

Bilan de 10 ans d'utilisation de dispositifs d'étanchéité par géosynthétiques dans les canaux navigables français

Yannick Fagon, Virginie Flaquet-Lacoux, Hugues Girard,
Daniel Poulain

Les voies navigables sont depuis quelques siècles un moyen de transport très utilisé en France. La majeure partie du réseau actuel a été conçue à la fin du siècle dernier selon le même gabarit Freycinet garantissant la fréquentation des itinéraires par des péniches de 38,5 x 5.05 m avec un enfoncement maximum de 2,20 m. Quelques ouvrages aux dimensions mieux adaptées à un trafic plus lourd et plus intense ont vu le jour après la seconde guerre mondiale, mais ils ne représentent qu'une faible proportion du réseau. Les digues des canaux ont toujours été réalisées à partir de matériaux du site plus ou moins sélectionnés ; elles manifestent aujourd'hui certains signes de vétusté, en particulier fuites, ruptures et phénomènes d'érosion.

Entretien et confortement des canaux existants

Les services chargés de l'exploitation de ces voies navigables relativement anciennes sont donc de plus en plus impliqués dans des opérations de réparation et de confortement de canaux. Les techniques traditionnelles de confortement consistent à réaliser un écran d'étanchéité vertical

dans le corps de la digue du canal (rideau de palplanches ou rideau d'injection) ou à mettre en œuvre un revêtement étanche de surface (béton de ciment ou béton bitumineux).

Depuis quelques années, l'utilisation de dispositifs d'étanchéité par géomembranes ou produits apparentés (D.E.G.) apparaît, en complément des méthodes précitées. Sept réalisations effectuées depuis 10 ans sur différents tronçons du Nord et de l'Est de la France sont ici décrites.

■ Problèmes posés

Dans tous les cas présentés, les travaux font suite à la constatation de fuites sur le talus extérieur des digues, à son pied ou à quelque distance de celui-ci. Ces fuites provoquaient, outre une augmentation des besoins en eau, des risques d'instabilité interne (érosion régressive) et globale (glissement).

Dans la majeure partie des cas, le canal était muni d'un revêtement en béton ancien qui ne remplissait plus son rôle et avait fait l'objet d'injections et/ou de mise en œuvre de palplanches sans succès durable.

**Yannick Fagon,
Virginie
Flaquet-Lacoux**
CETMEF
2, bd Gambetta
BP 60039
60321 Compiègne
cedex

**Hugues Girard,
Daniel Poulain**
Cemagref
URE Ouvrages
et réseaux
hydrauliques
50, av. de Verdun
Gazinet
33612 Cestas
cedex

■ *Etudes en cours*

Le Centre d'Etudes Maritimes et Fluviales (CETMEF) avec l'appui du Cemagref a entrepris un programme d'étude et de recherche sur les réalisations d'étanchéité des canaux neufs ou anciens mettant en œuvre des géosynthétiques afin de proposer un cadre pour les futures réalisations. Le bilan présenté dans la présente communication a été établi dans le cadre de cette étude générale dans laquelle les retours d'expériences sont analysés.

Tronçons de canaux étanchés par une géomembrane

Les principales caractéristiques des dispositifs d'étanchéité par géomembranes ou produits apparentés décrits ci-après sont présentées dans le tableau 1. Nous aborderons d'abord le cas des étanchéités réalisées par une géomembrane ;

le cas mettant en œuvre un géosynthétique bentonitique sera ensuite décrit dans la section "Tronçon de canal étanché par un géosynthétique bentonitique".

■ *Géomembranes*

Les réhabilitations d'étanchéité ont été réalisées avec des géomembranes bitumineuses :

- COLETANCHE (bitume oxydé) avec 2 épaisseurs utilisées (NTP1 et NTP2), pour 3 sites ;
- TERANAP (élastomère-bitume) avec 2 épaisseurs utilisées (331 TP et 431 TP) pour 3 autres sites.

■ *Support*

Dans le cas général de la présence d'un ancien revêtement en béton, celui-ci a été démoli sauf pour le bief 40 du Canal de la Marne au Rhin (photo 1 et figure 1), où le bon état général du

Tableau 1. – Synthèse des travaux de réhabilitation réalisés sur des canaux navigables. ▼

Localisation	Date des travaux • Durée	Type géosynthétique (ép.= 3 mm)	Situation canal • Fruit des talus • Zone étanchée	Support	Protection	Problèmes constatés (avant travaux)	Résultats - auscultation (après travaux) Observations recueillies
Canal de Roanne à Digoïn PK 20.840 - PK 21.020	• 1989 • 2 mois	Bitumineuse (ép.= 3 mm)	• Remblai • 5 / 2 • Cuvette (180 ml)	• démolition ancien cuvelage béton • tout-venant 0/100 mm (ép.=30 cm)	• dalles béton coulées en place (ép.=15 cm)	• fuites, suintements, renard • 1 ^{ère} réparation par cuvelage béton en 94 sur zone voisine	• mesures polarisation spontanée (2/96) : pas de circulations d'eau mises en évidence dans la zone "géomembrane"
Canal de la Marne au Rhin Bief 11	• 1992 • 0,5 mois	Bentomat (ép.= 8 mm – 5 kg/m ²)	• Mixte • 3,5 / 2 • demi-cuvette (100 ml – 1200 m ²)	• matériau digue existante après curage vase et reprofilage par couche de grave si nécessaire	• couche de grave (ép.=10 cm) • tout-venant (ép.=30 cm) + plaques béton EVER GREEN (batillage)	• fuites	• disparition des fuites après travaux • les fuites subsistent dans la zone voisine non traitée
Canal des Houillères de la Sarre à Wittring Bief 22	• 1994 • 1 mois	Bitumineuse (ép.= 3 mm)	• Remblai • 3 / 2 • talus seul (100 ml – 750 m ²)	• démolition ancien revêtement en béton • géotextile (210 g/m ²) • grave-émulsion (ép.=15 cm)	• dalles béton coulées en place (ép.=15 cm)	• fuites	• disparition des fuites
Canal de la Marne au Rhin Bief 34	• 1994 • 1 mois	Bitumineuse (ép.= 4 mm)	• Mixte • 3 / 2 • cuvette (4400 m ²)	• démolition béton existant • géotextile • grave-émulsion (ép.=15 cm) (GMB reposant sur grave émulsion)	• dalles béton coulées en place (ép.=15 cm)	• fuites entraînant des désordres sur voie ferrée voisine • travaux injections et palplanches sans succès durable	• soulèvement de la GMB (liés non soudés) durant le chantier par le vent • fin des désordres sur voie SNCF et écoulements réduits dans le fossé de pied
Canal du Nord Biefs 3-4-5-6	• 1992 à 1998 • 3 semaines/ intervention	Bitumineuse (ép.= 3 mm)	• remblai • 3 / 2 • talus seul (8000 m ²)	• démolition béton existant • grave laitier (ép.=15 cm) • géotextile (500 g/m ²)	• géotextile (300 g/m ²) • dalles béton (ép.=15 cm) coulées en place	• fuites	• disparition des fuites après travaux
Canal de la Marne au Rhin Bief 40	• 1998 • 1 mois	Bitumineuse (ép.= 4 mm)	• remblai • 3 / 2 • cuvette (3100 m ²)	• revêtement béton existant ou grave roulée (ép.=15 cm) sur zone non revêtue • géotextile	• dalles béton (ép.=15 cm) coulées en place	• fuites importantes • travaux d'injection sans succès durable	• disparition des fuites après travaux
Canal des Houillères de la Sarre Biefs 10 et 23	• 1998 • 1,5 mois	Bitumineuse (ép.= 4 mm)	• remblai • 3 / 2 • cuvette (1100 m ²)	• concassé calcaire (ép.=15 cm) • géotextile	• dalles béton (ép.=15 cm) coulées en place	• infiltrations au niveau de 2 ouvrages (aqueducs)	• disparition des infiltrations après travaux

Bilan de 10 ans d'utilisation de dispositifs d'étanchéité par géosynthétiques dans les canaux navigables français

▼ Photo 1. – Canal de la Marne au Rhin (photo Service de navigation Strasbourg/Saverne).

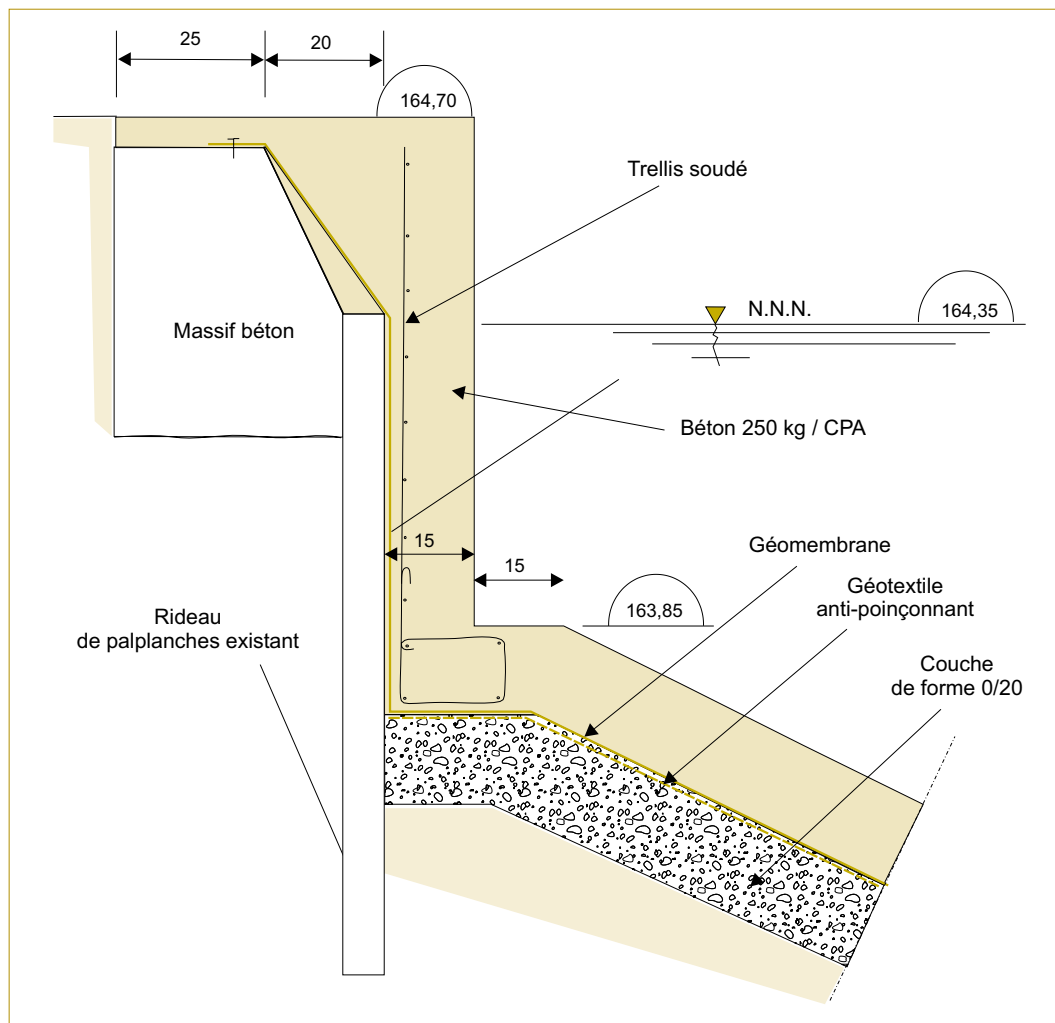


béton a permis de le garder comme structure support de la géomembrane sur une partie importante du chantier.

Dans ce dernier cas, après enlèvement des blocs désolidarisés du radier, la planéité a été obtenue par "réagréage" au mortier des trous et fissures importantes sur talus ; sur le plafond, les trous parfois importants dus notamment à l'entraînement des matériaux meubles sous-jacents par les courants de fuite, ont été comblés en grave roulée 0/20 mm soigneusement compactée. La géomembrane a été mise en œuvre directement sur le support ainsi préparé.

Dans les 5 autres cas, le canal a fait l'objet d'un reprofilage plus ou moins important du fond de forme suivi, selon les cas par tout ou partie des phases suivantes :

Figure 1. – Canal de la Marne au Rhin : bief 40, raccordement au rideau de palplanches. ▼



- mise en place d'un géotextile anti-contaminant (2 cas) ;
- mise en place d'une grave traitée (grave émulsion ou grave laitier) sur une épaisseur de 15 cm ou de grave alluvionnaire simplement compactée sur une épaisseur de 15 à 30 cm ;
- mise en place, dans un seul cas, d'un géotextile anti-poinçonnant sous la géomembrane.

Selon les cas, il apparaît donc des différences notables quant à la structure support, puisque celle-ci peut être pratiquement inexistante dans le cas le plus simple (reprofilage du fond de forme existant avec apport local de gravier) et être relativement importante dans le cas le plus élaboré (géotextile anti-contaminant + grave - laitier + géotextile anti-poinçonnant).

■ Protection

La protection de la géomembrane a été réalisée dans chaque cas par des dalles en béton coulées en place ; dans 3 cas, un géotextile a été mis en place entre la géomembrane et le béton. L'épaisseur du béton mis en place est de 15 cm dans tous les cas ; il est en général mis en œuvre par dalles délimitées par de simples coffrages. Dans un cas le béton a été coulé sur l'ensemble du plafond du canal et les joints entre dalles ont été obtenus par sciage ultérieur (bief 40 du canal de la Marne au Rhin).

Les raccords en tête de talus dépendent des conditions spécifiques de chacun des sites. Dans la majeure partie des cas, un ouvrage en béton armé a dû être réalisé soit pour se raccorder au rideau de palplanches existant (figure 1) soit pour constituer un mur parapet (figure 2).

Tronçon de canal étanché par un géosynthétique bentonitique

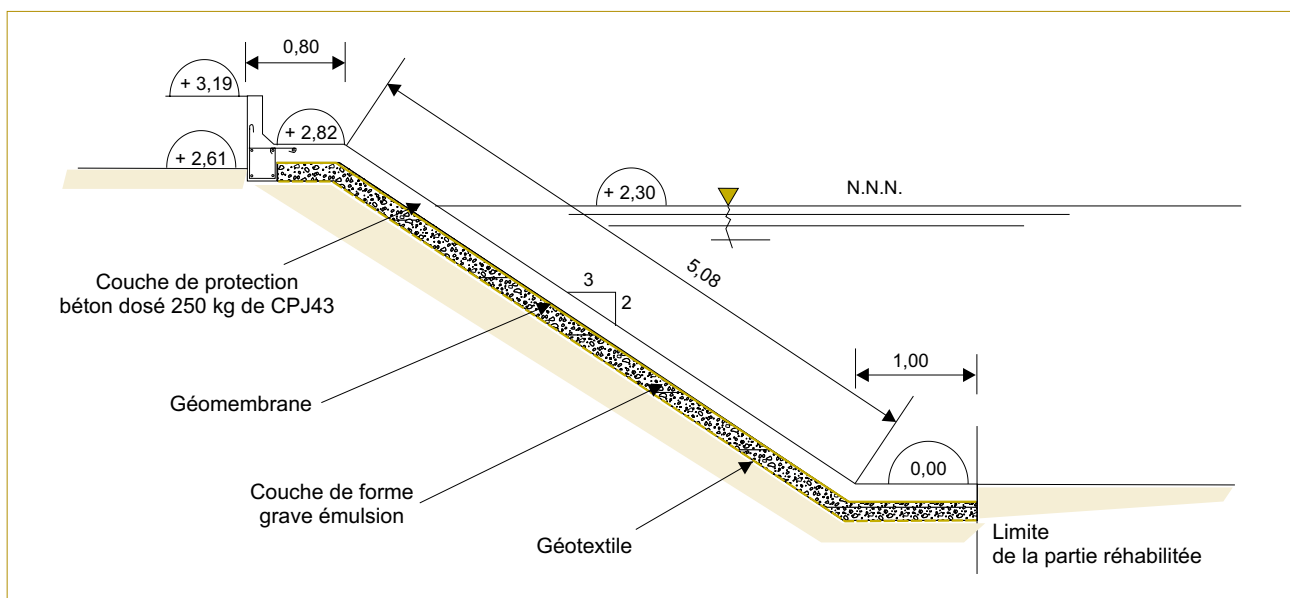
Dans ce cas (figure 3), le choix du maître d'ouvrage s'est porté sur un géosynthétique bentonitique proposé en solution variante à une étanchéité par revêtement en béton de ciment. L'étanchéité concerne la moitié de la cuvette (un talus et la moitié du plafond).

La préparation de la couche support a constitué, après curage de la vase, en un simple reprofilage avec apports ponctuels de grave sur certaines zones où cela s'avérait nécessaire.

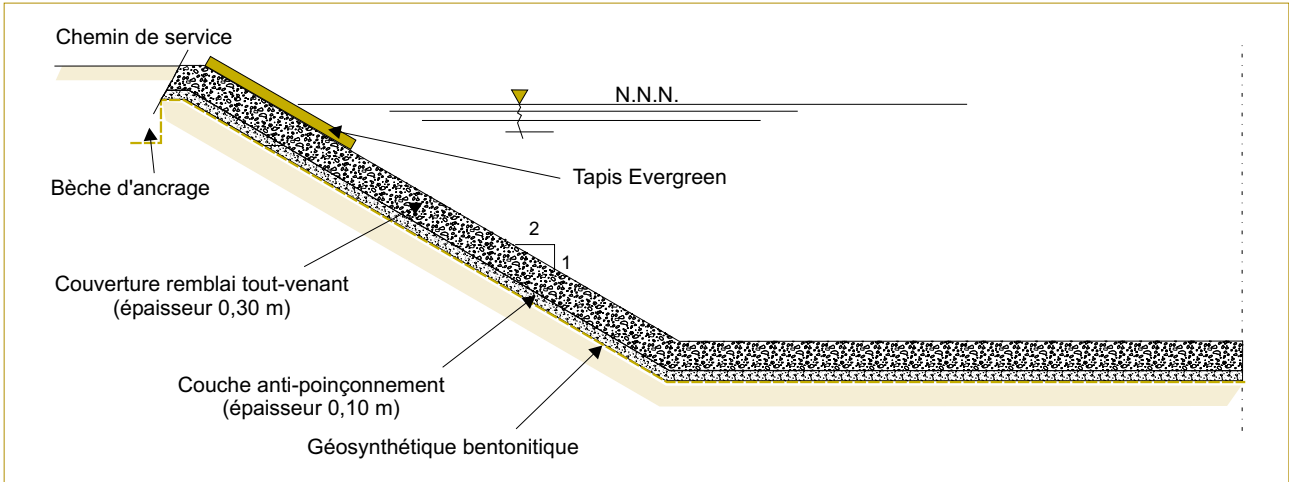
Le "confinement" et la protection du géosynthétique bentonitique ont été réalisés par mise en place d'une couche de grave de 10 cm d'épaisseur recouverte ensuite de 30 cm de tout venant.

La protection anti-batillage en haut du talus a été assurée par la mise en place d'éléments en béton préfabriqué "Ever Green" ancrés dans une tranchée réalisée sur la berge.

Figure 2. – Canal des Houillères de la Sarre, profil en travers. ▼



Bilan de 10 ans d'utilisation de dispositifs d'étanchéité par géosynthétiques dans les canaux navigables français



▲ Figure 3. – Canal de la Marne au Rhin : bief 11, profil en travers.

Réalisation des travaux

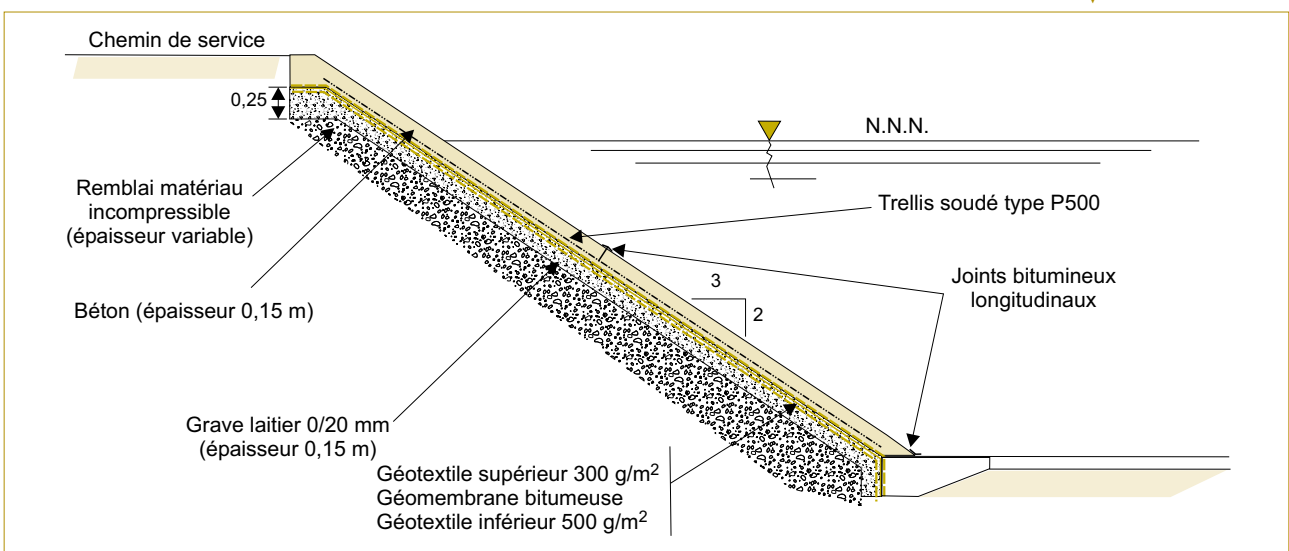
Contrairement aux étanchéités verticales, la réhabilitation d'un canal par géomembrane nécessite la mise en chômage du canal, contrainte qu'il convient de prendre en compte et qui entraîne des délais très courts pour la réalisation des travaux.

Les informations que nous avons pu recueillir confirment la facilité de mise en œuvre des géomembranes et ne font apparaître qu'un seul problème de chantier. Il s'agit, pour le bief 34 du canal de la Marne au Rhin (figure 4), d'un déplacement des lés partiellement soudés (au niveau du plafond) qui ont glissé jusqu'en pied de talus lors d'un coup de vent (durée = 6 heures, orienté dans l'axe du canal, vitesse de l'or-

dre de 100 km/h) ; les lés complètement soudés n'ont pas bougé.

La présence d'ouvrages (écluses, quais ...) pour certains chantiers décrits ici a engendré des sujétions de conception et de réalisation différentes de celles adoptées pour les sections courantes. Les raccordements aux structures béton et/ou à des structures métalliques (palplanches ou poteaux) ont été réalisés dans la majeure partie des cas par simple remontée et collage de la géomembrane bitumeuse le long de ces structures. Un renforcement par platine métallique ou longrine béton a parfois été réalisé pour consolider ces liaisons sur les ouvrages existants.

▼ Figure 4. – Canal de la Marne au Rhin : bief 34, profil en travers.



Bilan et perspectives

Les gestionnaires des canaux concernés par ces réhabilitations ont exprimé leur satisfaction quant aux dispositifs d'étanchéité par géomembranes ou produits apparentés et sont disposés, pour un problème d'étanchéité similaire, à reconduire le même dispositif. On peut d'ailleurs citer le cas du canal du Nord où des travaux d'étanchéité identiques ont été pratiqués successivement en 1993, 1994, 1995 et 1998.

A partir de ces réalisations, une réflexion globale est actuellement menée sur les Dispositifs d'Etanchéité par Géomembrane des canaux navigables. Le choix du D.E.G. est lié à différents critères techniques, environnementaux et économiques. La prise en compte des contraintes spécifiques des canaux navigables (chocs sur

le plafond ou sur la berge, vagues et remous provoqués par le passage des bateaux, proximité d'écluse...) est nécessaire pour définir les prescriptions particulières que le D.E.G. devra respecter

Trois catégories de protection peuvent être envisagées en fonction de critères techniques, économiques et environnementaux (enherbement) ; ce sont les dalles béton, les enrochements et les éléments suspendus. Cette dernière catégorie regroupe des dispositifs qui peuvent être très différents ; ainsi, ils peuvent être constitués d'éléments béton préfabriqué de géométrie diverse, de composites alvéolaires remplis de matériaux fins ou grossiers, de gabions ou produits apparentés. ■

Résumé

Depuis 10 ans, des dispositifs d'étanchéité par géomembrane et produits apparentés sont mis en œuvre dans le cadre de travaux de réhabilitation de canaux navigables. Sept réalisations, du Nord et de l'Est de la France, sont ici décrites, dont six avec des géomembranes bitumineuses et une avec un géosynthétique bentonitique. Les structures support sont très diverses ; par contre, le dispositif de protection, constitué de dalles béton coulées en place, est identique dans les six cas mettant en œuvre une géomembrane.

Abstract

Sealing devices using geomembranes and similar products have been implemented over the last ten years in the rehabilitation of navigable canals. This article describes seven examples, in the north and east of France, six using bituminous geomembranes and one a bentonite synthetic material. The support structures are very different. On the other hand, the protective structure, consisting of concrete slabs cast in situ, is identical at the six sites using a geomembrane.