

ÉTANCHÉITE DES BASSINS DE LAGUNAGE ET ROUTIERS. RÈGLES PRATIQUES ISSUES DE L'EXPÉRIENCE

GEOMEMBRANES FOR WASTE WATER TREATMENT MARSHES AND ROAD POLLUTION CONTAINMENT PONDS. PRACTICAL RULES RESULTING FROM THE EXPERIENCE.

Daniel FAYOUX¹, Didier PELLETIER², Philippe CASSAGNE³

¹ APPLIGEO, Les Ormes, France

² BHD Environnement, Ingrandes, France

³ RENOLIT France, Roissy en France, France

RÉSUMÉ - L'usage des géomembranes s'est largement répandu pour l'étanchéité des bassins de lagunage et des bassins routiers. L'emploi des géomembranes permet en effet de résoudre de façon économique les problèmes de réalisation de ces bassins. La communication présente un certain nombre d'exemples récents et caractéristiques. Cependant, pour assurer le succès de ces opérations, un certain nombre de règles essentielles doivent être respectées, depuis le choix du site jusqu'à la réalisation et à son contrôle. La communication passe en revue les règles essentielles, qui concernent tous les intervenants, Maîtres d'Ouvrages, Maîtres d'Œuvre et entrepreneurs.

Mots-clés : géomembrane, drainage, lagunages, bassins routiers, conception

ABSTRACT – The use of geomembranes is largely spread for waterproofing of waste water treatment marshes and road pollution containment reservoirs. The geomembranes indeed make it possible to solve in an economic way the problems of realization of these ponds. The paper presents some recent and characteristic examples. However, to ensure the success of these operations, essential rules must be respected, concerning the choice of the site until, during the construction and its control. The paper reviews the essential rules, which concern all the peoples involved in the project, Owners Building, Project superintendents and contractors.

Keywords: geomembrane, drainage, ponds on roads, design

1. Introduction

L'usage des géomembrane s'est largement répandu pour l'étanchéité des bassins de lagunage et des bassins routiers. Leur emploi s'est maintenant imposé comme économique et efficace dans les sites où la perméabilité et/ou l'hétérogénéité des sols ne garantissent pas une étanchéité suffisante par rapport aux objectifs recherchés. La mise en œuvre est en outre plus rapide et moins sensible aux intempéries que des traitements de sols. Un certain nombre d'exemples récents et caractéristiques sont présentés, en particulier lors de la présentation orale. Cependant, il ne s'agit pas d'un "procédé miracle" et, comme pour toute technique, il y a lieu d'assurer le respect des règles de l'art, tant au niveau de la conception, que de la mise en œuvre. Le choix du site a aussi une importance primordiale dans le succès de l'opération. Le Maître d'ouvrage doit en être conscient et doit se faire conseiller avant le choix définitif. Des règles simples, mais essentielles, issues des expériences heureuses et malheureuses, permettent le succès de la technique et sont donc rappelées ici. Elles concernent tous les intervenants, Maîtres d'Ouvrages, Maîtres d'Œuvre et entrepreneurs.

2. Problématique générale

Les bassins de lagunage et les bassins routiers ont de nombreux points communs : ce sont des bassins de surface et de profondeur modérées. Ils sont destinés à retenir des liquides polluants (pollution permanente pour les bassins de lagunage et pollution accidentelle pour les bassins routiers). L'étanchéité de ces bassins doit donc permettre de limiter les fuites de polluant vers le sol. Leur conception doit prendre en compte le fait qu'ils sont placés en points bas, donc souvent sur des sols de caractéristiques mécaniques médiocres, riches en matières organiques et fréquemment saturés. La conception doit prévoir aussi les moyens d'assurer le curage périodique des bassins (ou leur faucardage pour les bassins plantés de roseaux), sans endommager la géomembrane.

Les géomembranes présentent un haut niveau d'étanchéité et assurent donc une excellente protection de l'environnement. Elles ne sont pas sensibles aux tassements et mouvements du support, contrairement au béton qui se fissure ou dont les joints s'ouvrent. Elles sont donc bien adaptées à des sols médiocres.

Enfin, le coût réel de la solution "terrassement + géomembrane" est nettement économique par rapport à la solution béton

2.1. Lagunages

On peut les classer en 3 types d'ouvrages:

- Les lagunages naturels
- Les filtres plantés de roseaux à flux horizontaux
- Les filtres plantés de roseaux à flux verticaux

2.1.1 Lagunages naturels

Les lagunages naturels sont généralement réalisés par 3 bassins en cascade, de profondeur de l'ordre de 1 m. La géomembrane est particulièrement bien adaptée à ce type d'ouvrage. Très souvent, l'étanchéité des matériaux naturels en place est insuffisante pour éviter une pollution du sol.

L'alimentation en amont du premier bassin se fait soit par un tuyau, soit par un ouvrage avec cloison siphonide, pour retenir les hydrocarbures. Le passage d'un bassin à l'autre et l'exutoire se fait généralement par des tuyaux traversant les géomembranes et la digue entre chaque bassin. La maintenance se fait par curage hydraulique.

Un exemple typique est présenté sur la figure 1.

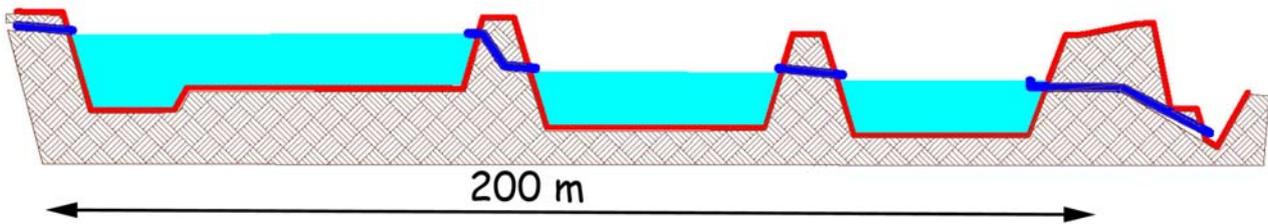


Figure 1 exemple de lagunage: Lagunage de Saint Valérien (Documentation BHD Environnement)

L'utilisation de bassin à macrophytes en dernier bassin (bassin moins profond, de l'ordre de 40 cm, planté de roseaux, dans lequel l'eau circule sans filtration à travers le substrat), ne semble plus guère utilisé dans les ouvrages récents, où l'on rencontre soit une 3^{ème} lagune à microphytes, soit parfois un filtre planté de roseaux.

2.1.2. Les filtres plantés de roseaux.

Les filtres plantés de roseaux sont un développement relativement récent. Les retours d'expérience étant positifs, ils se développent maintenant assez fortement. Ils consistent en bassins plantés de roseaux, dans lesquels on fait circuler l'effluent à travers le substrat dans lequel poussent les roseaux en direction d'une couche drainante.

On distingue deux types:

Les filtres plantés de roseaux à flux verticaux, où la surface du substrat est noyée et où l'eau s'écoule vers une couche drainante horizontale en fond de bassin, et les filtres plantés de roseaux à flux horizontaux, où l'eau s'écoule entre deux couches drainantes verticales de chaque côté du bassin, le niveau de l'eau étant maintenu à 5 cm en dessous de la surface du substrat. Ces différents types sont schématisés par les coupes de la figure 2 (documents CEMAGREF).

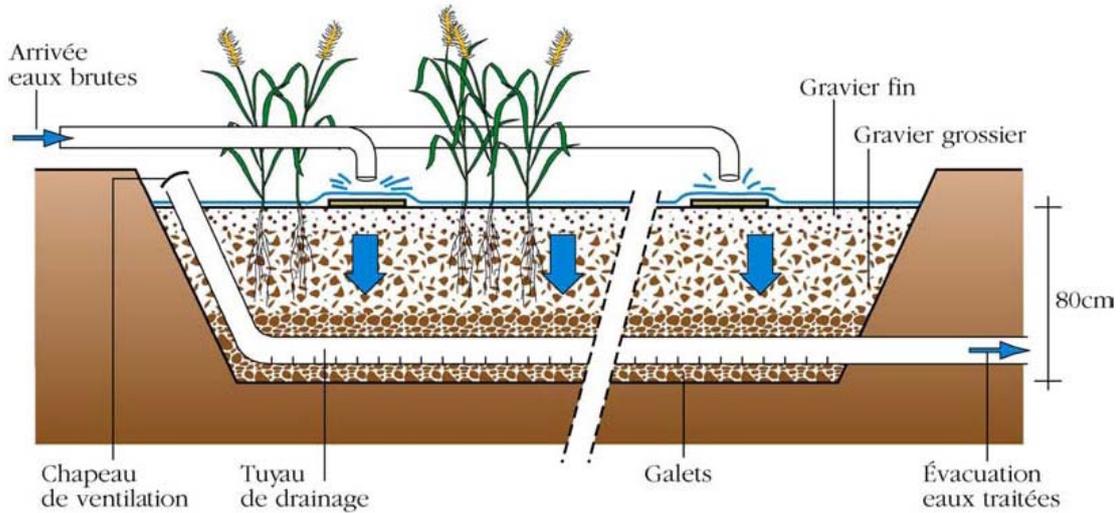


Figure 2a. Filtre à écoulement vertical (Doc CEMAGREF)

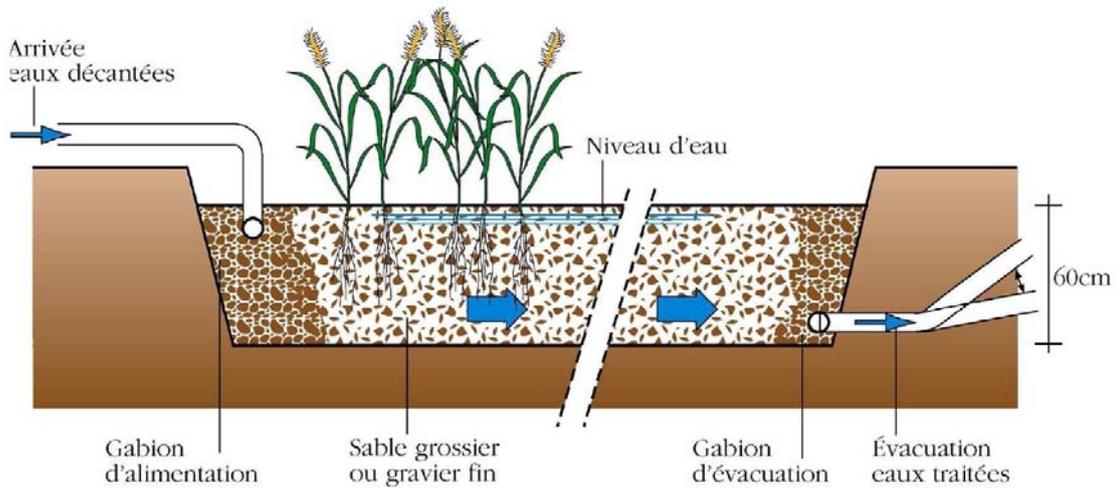


Figure 2b. Filtre à écoulement horizontal (Doc CEMAGREF)

Ces filtres sont réalisés en batteries de petits bassins en parallèle (réalisé en fractionnant un bassin allongé par des cloisons), afin de pouvoir assurer des périodes de repos. L'écoulement dans les bassins se fait perpendiculairement à la grande longueur des bassins. La largeur de ces bassins doit permettre un curage des roseaux par une pelle mécanique circulant de chaque côté. L'épuration est en outre assurée par deux étages en cascade. Ceci conduit à des plans du type de celui de la figure 3.

2.2. Les bassins routiers

Ces bassins sont alimentés par des ouvrages en béton avec cloison siphonoïde. Pour assurer leur curage, il est recommandé de protéger le fond avec une protection circulaire (béton ou autre). L'évacuation est assurée, soit par un ouvrage en béton, soit par des tuyaux traversant l'étanchéité.

3. Les points critiques

À la suite de cette présentation, on voit donc apparaître un certain nombre de points critiques, qui doivent être résolus tant lors de la conception que lors de la réalisation. Ce sont :

- la localisation en point bas et ses conséquences,
- le raccordement aux ouvrages en béton,
- le raccordement aux canalisations traversantes,
- la construction de structures béton sur la géomembrane,
- la mise en place de matériaux granulaires sur la géomembrane,
- la présence des racines,
- le curage éventuel des ouvrages.

4. Localisation en point bas

La localisation en point bas implique un risque de présence d'une nappe phréatique, permanente ou temporaire, au dessus du fond du bassin. Ceci peut pouvant entrainer des difficultés lors de la mise en œuvre (terrassement, soudure), entrainant des arrêts de chantier et une augmentation des délais, non imputables aux entreprises. Pendant l'exploitation, ceci conduit le plus souvent à un soulèvement du fond de l'ouvrage par des sous-pressions d'eau et/ou de gaz.

Le choix du site, les études préliminaires et le choix du drainage doivent prendre en compte ces risques.

4.1. Drainage des liquides et des gaz sous la géomembrane

Un drainage des liquides et des gaz est généralement disposé sous la géomembrane, mais le drainage des gaz ne fonctionne bien que si le fond de bassin n'est pas noyé. Or, pour des problèmes de différence de niveau entre la source des effluents et le point de rejet, les lagunages sont souvent placés le plus bas possible, près du point de rejet, et de plus semi enterrés ou enterrés. Ils sont donc trop souvent fondés sous la nappe, voire dans des zones tourbeuses ou marécageuses. D'où formation de gaz et de bulles (dauphins, hippopotames, baleines,¹ tennis couverts!) rendant l'ouvrage inutilisable, car lorsque le drainage est noyé, le gaz s'obstine à monter à la verticale dans le liquide, donc à s'accumuler et à pousser la géomembrane. Au contraire, si le réseau de drainage gaz est à l'air libre, le gaz peut s'échapper librement, sans créer de désordre. La photo 4 montre un exemple typique, sur un bassin de lagunage fondé dans une zone marécageuse. Ces phénomènes se produisent, de la même façon et pour les mêmes raisons, sur un certain nombre de bassins routiers. Cette situation est malheureusement trop banale et trop fréquente.



Figure 4. bassin de lagunage en zone marécageuse: le drainage en fond de bassin est noyé et les gaz ne peuvent donc pas s'échapper sur les côtés, même avec des drains supposés leur faciliter la sortie.

L'emploi d'un ouvrage en béton à la place d'un ouvrage avec géomembrane ne résoudrait pas le problème, car, outre le surcoût important, et sauf fondations spéciales très onéreuses, il y aurait désorganisation de l'ouvrage et ouverture des joints par suite de tassements d'ensemble et de tassements différentiels.

¹ Un des relecteurs m'a fait remarquer que ces "animaux" sont protégés! Mais le choix des termes n'est pas totalement innocent! Il y a tout d'abord une certaine ressemblance, dans la forme et dans la taille. Mais surtout, assez fréquemment, certains prennent un fusil pour essayer de faire disparaître ce qui leur paraît être des monstruosité. Cette technique n'est ni admissible (comme pour les espèces protégées) ni efficace. En effet, la balle fait un trou en rentrant dans la bulle, un trou en sortant et parfois un troisième dans le talus, s'il lui reste assez d'énergie. Ceci induit des fuites, et, si le liquide stocké contient des matières organiques, celles-ci alimentent "l'usine à gaz" qui va générer encore plus de nouvelle bulles. Donc, le "troupeau" va croître et embellir!

4.2. Connaissance du niveau de la nappe phréatique

Nous parlons ici de "nappe phréatique" au sens géotechnique du terme, c'est-à-dire du toit de la zone saturée dans le sol, soit en permanence, soit de façon temporaire; Ceci peut donc être une nappe temporaire perchée.

C'est *l'un des points les plus importants* pour la conception de ces bassins. Le fond des bassins doit en principe être toujours au dessus du niveau de l'eau de la nappe phréatique. La connaissance de ce niveau, à toute époque de l'année, est donc absolument indispensable. Des piézomètres sont généralement posés lors de la reconnaissance géotechnique et des mesures faites lors de la reconnaissance, par le bureau d'étude géotechnique. Mais cette étude est souvent faite pendant une période relativement sèche, permettant une circulation des engins sur le terrain, ce qui correspond le plus souvent à une période où la nappe phréatique est assez basse. Se contenter de ses mesures (ce qui est très fréquent) peut conduire à de très graves déboires. Il est donc *indispensable de faire des relevés sur toute l'année, en particulier pendant les périodes d'intempéries où la nappe est la plus haute*. Pour cela, il faut donc :

- Soit missionner la société de géotechnique pour continuer les mesures
- Soit faire effectuer régulièrement les relevés par du personnel de la collectivité locale

4.3. Solutions aux cas où, sur le site initialement choisi, le fond de bassin est sous la nappe (en permanence ou de façon temporaire)

Toutes les solutions vont avoir une incidence financière. Mais ne rien faire conduit à la situation de la figure 4 et donc au non fonctionnement de l'ouvrage, accompagné de pollution.

4.3.1. Surélévation du bassin

Ceci est surtout valable pour les lagunages. Ceux-ci sont souvent implantés au plus près du point de rejet, car ce sont souvent des terrains médiocres, facilement noyés, donc de peu d'intérêt agricole, faciles et peu chers à acquérir. Mais ce sont généralement les pires endroits pour faire un bassin, pour les raisons indiquées ci-dessus.

Une première solution consiste à remblayer la zone du bassin pour mettre le fond de bassin et le réseau de drainage au dessus du niveau maximum prévisible de la nappe phréatique (et du niveau des inondations éventuelles). Il faudra tenir compte des tassements éventuels du sol sous le remblai (qui peut être extrêmement important en cas de tourbe).

Si l'alimentation du bassin ne peut plus se faire de façon gravitaire (ce qui sera souvent le cas), il sera nécessaire de prévoir une station de relevage, ce qui entraîne des sujétions d'entretien et de coût de fonctionnement.

En fait, les sites marécageux et à fortiori tourbeux devraient être systématiquement rejetés, au profit de la solution suivante. (Mais ce n'est pas toujours possible pour les bassins routiers)

4.3.2. Déplacement du site du bassin vers l'amont.

Une autre solution consiste à reporter l'implantation du bassin plus en amont, sur un terrain où le fond de bassin sera en permanence au dessus du niveau de la nappe phréatique. Le terrain sera plus cher à acquérir, mais le système a le gros avantage de continuer à fonctionner en gravitaire.

Ces deux premières solutions sont à prendre en compte dans le cas où le fond de bassin est presque constamment sous la nappe.

4.3.3. Autres solutions envisageables

Si les deux premières solutions ne sont pas possibles, on peut adopter l'une des solutions suivantes, qui comprennent toutes la réalisation d'une pente en fond de bassin.

- Fond de bassin avec une forte pente (5%), sans la moindre contre pente, avec un lestage sur le fond de la géomembrane (au moins 30 cm de terre). Ceci suppose que le terrain soit ferme et portant lors de la réalisation, pour permettre un surfacage parfait. La moindre contre-pente occasionne l'apparition de bulle, si le drainage est noyé à ce niveau.
- Si on ne peut pas réaliser de pente aussi forte, ou s'il y a risque de contre-pentes, on peut prévoir de vider et mettre à l'air libre le réseau de drainage eau par pompage (le réseau de drainage est relié à un puisard dans lequel on place une pompe). Ce pompage peut être automatique ou à la demande. La mise à sec du réseau de drainage permet au gaz de s'échapper sur les côtés, à condition qu'il ne soit pas piégé par une contre-pente en pied de talus. (Figure 5)

L'estimation du débit de pompage nécessaire pour mettre le réseau de drainage à l'air libre nécessite de procéder à des mesures in situ de la perméabilité du sol sous le bassin.

Cette solution est plutôt réservée aux cas où la remontée de la nappe au dessus du fond de bassin est temporaire.

Il ne faut pas oublier que la moindre contre-pente générera des bulles, par ennoiment local du réseau et piégeage des gaz (figure 5). Certes, les bulles peuvent dans ce cas être déplacées assez facilement, si la pente du fond est marquée et la contre-pente faible (en piétinant le point le plus bas de la bulle et en avançant vers les talus. Une fois que la bulle a passé le point haut, elle remonte naturellement sur la pente vers le haut). Les solutions développées dans ce paragraphe présentent donc des risques de désordres, surtout la première, qu'il serait préférable de limiter aux cas où l'ennoiment de la face inférieure de la géomembrane est seulement occasionnel.

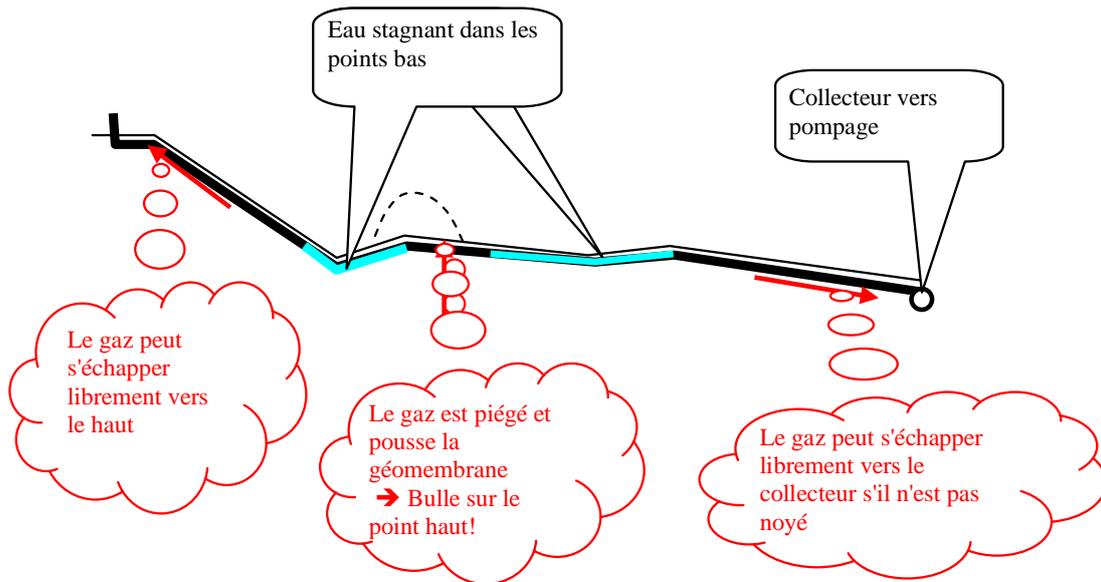


Figure 5. pompage du réseau de drainage sous la nappe pour permettre l'évacuation des gaz. Il y aura quand même piégeage de gaz s'il y a plusieurs contre-pentes sur le fond. En l'absence de contre-pente, le gaz s'évacue vers les talus et vers le collecteur, si celui-ci n'est pas noyé.

5. Raccordement aux ouvrages en béton

Les raccordements aux ouvrages en béton sont fréquemment une source de fuite. La conception de l'ouvrage béton doit être faite de façon à permettre un raccordement fiable et étanche de la géomembrane sur le béton. Le fascicule 10 des recommandations du CFG, déjà ancien, n'abordait pas cet aspect. Or il apparaît nettement qu'il est préférable d'assurer le raccordement de la géomembrane dans le plan des talus, sur des semelles prévues dans ce but, plutôt que de faire remonter la géomembrane sur les parois verticales de l'ouvrage. La figure 7 illustre ce principe pour un raccordement sur un ouvrage siphonoïde. En effet, comme le montre la photo de la figure 6, la réalisation de l'étanchéité dans les angles, et en particulier des angles trièdres sortants, et l'obtention d'un bon placage de la géomembrane sur le support est toujours un point critique, en particulier pour les géomembranes rigides. Dans ce cas, il est fréquent d'observer des ruptures et fuites de la géomembrane à la mise en eau, en particulier dans les angles trièdres. Le risque de défaut et de rupture augmente fortement avec la rigidité de la géomembrane.

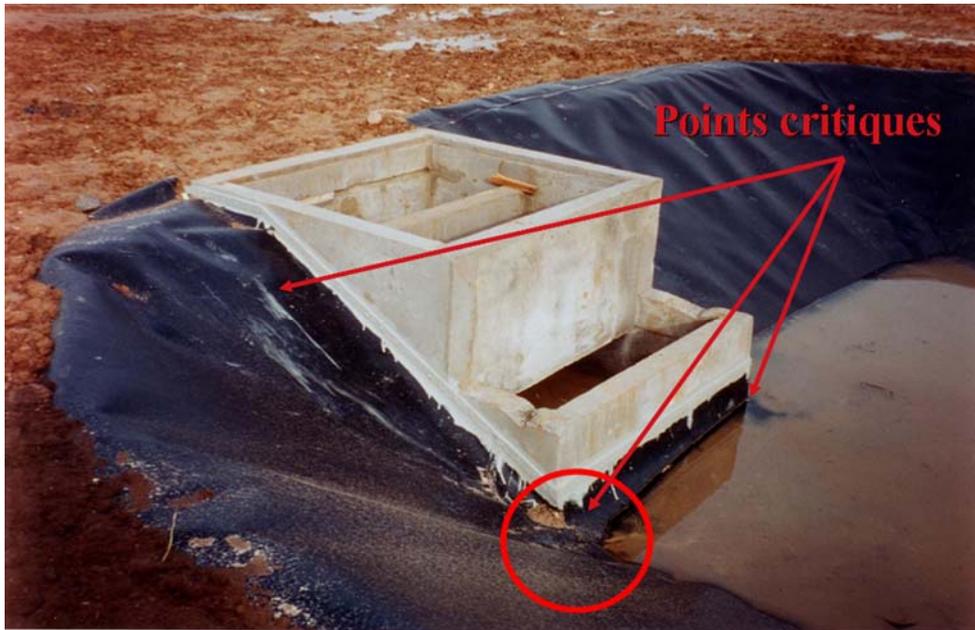


Figure 6. Le raccordement de la géomembrane sur les parois verticales de l'ouvrage conduit à un mauvais placage de la géomembrane sur le support, surtout pour les géomembranes rigides. Il s'ensuit fréquemment des ruptures et des fuites à la mise en eau.

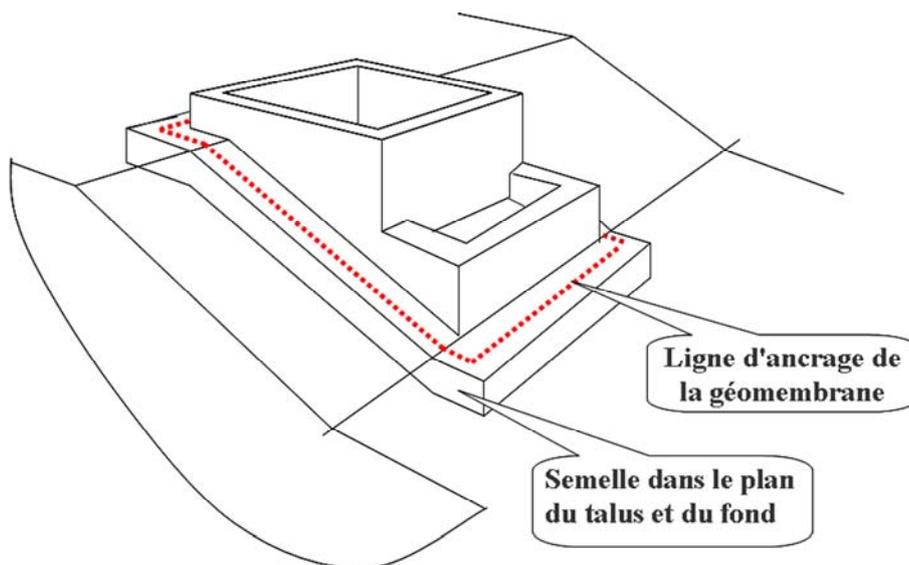


Figure 7. Principe de raccordement aux ouvrages béton: il est recommandé de se raccorder sur une semelle dans le plan des talus, ce qui garantit un bon placage de la géomembrane sur le support. Par contre, le sol doit être bien compacté au voisinage immédiat de la semelle, pour éviter tout risque de tassement et de cisaillement de la géomembrane

6. Raccordement aux tuyaux traversant la géomembrane

Pour les géomembranes souples, ces raccordements peuvent se faire par manchette. Pour les géomembranes rigides, il est préférable de se raccorder sur un massif béton dans le plan du talus, comme l'illustre la figure 8 (ce dispositif peut aussi être appliqué pour des membranes souples). Le massif béton, ainsi que le raccordement entre le béton et le tuyau doivent être étanches. Ceci est une des solutions présentées dans le fascicule 10 du CFG, mais sans mise en évidence de l'intérêt de cette technique. L'étanchéité du raccordement et du béton peut être renforcée par application de résine.

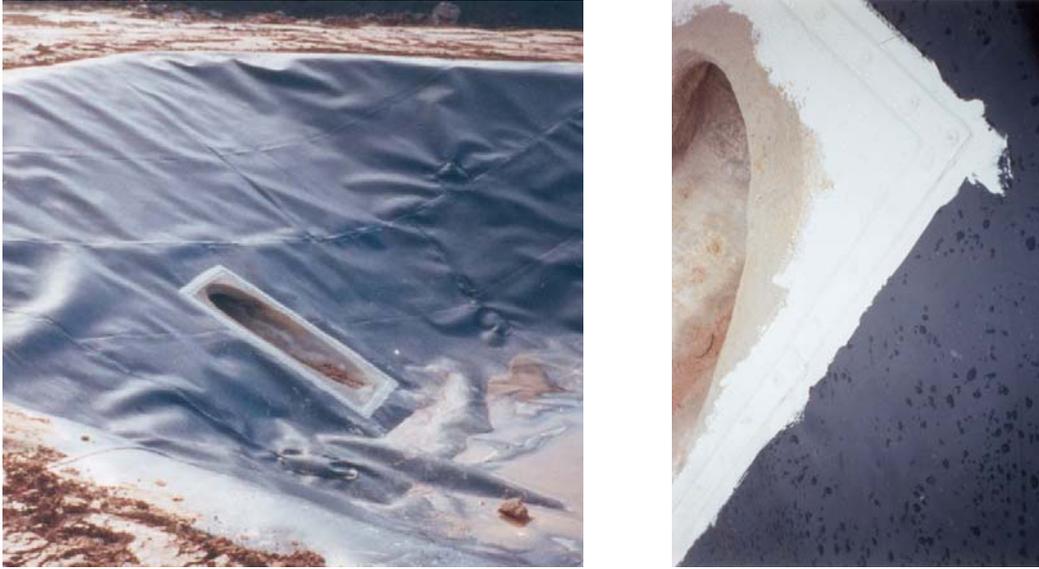


Figure 8. Raccordement sur canalisation (géomembrane rigide) sur un massif béton dans le plan du talus. Vue d'ensemble et détail.

7. Construction de structures en béton sur la géomembrane (cloisonnement de bassins, dalles de protection, etc.)

7.1. Risques liés à un personnel non formé.

La construction de structures en béton sur la géomembrane est également un point critique, les maçons n'ayant pas toujours conscience du rôle de la géomembrane et de la nécessité d'un minimum de soin. Le personnel réalisant ces ouvrages doit recevoir une formation simple pour éviter toute action malencontreuse sur la géomembrane (piquets plantés dans la géomembrane, planches de coffrage avec des clous retournés sur la géomembrane, jet d'outils ou de parpaing, etc.) La liste des gags observés est longue et se développe toujours. Mais si le personnel a été formé et motivé, tout se passe bien.

7.2. Protection de la géomembrane

Une couche de protection est placée entre la géomembrane et le béton. Il est conseillé d'employer pour cela une membrane étanche (géomembrane ou feuille de protection spécifique, et non un géotextile). En effet, en cas de perforation accidentelle sous la structure béton en cours de réalisation, le géotextile entre géomembrane et béton draine l'eau vers la perforation, et, même détectée et localisée, cette fuite est très difficile à réparer.

Ces protections par membranes seront aussi utilisées pour les plots en béton servant de supports du drainage ou de dispositif divers.

8. Mise en place d'autres matériaux sur la géomembrane (matériaux drainants, matériaux de protection et substrats de roseaux)

8.1. Matériaux granulaires

Les matériaux mis en place sur la géomembrane (matériaux drainant, matériaux de protection et substrats de roseaux) ne doivent pas entraîner de poinçonnement de la géomembrane lors de la mise en œuvre et en exploitation. Un géotextile de protection sera choisi en fonction de l'expérience et éventuellement d'une planche d'essai pour confirmer le choix des matériaux, de la méthode et des engins de mise en œuvre.

8.2. Action des roseaux

L'expérience a largement démontré que les géomembranes de synthèse résistent sans aucun dommage à la présence des roseaux. Les racines de ceux-ci glissent sur la géomembrane, sans perforation.

9. Curage des bassins

En fonction de la nature des dépôts et éléments à évacuer, le curage des bassins se fait soit par curage hydraulique, éventuellement en poussant les boues avec des raclettes caoutchouc, ou à l'aide d'engins.

Dans le cas d'un curage hydraulique, il est important que le fond de bassin ait été conçu avec une pente.

Il faut souligner que, même pour l'exploitation normale, il est important d'avoir une pente continue du fond de bassin jusqu'à l'exutoire, ce qui permet la vidange totale du bassin et un nettoyage facile.

Dans le cas d'un curage mécanique aux engins, il est nécessaire de prévoir des zones de circulation: de ceux-ci : cheminement en béton sur la géomembrane en fond de bassin (classique en bassins routiers) ou circulation à partir des crêtes de digue (classique en bassins de lagunage et bassins filtrants). La géométrie des bassins et des digues (largeur, profondeur, pentes) doit être étudiée pour permettre la réalisation du curage, en tenant compte des caractéristiques des engins à utiliser.

10. Autres éléments influant sur le prix et la fiabilité de l'ouvrage

D'autres aspects ont aussi une incidence sur le prix et la fiabilité de l'ouvrage, ce sont :

- Le mode de passation de marché (lot unique ou séparé)
- Les procédures de contrôle qualité

10.1. *Marché à lot unique ou avec lot étanchéité séparé ?*

Le lot unique est plus facile à gérer pour le Maître d'Œuvre, mais dans ce cas l'entreprise générale applique un coefficient sur le lot étanchéité qui peut être élevé. On voit des valeurs de 2, voire plus! Il suffit donc de reprendre les chiffres de marchés antérieurs pour réaliser *à quel point les marchés à lots séparés sont rentables pour les collectivités, en particulier pour les grandes surfaces.*

Les lots séparés permettent aussi d'être maître du choix de l'étancheur....

10.2. *Les procédures de qualité*

La mise en œuvre des terrassements et de la pose des géomembranes doivent faire l'objet d'un plan d'assurance qualité, dont la mise en œuvre intégrale doit être vérifiée par la Maîtrise d'Œuvre. Les résultats doivent figurer dans un *dossier de récolement* qui doit être exigé en fin de travaux. En particulier, les points suivant sont indispensables:

- Géométrie réalisée des ouvrages
- Réception contradictoire du support de l'étanchéité
- Vérification des matériaux livrés et de leur propriétés
- Recouvrement des géotextiles et géomembranes
- Contrôle des soudures par mise en pression du canal de contrôle
- Vérification des points triples (cloche à vide ou autre)
- Absence de perforation en partie courante
- Mise en place de matériaux sur la géomembrane

11. La maintenance

11.1. *Procédure générale*

Comme tout ouvrage, des vérifications périodiques doivent permettre de s'assurer que l'ouvrage continue d'assurer sa fonction en toute fiabilité, et de réparer rapidement tout problème, sans attendre que celui-ci évolue de façon irrémédiable et catastrophique: Par exemple, une simple perforation accidentelle (vandalisme, maladresse, etc.) se répare très facilement et pour un coût négligeable. Mais si cette ouverture est laissée dans l'état, le vent peut s'engouffrer dedans, lors d'une tempête, et arracher une très large surface. Le coût des dommages (pollution, nettoyage et mise en dépôt des terres polluées, réparation, arrêt de l'installation et mise en place d'une solution provisoire de remplacement) devient alors astronomique, et une grande partie risque d'être à charge de la collectivité locale pour sa négligence.

Une procédure de maintenance doit donc être établie à l'usage du personnel d'exploitation : vérification de l'état de la géomembrane, absence de perforation, absence de fuites ou contrôle de celles-ci, vérification de la géomembrane pendant et après les opérations de curage, etc.

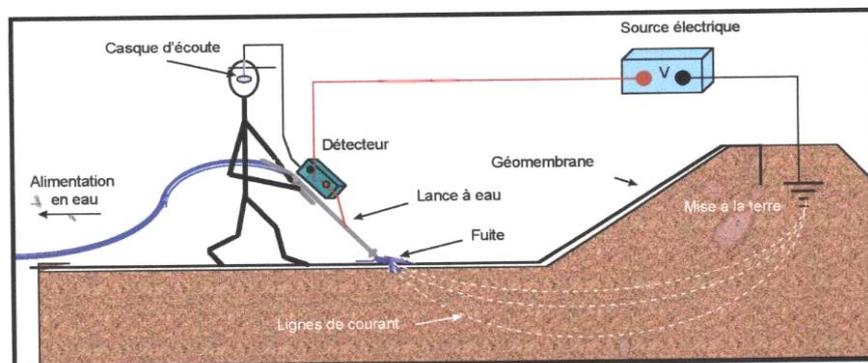
11.2. Recherche de fuite

En cas de fuite, les méthodes électriques, issues des techniques de la géophysique, ont été développées et donnent de bons résultats pour les localiser, mais ne sont pas applicables dans tous les cas. Nous ne mentionnerons ici que les dispositifs mobiles, mis en œuvre après la construction.

Pour la recherche de fuite, un premier dispositif consiste à imposer une différence de potentiel électrique entre le sol sous la géomembrane et un jet d'eau projeté sur celle-ci (voir figure 9). La géomembrane, (isolant électrique de résistivité très grande), empêche le passage du courant électrique. En cas de perforation ou défaut de soudure, l'eau s'infiltre par ce défaut et atteint le sol sous la géomembrane, formant un « pont » entre les deux niveaux de potentiel et créant un courant électrique. L'opérateur est informé par la déviation de l'aiguille d'un galvanomètre et par un signal sonore. La géomembrane doit être apparente (pas de matériaux de recouvrement. Il ne doit pas y avoir de canalisation métallique traversant la géomembrane et touchant le film d'eau sur la géomembrane, et le film d'eau sur la géomembrane ne doit pas déborder sur le sol environnant, car cela établit un contact électrique généralement plus fort que celui créé par la fuite. (La canalisation peut éventuellement être isolée électriquement par une géomembrane l'entourant et soudée sur la géomembrane du bassin.) Cette méthode est aussi utilisable pour le contrôle final de la pose de la géomembrane

Une deuxième méthode consiste à imposer une différence de potentiel électrique entre le sol sous la géomembrane et l'eau stockée dans le bassin lui-même et à déplacer un dipôle dans l'eau. La présence d'une fuite crée un champ électrique autour de celle-ci, mis en évidence par une différence de potentiel entre les deux électrodes du dipôle. Comme la méthode précédente, la présence de canalisation métallique traversant la géomembrane parasite la détection. Une couche de béton armé sur la géomembrane ne permettra pas non plus de détection sous celle-ci, les armatures créant une zone équipotentielle. Cette méthode est par contre applicable dans le cas où la géomembrane est recouverte d'une couche de protection granulaire. (figure 10)

Schéma de principe de la prospection géo-électrique par jet d'eau



Documentation Laboratoire des PC de Nancy

Figure 9. Principe des méthodes de détection électrique par jet d'eau



Documentation Appligeo

Figure 10: détection électrique par dipôle (géomembrane protégée par 0,30 m de gravier)

Ces méthodes sont certes efficaces mais ne s'appliquent donc pas à tous les cas. Une fuite est toujours une perte de temps, d'argent, un retard à la mise en fonctionnement de l'ouvrage et une source de pollution. Il faut donc privilégier une mise en œuvre par des personnels compétents, et le respect des procédures qualité, qui évitent ces problèmes.

12. Conclusions

Les points importants pour la réussite de ces ouvrages sont :

- le choix du site, à l'aide d'une étude géotechnique et avec la connaissance de la position de la nappe phréatique en toute saison ;
- un système de drainage sous la géomembrane efficace ;
- des pentes en fond de bassin pour assurer l'efficacité du drainage et faciliter l'exploitation ;
- une géométrie des ouvrages assurant la stabilité des pentes et conçue en fonction de la maintenance de l'ouvrage (circulation entretien, curage) ;
- une conception des ouvrages, et en particulier des ouvrages annexes en béton, adaptée à la géomembrane ;
- la *date de déclenchement des travaux*, qui doit se faire au début de la bonne saison et non en automne, le travail dans la boue, voire la neige, n'étant jamais un gage de qualité !
- le choix de matériaux de qualité et d'entreprises de poses qualifiées (certifications Asqual) ;
- la mise en œuvre effective d'un plan d'assurance qualité, dont on aura vérifié au préalable qu'il est réellement consistant et qu'il assure la traçabilité des matériaux et de la mise en œuvre. L'application de ce PAQ doit se concrétiser de façon effective par un dossier de récolement ;
- enfin, un plan qualité bien appliqué, par des poseurs formés et compétents et stimulés par un contrôle initial rigoureux vaut mieux qu'une bonne recherche de fuite !

13. Références bibliographiques

Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéités par géomembranes, CFG, Fascicule 10
Molle P. (2003). Filtres plantés de roseaux : limites hydrauliques et rétention du phosphore. Thèse Université de Montpellier II, www.lyon.cemagref.fr. Voir aussi Ingénieries n° spécial 2004. Cemagref
SETRA - LCPC (2000). Étanchéité par géomembranes des ouvrages pour les eaux de ruissellement routier - Guide technique, Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes, Laboratoire Central de Ponts et Chaussées, Guide technique, 95 p., Guide complémentaire, 71 pages.