

# Introduction

---

Le but de ce document consiste à fournir des informations sur les systèmes d'étanchéité utilisant **la Géomembrane en caoutchouc de Firestone**, ainsi que des recommandations générales pour leur mise en oeuvre et la préparation de l'ouvrage.

L'apparente simplicité de la conception et de la réalisation d'un ouvrage hydraulique peut parfois induire en erreur. L'applicateur, le concepteur et le maître de l'ouvrage peuvent être désagréablement surpris si tous les paramètres liés à la conception et à l'installation n'ont pas été pris en compte.

Pour des projets simples, la conception peut être réalisée par le maître d'ouvrage ou l'entreprise d'étanchéité. Etant donné la complexité des paramètres dans un ouvrage hydraulique plus important, l'applicateur doit solliciter l'avis d'un bureau d'études spécialisé dans les travaux hydrauliques. Le bureau d'études doit pouvoir répondre à des questions précises portant sur le terrassement, le drainage, la protection de la Géomembrane, etc.

Dans tous les cas, le projet sera précédé d'une étude géologique et géotechnique du site, qui examinera:

- *La nature du sous-sol*
- *La présence de cavités (roches calcaires, craies, ...)*
- *Le niveau et la variation de la nappe phréatique*
- *La présence de gaz dans le sol (tourbe, matières organiques, ...)*
- *Le risque de tassements différentiels (sols volcaniques, remblais récents, ...)*
- *Le risque d'érosion interne (sols karstiques, décharges, ...)*

Il faudra obligatoirement suivre les règles de mécanique des sols pour la conception de l'ouvrage afin d'assurer la stabilité du support et par conséquent un système d'étanchéité durable. Autant de sujets qui seront traités dans la première partie de ce document.

La seconde partie de ce document traite de la mise en oeuvre des Géomembranes Firestone (assemblage des Géomembranes et détails de mise en oeuvre) et plus particulièrement des travaux préparatifs du fond de bassin (ou plafond de bassin), du compactage, de la mise en place des drainages, de l'installation de la Géomembrane, etc.

Finalement, le document est complété par 3 annexes concernant respectivement:

- *Annexe 1: Les fiches techniques des matériaux*
- *Annexe 2: Liste du matériel pour la pose des systèmes d'étanchéité Firestone*
- *Annexe 3: La liste de résistances chimiques*

La mise en oeuvre des Géomembranes d'étanchéité Firestone doit être réalisée par un applicateur agréé par Firestone. Il est également impératif de respecter les règlements nationaux et les spécifications locales en vigueur.

# 1 • La conception du bassin

---

## 1.1 Domaines d'application

Les recommandations dans ce document s'appliquent aux bassins décoratifs et paysagers, les bassins agricoles, les canaux et les réservoirs.

Sont exclues, les applications pour lesquelles une sous-pressure pourrait compromettre la fonction de la Géomembrane Firestone ainsi que les ouvrages contenant des substances chimiques non compatibles avec la Géomembrane d'étanchéité Firestone.

## 1.2 Sélection de la Géomembrane

La Géomembrane Firestone est une Géomembrane en caoutchouc synthétique. Les panneaux ont été pré-assemblés à l'usine, avant vulcanisation pour limiter au maximum la réalisation des joints sur chantier. Les feuilles de caoutchouc sont pliées et enroulées sur des mandrins de 3,30 m de long. Chaque rouleau porte un étiquetage avec marque, épaisseur, dimensions, date et lot de fabrication, ainsi qu'une flèche indiquant le sens de déroulage.

Les Géomembranes sont commercialisées sous différentes épaisseurs et sous différentes dimensions, à savoir:

- *Epaisseurs (mm)* : 1,02 – 1,14 et 1,52
- *Largeurs (m)* : 3,05 – 6,10 – 7,62 – 9,15 – 12,20 et 15,25
- *Longueurs (m)* : 30,50 – 45,75 et 61

La Géomembrane Firestone d'une épaisseur de 1,02 mm a spécialement été développée pour les bassins décoratifs. Elle est commercialisée sous la marque **Firestone Pond Liner™**.

Grâce à sa formulation et sa production particulière, **le Firestone Pond Liner™ est compatible à la vie et la flore aquatique**, et ceci conformément aux résultats publiés par le Water Research Centre au Royaume-Uni.

## 1.3 Choix du site

Le choix du lieu d'implantation d'un bassin doit être fait en tenant compte de plusieurs éléments afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage et d'éviter les difficultés ultérieures. Ce travail doit être confié aux ingénieurs conseils et bureaux d'études spécialisés.

La liste ci-dessous permet d'avoir une approche générale des paramètres à prendre en compte:

### 1.3.1 Nature du sol

Il faut tenir compte des règles de mécanique des sols afin que leurs stabilités soient assurées dans toutes les circonstances.

Il faut connaître la nature, la perméabilité et l'épaisseur des couches géologiques sous l'étanchéité. Le tableau ci-après permet à l'applicateur d'évaluer les risques liés à la nature du support:

Type de sols	Risques	Solutions
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sols compressibles (tourbe, sable fin, ...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dégagement de gaz important</li> <li>Sous-pression sous la Géomembrane</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Drainage des gaz</li> <li>La pente du fond doit être adaptée pour faciliter le drainage des gaz</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Matériaux rapportés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tassements</li> <li>Trop grande consolidation des matériaux d'apport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compactage adapté</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sols contenant des matières organiques (anciens bassins d'industries sucrières, papeteries)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fermentation</li> <li>Sous-pression par des poches de gaz sous la Géomembrane</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Drainage des gaz</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sols où une érosion interne est possible (remblais avec déchets, sols calcaires, craies, gypses)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dissolution du terrain en cas de fuite</li> <li>Effondrement causé par une circulation d'eau érodante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Changement du site ou bonne étude géologique pour trouver les éventuelles cavités</li> <li>Compactage spécial ou double étanchéité</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sols volcaniques (argiles, limons compressibles)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pouvoir absorbant</li> <li>Tassements différentiels causant des déchirures de la Géomembrane aux raccords</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Couche intermédiaire</li> <li>Drainage particulier et compactage spécial autour des détails</li> </ul>

### 1.3.2 Niveau de la nappe phréatique

Le niveau de la nappe phréatique par rapport au terrain naturel et par rapport au fond du bassin peut rendre les travaux impossibles, créer des sous-pressions d'eau au niveau de la Géomembrane ou emprisonner de l'air et créer des sous-pressions de gaz lors de la remontée de la nappe phréatique.

En conséquence, il faut connaître la hauteur de la nappe phréatique (valeur moyenne et niveau maximum). Si le niveau moyen de la nappe dépasse le niveau de la Géomembrane il y a un risque de soulèvement de la Géomembrane et le système de drainage de gaz peut être perturbé. Dans ce cas, il faut prévoir un système de drainage adapté. Le système de drainage sera spécifié par le bureau d'études.

## 1.4 Géométrie du bassin

### 1.4.1 Fond du bassin

Une pente de l'ordre de 2% est recommandée pour les raisons suivantes:

- *Un bon fonctionnement du système de drainage*
- *Entretien facile du bassin (si exposé)*
- *Evacuation positive des gaz*

Cette pente sera d'autant plus nécessaire que la superficie de l'ouvrage est grande et devra être adaptée aux tassements prévisibles.

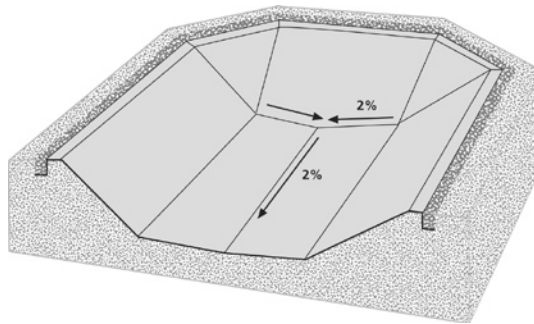


Fig. 1 : Pente du fond du bassin

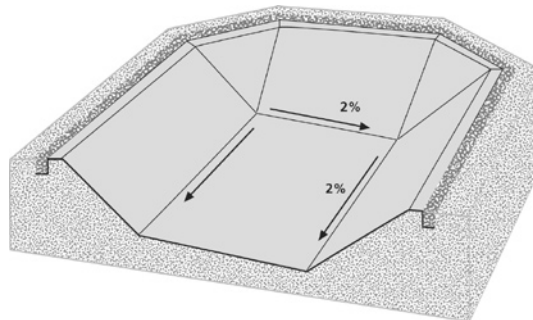


Fig. 2 : Pente du fond du bassin

### 1.4.2 Pente du talus

La stabilité des pentes est un problème de géotechnique. La présence de la nappe phréatique et la nature des sols jouent un rôle important dans la stabilité des talus. La Géomembrane Firestone ne peut avoir aucune fonction stabilisatrice vis-à-vis des pentes.

L'étude de stabilité doit tenir compte de:

- *La stabilité de la couche de drainage en différents régimes et d'autres couches entre le fond et la Géomembrane Firestone*
- *L'effet des vagues*
- *Les conséquences d'une vidange rapide*
- *Les conséquences d'une fuite*
- *La stabilité d'une éventuelle protection de la Géomembrane*
- *La facilité de mise en oeuvre*

Sans étude particulière de stabilité, il faut respecter une pente minimale de 2/1.

Si la hauteur du talus (au-dessus du niveau de fond) se situe entre 5 et 10 m, une pente minimale de 3/1 est recommandée.

A titre indicatif, on peut utiliser les valeurs mentionnées dans le tableau ci-dessous. Ces quelques valeurs sont indicatives selon la nature du sol. Ces valeurs doivent être utilisées avec la plus grande prudence pour les raisons mentionnées plus haut.

Nature du sol	Pente
Terre argileuse	2,5 H/1 V
Terre sablo-argileuse	2-3 H/1 V
Terre sableuse, graveleuse	2 H/1 V
Roche tendre	1,5 H/1 V

### 1.4.3 Crête du talus

La crête du talus doit avoir une largeur minimale de:

- 1.0 m pour la réalisation d'un ancrage
- 3.0 m dans le cas d'une circulation des engins lors de la réalisation du chantier ou lors de l'exploitation du bassin

Dans les situations où ces largeurs de crêtes ne sont pas réalisables, il faudra faire appel à d'autres méthodes d'ancrage. Il est conseillé de prévoir une pente de 1 % vers l'extérieur de l'ouvrage pour évacuer l'eau de pluie.

### 1.4.4 Longueur maximale du bassin

Les vagues créées par le vent ou le phénomène de batillage provoquent sur les digues un ensemble de sollicitations. L'action des vagues sera d'autant plus importante que le bassin est plus long dans la direction des vents extrêmes et la pente des talus plus raide.

On peut diminuer ces effets comme suit:

- Concevoir un bassin plus petit, mais plus profond
- Concevoir une autre forme dont la dimension dans la direction des vents dominants est plus courte
- Concevoir plusieurs bassins au lieu d'un grand bassin

Suivant la hauteur spécifique des vagues, la nature des sols et la pente des berges, il est conseillé de prévoir soit:

- Une protection de la Géomembrane adaptée à la pente (béton, cailloux, ...)
- Un ancrage renforcé de la Géomembrane Firestone
- Une bonne stabilisation du support
- Un géotextile sous la Géomembrane

### 1.4.5 La hauteur maximum du liquide

Plus la hauteur du liquide est importante, plus la pression hydraulique sera forte. Par conséquent, les risques d'affaissement des sols et les risques d'éclatement de la Géomembrane sont plus importants. Malgré les caractéristiques importantes d'allongement à la rupture de la Géomembrane en caoutchouc de Firestone, il est possible de rencontrer des cavités dans le sol pouvant causer une perforation, surtout sur des supports caillouteux. Dans ce cas, la mise en place d'une couche de réglage assez fine et/ou d'un géotextile est fortement conseillée afin d'éviter de tels inconvénients.

## 1.5 Préparation du support

### 1.5.1 Terrain naturel

Le support (surface en contact avec la Géomembrane d'étanchéité) doit avoir une surface régulière et propre, exempte d'aspérités agressives et de petites cavités et doit également faciliter la répartition des tassements différentiels et la mise en place du système de drainage.

L'aménagement du support peut être réalisé de différentes manières:

- *Le fond de forme aménagé après enlèvement des cailloux, végétation, etc., suivi d'une régularisation et d'un compactage*
- *Le fond de forme aménagé d'une couche d'apport en matériau à granularité contrôlée, compactée (sable, sol cohérent, ...)*

#### Végétation

Tous les éléments végétaux doivent être enlevés du fond avant l'opération de compactage afin d'éviter tout dégagement de gaz lors de leur décomposition et toute compressibilité de sous-sol. Suivant la situation, il est conseillé d'appliquer un herbicide durable là où la repousse est à craindre. Le désherbant doit être compatible avec la Géomembrane Firestone.

#### Compactage

Le support doit être compacté à l'optimum (densité entre 85% et 95% de l'Optimum Proctor normal) soit par consolidation naturelle, soit par compactage mécanique. Le compactage en tête de talus doit être particulièrement soigné.

*(Note: L'Optimum Proctor correspond à un état d'équilibre du sol entre la consolidation et le gonflement.)*

#### Géotextile

L'interposition d'un géotextile entre le support et la Géomembrane Firestone est toujours conseillée. Ceci est indispensable sur les digues où la mise en place d'une couche d'apport est souvent difficile à réaliser. Selon le type de support, le poids du géotextile varie généralement entre 200 et 500 g/m<sup>2</sup>.

Lorsque le géotextile doit également assurer un rôle drainant, il faut vérifier si sa transmissibilité est suffisante. Dans le cas échéant, on doit utiliser des géosynthétiques drainants. Veuillez consulter le fabricant approprié.

### 1.5.2 Terrain rigide (béton, sols traités, ...)

Sur un sol dur, tel le béton, l'interposition d'un géotextile est indispensable, sauf si la Géomembrane est collée en plein au support. Sur tout support bitumineux (béton bitumineux, sol stabilisé à l'émulsion bitume) il faut également utiliser un géotextile d'au moins 300 g/m<sup>2</sup>.

### 1.5.3 Sol autour des ouvrages en béton

De soins particuliers doivent être apportés au remblaiement autour de ces ouvrages, afin d'éviter tout cisaillement de la Géomembrane Firestone. La Géomembrane fixée sur l'ouvrage en béton doit pouvoir absorber tout mouvement du sol causé par des tassements sur le pourtour de l'ouvrage. Le matériau rapporté autour de l'ouvrage doit être compacté à 95% de l'Optimum Proctor normal.

## 1.6 Système de drainage

La nécessité d'une couche drainante est fonction des conditions locales, comme par exemple la présence d'argile dans le sous-sol. Dans tous les cas où des affaissements risquent d'être causés par du liquide, il convient de réduire la présence du liquide dans le sol par un système de drainage approprié ou par une double étanchéité avec couche drainante entre les deux Géomembranes.

### 1.6.1 Conditions d'application

Une couche drainante n'est pas nécessaire si la perméabilité du support est supérieure à  $10^{-4}$  m/s ou si les sous-pressions ne sont pas à craindre, bien que dans de nombreux cas le drainage permet de déceler rapidement une fuite.

Un drainage eau/gaz est toujours nécessaire dans les situations suivantes:

- Lorsque des écoulements d'eau sont possibles sous la Géomembrane pour éviter une érosion du fond (sol karstique, ...)
- Lorsque le sol sous la Géomembrane contient des matières organiques (évacuation de gaz)
- Lorsque les talus sont argileux (stabilité lors de la vidange, ...)
- Lorsqu'une variation de la nappe phréatique est à craindre
- Lorsqu'un soulèvement de la Géomembrane est possible (vent, ...)
- Lorsque le bassin contient des matières organiques pour éviter la pollution du sol suite à une fuite accidentelle

La figure ci-dessous résume les principales causes de sous-pressions sous une Géomembrane d'étanchéité Firestone. Celles-ci peuvent être évitées par un système de drainage approprié.

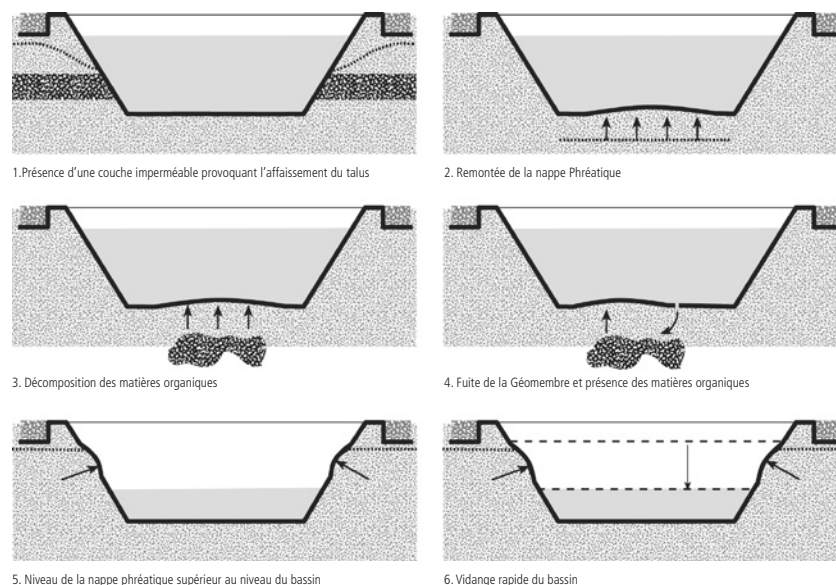


Fig. 3 : Causes de sous-pression

## 1.6.2 Drainage des eaux

Le drainage de l'eau peut être réalisé, soit par:

- Une couche de matériaux perméables d'une épaisseur minimale de 100 mm
- Un produit géosynthétique transmissif
- Un réseau de tranchées drainantes reliées par un géotextile transmissif ou une couche mince de matériaux perméables

Pour éviter l'obstruction du drain, il faut placer un filtre naturel synthétique entre le sol et la couche drainante, en respectant les règles de filtre. Les eaux doivent être recueillies par un réseau de collecteurs, placés aux points bas de l'ouvrage. Pour les ouvrages plus importants, il est recommandé de compartimenter le réseau de drainage pour faciliter la localisation des fuites.

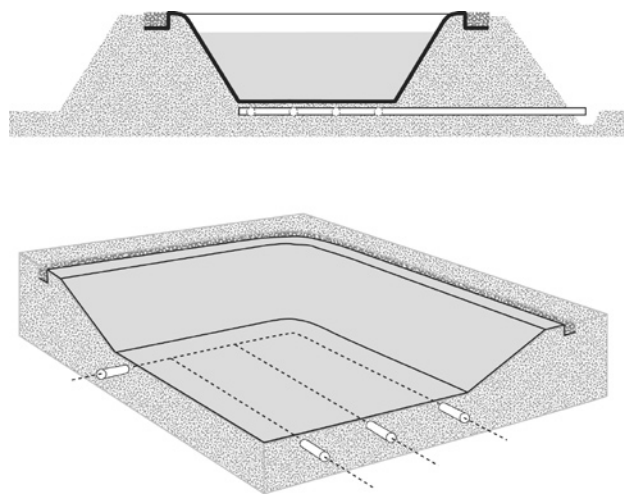


Fig. 4 : Système de drainage des eaux

Les dimensions et la pente du système de drainage des eaux sont fonction des facteurs suivants:

- Le débit des fuites admissibles
- Le débit des eaux venant de l'extérieur de l'ouvrage
- Les sous-pressions maximales admissibles soit en service normal soit en cas de fuite accidentelle

Pour des petits ouvrages, on recommande des drains annelés perforés de 60 mm de diamètre ou des drains plats. Pour des ouvrages plus importants, la dimension et la densité du réseau doit être bien étudiée, comme la résistance des drains à l'écrasement. Veuillez consulter le fabricant de drains pour de plus amples renseignements.

## 1.6.3 Drainage des gaz

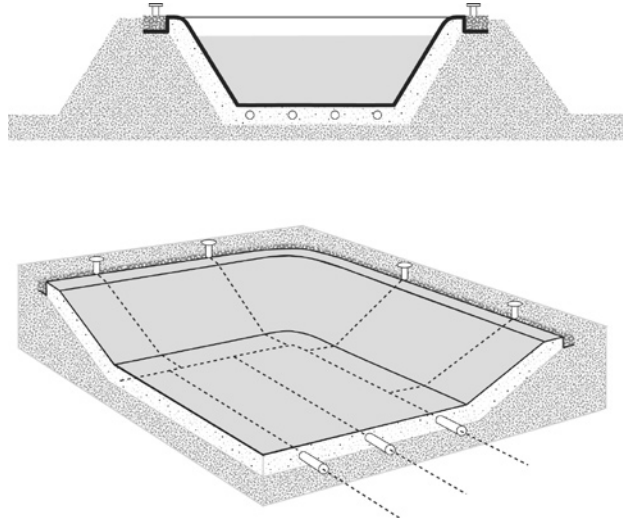
Pour le drainage des gaz, on recommande l'utilisation de tuyaux perforés. Il est nécessaire de placer entre les tuyaux un lit de sable (ou matériau équivalent), un géotextile ou un autre géosynthétique transmissif. On peut également utiliser des drains plats synthétiques.

Tout contact abrasif entre la Géomembrane d'étanchéité et le système de drainage doit être évité.



Les sorties des drains de gaz (les événements) sont toujours implantées aux points hauts et doivent être protégées par des clapets de cheminées.

Dans tous les cas, il est nécessaire de concevoir le drainage de gaz de telle sorte qu'il ne soit pas noyé. Il doit toujours être associé à un drainage des eaux.



*Fig. 5 : Système de drainage des gaz*