

1. INTRODUCTION	3
1.1. Présentation	3
1.1. Produits RENOLIT	3
1.3. Qualité du revêtement- Exigences	4
1.3.1. Imperméabilité	4
1.3.2. Souplesse	4
1.3.3. Résistance Chimique	4
1.3.4. Alimentarité	5
1.3.5. Territorialité	5
2. GEOMEMBRANES RENOLIT	5
2.1. Géomembranes RENOLIT ALKORPLAN	5
2.1.1. Références Géomembranes RENOLIT ALKORPLAN	5
2.1.2. Propriétés	6
2.1.3. Caractéristiques	6
2.2. Géomembranes RENOLIT ALKOTOP	6
Les géomembranes RENOLIT ALKORTOP sont des géomembranes en polypropylène (PP) flexible.	6
2.2.1. Références Géomembranes RENOLIT ALKORTOP	6
2.2.2. Propriétés	7
2.2.3. Caractéristiques	7
2.3. Géomembranes ALKORTENE	7
2.3.1. Références Géomembranes ALKORTENE	7
2.3.2. Propriétés	7
2.3.3. Caractéristiques	8
2.4. Accessoires	8
2.5. Process de production de RENOLIT	8
2.6. Géomembranes recommandées	9
3. INSTALLATION DE L'ETANCHEITE	9
3.1. Conception du Dispositif d'étanchéité par géomembrane : D.E.G	9
3.2. Préparation du support	10
3.2.1. Qualité du sol	10
3.2.2. Géométrie	12
3.2.2.1. Fond de Bassin	12

3.2.2.2.	Talus	12
3.2.2.3.	Crêtes de talus	12
3.2.3.	Drainage	13
3.2.3.1.	Réalisation d'un drainage gaz (en cas de nécessité)	13
3.2.3.2.	Réalisation d'un drainage d'eau	14
3.2.3.3.	Collecteurs et exutoires	15
3.2.3.4.	Dimensionnement du drainage	15
3.2.4.	Support	16
3.3.	Mise en œuvre du système d'étanchéité	17
3.3.1.	Conception du système d'étanchéité	17
3.3.2.	Installation du géotextile	17
3.3.3.	Installation de la géomembrane	18
3.3.3.1.	Préfabrication de panneaux	18
3.3.3.2.	Assemblage des panneaux	19
3.3.3.3.	Installation sur site	19
3.3.4.	Ancrage du système d'étanchéité en tête de talus	21
3.3.5.	Ancrages intermédiaires en talus	21
3.3.6.	Système de ventilation	24
3.4.	Protection du système d'étanchéité	26
3.4.1.	Protection par granulats	26
3.4.2.	Protection béton:	28

1. INTRODUCTION

1.1. Présentation

La réserve d'eau est estimée 1,500 milliards de m², mais seulement 0,3% est utilisable en eau douce. 97,3% de l'eau est salée, 2,15% apparaît comme l'eau liée polaires ou des glaciers, 0,65% est dans la nappe phréatique ou se manifeste par de l'eau sur la surface. Environ 12 millions de personnes meurent chaque année à cause du manque d'eau potable.

Ces chiffres sont un signe clair nous disant qu'il est temps d'agir: trop d'eau est gaspillée et polluée sans raison, l'eau qui pourrait sauver des vies humaines. Une méthode très efficace pour conserver l'eau est de construire des bassins d'eau pour des usages multiples. En plus d'être une réserve d'eau et autres liquides, il peut également être utilisé pour gagner de l'énergie électrique. L'eau peut être utilisée comme eau potable ou d'eau pour l'irrigation, à toutes fins que de sauver des vies.

Ces types de constructions sont souvent construits dans des zones souterraines poreuses. L'eau peut disparaître dans le sol, à travers les parois latérales et dans le cas des lacs de stockage à travers le barrage ainsi.

Il existe des solutions techniques pour éviter les pertes d'eau. Une méthode très efficace est l'installation de membranes d'imperméabilisation. Il existe différentes possibilités d'utilisation de telles membranes. Un des membranes le plus commode est la membrane thermoplastique. Les meilleurs des membranes thermoplastiques connus sont en PVC-P, PP et PE en différentes densités, et différentes épaisseurs.

1.1. Produits RENOLIT

RENOLIT présente une large gamme de géomembranes synthétiques destinées à la réalisation d'étanchéité de bassins hydrauliques et ouvrages assimilés.

- Géomembrane RENOLIT ALKORPLAN PVC-P
- Géomembrane RENOLIT ALKORTENE PE
- Géomembrane RENOLIT ALKORTOP PP

Les types de projets suivants peuvent être réalisés avec les produits mentionnés ci-dessus:

Bassins d'irrigation

- Lacs artificiels
- Bassins incendies
- Réserves d'eau potable
- Stockage de déchets liquides (Couverture)

- Canaux
- Bassins de Rétention pour toutes sortes de liquides (eau de pluie, produits chimiques et similaires)
- Couvertures Flottantes
- Barrages
- Les ouvrages assimilés

1.3. Qualité du revêtement- Exigences

- La qualité de l'étanchéité dépend de:
 - Choix de la géomembrane
 - Système d'étanchéité incluant la préparation du support
 - Manière d'exécution des travaux (Support, Drainage, Système d'étanchéité, Protection)

1.3.1. Imperméabilité

Les revêtements doivent rester imperméables à l'eau sous l'effet des pressions d'utilisations.

Les caractéristiques des géomembranes RENOLIT utilisées sont donc fonction de la pression maximale appliquée et de l'état du support qui influe directement sur le choix du type de géomembrane, de son épaisseur ainsi que du type et des caractéristiques des géotextiles éventuels.

1.3.2. Souplesse

Les géomembranes RENOLIT présentent des souplesses différentes en fonction de leur nature et de leur épaisseur. La conception générale de l'ouvrage, en particulier les formes (développables ou non, simples ou compliquées), et les rayons de courbure ou chanfreins dans les angles devront prendre en compte la souplesse du produit choisi. Les déformations induites dans la membrane par la forme ou l'état de surface de l'ouvrage ne doivent pas induire dans celle-ci de contrainte excessive pour le type de produit choisi.

1.3.3. Résistance Chimique

L'étanchéité doit être résistante contre l'influence chimique de:

- Du liquide ou solide stocké
- Augmentation de la pollution du sol due à l'évolution des niveaux d'eau de la nappe phréatique.

1.3.4. Alimentarité

Les matériaux et revêtements utilisés pour les ouvrages de traitement ou de distribution d'eau destinée à la consommation humaine doivent être conformes à la législation en vigueur.

1.3.5. Territorialité

Les dispositifs d'étanchéité décrits dans le présent cahier des clauses techniques sont applicables en toute zone climatique.

Toutefois, des précautions peuvent être nécessaires, en fonction des matériaux choisis, en zones froides ou dans le cas de fortes expositions aux U.V. (Consulter les Services Techniques RENOLIT).

2. GEOMEMBRANES RENOLIT

2.1. Géomembranes RENOLIT ALKORPLAN

Les géomembranes RENOLIT ALKORPLAN sont des géomembranes en PVC-P plastifiées, souples, homogènes ou renforcées.

2.1.1. Références Géomembranes RENOLIT ALKORPLAN

- 35052, Géomembrane agréée pour l'eau potable. Gris clair ou gris foncé. Homogène ou renforcée avec une protection contre les rayonnements UV.
- 35254 PES, Géomembrane renforcée par grille PES pour les barrages, couvertures flottantes et d'ouvrages hydrauliques. Gris clair ou gris foncé avec une protection contre les rayonnements UV.
- 35053, Géomembrane agréée pour l'eau potable. Gris clair ou gris foncé. Homogène ou renforcée sans protection contre les rayonnements UV.
- 35054 / 35254, Géomembrane pour ouvrage hydraulique. Gris Foncé ou gris clair. Homogène ou renforcée avec une protection contre les rayonnements UV.
- 02339, Géomembrane pour ouvrage hydraulique. Gris Foncé ou gris clair. Homogène ou renforcée avec une protection contre les rayonnements UV.
- 35038, Géomembrane compatible temporairement avec le bitume, noire, non protégée UV et applicable directement sur le bitume (sans protection contre les rayonnements UV), Noir.

Les géomembranes mentionnées ci-dessus peuvent également être produites:

- Avec renfort (grille de polyester ou de fibres de verre).
- Avec feutre géotextile PES (polyester) ou PP (polypropylène) géotextile.

Les caractéristiques mécaniques peuvent alors changer en raison de l'armature ou du feutre.

2.1.2. Propriétés

Les géomembranes RENOLIT ALKORPLAN sont constituées à partir de PVC-P plastifiés, souples, calandrées ou extrudées, conditionnées en rouleaux sur mandrin carton. Leur largeur est habituellement de 2,05 m.

- Elles sont caractérisées par leur grande souplesse.
- Haute performance à la déformation bi-directionnelle due à leur élasticité (> 170%).
- Très haute résistance au poinçonnement hydrostatique (>950 kPa/mm).
- Haute résistance au poinçonnement dynamique.
- Elles possèdent un large spectre de résistance aux produits chimiques tels que : acides, bases et sels (voir concentration et températures limites en annexe) et sont résistantes au vieillissement, aux racines et aux influences de l'environnement.
- Les formulations à base de résine vierge et sans craie résistent en contact permanent à des pH compris entre 2 et 10. Elles supportent des contacts temporaires (72 heures) avec les hydrocarbures routiers, tels que l'on peut en rencontrer dans les bassins de rétention routiers et autoroutiers. Les formulations non protégées UV peuvent rester exposées au moins 1 mois aux intempéries sans altération significative de leurs caractéristiques.
- La capacité de soudure est très bonne manuellement à l'air chaud (type triac) et par machine automatique (coin chaud et / ou air chaud), même après plusieurs années d'utilisation, avec une grande plage de température et de vitesse.
- Dilatation thermique : $1.5 \cdot 10^{-4}$ cm/cm/°C
- Très bon angle de frottement (+- 28°)

2.1.3. Caractéristiques

Voir fiches techniques.

2.2. Géomembranes RENOLIT ALKOTOP

Les géomembranes RENOLIT ALKORTOP sont des géomembranes en polypropylène (PP) flexible.

2.2.1. Références Géomembranes RENOLIT ALKORTOP

- 03550, Géomembrane homogène PP flexible, extrudée, largeur standard 6,00 m, couleur noire.

- 35550, Géomembrane homogène PP flexible, calandree, largeur standard 2.05 m large couleur grise.
- 03586, Géomembrane renforcée PP par grille Polyester, calandree, largeur standard 2.05 m large couleur grise.
- 35089, Géocomposite avec géotextile polyester, calandree, largeur standard 2.05 m large couleur grise.

2.2.2. Propriétés

Géomembranes en polypropylène flexible ou renforcé.

- Largeur standard : 6,00 m et 2,05 m.
- Les géomembranes en polypropylène flexible ont une bonne souplesse et une bonne capacité de déformation bidirectionnelle. Elles conservent en particulier une souplesse
- intéressante par temps froid (souplesse inférieure au PVC-P par température de 10° C, mais nettement supérieure au PVC-P par grand froid).
- Bonne résistance chimique au moins équivalente au PVC-P.
- Limite d'élasticité (+ -40%).
- Résistance moyenne au poinçonnement hydraulique (>600 kPa/mm).
- Soudure manuelle à l'air chaud (type triac) et par machine automatique (coin chaud et/ ou air chaud), mais avec une faible plage de température.

2.2.3. Caractéristiques

Voir fiches techniques.

2.3. Géomembranes ALKORTENE

Les géomembranes RENOLIT ALKORTENE sont des géomembranes en Polyéthylène (PE)

2.3.1. Références Géomembranes ALKORTENE

- 03550, Géomembrane homogène PE Haute Densité (HD), extrudée, largeur standard 6,00 m, couleur noire.
- 00274, Géomembrane homogène PE Basse Densité (PEBD), extrudée, largeur standard 6,00 m, couleur noire.

2.3.2. Propriétés

Géomembranes fabriquées à base de PE, extrudées, noir.

- Les géomembranes en polyéthylène ont une résistance chimique élevée, en particulier par rapport aux hydrocarbures, ainsi qu'aux acides et bases.
- Faible résistance contre l'oxygène actif.

- Capacité de déformation réduite en raison de sa faible flexibilité, surtout sur un sol inégal et rugueux.
- Résistance moyenne au poinçonnement hydraulique (>675 kPa/mm).
- Faible angle de frottement (+- 18°)
- Très forte dilatation thermique : (+- 2.6 10⁻⁴ cm/cm/°C)
- Le PE peut être soudée par l'air chaud ou coins chauffants. Les détails doivent être soudés par extrusion. Il n'est pas possible de souder ce matériel manuellement avec l'air chaud.

2.3.3. Caractéristiques

Voir fiches techniques.

2.4. Accessoires

Les géomembranes sont la partie la plus importante du système d'étanchéité. Pour assurer cette étanchéité, selon le type de construction, tous les accessoires doivent être compatibles avec la géomembrane utilisée.

Les accessoires suivants font partie d'un tel système:

- Matériaux de protection et anti-poinçonnement (géotextiles, géogrilles...)
- Géosynthétiques drainants
- Eléments de fixation (Tôles colaminées, arrêts d'eau, Plat métal inoxydable, Eléments d'ancrages....)

2.5. Process de production de RENOLIT

La procédure de production y compris la gestion et l'achat de matières premières doit se conformer aux exigences de la norme ISO 9001. Le contrôle de la production commence par la réception des matières premières, passe par le laboratoire où sont composés et préparés les mélanges, puis se poursuit à travers la production, le département logistique, et aussi l'équipe de direction.

Après un passage à travers le mélangeur, le compound est acheminé vers les unités de fabrication, calandres ou extrudeuses.

Après avoir traversé de nombreux cylindres, la membrane est contrôlée en ligne par de nombreux appareils électriques afin de vérifier des valeurs comme l'épaisseur, la température, la pression, la vitesse... pour finir par l'enroulage et l'emballage. La production de géomembranes adaptée à l'eau potable doit être effectuée sous le plus grand soin. L'unité de mélange doit être complètement vidée et nettoyée des restes de la production récente, afin de ne pas influencer sur la qualité de la géomembrane. Une géomembrane renforcée du PSE est produite sur des machines de laminage où la grille de polyester est introduite entre deux couches de géomembrane. La chaleur et la pression exactes sont importantes afin de permettre une plastification parfaite entre les deux couches de géomembrane et la grille de polyester.

2.6. Géomembranes recommandées

Le groupe RENOLIT fabrique et commercialise une gamme très complète de géomembranes en PVC-P, PE ou PP afin de répondre à une grande variété d'applications. L'expérience a montré que la géomembrane PVC-P est l'une des mieux adaptées pour réaliser une étanchéité de bassin de par son excellente déformabilité qui lui permet de s'adapter à toutes formes de support, sa résistance à la perforation, sa soudabilité, sa résistance aux rayons UV et sa durabilité (RENOLIT ALKORPLAN 35054 & 35254).

Si nécessaire, elle est disponible en version alimentaire pour le stockage d'eau potable (RENOLIT ALKORPLAN 35052- 35152).

De plus, elle peut être doublée d'un géotextile en polypropylène ou polyester (< 700 g/m²), et recevoir une grille de renforcement soit en polyester, soit en verre.

3. INSTALLATION DE L'ÉTANCHEITÉ

3.1. Conception du Dispositif d'étanchéité par géomembrane : D.E.G

Constituants du dispositif d'étanchéité par géomembrane :

- Support
 - Couche filtrante
 - Couche(s) drainante(s)
 - Couche support et/ou matériau anti-poinçonnant
- Étanchéité
- Protection

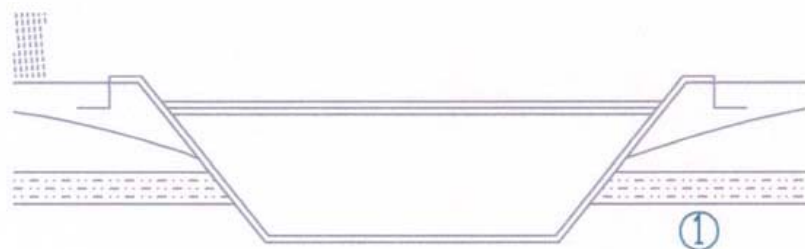
- Protection synthétique
- Protection minérale
- Combinaison

Il est impératif d'étudier les conditions géologiques et géotechniques exactes dans lesquelles le système d'étanchéité doit être installé et doit fonctionner afin d'éviter tout dysfonctionnement.

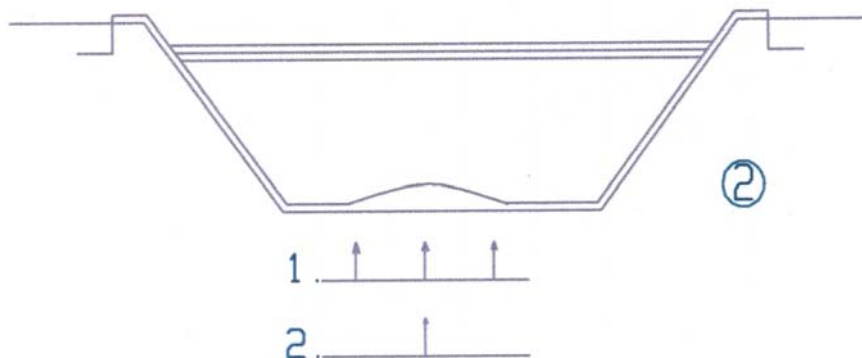
3.2. Préparation du support

3.2.1. Qualité du sol

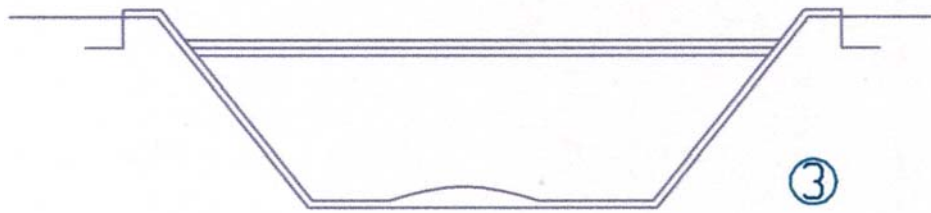
La qualité du sol a son importance. Une enquête doit être faite concernant l'existence de gaz et de matière organique dans le sol. Il pourrait être possible que des drainages pour évacuer les gaz en développement sous le système d'étanchéité doivent être installés. Il ya plusieurs raisons pour que des sous-pressions sous le système d'étanchéité apparaissent et provoquent une défaillance du système d'étanchéité :



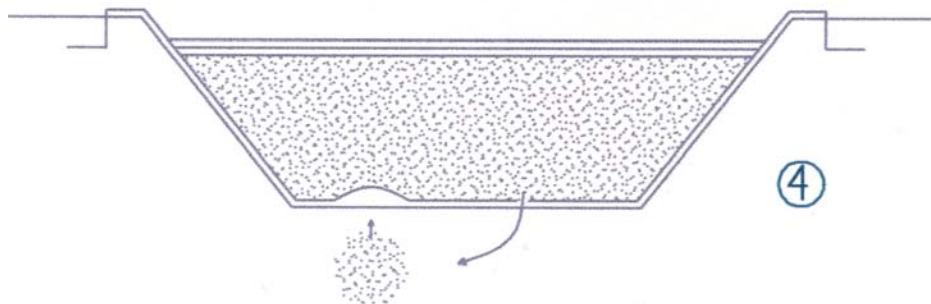
Présence d'un horizon imperméable et d'une nappe temporaire (pluie)



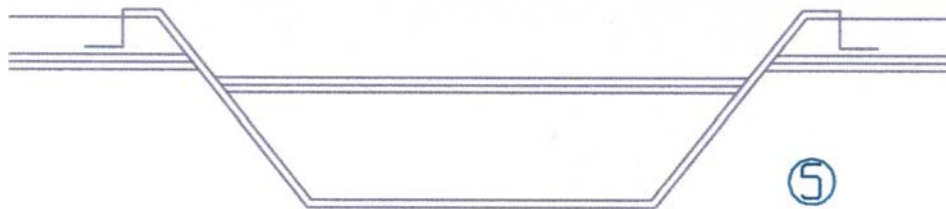
Compression des gaz dans un sous-sol non saturé du fait de la remontée d'une nappe phréatique sous-jacente.



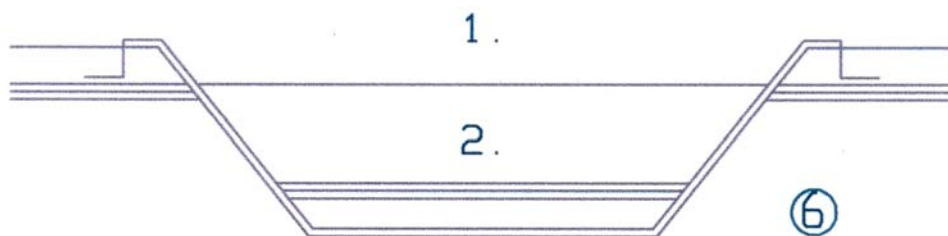
Décomposition de Matières Organiques (M.O.)



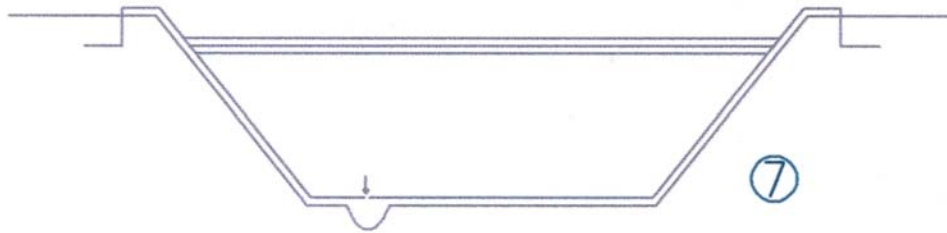
Fuite sous un bassin d'un liquide chargé en M.O.



Nappe phréatique plus haute que le niveau d'eau dans le bassin.



Vidange rapide d'un bassin en équilibre avec l'extérieur en période de service. (Nappe permanente ou alimentée par une fuite).



Affaissement localisé consécutif à une fuite.

3.2.2. Géométrie

3.2.2.1. Fond de Bassin

Pour un bon fonctionnement du drainage et pour des facilités de mise en œuvre (assainissement du chantier) ainsi que pour l'entretien (vidange et nettoyage) le fond de bassin doit présenter une pente minimale (généralement 1‰, à adapter à la superficie de l'ouvrage et au tassement prévisible) et en évitant les contre pentes.

3.2.2.2. Talus

La pente des talus doit assurer leur auto stabilité (cf. étude géotechnique). La géomembrane ne contribue pas à leur stabilité mécanique. Dans la plupart des cas, la pente des talus doit être très inférieure à 45° (1/1) pour les raisons suivantes:

- tenue de la géomembrane s (glissement, fluage).
- stabilité de la couche drainante et de la protection éventuelle de la géomembrane par recharge granulaire ou dalle béton.
- pour les bassins avec marnage important ou vidange "rapide" l'étude géotechnique tiendra compte de ce fait pour la stabilité des talus.

3.2.2.3. Crêtes de talus

La largeur en crête des talus devra être suffisante pour permettre :

- un ancrage correct,
- la circulation des engins en cours de chantier et lors de l'exploitation et la maintenance des bassins (camion-citerne aspirant les boues de décantation...).
- Les règles spéciales d'application de géomembranes PE.
- Les angles (raccordements entre talus et fond, tranchée d'ancrage, etc.), doivent présenter un rayon de courbure d'autant plus important que la membrane est épaisse (à titre indicatif, les règles allemandes

Richtlinie DVS 2225 prescrivent un rayon de courbure de 1 m pour des géomembranes PE de 2,5 mm d'épaisseur)

3.2.3. Drainage

Le drainage doit assurer l'évacuation des liquides et gaz accumulés ou présents sous la géomembrane.

On associera systématiquement un drainage des eaux au drainage des gaz. Dans tous les cas, il est prudent de donner une légère pente montante (1% environ) orientée vers les talus afin de permettre à l'air emprisonné au moment de la pose de s'évacuer au premier remplissage.

L'étude précise et complète des drainages d'eau de gaz, est primordiale pour la bonne tenue de l'ouvrage envisagé ; une étude négligée et incomplète peut apporter des désordres graves et mettre en cause la pérennité de la réalisation. Un drainage eau et/ou gaz est toujours nécessaire dans les cas suivants :

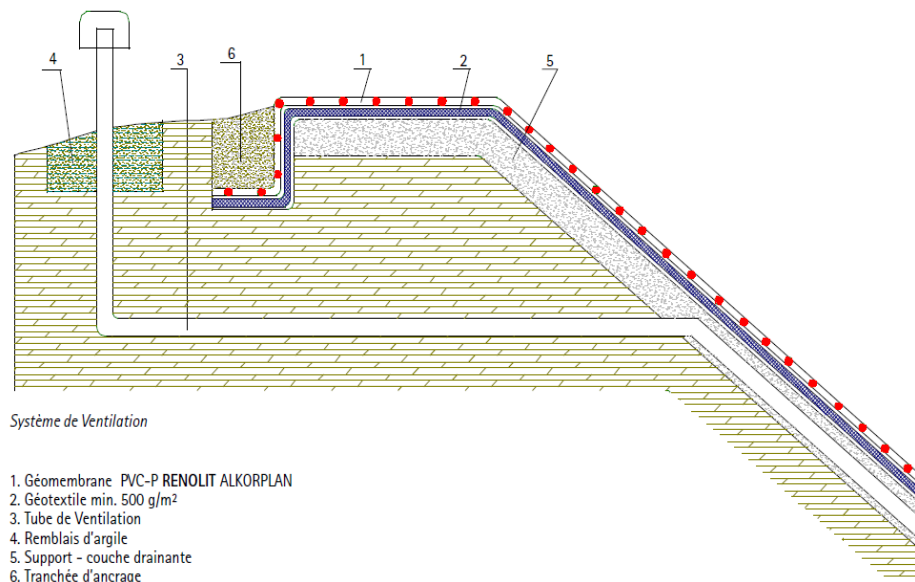
- lorsque les liquides ou solides stockés sont polluants ou toxiques (drainage liquide éventuellement, double étanchéité)
- lorsque le liquide stocké contient des matières organiques (drainage liquide et gaz).
- lorsque le sol sous la géomembrane contient des matières organiques (drainage eau et gaz).
- lorsque le sol est karstique ou sensible à l'érosion interne (drainage liquide et double étanchéité ou changement de site).
- lorsque les talus sont argileux (risque d'instabilité d'où drainage liquide).
- lorsque le bassin est soumis à des marnages rapides (drainage liquide).
- lorsqu'une nappe phréatique temporaire peut s'établir sous la géomembrane (drainage eau).
- pour éviter le soulèvement de la géomembrane par action du vent (drainage gaz).

3.2.3.1. Réalisation d'un drainage gaz (en cas de nécessité)

On utilise généralement des tuyaux perforés de 60 à 80 mm de diamètre, placés tous les 20 m environ, (distance ramenée à 10 m si le sol sous-jacent est peu perméable et en cas de dégagement prévisible de gaz important). Les tuyaux de drainage ne sont pas en contact direct avec la géomembrane, ils sont placés dans une couche perméable au gaz (couche drainante ou tranchée drainante) qui est constituée soit de matériau granulaire contenant du sable (au moins 60%), soit d'un géotextile transmissif.

Ces tuyaux peuvent être remplacés par des bandes de géospaceurs posées directement sur le support.

Les sorties des drains de gaz sont implantées aux points hauts et équipées de cheminées protégées. Les sections de sortie doivent être horizontales de façon à n'être jamais orientées face au vent. Une protection (chapeau et grille) empêchera toute obstruction ou pénétration d'eau. Les sorties des drains de gaz et leurs raccordements ne doivent pas permettre l'entrée des eaux de ruissellement ni d'animaux. Dans tous les cas, il est nécessaire de concevoir le drainage de gaz de telle sorte que ces drains ne soient pas remplis d'eau : il devra donc toujours être associé à un drainage liquide. De plus, la forme du fond du bassin doit permettre une évacuation de l'air emprisonné sous la géomembrane lors de la pose (pente permettant l'évacuation des gaz vers l'extérieur).



3.2.3.2. Réalisation d'un drainage d'eau

Le drainage de l'eau peut être réalisé par :

- Une couche de matériau drainant de 10 cm d'épaisseur minimum possédant un équivalent de sable > 60, granulométrie $0,5 < D < 5$ mm. Une couche de séparation synthétique (filtre) doit être placée entre le sol et la couche drainante.
- Un réseau de tranchées drainantes collectant les liquides. Les tuyaux de drainage doivent être entourés d'un géotextile transmissif afin d'éviter leur colmatage par les particules fines.

- Un géosynthétique drainant, éventuellement associé à des tuyaux drainants.

3.2.3.3. Collecteurs et exutoires

Les eaux devront être recueillies par un réseau de collecteurs et être évacuées par gravité.

En cas d'impossibilité d'évacuation gravitaire, on procédera par pompage. Dans ce cas, on placera au point bas un regard de visite qui sera obligatoirement équipé d'une pompe automatique et d'un système d'alerte ou à défaut, inspecté toutes les semaines.

Pour les grands ouvrages et les ouvrages contenant des produits polluants, l'exutoire permettra de contrôler les débits de fuite.

Pour les grands ouvrages, il est en plus recommandé de compartimenter le réseau de drainage avec exutoires séparés pour chaque zone afin de faciliter la localisation des fuites éventuelles.

3.2.3.4. Dimensionnement du drainage

Le dimensionnement et la pente du réseau de drainage des eaux seront fonction :

- de la quantité d'eau sous la géomembrane
- de la quantité d'eau à évacuer en cas de rupture de la géomembrane,
- des sous-pressions maximales admissibles dans le cas de vidange rapide du bassin, ou en cas de fuite accidentelle.

En fonction du contexte hydrogéologique, un système de drainage complémentaire extérieur à l'ouvrage pourra se révéler indispensable.

Sur les petits ouvrages, on utilise généralement des drains annelés perforés de 125 mm de diamètre en combinaison avec des bandes de géo-espaceur de 0,20 à 0,50 m de large. Pour des projets plus importants, le système de drainage doit être dimensionné selon la situation réelle.

Tuyaux de drainage sous l'étanchéité :



3.2.4. Support

La surface doit être lisse, sans cailloux pointus, sans végétation et bien compactée pour éviter un tassement différentiel. Il doit être en mesure d'assurer un drainage sous le système d'étanchéité afin d'éviter toute pression négative. Ceci peut aussi être efficacement réalisé avec des tuyaux de drainage intégrés dans la couche support.

L'image suivante montre les différentes couches sous l'étanchéité:



*Projet de Barlovento: 1er couche de drainage 8 / 40
Couche de séparation géotextile 500 g / m² - couche de drainage 2ieme 0 / 6*

3.3. Mise en œuvre du système d'étanchéité

3.3.1. Conception du système d'étanchéité

Après avoir déterminé les paramètres du sol et du support, le système d'étanchéité peut être choisi.

En général, le système d'étanchéité se compose de:

- Ecran de séparation et/ou de protection anti-poinçonnant :
Un géotextile de minimum 500 g/m² sera mis en place sur le support fini (couche drainante). Son rôle est de protéger et/ou de séparer la géomembrane du support. Dans le cas où la dernière couche sous la géomembrane est constituée de sable, des précautions doivent être prises lors de la soudure de la géomembrane pour éviter la pollution de la zone de soudure (placement d'une bande de géomembrane sous la zone de soudure, que l'on tire en fonction de l'avancement de la soudure).
- Géomembrane :
Le choix de la géomembrane sera pris en fonction du rôle qu'elle doit remplir (PVC-P, PP or PE)
- Couche de protection:
Il est recommandé de protéger le système d'étanchéité contre différents facteurs extérieurs qui risquent de l'endommager comme les vagues, la vidange rapide de l'eau, le rayonnement UV sur la partie exposée, le vandalisme. Selon l'inclinaison de la pente, cette couche de protection peut être composée d'une combinaison d'un géotextile et d'une couche de protection solide tel qu'un enrochement, du sable, du béton projeté et autre. S'il n'ya pas de couche de protection, la géomembrane doit être spécialement conçues pour supporter en toute sécurité les différents facteurs extérieurs existant.

3.3.2. Installation du géotextile

Le géotextile peut être produit en différentes largeurs. Selon l'ouvrage, la largeur peut être importante. Pour les grandes surfaces, la largeur maximale (jusqu'à 8 m) peut être utilisée. Il peut être utile de combiner deux largeurs différentes afin de couvrir l'ensemble du projet. Un géotextile est difficile à couper, et donc quelques rouleaux courts peuvent aussi aider à alléger le travail.



Mise en place du géotextile

3.3.3. Installation de la géomembrane

3.3.3.1. Préfabrication de panneaux

Pour les ouvrages de moyenne ou grande dimension, (voir pour de petits ouvrages), il est recommandé de préfabriquer des grands panneaux (nappes) dont la taille est à déterminer selon le besoin du chantier. Ceci concerne particulièrement les géomembranes PVC-P qui sont produites en largeur maximale de 2,15 m.

Avantages de la préfabrication :

- Qualité des soudures en atelier (travail hors intempéries, soudures mécanisées),
- Coût moins important d'un assemblage en atelier que sur chantier,
- Délai de mise en œuvre sur chantier réduit,
- Nombre de soudures sur chantier réduit, donc moins de risques liés aux intempéries,
- Temps de contrôle des soudures sur chantier réduit.

Par contre, cette préfabrication nécessite :

- Sur site, des moyens de manutention adéquats capables de transporter et placer les nappes préfabriquées sans les endommager.
- Disposer des plans (plan d'exécution ou plan de récolement) réellement conformes au terrassement afin de déterminer la taille des différentes nappes à préfabriquer et réaliser le plan de calepinage.

Dans le cas contraire, il faudra réaliser uniquement des panneaux de taille standard, qui seront éventuellement adaptés sur site.

La soudure doit être réalisée avec une machine automatique. Il est recommandé d'utiliser une machine à double soudure afin d'être en mesure de contrôler la soudure par pression d'air. Dans le cas d'une soudure simple, il est recommandé de la contrôler avec une pointe sèche (ouverture environ 3,0 mm) avec l'aide d'une lance à air.

Les panneaux préfabriqués sont soit pliés en accordéon dans le cas de géomembranes de faible épaisseur, soit enroulés sur mandrin de grande largeur pour les épaisseurs plus fortes. Ils doivent être emballés de façon à ce que la géomembrane ne soit pas endommagée pendant le transport (caisse bois pour transport maritime, etc.).

3.3.3.2. Assemblage des panneaux

Le calepinage est fait d'après les plans d'exécution ou de récolement. Les panneaux préfabriqués seront numérotés pour faciliter les opérations de mise en place sur chantier.

La surface des panneaux préfabriqués varie généralement de 200 à 1 000 m² suivant :

- l'épaisseur de la géomembrane
- les moyens de manutention en atelier et sur chantier
- l'accessibilité et la configuration du site
- le mode de pliage des nappes préfabriquées.

Pour les membranes PP et PE, il n'est généralement pas nécessaire de préfabriquer des panneaux puisque leur largeur de production peut être supérieure à 5 m.

Il est nécessaire de placer des lests sur la géomembrane installée pendant la période de travail. L'influence du vent doit être prise en compte.

3.3.3.3. Installation sur site

a. Placement de la géomembrane

- L'installation de la géomembrane ou des nappes préfabriquées ne peut être exécutée que si tous les travaux concernant la qualité du support (les couches de granulats, de séparation, de drainage) sont complètement terminés et approuvés par l'ingénieur responsable du site.
- Les géomembranes sont déroulées sans tension et doivent se chevaucher. La largeur de chevauchement (recouvrement) dépend de la machine de soudage utilisée (4cm à 10 cm). Les machines à double soudure demandent un recouvrement de 8 à

10 cm. Pour la soudure par extrusion un recouvrement minimum de 4 cm est nécessaire.

- La température extérieure doit être prise en considération. Pendant les périodes de fortes températures, l'allongement de la géomembrane peut être important. Dans les climats chauds il est donc recommandé d'effectuer l'opération de soudage tôt le matin lorsque la géomembrane est encore froide de la nuit précédente.

Dilatation thermique des différents matériaux:

PVC-P: Déplacement de 48 cm pour une longueur de 100 m avec variation de Température de 50°C (de 20°C à 70°C)

HDPE: Déplacement de 120 cm pour une longueur de 100 m avec variation de Température de 50°C (de 20°C à 70°C)

Source : Congdon, 1998



Déroulage et mise en place de la géomembrane

b. Soudure sur site

La qualité de la soudure dépend des paramètres suivants:

- Propreté de la zone de soudure (nettoyage avec un chiffon propre et sec)
- Bon réglage de la machine (température, vitesse et pression)
- Qualification du personnel.

Les machines utilisées sont à coins chauffants ou à air chaud. Ce type de machine est adapté à toutes sortes de matériaux (PVC-P, PP, PE).

Le soudage manuel pour l'exécution des détails et des jonctions en pied de panneaux, se fait avec un appareil à air chaud pour les

géomembranes en PVC-P et en PP, et avec une extrudeuse pour les géomembranes en PE.



Soudure avec machine automatique à double soudure

C. Action du vent

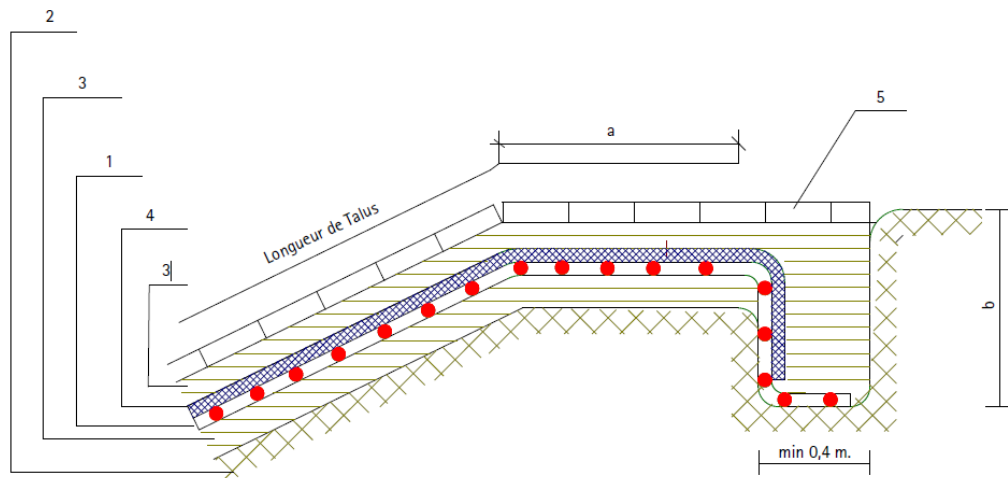
La géomembrane doit être lestée après installation. Le vent peut déplacer et soulever les panneaux. En général des sacs de sable ou des vieux pneus sont utilisés comme matériau de lestage. Dans le cas d'un système protégé, il est recommandé d'exécuter les ouvrages de protection après le contrôle complet de la section exécutée.

3.3.4. Ancrage du système d'étanchéité en tête de talus

En général, le système d'étanchéité est ancré dans une tranchée dite d'ancrage. La tranchée d'ancrage doit être immédiatement remplie après la mise en place du système d'étanchéité. La dimension de la tranchée d'ancrage dépend de la longueur du rampant.

D'autres fixations sont possibles (des plaques en acier inoxydable en liaison avec les structures en béton)

3.3.5. Ancrages intermédiaires en talus

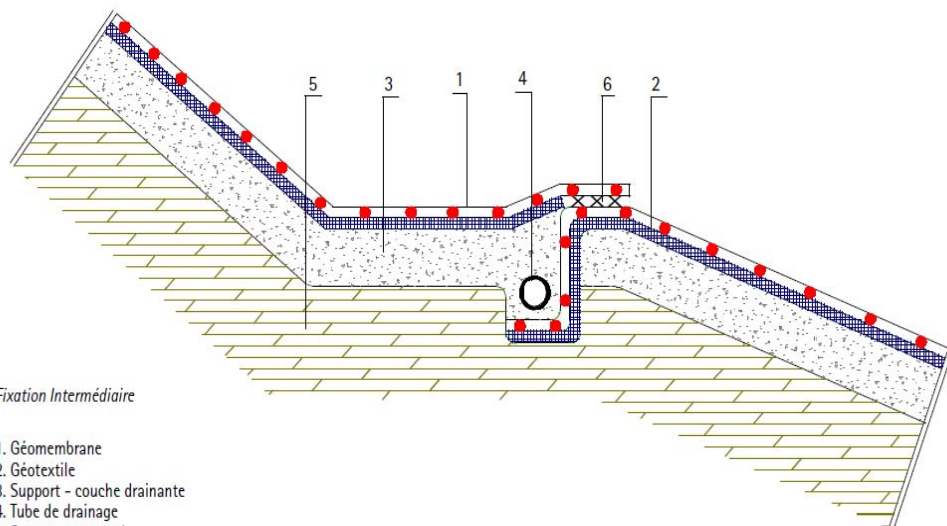


Dimension de la tranchée d'Ancre (Dessin de Principe)

1. Géomembrane RENOLIT ALKORPLAN
2. Support compacté
3. Couche de protection en Sable
4. Géotextile
5. Dalles en Béton

Longueur de Talus	a	b
< 10 m	> 0,5 m	> 0,5 m
10 - 40 m	> 0,8 m	> 0,6 m
> 40 m	> 1,0 m	> 0,8 m

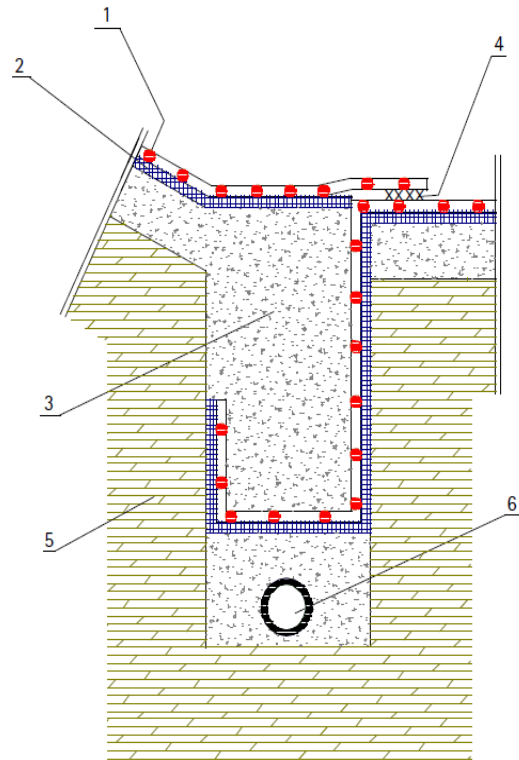
Selon la configuration de l'ouvrage, un ou des ancrages intermédiaires peuvent être nécessaires. En cas de talus très long, il est recommandé de prévoir cet ancrage, afin de réduire les tensions sur la membrane due à la force du vent.



Fixation Intermédiaire

1. Géomembrane
2. Géotextile
3. Support - couche drainante
4. Tube de drainage
5. Support compacté
6. Soudure

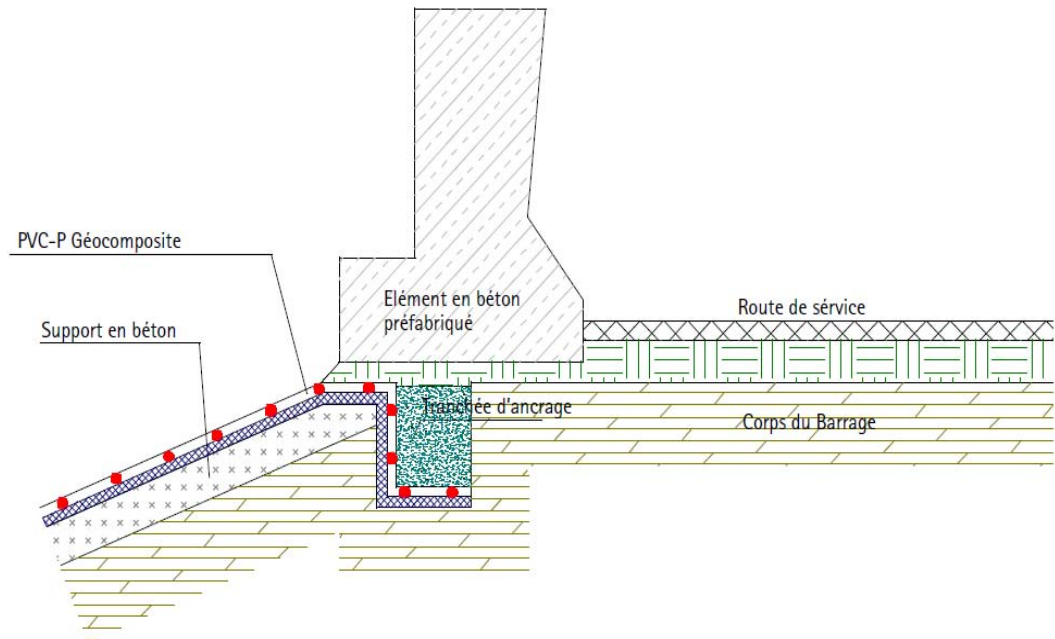
**Ancrage du système d'étanchéité
en fond de bassin**



Fixation au pied du talus

1. Géomembrane
2. Géotextile
3. Support - couche drainante
4. Soudure
5. Support compacté
6. Tube de drainage

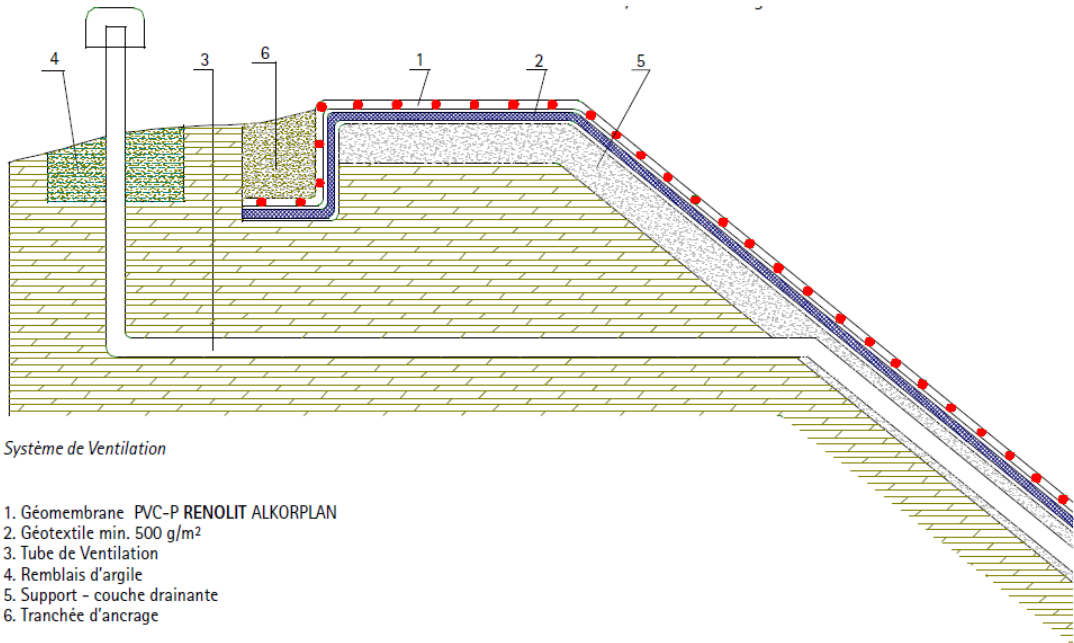
Il n'est pas toujours possible de réaliser un ancrage adéquat avec une tranchée. S'il existe une voie de service, il est possible alors de réaliser un ancrage comme indiqué dans le dessin suivant:



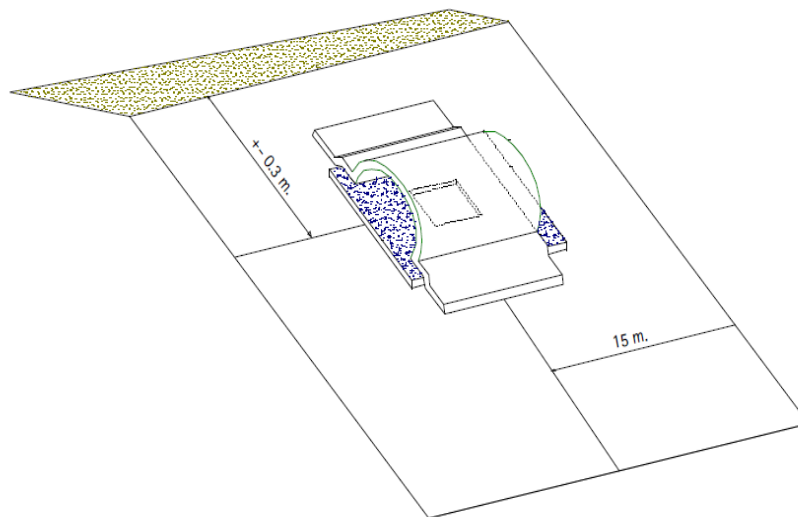
Fixation du Système d'Etanchéité en Tête de Talus

3.3.6. Système de ventilation

Le vent a une influence importante sur le système d'étanchéité, et ce surtout dans les bassins à forte variation de niveaux d'eau comme dans le cas des bassins d'irrigation. La partie exposée de la géomembrane peut subir une forte traction suite à l'effet du vent. Par conséquent, il est recommandé d'installer un système de ventilation qui va coller la membrane sur son support par effet venturi.

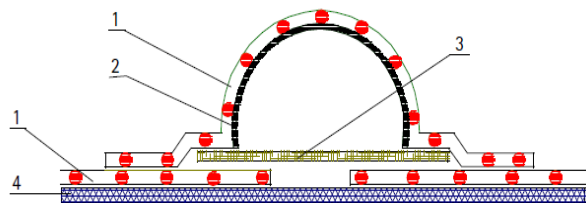


Un autre type de système de ventilation est montré dans le dessin suivant:



Système de Ventilation avec une moitié de tube en PVC-P

1. Géomembrane PVC-P RENOLIT ALKORPLAN
2. Moitié de tube en PVC-P
3. Géogrille comme protection
4. Géotextile PP



Un système de ventilation n'est pas nécessaire si une couche de protection recouvre le système d'étanchéité.

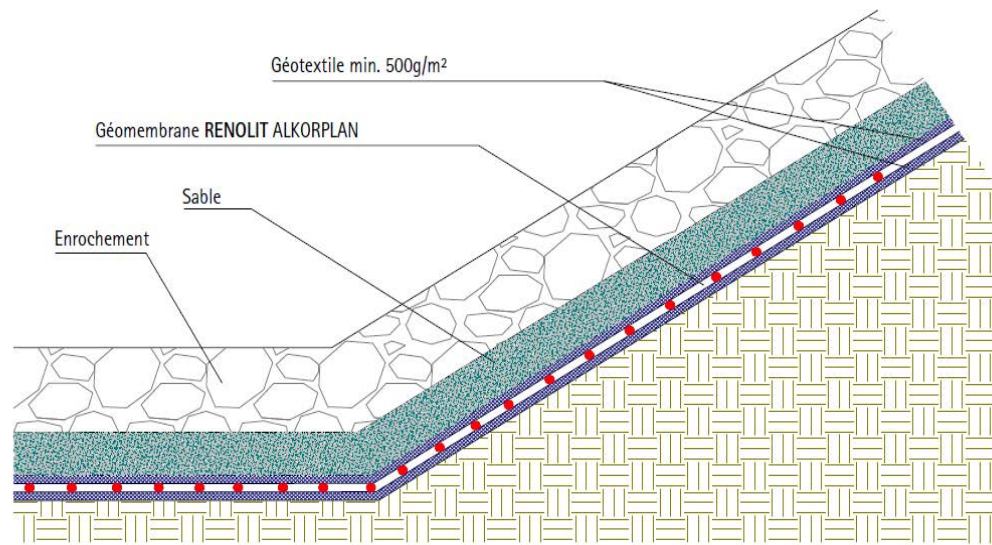
3.4. Protection du système d'étanchéité

Une protection du système d'étanchéité est une garantie long terme contre les différents facteurs externes tels qu'ils peuvent, par exemple, se retrouver dans les cas suivant :

- Canaux à grands débits, ou à vitesse > 1m/s,
- Partie d'ouvrage où l'eau a une vitesse > 1m/s,
- Ouvrages ou parties d'ouvrages pour base de loisirs,
- Protection contre les corps flottants,
- Rampe d'accès pour engins de manutention,
- Fond de bassin où un curage par moyen mécanique est prévu,
- Protection mécanique contre vent, glaces, vagues, etc.,
- Protection contre le vandalisme,
- Bassins avec agitateur mécanique,
- Influence de la radiation des UV en zones exposées
- Sécurité de personnes
-

3.4.1. Protection par granulats

L'étude de la stabilité de la couche de protection dépend de la parfaite connaissance des caractéristiques de tous les matériaux utilisés, naturels ou synthétiques, qui vont être utilisés. En particulier, l'angle de frottement entre les différentes faces des différents matériaux peut varier fortement selon le type de géomembrane, de géotextile et de granulat. Il est donc recommandé d'effectuer des essais sur le site pour trouver la meilleure combinaison.



Système d'étanchéité avec enrochement comme protection

Système possible de protection par granulats

L'épaisseur de la géomembrane et le grammage du géotextile dépend :

- du type de géomembrane
- de la granulométrie et de l'angularité du sol
- de la granulométrie et de l'angularité de la couche de support
- des contraintes exercées lors de la mise en œuvre de la couche de protection.

Ces contraintes sont déterminées par :

- l'épaisseur de la première couche de protection placée directement en contact avec la géomembrane
- les caractéristiques des engins ou véhicules circulant sur cette couche, pour placer la couche de protection.



Déchargement de matériel de protection avec un camion



Distribution de matériel avec un bulldozer



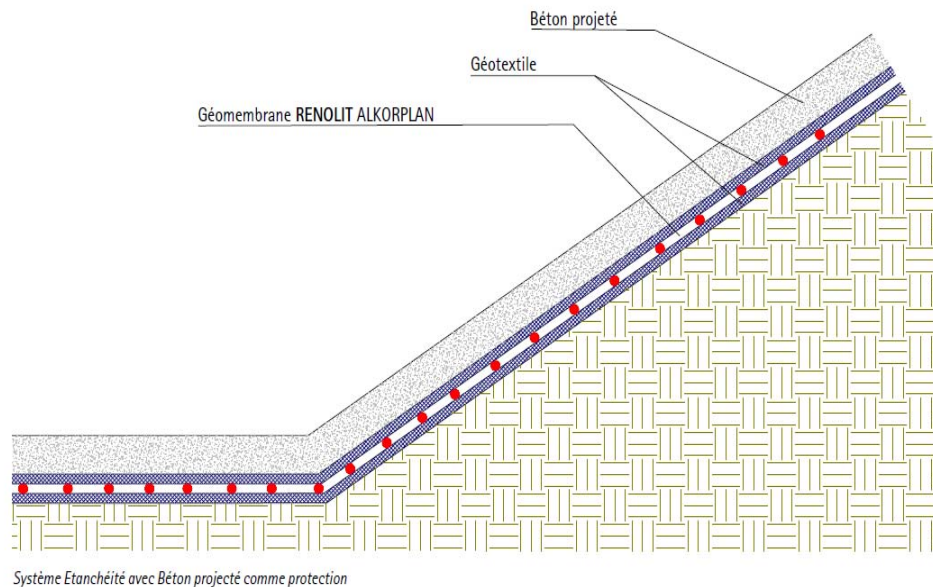
Répartition avec chargeur



Distribution avec pelle

3.4.2. Protection béton:

Pour des pentes où une stabilité correcte ne peut être atteinte avec des granulats (angle de frottement trop faible), une protection en béton doit être faite.



Système possible de protection par béton