

# RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR L'UTILISATION DES GÉOSYNTHÉTIQUES DANS LES RÉPARATIONS DE DIGUES ET BERGES DE VOIES NAVIGABLES

## FEEDBACK ON THE USE OF GEOSYNTHETICS IN WORKS ON FRENCH CANAL AND RIVER DIKES AND BANKS

Mathieu GALIANA

Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales, Compiègne, France

**RÉSUMÉ** – Les géosynthétiques occupent une place essentielle dans les projets de construction ou de réparations d'ouvrages de navigation extérieurs ou intérieurs. Tout retour d'expérience sur l'utilisation de ces produits ne peut s'avérer qu'enrichissant pour les gestionnaires, concepteurs et entreprises. Le présent article s'attache à présenter un retour d'expérience mené sur les berges et les digues des voies navigables après avoir exposé rapidement les principales applications des géotextiles en milieu maritime ou fluvial. Les études en cours de l'Association Internationale de Navigation (AICPN) sur l'application des géotextiles dans la protection des rivages maritimes et fluviaux (Groupe de travail MarCom 56) et du Centre d'Études Technique Maritimes et Fluviales sur l'aménagement des berges des voies navigables et les réparations des digues des voies navigables sont présentées.

**Mots-clés** : digues, berges, érosion, réparations, génie végétal, géomembranes.

**ABSTRACT** – Geosynthetics have got an important role in the works of waterways. Every feedback on the use of these products can't but be interesting for managers, engineering offices, enterprises. This article focuses on a feedback led on the works of french navigables dikes and banks and quickly on the main application of geotextiles in fluvial and coastal works. First results from current studies made by AICPN and Cetmef are presented.

**Keywords**: dikes, banks, erosion, works, vegetative bank protection, geomembranes

### 1. Introduction

Présents sur différents types d'ouvrages tels que les brises-lames, les quais, les digues, les berges, etc, les géosynthétiques peuvent assurer des fonctions variées suivant leurs caractéristiques et leur localisation en fondation, sur les talus ou dans le corps de l'ouvrage. Sur l'ensemble du parc d'ouvrages des Voies Navigables de France, les géosynthétiques trouvent de nombreuses applications sur les digues et les berges. Les ouvrages de VNF sont anciens et sont soumis à de nombreuses pathologies telles que les affouillements, les fuites, les glissements,... Pour pallier ces désordres, de nombreuses techniques existent et diffèrent suivant la localisation et l'enjeu de l'intervention. Il est possible d'avoir recours à des techniques de soutènement ou d'étanchéité telles que les palplanches, les Dispositifs d'Étanchéité par Géomembranes ou d'aménagement de berges comme les techniques en enrochements, tunage ou en génie végétal. Dans la plupart des cas, les géosynthétiques apportent des solutions en se substituant à des techniques classiques de génie civil, ou en s'intégrant dans l'ouvrage avec une ou plusieurs fonctions précises.

Après avoir donné un aperçu succinct des applications des géosynthétiques en milieu fluvial et maritime et notamment sur les digues et les berges, cet article se focalisera sur un retour d'expérience effectué sur les réparations de digues et sur les aménagements de berges de VNF. Des exemples de travaux où sont mis en place des géosynthétiques seront exposés ainsi que le bilan du retour d'expérience par rapport à l'utilisation des géosynthétiques.

### 2. Applications des géosynthétiques sur les digues et les berges en milieu fluvial et maritime

En milieu fluvial et maritime, les géosynthétiques sont utilisés sur les brise-lames; les berges; les digues; les plages et les dunes; les épis; les murs de quai; les plates-formes offshore; les pipelines et les barrages. Une publication de l'AICPN du groupe de travail MarCom 56 récapitulera prochainement de manière exhaustive les applications des géosynthétiques sur les rivages. En ce qui concerne les digues et les berges, les applications sont multiples et peuvent avoir lieu en fondation, sur les talus ou dans le corps d'ouvrage. Dans ces cas, les géosynthétiques peuvent assurer des fonctions de filtre, de

séparation, de contrôle de l'érosion, de drainage, de renforcement, de confinement ou d'étanchéité. La figure 1 et le tableau 1 illustrent les fonctions assurées par ces géosynthétiques en fonction de leur localisation sur l'ouvrage.

Tableau 1 : Fonctions des géosynthétiques selon le type d'ouvrage [AICPN, 2009]

|                       | Berges | Digue                           |
|-----------------------|--------|---------------------------------|
| Filtre / séparation   | 1      | 1, 2, 3                         |
| Contrôle de l'érosion | 2      | 4 <sup>a</sup> , 4 <sup>b</sup> |
| Drainage              |        | 5                               |
| Renforcement          | 3      | 3, 4, 6                         |
| Confinement           | 2, 4   | 7                               |
| Étanchéité            | 4      | 8                               |

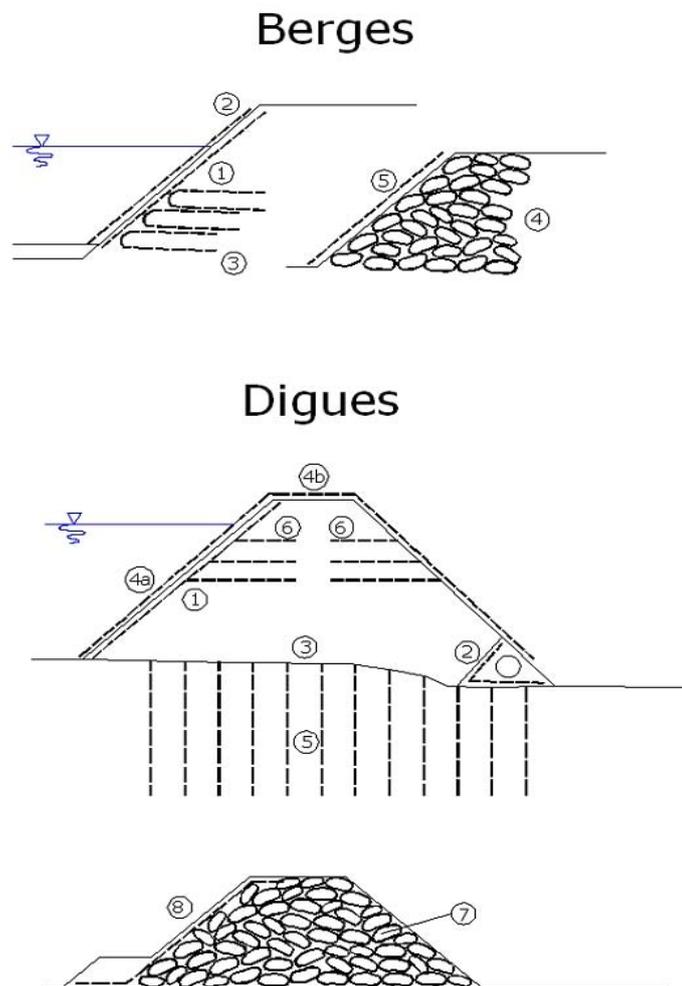


Figure 1. Applications des géosynthétiques sur les digues et berges (AICPN, 2009)

### 3. Retour d'expérience sur les digues et les berges de Voies Navigables de France

#### 3.1 Présentation et contexte

Les digues de voies navigables maintiennent un niveau constant ou variant lentement dans les zones où la ligne d'eau est plus haute que le terrain naturel. Avec les berges, elles constituent des ouvrages majeurs pour leur environnement proche et la pérennité de la voie d'eau. Ces deux types d'ouvrages se

retrouvent à la fois sur les canaux et les rivières navigables et assurent de nombreuses fonctions: physique (étanchéité, soutènement d'infrastructures,...), hydraulique (échanges d'eau entre la voie d'eau et la nappe pour les berges par exemple), écologique (biodiversité, filtre de l'eau,...), socio-économiques (accueil d'activités telles que la pêche, le vélo...) et paysagères (attrait touristique de la voie d'eau).

En raison de la vétusté des ouvrages de VNF, les travaux de réparations et d'aménagements sont fréquents et ils peuvent consister en une intervention sur :

- le corps de digue, après une brèche partielle ou totale. Un remblaiement en matériaux d'apport associés parfois avec des techniques de génie civil tels que les enrochements, les palplanches et le béton est alors réalisé;
- la berge, suite à l'inefficacité de la protection, à des anses d'érosion, etc. Des techniques traditionnelles de génie civil telles que les palplanches, les enrochements ou des techniques en génie végétal<sup>1</sup> telles que le fascinage ou les boudins d'hélophytes peuvent être mises en oeuvre. Des techniques mixtes, qui sont une combinaison de ces deux types de techniques peuvent également être réalisées;
- le dispositif d'étanchéité, suite à l'inefficacité du dispositif d'étanchéité, des fuites, etc. Des techniques de génie civil telles que les palplanches, les géomembranes etc. peuvent être mises en œuvre.

Suite à plusieurs retours d'expériences menés par le Centre d'Études Techniques et Maritimes et Fluviales avec l'appui des Centres d'Études Techniques de l'Équipement sur les réparations de digues et les aménagements de berges, il a été constaté que, depuis une dizaine d'années, le recours aux géosynthétiques est fréquent. Au total, parmi les seize cas d'aménagements de berges et les vingt-trois cas de réparations de digues qui ont fait l'objet d'un retour d'expérience en 2008 et 2009, les géosynthétiques ont été utilisés dans vingt-quatre cas :

- sept cas de techniques en génie végétal;
- dix cas de techniques en génie mixte;
- sept cas de techniques en génie civil dont six cas de DEG et un cas d'enrochements sur fascines.

Le tableau 2 liste le nom des aménagements et des réparations qui ont fait l'objet d'un retour d'expérience et dans lesquels des géosynthétiques ont été utilisés. Des exemples de réparations et d'aménagements sont présentés dans la partie suivante.

### 3.2. Exemples

#### 3.2.1 Réparations par DEG d'une digue à Briennon sur le canal de Roanne à Digoïn en 2007

Le canal de Roanne à Digoïn est une voie d'eau au gabarit Freyssinet, qui a pour fonction l'alimentation du canal latéral à la Loire. En juin 2007, suite à un mécanisme d'érosion interne, une brèche totale s'est produite dans la digue située à trois kilomètres en aval du port de Briennon. La digue initiale, d'une hauteur d'environ douze mètres, d'une largeur de quatre mètres en crête et avec des pentes de talus de 2V/3H, était un remblai homogène avec une étanchéité en corroi d'argile et une défense de berges en pieux bois.



Figure 2. Vue de la brèche dans la digue à Briennon (source VNF)

<sup>1</sup> Les techniques en génie végétal sont des techniques utilisant des végétaux vivants ou parties de végétaux vivants. Ces techniques reposent sur l'aptitude des végétaux utilisés à se multiplier et à fixer le sol par le développement de leur système racinaire

Tableau 2 : Liste des sites de retour d'expérience

|    | Nom de la voie d'eau          | Localisation                          | Année     | Type de technique employée   |
|----|-------------------------------|---------------------------------------|-----------|--|
| 1  | Grande Saône                  | Dracé (69)                            | 1998      | Génie végétal : double tressage  |
| 2  | Grande Saône                  | Guéreins (71)                         | 2005      | Génie végétal : boudins d'hélophytes   |
| 3  | Grande Saône                  | Replonges (70)                        | 2006      | Génie mixte : Tunage et plage plantée d'hélophytes                           |
| 4  | Petite Saône                  | Autet (70)                            | 2003      | Génie mixte : Caissons végétalisés et matelas gabions <sup>2</sup>           |
| 5  | Petite Saône                  | Gray (70)                             | 2004      | Génie mixte : Merlons avec zone à hélophytes                                 |
| 6  | Dérivation de la Saône        | Dracé (69)                            | 1998-1999 | Génie mixte : Enrochements végétalisés                                       |
| 7  | Dérivation de la Saône        | Apremont (70)                         | 2007      | Génie mixte : Enrochements végétalisés et gabions                            |
| 8  | Dérivation de la Saône        | Verreux (70)                          | 2004      | Génie mixte : Fascines d'hélophytes et cages gabions                         |
| 9  | Canal du Rhône au Rhin        | Jonchet                               | 2006      | Génie civil : DEG avec protection en béton                                   |
| 10 | Canal de Roanne à Digoïn      | Briennon                              | 2007      | Génie civil : DEG avec protection en matelas gabions                         |
| 11 | Rigole de l'Arroux            | Digoïn                                | 2001      | Génie civil : DEG avec protection en béton                                   |
| 12 | Canal Latéral à la Loire      | Châtillon                             | 2002      | Génie civil : DEG avec protection en béton                                   |
| 13 | Canal de Briare               | Bief de Montambert (58)               | 2002      | Génie civil : DEG avec protection en matelas gabions                         |
| 14 | Canal de la Marne au Rhin Est | Bief 8-9 - Rechicourt                 | 2003      | Génie mixte : hélophytes et enrochements                                     |
| 15 | Canal des Vosges              | Bief 41- Neuvilliers sur Moselle (54) | 2004      | Génie végétal : tressage et natte prévégétalisée                             |
| 16 | Canal des Vosges              | Bief 41- Neuvilliers sur Moselle (54) | 2004      | Génie végétal : fascines d'hélophytes  |
| 17 | Canal des Vosges              | Bief 41- Neuvilliers sur Moselle (54) | 2004      | Génie végétal : fascines végétalisées à l'avant d'une frayère                |
| 18 | Canal des Vosges              | Bief 41- Neuvilliers sur Moselle (54) | 2004      | Génie végétal : plages d'hélophytes et d'hydrophytes                         |
| 19 | Canal des Vosges              | Bief 41- Neuvilliers sur Moselle (54) | 2004      | Génie végétal : caissons végétalisés et plages d'hélophytes et d'hydrophytes |
| 20 | Canal des Vosges              | Bief 41- Neuvilliers sur Moselle (54) | 2004      | Génie mixte: matelas d'hélophytes avec butée en enrochements                 |
| 21 | Meuse                         | Bief Charleville Mézières Nouzonville | 2003      | Génie mixte : lits de plançons et enrochements                               |
| 22 | Meuse                         | Bief 55 - Montigny                    | 2005      | Génie mixte : boudins d'hélophytes, lits de plançons et plaquettes calcaires |
| 23 | Canal du Nord                 | Bief 4-5                              | 2003      |  |
| 24 | Canal de Neufossé             | Blaringhem (62)                       | 2001      | Génie civil : enrochements sur fascines et géotextile                        |

2 Les matelas gabions sont une structure de cage grillagée remplies de cailloux ou galets de grande dimension en plan et de faible épaisseur (20 à 30 cm).

Les réparations ont consisté en la reconstruction de la digue et en la mise en place d'un DEG sur une cinquantaine de mètres. Le phasage des travaux a été le suivant :

- reconstitution du corps de digue en graves;
- réalisation d'un noyau d'argile;
- réalisation d'une tranchée drainante côté amont du noyau argileux avec un exutoire vers la vallée de la Loire pour rabattre la nappe dans la digue;
- mise en œuvre d'un DEG constitué d'une couche support en grave 0/31,5, d'un géotextile non tissé, d'une géomembrane bitumineuse et d'un géotextile anti-poinçonnement. La géomembrane a été ancrée en sommet de digue dans une tranchée d'ancrage remplie de graves et fixée avec des épingles au fond de la tranchée. Les géotextiles ont été ancrés en sommet de digue en arrière des matériaux qui recouvraient l'ensemble géomembrane-géotextile. Cet ensemble a été recouvert de matelas gabions fixés en tête par des filins reliés à des pieux métalliques de deux mètres.

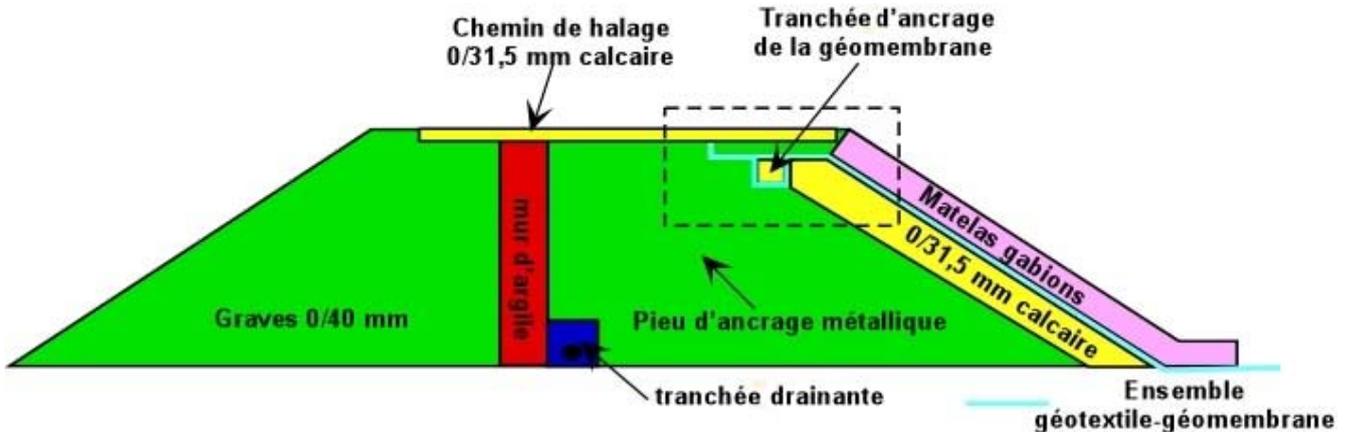


Figure 3. Coupe type du projet de réparations de la digue (source CETE Lyon)

Le coût des travaux s'est élevé à environ 280 000 euros. Compte-tenu des contraintes d'exploitation et de la provenance de la brèche au début de la saison estivale, les travaux se sont déroulés en deux phases avec la pose des matelas gabions lors de la période de chômage du canal en novembre de la même année. Pour la première phase qui a duré un mois et demi, les travaux se sont néanmoins déroulés à sec grâce à la mise en place d'un batardeau installé dans le canal au niveau de la brèche. Jusqu'à ce jour, les réparations effectuées se sont révélées pérennes.



Figure 4. Vue des matelas de gabions après les travaux de réparation de la digue à Briennon (source VNF)

### 3.2.2 Aménagements de berges en boudins végétalisés et plaquettes calcaires sur la Meuse à Montigny - 2005

La digue de Montigny se situe en milieu rural sur le bief 55 de la Meuse. Elle est située entre la Meuse et le canal de dérivation d'aménée à l'écluse. Elle n'est pas impactée par les crues de la Meuse mais par les ondes de batillage de l'ordre de quarante centimètres causées par les bateaux de plaisance, dont le trafic s'élève à 3 000 bateaux par an. Afin de résoudre les problèmes d'anses d'érosion, des travaux d'aménagements de berges se sont déroulés sur la digue de Montigny en 2005.



Figure 5. Vue des anses d'érosion de la digue de Montigny (source VNF)

Les travaux, qui ont été réalisés sur un linéaire de deux kilomètres ont consisté en la mise en place d'une technique en génie mixte constituée de branches de saules, de boudins d'hélophytes et de plaquettes calcaires. La hauteur totale de la protection était de quatre mètres et la hauteur émergée de trois mètres. Ce type de technique a été choisi sur la base de critères liés aux conditions géométriques du site et à l'insertion paysagère et écologique.



Figure 6. Vue des travaux. La nappe blanche correspond au géotextile de filtration et la nappe brune au géotextile coco (source VNF)

Les travaux ont été effectués sur une durée d'un mois en période de chômage et le phasage a été le suivant : débroussaillage de la digue; terrassement pour la mise en forme de la plate-forme destinée à recevoir les plaquettes calcaires et les boudins; pose de branchage anti-affouillements; mise en place des plaquettes calcaires et des boudins en géotextiles coco et remplissage de ces derniers à l'aide d'une mini-pelle; pose des couches supérieures et talutage au dessus de la protection.

Le coût des travaux s'est élevé à 750 000 euros. Aujourd'hui l'objectif de la protection de berge est atteint, les hélophytes ont bien repris et résistent au batillage. Le caractère naturel, végétal du site est préservé. Malgré cette réussite, quelques difficultés ont été rencontrées :

- le mauvais positionnement du boudin de base en phase travaux car la hauteur d'eau réelle pratiquée par le gestionnaire était plus basse que la hauteur théorique. La berge a dû être reformée par réalisation d'un piquetage;
- des dégradations des jeunes plantations par les rats musqués sont apparues. Des pièges ont été ajoutés.

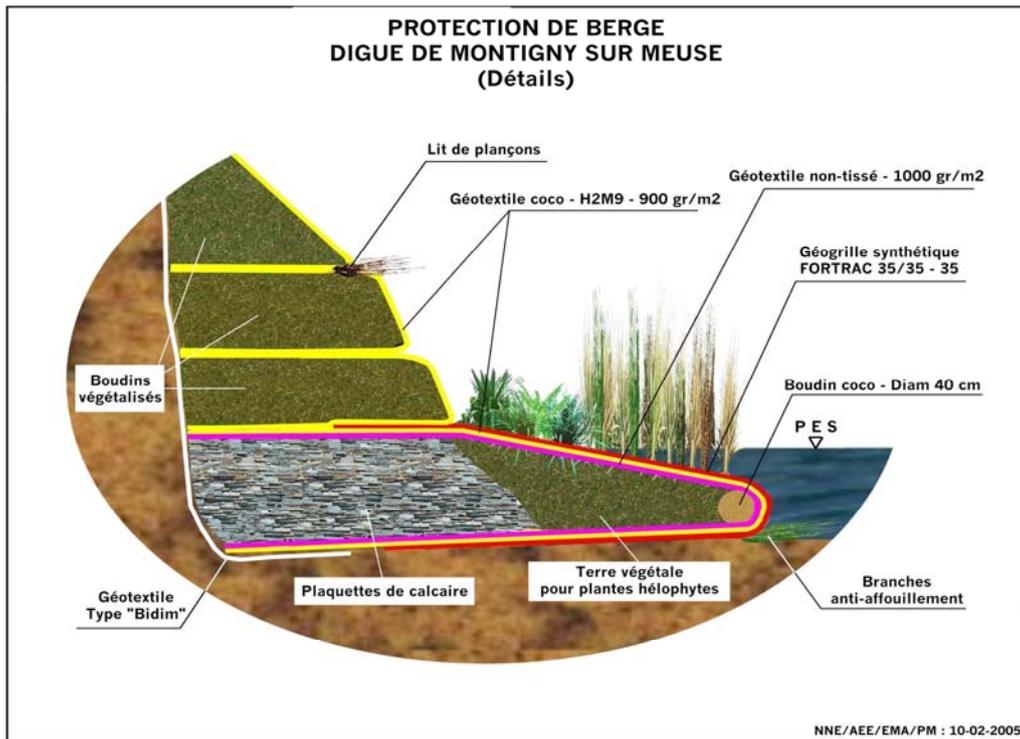


Figure 7. Coupe type de la protection de berges (source VNF)



Figure 8. Vue de la digue de Montigny après aménagements en 2008 (source Cetmef)

### 3.3 Bilan sur l'utilisation des géosynthétiques

Les géosynthétiques sont principalement employés pour assurer des fonctions :

- de contrôle de l'érosion dans le cas de techniques en génie végétal ou génie mixte afin de protéger la végétation le temps que son système racinaire se développe;
- de renforcement dans le cas de techniques en génie végétal ou mixte;
- de filtre et de séparation quelle que soit la technique (génie civil, génie mixte ou génie végétal) ;
- d'étanchéité dans le cas de Dispositif d'Etanchéité par Géomembranes (DEG);
- de protection, dans le cas notamment de DEG pour protéger la géomembrane de tout risque de poinçonnement.

Les géotextiles sont utilisés dans tous les travaux d'aménagements de berges où sont mises en œuvre des techniques en génie végétal ou en génie mixte. Comme l'illustre l'exemple des travaux d'aménagements de berges à Montigny, le rôle des géosynthétiques est fondamental pendant le développement de la végétation et dans la stabilisation de la berge.

La réussite de l'aménagement dépend :

- de la bonne adaptation de la technique au site vis à vis des sollicitations hydrauliques et de la cote des différents éléments par rapport au niveau d'eau ;
- du soin apporté pendant la mise en œuvre et notamment en ce qui concerne la fixation des différents éléments.

Les géomembranes sont fréquemment utilisées dans le cas de travaux de réparations de digues. Intégrées dans un Dispositif d'Étanchéité par Géomembranes avec un système de protection en béton ou en matelas gabions, elles sont avec les palplanches les deux techniques les plus employées. Ces deux techniques présentent des amplitudes de coûts journaliers comparables (de quelques k€ à quelques dizaines de k€) qui apparaissent plus liées aux contraintes de site et de mise en œuvre qu'à la technique employée. Les DEG sont majoritairement utilisés à la suite de brèches. La réparation effectuée sur le Canal Latéral à la Loire à Châtillon en 2002 (cas n°12 dans le tableau 2) est le seul cas où un DEG a été mis en œuvre suite à des fuites en prévention de désordres plus importants. Dans la majorité des cas, la géomembrane est placée sur le talus amont. Pour un cas de réparations sur le bief de Jonchet sur le canal du Rhône au Rhin en 2009 (cas n°9 dans le tableau 2), la géomembrane a été fichée verticalement dans le corps de remblai.

La mise en œuvre d'un DEG est délicate et peut s'avérer inefficace en raison :

- d'une fixation insuffisante de la géomembrane ;
- d'un mauvais traitement des raccords ;
- d'une détérioration de la géomembrane pendant les travaux ;
- d'une couche de protection inefficace (fissuration du béton ou glissement des matériaux constituant les matelas gabions).

#### 4. Conclusions

Aujourd'hui, les géosynthétiques trouvent de nombreuses applications sur les ouvrages maritimes et fluviaux. Suite à un retour d'expérience effectué sur les réparations de digues et de berges de VNF, il ressort que les géotextiles sont abondamment utilisés dans les techniques en génie végétal ou en génie mixte. Ils remplissent principalement des fonctions de contrôle de l'érosion ou de renforcement de la protection de berge. Dans le cadre de réparations de digues à la suite de brèches ou de défaut du dispositif d'étanchéité, la mise en place d'un Dispositif d'Étanchéité par Géomembranes, souvent recouvert par un béton ou par un remblai avec protection par matelas gabions, est une technique aussi largement employée. Cependant, la mise en œuvre de DEG est complexe et nécessite beaucoup de précautions pour que les réparations soient efficaces.

#### 5. Remerciements

*L'auteur remercie d'une part tous les agents des Services de Navigation de VNF qui ont été consultés dans le cadre des études de retour d'expérience sur les réparations de digues et aménagement de berges et d'autre part les agents des Centres d'Études Techniques de l'Équipement de Lyon, de l'Est et du Nord-Picardie qui ont mené avec le CETMEF les deux études de retour d'expérience et ont effectué une relecture de cet article à savoir Yann Deniaud, Denise Dubois, Michael Massardi, David Goutaland, Delphine Le Bris, Matthieu Hervé, Adel Bensalem, Bruno Dorbani, Marc Jabiri.*

#### 6. Références bibliographiques

- AIPCN (2008). Rapport de travail provisoire du groupe de travail MarCom 56.  
CETMEF et CETE Lyon (2009). Aménagement des berges des voies navigables – Connaissances de bases et retour d'expérience - version provisoire.  
CETMEF et CETE/LRPC de Lyon, Nancy, Strasbourg, Saint-Quentin (2009). Retour d'expérience sur les réparations de digues de voies navigables – version provisoire.