utilisée. Le GTX sélectionné a ensuite été testé par un essai de performance réalisé dans les conditions du projet : le sédiment prélevé dans la retenue a été floculé avec le polymère utilisé lors du chantier. Cette boue floculée a été déposée sur le GTX. La capacité de rétention du GTX et la cinétique de filtration ont pu être évaluées grâce à un essai de filtration réalisé dans le laboratoire géosynthétique d'Irstea, avec une cellule expérimentale développée dans le cadre d'une thèse sur l'assèchement de déchets miniers (Bourgès-Gastaud et al., 2014).

### 1.4. Solution technique de stockage des sédiments

Le fascicule filtration / drainage du CFG (2014) offre une méthode de dimensionnement dans laquelle deux critères sont à vérifier :

- le critère de non rétention des fines permet d'assurer que les particules fines peuvent passer librement à travers le GTX. Lors du début de la filtration, les fines présentes dans le squelette granulaire sont éliminées pour ne pas former un obstacle au fluide. Le critère de non rétention des fines impose une ouverture de filtration supérieure à 63 µm (valeur maximale de la taille des particules fines dans les normes sur la classification des sols (NF P 11 300, AFNOR 1992) ;

- le critère de rétention du squelette vérifie que le GTX est en mesure de maintenir les particules formant le squelette granulaire du matériau à filtrer. C'est ce squelette granulaire qui retient les particules fines situées en amont (CFG, 2014).

Pour ce chantier, le matériau à filtrer n'est pas un sol mais une boue. Les particules ne sont pas en contact grain à grain mais en interactions électrostatiques. Les boues sont plus complexes à filtrer que les sols : les particules y sont mobiles, ce qui induit une perte de perméabilité du système boue/GTX au cours du temps due à la mise en place graduelle d'une croûte de filtration sur le GTX. Cette croûte est responsable de la rétention des particules plus fines que l'ouverture de filtration. Ce type de filtration est rare dans les travaux publics, mais elle est courante dans l'industrie (filtration d'effluent, d'huile, d'eau, d'air...). Elle est consubstantielle à une perte de perméabilité au cours du temps. Dans une application d'assèchement, comme ce chantier, la perte de perméabilité n'est pas problématique car le volume d'eau à extraire est fini, il décroît au fur à mesure de la décroissance de la perméabilité. La méthode du fascicule filtration / drainage du CFG n'est pas destinée au dimensionnement d'une filtration de boue mais de sol. Les auteurs ont toutefois utilisé cette méthode pour présélectionner un GTX avant de réaliser un test de performance validant le produit.

Le critère de rétention du squelette permet de définir l'ouverture maximale du GTX. La courbe granulométrique ne permet pas de définir le coefficient d'uniformité avec exactitude, il est supposé que la boue à filtrer à une granulométrie continue et étalée ( $C_U > 6$ ) : la dimension représentative est donc définie par le  $d_{50}$  du sol à filtrer. Les formules sont donc :

$$O_{90} \leq C d_{50}$$

avec :

$$C = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4$$

où :

- Coefficient  $C_1$  : Granulométrie continue et étalée  $C_U > 6$  soit  $C_1 = 1$
- Coefficient  $C_2$  : la boue est comme lâche soit  $C_2 = 0,8$
- Coefficient  $C_3$  : Le gradient hydraulique est faible ce qui implique  $C_3 = 1$
- Coefficient  $C_4$  : la fonction du GTX est de servir de filtre :  $C_4 = 1$

Le coefficient global C est donc égal à 0,64. Avec  $d_{50} = 100 \mu\text{m}$ , on a  $O_{90} = 64 \mu\text{m}$ .

L'application de la méthode du fascicule du CFG conduit à un GTX dont l'ouverture est comprise entre  $63 \mu\text{m}$  (non rétention des fines) et  $64 \mu\text{m}$  (rétention du squelette).

Pour une filtration optimale, un GTX aiguilleté thermo-calandré a été privilégié. Le calandrage est une étape de finition consistant à faire passer le GTX entre deux rouleaux chauffants afin de lisser la surface par fusion des fibres. Bourgès-Gastaud et al. (2014) ont démontré que les calandrés entraînent une mise en place plus rapide de la croûte de filtration et donc une rétention plus importante des particules. En filtration industrielle, le calandrage est aussi reconnu pour augmenter l'efficacité de la filtration (Lydon, 2004).

Concernant la perméabilité, nous avons analysé la relation entre l'ouverture et la perméabilité en fonction de la masse surfacique des GTX afin de sélectionner le GTX le plus perméable pour une ouverture proche de l'ouverture calculée. Les ouvertures et la perméabilité des différents GTX aiguilletés thermo-calandrés de la gamme Maccaferri sont présentées ci-dessous selon leur masse surfacique (Figure 2). Plus la masse surfacique augmente, plus l'ouverture et la perméabilité diminuent. Pour des ouvertures d'environ  $65 \mu\text{m}$ , la perméabilité varie de 70 à 22  $\text{l/m}^2 \cdot \text{s}$ . La droite pointillée symbolise le GTX sélectionné.

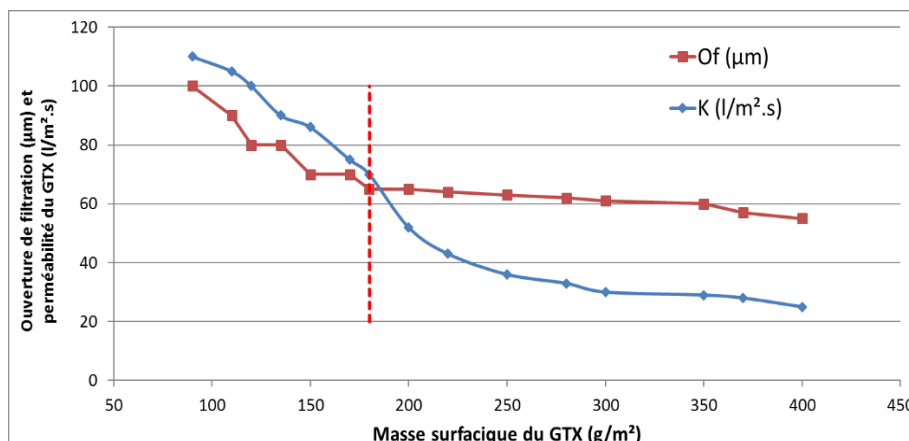


Figure 2 Ouverture et perméabilité des GTX selon leur masse surfacique

À l'issue d'une approche reposant sur un dimensionnement de l'ouverture par application des critères de rétention, puis une analyse de la relation ouverture / perméabilité afin de maximiser cette dernière, le GTX H 35.1 (180 g/m<sup>2</sup>) a été sélectionné car il a la plus forte perméabilité (70 l/m<sup>2</sup>.s) pour une ouverture de 65 µm.

### 1.5. Test de performance de la filtration avec le GTX sélectionné et le sédiment floculé

Différents tests de filtration existent pour vérifier la capacité d'un GTX à filtrer un sol, le plus célèbre étant le *Gradient Ratio Test* (ASTM, 2006). Ces essais ne sont pas adaptés pour la filtration de boue. Le test de filtration sous pression, développé dans l'industrie de la filtration, permet de caractériser la capacité d'un filtre à filtrer une boue (filtration sur support). La filtration sur support consiste à faire passer un mélange fluide / solide à travers un filtre. Les particules sont retenues par le filtre, elles forment alors un croûte de filtration dont l'épaisseur croît au cours de la filtration. Cette croûte est le réel élément filtrant, le GTX n'est que le support de la croûte. L'assèchement de la boue ne dépend pas du GTX mais de la boue elle-même. En effet, ce sont les phénomènes électrochimiques, qui lient l'eau aux particules de la boue, qui gouvernent sa siccité selon les conditions extérieures (principalement pression et température) (Bourgès-Gastaud et al., 2014). Les floculants agissent sur ces phénomènes et libèrent l'eau.

Dans l'essai de performance réalisé, deux phases ont été étudiées : la sédimentation du matériau sous l'effet de la gravité dans la colonne d'eau, puis la filtration lorsque, sous l'effet d'une différence de pression hydraulique, l'eau migre dans le sédiment puis traverse le filtre.

## 2. Matériel et méthode

Le sédiment a été prélevé dans le lac de Vezins puis envoyé à Irstea Aix-en-Provence. La teneur en eau ( $w_t = \text{Masse eau} / \text{Masse totale}$ ) du sédiment a été mesurée à sa réception par étuvage à 60°C, elle était de 65,6 % soit à une siccité de 34,4 %.

La cellule de filtration utilisée se compose de deux parties (Figure 3) :

- la partie à l'amont du GTX est une colonne transparente de 1 m de haut qui contient environ 7 litres de boue.
- la partie à l'aval du GTX recueille le filtrat (liquide et éventuellement solide). Elle peut être : 1) ouverte, la pression à l'aval du GTX = pression atmosphérique ou 2) fermée, la pression à l'aval du GTX = pression hydrostatique (hauteur de boue).

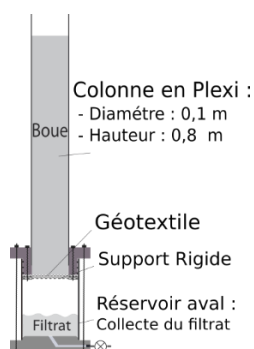


Figure 3 Schéma de la cellule de filtration utilisée (Bourgès-Gastaud, 2014)

### 2.1 Phases de l'essai

L'essai de filtration se déroule en trois étapes afin d'être le plus représentatif possible de ce qui se passe dans le lac au cours du chantier. Le tableau 1 décrit ces phases et leur correspondance avec la réalité.

Tableau 1. Phases de l'essai pour évaluer les performances du géotextile filtre

Phase de l'essai	Modalité d'essai	Correspondance Terrain
Préparation de la boue	-Dilution de la boue à 15% -Floculation de la boue (1,15 g de polymère / kg de MS)	Dragage et Dilution du sédiment Injection du floculant
Dépôt de la boue sur le GTX saturé en eau	Réservoir aval clos : différence de pression avec l'aval nulle = pas de filtration.	Dépôt de la boue derrière les murs gabion, sous eau : différence de pression de part et d'autre du mur nulle
Sédimentation pure	Durant 24h : partie aval close l'eau ne peut sortir. Suivi de l'interface boue / surnageant	Sédimentation des particules floculées dans la colonne d'eau du lac
Filtration sous poids propre : pression atmosphérique à l'aval du GTX	Ouverture de la partie aval : -Suivi quantité et siccité du filtrat au cours du temps -Estimation conductivité du système boue / GTX	Début de la vidange du lac : assèchement et consolidation de la boue

### 3. Analyse des résultats

#### 3.1. Phase de sédimentation

Durant la phase de sédimentation, le tassement du sédiment (% de la hauteur initiale) est suivi en fonction du temps. Au bout d'1h30, le tassement du sédiment devient linéaire en fonction du logarithme du temps, ce qui correspond à une cinétique très lente. À la fin de cette phase, au bout de 24h, la vitesse du tassement est significativement lente (0,05 cm/h).

#### 3.2. Phase de filtration

Après 24 h de sédimentation, la partie inférieure de la cellule est ouverte. Le filtrat peut alors librement s'écouler vers l'aval à travers le GTX : la quantité de filtrat est suivie en fonction du temps, tout comme la hauteur du surnageant et du sédiment. L'ensemble du filtrat est recueilli, pesée, et étuvé à 60°C afin de déterminer sa siccité en fonction du temps (Figure 4).

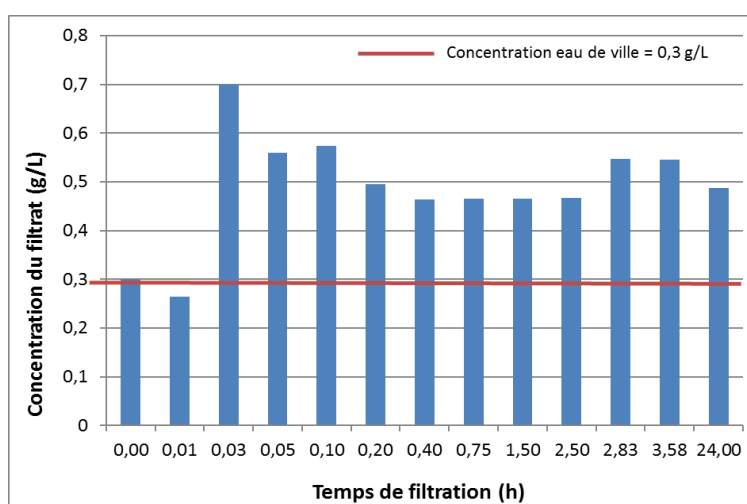


Figure 4. Évolution de la concentration du filtrat en fonction du temps durant la filtration

Sur la Figure 4, la concentration du filtrat est comparée avec le résidu à sec de l'eau de ville utilisée pour diluer le sédiment, mesurée à 0,3 g/L. Ainsi 2 min après le début de la filtration, le filtrat contient seulement 0,4 g/L de résidu à sec en plus des 0,3 g/L de l'eau de ville. Ces éléments traversant le GTX pourraient être des minéraux dissous ou des molécules organiques, leur nature n'a pas été identifiée.

L'efficacité de filtration (%) du GTX est définie, en fonction du temps de filtration  $t$  :

$$EF(t) = \frac{C_{\text{sédiment}}(t) - C_{\text{filtrat}}(t)}{C_{\text{sédiment}}(t)} \times 100$$

avec  $C_{\text{sédiment}}(t)$  la concentration au temps  $t$  du sédiment en amont du GTX et  $C_{\text{filtrat}}(t)$  la concentration au temps  $t$  du filtrat.

L'efficacité de filtration (EF) du GTX testée avec le sédiment de Vezins floculé est supérieure à 99,8 % pendant toute la phase de filtration. La rétention est donc optimale.

Tant que le sédiment est saturé et qu'un surnageant d'eau se trouve au-dessus, il est possible d'estimer la conductivité au fluide du matériau par la formule issue de la loi de Darcy :

$$\ln\left(\frac{H(t)}{H(t_0)}\right) \times L_{\text{ép}} = K_{\text{fluide}} \times t$$

avec  $H(t)$  charge hydraulique variant au cours du temps,  $L_{\text{ép}}$  hauteur du sédiment.

La conductivité hydraulique de la croûte de filtration et du GTX,  $K_{\text{fluide}}$ , est de  $3.10^{-5}$  m/s.

Le tassement du sédiment est également suivi en fonction du temps. Une cinétique en deux temps est observée : d'abord un tassement dû au gradient hydraulique et ensuite dû à la contrainte effective croissante exercée par le sédiment désaturé au-dessus de la zone de sédiment toujours saturé (mais non mesurable). Après seulement 7 h de filtration, le sédiment a perdu 85 % de son volume initial.

### 3.3. État du sédiment après l'essai

À la fin de l'essai, la carotte de sédiment (30 cm contre 80 cm initialement ; Figure 5) est étuvée : la siccité finale est homogène, d'environ 39 %. Cette augmentation de la siccité (de 15 à 39 %) résulte d'une consolidation du sédiment sous son poids propre sans contrainte mécanique extérieure. Sur le chantier, la hauteur de sédiment étant beaucoup plus importante, la siccité et la consolidation seront nettement supérieurs.



Figure 5. Carotte sortie de la cellule de filtration en fin d'essai

### 3.4. État du géotextile après l'essai

L'éprouvette de GTX sortie de la cellule de filtration a été pesée, étuvée à 60°C, pesée à nouveau, lavée à grande eau, étuvée à 60°C et pesée à nouveau. La quantité de particules imprégnées dans le GTX est inférieure à 0,1 g.

### 3.5. Conclusion sur la performance du GTX testé

Le test de performance réalisé montre que le GTX testé (MACTEX H35.1) a une efficacité de filtration du sédiment floculé supérieure à 99,8 %. Durant la phase de filtration, le résidu à sec du filtrat recueilli atteint 0,7 g / l au maximum, soit à peine 2 fois le résidu à sec de l'eau de ville. Ce test a validé l'utilisation de ce GTX dans la retenue de Vezins. Dans la partie suivante, le chantier est illustré.

## 4. Déroulement du chantier

L'emprise des murs en gabions a été décapée, puis une substitution et un clouage du fond ont été réalisés. Environ 8500 m<sup>3</sup> de gabions préremplis et 7000 m<sup>2</sup> de matelas en gabions préremplis ont été installés au fond de la retenue de Vezins par le groupement de société Vinci. Le GTX a été déroulé et installé sous

eau contre les gabions grâce à des plongeurs. Le chantier de pose des gabions a duré environ 4 mois. La grue utilisée a une capacité de 100 tonnes (Figure 6).



Figure 6 Mise en œuvre des gabions préremplis

La vidange du lac s'est déroulée en plusieurs étapes (Figures 8 et 9). Après stockage de tous les sédiments, le niveau d'eau a été abaissé d'environ 1 m par jour. La vidange a été terminée fin août 2018.



Figure 7. Casier sur l'Yvrande : lit mineur à gauche, sédiments dragués en aval injectés dans le casier plus en amont.





Figure 8. Le même casier sur l'Yvrande après abaissement du niveau du lac de 2 m.

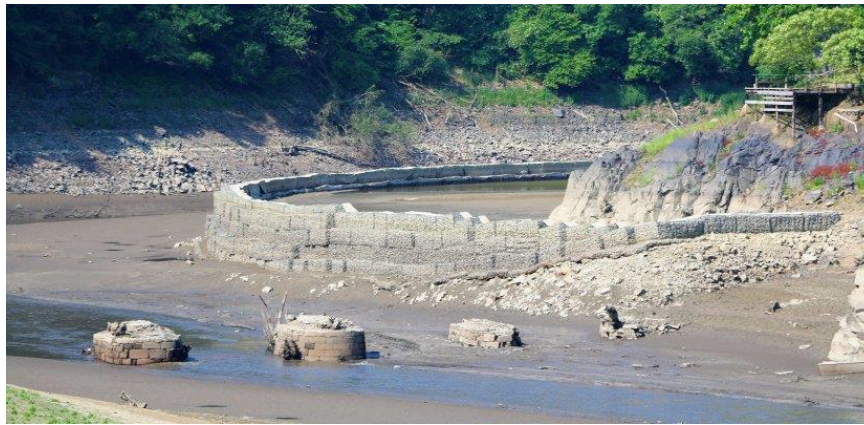


Figure 9. Casier au lieu-dit la Ville, aux Biards.

Le suivi environnemental à l'aval des barrages n'a relevé aucune pollution dans l'eau. La turbidité et les concentrations en polluants sont restées dans les limites réglementaires. La méthode de stockage des sédiments est donc une pleine réussite.

## 5. Conclusion

Avant de vidanger les retenues sur la Sélune en vue de l'arasement des Barrage de Vezins et la Rochequi-boit, et pour ne pas reproduire la catastrophe environnementale de 1993, une solution de rétention de sédiments devait être mise en place. Le volume de sédiments à retenir s'élevait à plus de 100 000 m<sup>3</sup> avec une exigence de ne pas exporter les sédiments en dehors de l'emprise actuelle. Parmi les principales contraintes du projet, il fallait installer le dispositif de retenue sous eau, avant la vidange du lac. Ce soutènement devait être filtrant, retenir les sédiments et laisser l'eau s'écouler.

La solution adoptée a consisté à réaliser des casiers de rétention délimités par des murs-poids constitués de gabions préremplis et posés sous eau. Les gabions assurent la stabilité mécanique et ils sont transparents hydrauliquement. La fonction filtration est assurée par un GTX non tissé installé en amont de l'ouvrage.

Dans ce projet, le GTX devait donc filtrer un sédiment floculé. La méthode de dimensionnement proposée par le fascicule drainage-filtration du CFG ne traite pas de la filtration de boue. Face à l'exigence d'une rétention optimale, il fallait réaliser un test dans des conditions les plus proches du projet. Grâce à une cellule de filtration, un test de performance a été réalisé avec le sédiment de la retenue de Vezins floculé avec le floculant utilisé pour le chantier. Ce test a permis d'évaluer l'efficacité de filtration du GTX :

elle atteint plus de 99 %, avec un résidu à sec du filtrat à peine deux fois supérieur au résidu à sec de l'eau de ville. Par ailleurs, la réduction de volume atteint plus de 85 % en 7 h de filtration sans contrainte.

Le GTX testé et validé expérimentalement a donc été utilisé dans le lac de Vezins. Lors du chantier, le géotextile a parfaitement rempli sa fonction de filtration. Le suivi environnemental de l'eau en aval des barrages n'a montré ni hausse significative de la turbidité, ni concentrations en polluant supérieures à la normale.

## 6. Références bibliographiques

- AFNOR NF P 94-281 (2014). Justification des ouvrages géotechniques - Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 - Ouvrages de soutènement - Murs, Paris.
- ASTM D5101-01 (2006). Measuring the Soil-Geotextile System Clogging Potential by the Gradient Ratio. West Conshohocken, PA, USA.
- Bourgès-Gastaud S. (2014). Développement de géocomposites innovants dédiés à l'assèchement de boues minières : contributions des phénomènes mécanique et électro-osmotique. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble.
- Bourgès-Gastaud S., Stoltz G., Sidjui F., Touze-Foltz N. (2014). Nonwoven geotextiles to filter clayey sludge: an experimental study. *Geotextiles and Geomembranes*, 42, pp. 214-223.
- CFG (2014). Fascicule de recommandations pour l'emploi des Géosynthétiques dans les systèmes de drainage et de Filtration.
- DDTM 50 (2012). Journal de l'opération d'effacement des barrages de la sélune, Num. 1.
- DDTM 50 (2014). Journal de l'opération d'effacement des barrages de la sélune, Num. 3.
- DDTM 50 (2017). Vidange et gestion sédimentaire de la retenue de Vezins, Num 1.
- DRIEE Île-de-France (2011). Plan de gestion des poissons migrateurs du bassin Seine-Normandie 2011-2015. Consulté le 07/02/18 sur [www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/BROCHURE\\_PLAGEPOMI\\_cle5334ca.pdf](http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/BROCHURE_PLAGEPOMI_cle5334ca.pdf).
- Lydon R. (2004). Filter media surface modification technology: state of the art. *Filtration* 41.
- Suzanne J.-C (1993). Les vidanges de barrages réservoirs, prévention des impacts, gestion des opérations. Conseil Général des Ponts et Chaussées n 93-137.