



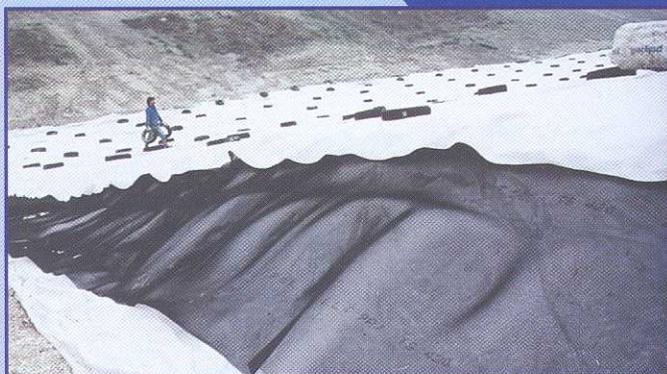
# Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans les centres de stockage de déchets

## Démarche générale de conception

	Exemple	Référence fascicule n° §	n° page
<p>Choix des <b>lignes directrices</b> de composition des D.E.D.G.</p>	Fond ou couverture nature des déchets, réglementation	Tableau ci-contre	
<p>Choix de la <b>nature des structures et des composants</b></p>	<p><u>structure d'étanchéité</u> : simple, combinée, double...</p> <p><u>structure de drainage</u> : géoespaceur, granulats...</p>	3.3 .et 3.4	15 20
<p>Définition des <b>fonctions</b> de chaque composant</p>	Etanchéité, filtration, drainage,...	3.3 .et 3.4	15 20
<p>Choix des <b>caractéristiques à spécifier</b> pour chaque composant</p>	Capacité drainante, permittivité, durabilité, ...	3.5.1 3.5.2. et annexe 1	23
<p><b>Dimensionnement</b> des caractéristiques</p>		3.5.3.	26
<p>Choix des <b>facteurs de sécurité</b> à appliquer sur chaque caractéristique</p>		3.5.4. et annexe 2	27
<p><b>Valeurs limites à spécifier</b> pour chaque caractéristique d'un composant géosynthétique</p>			

## Décomposition des D.E.D.G. en fonction de leur localisation dans le C.S.D.

Localisation des D.E.D.G.	Dispositifs		Structures		Référence fascicule		
	Décomposition "type" des D.E.D.G. en dispositifs	Rôles des dispositifs	Décomposition "type" des dispositifs en structures	Rôles des structures	n° §	n° page	
<b>Sol de couverture</b>							
D.E.D.G. de la couverture	D.D.G.	Drainage eau de pluie infiltrée	Protection	Stabilisation du sol de couverture, Filtration, Protection mécanique de la structure de drainage...	3.4.2.	21	
			Drainage	Collecte et évacuation des eaux au-dessus de l'étanchéité	3.4.1.	20	
			Support	Séparation, Protection mécanique de la structure de drainage,...( Rôles pouvant être assurés en partie ou en totalité par la structure de protection du D.E.G. )	3.4.3.	21	
	D.E.G.	Etanchéité de couverture	Protection	Reprise des sollicitations mécaniques, Protection anti-poinçonnante,...(Rôles pouvant être assurés en partie ou en totalité par la structure support du D.D.G. supérieur )	3.3.2.	18	
			Etanchéité	Etanchéité à l'eau de pluie et au biogaz	3.3.1.	15	
			Support	Reprise des sollicitations mécaniques, Protection anti-poinçonnante,... (Rôles pouvant être assurés en partie ou en totalité par la structure de protection du D.D.G. inférieur )	3.3.3.	19	
	D.D.G.	Drainage biogaz (éventuellement)	Protection	Séparation, Protection mécanique de la structure de drainage,...( Rôles pouvant être assurés en partie ou en totalité par la structure support du D.E.G. )	3.4.2.	21	
			Drainage	Collecte et évacuation du biogaz sous l'étanchéité	3.4.1.	20	
			Support	Filtration, Protection mécanique de la structure de drainage...	3.4.3.	21	
	<b>Déchets</b>						
	D.E.D.G. du fond et des talus	D.D.G.	Drainage des lixiviats	Protection	Filtration, Protection mécanique de la structure de drainage...	3.4.2.	21
				Drainage	Collecte et évacuation des lixiviats sur l'étanchéité	3.4.1.	20
Support				Séparation, Protection mécanique ,... ( Rôles pouvant être assurés en partie ou en totalité par la structure de protection du D.E.G.)	3.4.3.	21	
D.E.G.		Etanchéité du fond et des talus	Protection	Reprise des sollicitations mécaniques, Protection anti-poinçonnante,... (Rôles pouvant être assurés en partie ou en totalité par la structure du support du D.D.G.supérieur )	3.3.2.	18	
			Etanchéité	Etanchéité aux lixiviats	3.3.1.	15	
			Support	Reprise des sollicitations mécaniques, Protection anti-poinçonnante,... Drainage des sous-pressions éventuelles,...	3.3.3.	19	
<b>Fond de forme</b>							



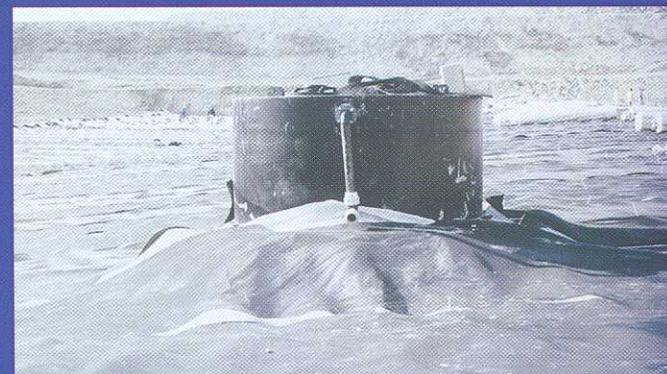
D.D.G. en fond d'alvéole ( Gtx/Gsp/Gtx )



D.E.D.G. en fond d'alvéole ( Gtx/Gsp/Gmb/argile )



Mise en place de la couche drainante sur la Géomembrane



Raccordement d'un point singulier



Couverture d'un C.S.D. ( géomembrane bitumineuse )



Couverture d'un C.S.D. ( géocomposé bentonitique )



Déchets spéciaux en big bag / Déchets ménagers et assimilés



Préparation des alvéoles ( géomembrane P.E.H.D. )



Préparation du fond et des talus

COMITE FRANCAIS



GÉOTEXTILES  
GÉOMEMBRANES



Le **Comité Français**  
des **Géotextiles** et **Géomembranes**  
est une association  
à but non lucratif ( loi de 1901 )  
qui rassemble les organismes,  
sociétés ou associations  
s'intéressant aux géotextiles  
et/ou aux géomembranes:  
services publics,  
établissements d'enseignement  
et de recherche,  
entreprises de travaux publics,  
bureaux d'études,  
producteurs de géotextiles  
et/ou de géomembranes  
et distributeurs,  
dans le but de contribuer  
au développement  
des géotextiles et des  
géomembranes par l'échange  
d'information et l'étude  
des questions d'intérêt général  
relatives à ces matériaux  
et à leur emploi.

**secrétariat:** ZAC Rueil 2000  
9 place de l'Europe  
92565 Rueil Malmaison Cedex  
Téléphone ( 1 ) 47 16 41 24  
Télécopie ( 1 ) 47 14 03 79

**siège social:** I.T.F.  
280 avenue Aristide-Briand  
B.P. 141 - Bagneux Cedex

---

**1995**

Fascicule n° 11

---

Reproduction même partielle  
strictement interdite

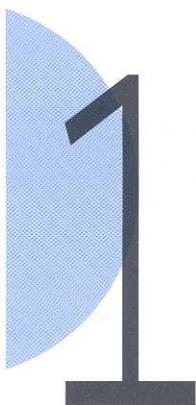
# Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans les centres de stockage de déchets

<b>1 OBJET DU FASCICULE</b> .....	<b>4</b>
1.1 Spécificité des centres de stockage de déchets (c.s.d) .....	5
1.2 Place privilégiée des dispositifs d'étanchéité et drainage par géosynthétiques (d.e.d.g.) ...	5
1.3 Matériaux, objet des recommandations du présent fascicule .....	6
1.4 Place des géosynthétiques dans le processus de réalisation d'un csd .....	6
1.5 Rôle des intervenants dans la réalisation des marchés .....	7
<b>2 FONCTIONS ET MATERIAUX</b> .....	<b>8</b>
2.1 Généralités .....	8
2.2 Fonctions assurées par les composants des différentes structures .....	8
2.3 Composants .....	10
2.3.1 Définitions .....	10
2.3.2 Symboles .....	10
2.3.3 Exemples de fonctions des composants .....	11
<b>3 CONCEPTION</b> .....	<b>12</b>
3.1 Généralités sur la conception d'un centre de stockage de déchets .....	12
3.2 Démarche générale pour la conception des d.e.d.g .....	13
3.2.1 Introduction .....	13
3.2.2 Démarche générale de conception .....	14
3.3 Choix et conception du dispositif d'étanchéité par géosynthétiques (d.e.g.) .....	15
3.3.1 Structure d'étanchéité .....	15
A) Exemples de structures	
B) Critères de choix	
C) Fonctions des composants	
3.3.2 Structure support .....	18
A) Exemples de structures	
B) Critères de choix	
C) Fonctions des composants	
3.3.3 Structure de protection .....	19
A) Exemples de structures	
B) Critères de choix	
C) Fonctions des composants	
3.4 Choix et conception du dispositif de drainage par géosynthétiques (d.d.g.) .....	20
3.4.1 Structure de drainage .....	20
A) Exemples de structures	
B) Critères de choix	
C) Fonctions des composants	
3.4.2 Structure support .....	21
A) Exemples de structures	
B) Critères de choix	
C) Fonctions des composants	
3.4.3 Structure de protection .....	21
3.5 Principes généraux de dimensionnement des géosynthétiques .....	22
3.5.1 Essais de caractérisation des géosynthétiques .....	22

# Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans les centres de stockage de déchets

# SOMMAIRE

3.5.2 Principe de choix des géosynthétiques par fonctions .....	23
a) Démarche générale de choix .....	
b) Caractéristiques des géosynthétiques selon leurs fonctions .....	
c) Exemples .....	
3.5.3 Méthodes de calcul des caractéristiques des géosynthétiques .....	26
3.5.4 Facteurs de sécurité et valeurs à spécifier .....	27
3.6 Autres applications mettant en œuvre des géosynthétiques .....	28
3.6.1 Structures de renforcement .....	28
3.6.2 Voirie - Pistes .....	28
3.6.3 Végétalisation de talus .....	28
3.6.4 Bassins de stockage et de traitement des eaux .....	28
3.6.5 Tranchées drainantes .....	28
<b>4 RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN OEUVRE, LES CONTROLES ET LA RÉCEPTION</b> .....	<b>29</b>
4.1 Guide des contrôles à effectuer .....	29
4.1.1 Support .....	29
4.1.2 Géotextiles et produits apparentés .....	29
4.1.3 Géomembranes et produits apparentés .....	29
4.1.4 Matériaux granulaires et divers .....	30
4.1.5 Contrôle des documents écrits .....	30
4.2 Recommandations .....	30
4.2.1 Accès, circulation et organisation du chantier .....	30
4.2.2 Pré-réception des matériaux et matériels sur le chantier .....	31
4.2.3 Stockage et manutention des produits .....	32
4.2.4 Préparation et acceptation du support .....	32
a) Exigences .....	
b) Inspection .....	
4.2.5 Planche d'essai .....	33
4.2.6 Plan de calepinage (ou de pose) des géosynthétiques .....	33
4.2.7 Installation des géosynthétiques .....	33
4.2.8 Mise en oeuvre des matériaux granulaires .....	36
<b>5 ASSURANCE QUALITÉ</b> .....	<b>37</b>
5.1 Terminologie qualité .....	37
5.2 Organisation des actions qualité .....	38
5.3 Contenu du plan d'assurance qualité .....	39
5.4 Éléments relatifs aux géosynthétiques pour les documents qualité .....	39
5.4.1 Actions générales avant installation des géosynthétiques .....	39
5.4.2 Actions spécifiques à la mise en place d'un composant des d.e.d.g. ....	40
5.4.3 Documents écrits sur le contrôle de la qualité .....	40
5.5 Contenu du schéma directeur de la qualité .....	40
<b>ANNEXES</b> .....	<b>41</b>
ANNEXE 1 : TABLEAUX D'ESSAIS DE CARACTÉRISATION DES GÉOSYNTHÉTIQUES .....	42
ANNEXE 2 : EXEMPLES DE CALCUL DES FACTEURS DE SÉCURITÉ À APPLIQUER SUR LES CARACTÉRISTIQUES DE DIMENSIONNEMENT DES D.E.D.G. ....	45
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>48</b>



## OBJET DU FASCICULE

Ce fascicule s'adresse aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'oeuvre, concepteurs de Centres de Stockage de Déchets (C.S.D.), aux contrôleurs et à toute personne amenée à prendre des décisions ou à juger des projets d'aménagement de stockages, afin de leur fournir les informations essentielles pour une utilisation correcte des géosynthétiques dans cette application.

Il propose un certain nombre de recommandations en matière de conception des dispositifs d'étanchéité et de drainage, en matière de choix des matériaux géosynthétiques, ainsi que de leur mise en oeuvre et de leur contrôle.

Il se veut général, sans se substituer aux réglementations administratives nationales ou à tous autres documents émis sous la responsabilité des pouvoirs publics.

Si la démarche de dimensionnement est abordée, le dimensionnement proprement dit des géosynthétiques reste lié à la conduite d'une étude approfondie qui prend en compte toutes les contraintes de construction, exploitation et fermeture du C.S.D.

Le fascicule ne considère que les déchets solides (au sens de la réglementation en vigueur), évolutifs ou non :

-  résidus urbains ;
-  résidus commerciaux ;
-  déchets industriels ;
-  stériles de mine ;
-  déchets spéciaux.

Le cas du stockage des déchets liquides (effluents industriels, lixiviats...) et des déchets radioactifs n'est pas abordé, même si certaines dispositions relatives aux déchets solides traitées dans ce fascicule s'adaptent aussi à ces types de déchets.

Ces recommandations s'appliquent notamment dans les cas suivants :

-  Création de nouveaux centres de stockage de déchets solides ;
-  Augmentation de la capacité de stockage de sites déjà existants ;
-  Réaménagement de sites (mise en place d'une couverture) ;
-  Réhabilitation de sites (actions sur des sites anciens qui n'auraient pas été exécutés correctement et qui présenteraient des risques pour l'environnement), susceptible de faire appel aux mêmes techniques.

Les objectifs de ce fascicule sont les suivants :

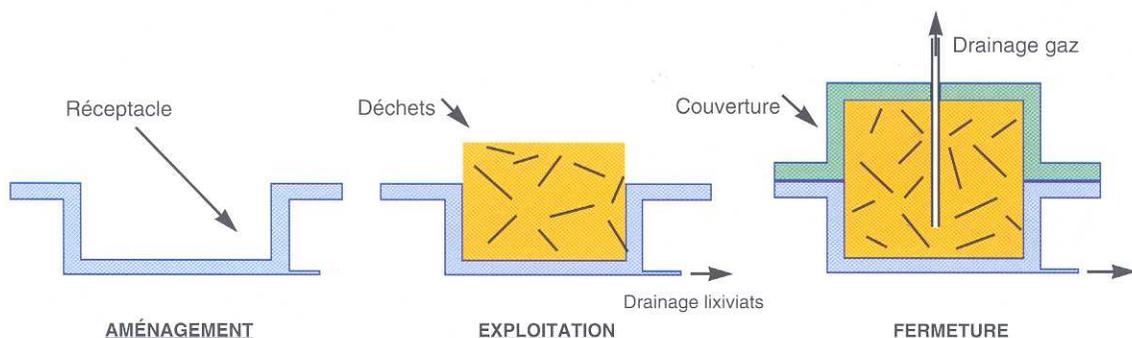
-  informer de l'état des connaissances actuelles relatives à la réalisation des dispositifs d'étanchéité-drainage utilisant des géosynthétiques (règles essentielles et leur champ d'application) ;
-  définir les systèmes constitués par les géosynthétiques et les fonctions de leurs composants ;
-  amener à prendre en compte les caractéristiques mécaniques et chimiques des déchets solides admis en Centre de Stockage de Déchets, susceptibles de porter atteinte à la pérennité des structures mises en place.

## 1.1 SPÉCIFICITÉ DES CENTRES DE STOCKAGE DE DÉCHETS

Par rapport au Génie Civil des ouvrages hydrauliques mettant en oeuvre des géosynthétiques (problème traité dans le fascicule n° 10 du C.F.G.G. [3]), les Centres de Stockage de Déchets présentent les spécificités suivantes liées à la présence des déchets :

- sollicitations mécaniques (tassements...) ;
- sollicitations chimiques (production de lixiviats à caractère polluant, plus ou moins agressifs pour les structures) ;
- production de biogaz ;
- durée de service ;
- difficultés d'intervention sur le fond de l'ouvrage après la phase d'exploitation.

Compte tenu de ces spécificités, la conception et la réalisation d'un centre de stockage de déchets se décomposent en trois étapes successives représentées sur les schémas de principe ci-dessous :



Afin de limiter les échanges entre les déchets stockés et leur environnement, il convient de les séparer par une interface qui assure dans le temps la collecte et l'évacuation des fluides (liquides et gaz) en provenance des déchets ou du milieu extérieur.

Les Dispositifs d'Étanchéité et Drainage par Géosynthétiques (D.E.D.G.) sont conçus pour remplir ce rôle avec une durabilité donnée. Ils associent différentes structures dont nécessairement la structure d'étanchéité du Dispositif d'Étanchéité par Géosynthétiques (D.E.G.) (très faible flux) et la structure de drainage du Dispositif de Drainage par Géosynthétiques (D.D.G.) (forte capacité d'évacuation).

## 1.2 PLACE PRIVILÉGIÉE DES DISPOSITIFS D'ÉTANCHÉITÉ ET DRAINAGE PAR GÉOSYNTHÉTIQUES (D.E.D.G.)

Quelle que soit sa nature (minérale, synthétique ou mixte), il n'existe pas de barrière d'étanchéité absolue.

Toutefois, la mise en oeuvre des D.E.D.G. réduit considérablement les transferts, vers l'extérieur du site, de substances inhérentes à un site de stockage, ayant un caractère polluant ou dangereux pour les personnes, les biens ou l'environnement. On distingue parmi ces substances, des liquides (lixiviats), qui sont le produit de la percolation de l'eau à travers les déchets, et du gaz (biogaz), qui est issu des réactions de fermentation s'opérant au sein de certains déchets (déchets ménagers).

Les D.E.D.G. sont réalisés en associant plusieurs structures. Chaque structure est constituée de plusieurs composants,

géosynthétiques et/ou matériaux naturels, qui assurent les fonctions suivantes :

- étanchéité,
- protection,
- drainage,
- filtration,
- séparation,
- renforcement,
- résistance à l'érosion externe,

Cette approche par fonctions sera le fil conducteur du fascicule, permettant de choisir la nature et les caractéristiques des géosynthétiques utilisés en C.S.D.

## 1.3 MATÉRIAUX, OBJET DES RECOMMANDATIONS DU PRÉSENT FASCICULE

Les dispositifs d'étanchéité et de drainage qui font l'objet de ces recommandations sont les dispositifs faisant intervenir un ou plusieurs géosynthétiques ou produits apparentés :

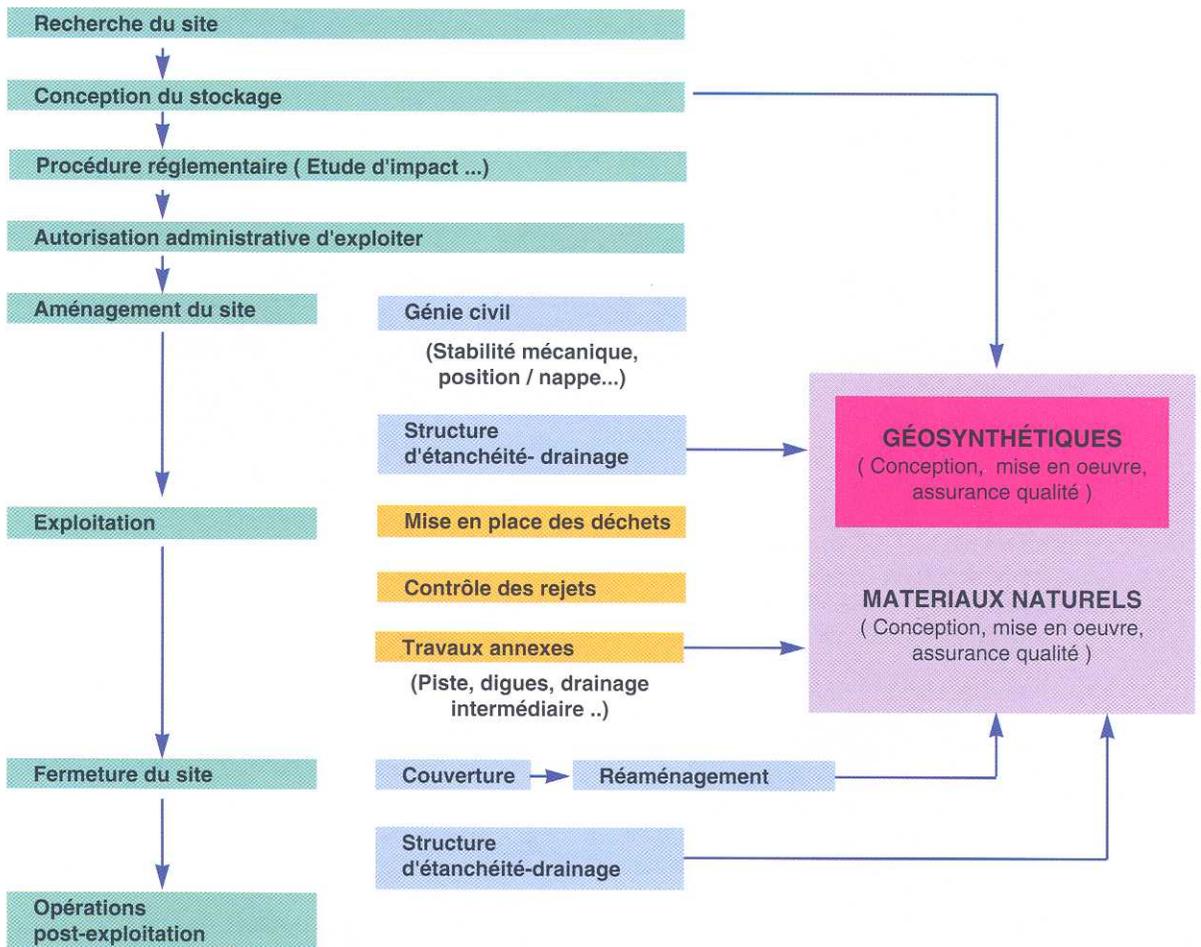
- géotextile ;
- géogrille ;

- géoespaceur ;
- géomembrane ;
- géoconteneur ;
- géocomposite .

Ces termes sont définis en 2.3.1.

Les matériaux autres que les géosyn-thétiques ne sont pas pris en considération dans ce fascicule, sinon en raison de leur interaction avec les matériaux ci-dessus. Néanmoins, ils devront faire l'objet d'une attention toute particulière lors de leur mise en oeuvre, qui doit être conforme aux règles de l'art (comme par exemple le guide utilisé pour les terrassements routiers) [6].

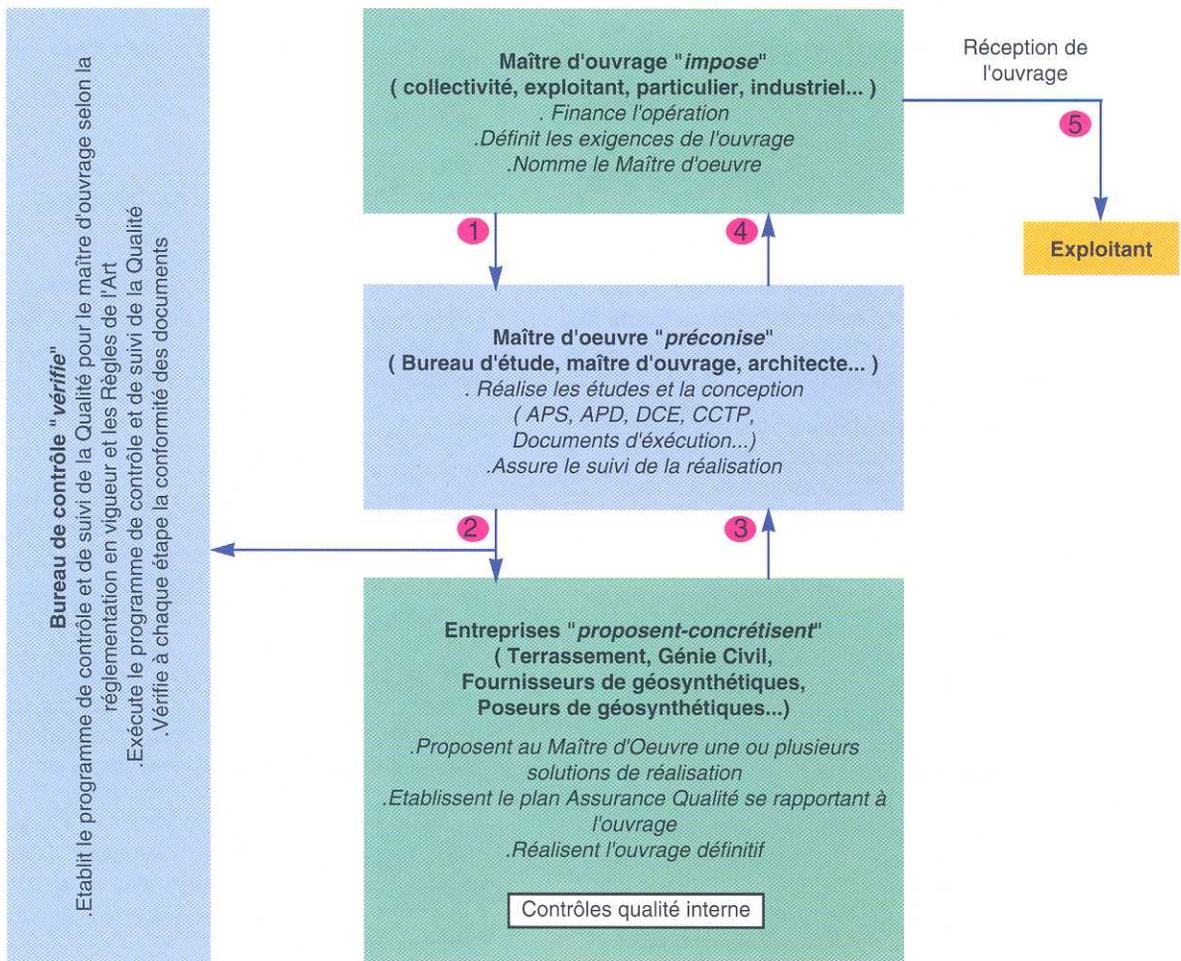
## 1.4 PLACE DES GÉOSYNTHÉTIQUES DANS LE PROCESSUS DE RÉALISATION D'UN C.S.D.

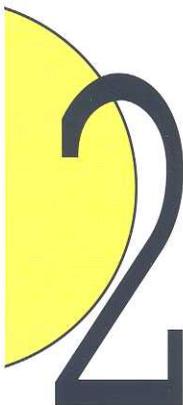


## 1.5 RÔLE DES INTERVENANTS DANS LA RÉALISATION DES MARCHES

Pour assurer la bonne réalisation d'un Centre de Stockage de Déchets, il est nécessaire d'établir une démarche d'assurance qualité qui couvre toutes les étapes de réalisation. Les responsabilités et relations entre les intervenants à chaque étape de réalisation sont représentées dans le schéma ci-dessous :

- A.P.S. : Avant-Projet Sommaire
- A.P.D. : Avant-Projet Détaillé
- D.C.E. : Dossier de Consultation des Entreprises
- C.C.T.P. : Cahier des Clauses Techniques Particulières





## FONCTIONS ET MATÉRIAUX

### 2.1 - GÉNÉRALITÉS

Le C.F.G.G. a introduit dans son fascicule n°10 [3], le concept de dispositif d'étanchéité par géomembrane, reposant directement sur un fond de forme stable.

Ce concept de système a été étendu dans ce fascicule à l'ensemble des géosynthétiques pour les deux principaux dispositifs rencontrés dans un C.S.D. :

- le Dispositif d'Etanchéité par Géosynthétiques (D.E.G.), cf. fig. 1.
- le Dispositif de Drainage par Géosynthétiques (D.D.G.), cf. fig. 2.

Chaque dispositif est constitué de la juxtaposition d'une ou de plusieurs structures, ces structures formées elles-mêmes de la superposition d'un ou plusieurs composants, géosynthétiques ou matériaux naturels.

Par extension de la terminologie définie dans la norme N.F.P. 84-500, le terme D.E.G. signifiera dans ce fascicule " Dispositif d'Etanchéité par Géosynthétiques " et non " Dispositif d'Etanchéité par Géomembranes ".

### 2.2 FONCTIONS ASSURÉES PAR LES COMPOSANTS DES DIFFÉRENTES STRUCTURES

#### Etanchéité

Minimisation des transferts liquides ou gazeux.

#### Protection

Amortissement des agressions externes sur une structure, afin d'en préserver les caractéristiques fonctionnelles.

#### Drainage

Collecte et évacuation des liquides et gaz.

#### Filtration

Rétention d'une fraction calibrée de sol, de déchet, ou de matière en suspension tout en laissant circuler librement les fluides.

#### Séparation

Prévention du mélange sous action mécanique de deux matériaux différents adjacents (sol, déchets, matériau granulaire,...).

#### Renforcement

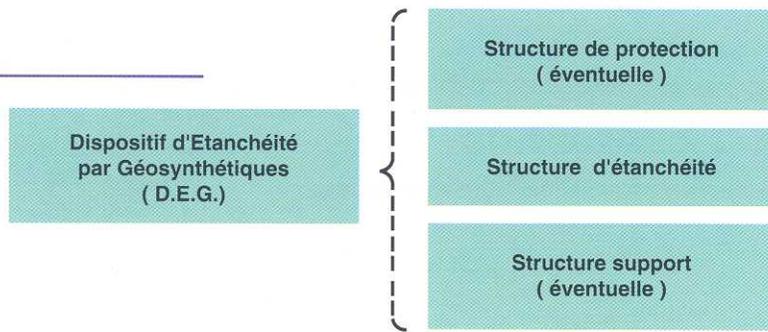
Amélioration de la stabilité et de la résistance d'une structure par l'utilisation des propriétés mécaniques d'un composant.

#### Résistance à l'érosion externe

Prévention de la dégradation d'un matériau par entraînement de particules sous l'action d'agressions climatiques.

Figure 1

Composition du dispositif d'étanchéité par géosynthétiques



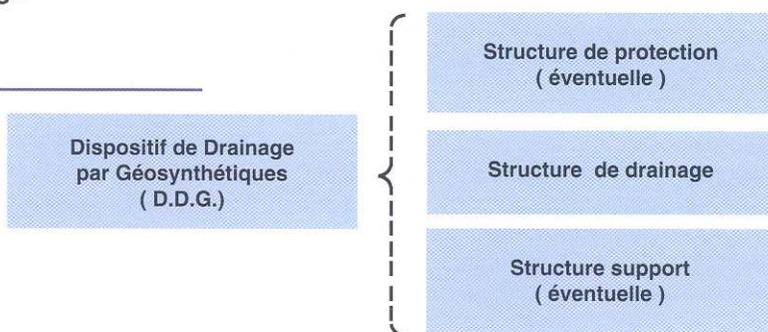
Exemple de dispositif d'étanchéité:

Dispositif	Structures	Composants	
D.E.G.	→ Structure de protection	→ Géotextile de protection	
	→ Structure d'étanchéité	→ Géomembrane → Géocomposite bentonitique	
	→ Structure support	→ Géotextile de séparation → Géoespaceur → Géotextile de filtration → Tout venant compacté	

p. 9

Figure 2

Composition du dispositif de drainage par géosynthétiques



Exemple de dispositif de drainage :

Dispositif	Structures	Composants	
D.D.G.	→ Structure de protection	→ Géotextile de filtration	
	→ Structure de drainage	→ Géoespaceur	
	→ Structure support	→ le D.D.G. repose directement sur un D.E.G. dans cet exemple	

## 2.3 COMPOSANTS

### 2.3.1 - Définitions

Les géosynthétiques sont des matériaux manufacturés, en forme de nappe, à base de polymères, utilisés dans les applications de géotechnique et de génie civil, et assurant l'une ou plusieurs des fonctions précédemment définies. Ils se subdivisent en 6 familles :

- Géomembrane** (AFNOR NFP 84-500)  
Produit adapté au génie civil, mince, souple, continu, étanche aux liquides même sous les sollicitations de service. Dans l'état actuel des techniques, ni les produits de faible épaisseur fonctionnelle (inférieure à 1 mm), ni les produits dont l'étanchéité est assurée uniquement par un matériau argileux, ne sont considérés comme des géomembranes.
- Géotextile**  
Matériau perméable, qui peut être tissé, non tissé ou tricoté, utilisé dans les applications de géotechnique et de génie civil.
- Géogrille**  
Structure plane constituée par un réseau ouvert d'éléments résistants à la traction, reliés entre eux selon un motif régulier, et utilisée dans les domaines de la géotechnique et du génie civil.
- Géoespaceur**  
Structure polymère tridimensionnelle utilisée dans les applications de géotechnique et de génie civil, permettant de maintenir l'espace entre deux matériaux notamment en vue d'un drainage.
- Géoconteneur**  
Structure tridimensionnelle permettant le confinement, la stabilité et le renforcement d'un matériau de remplissage.
- Géocomposite**  
Matériau composite comprenant au moins l'un des géosynthétiques suivants :

  - Géotextile
  - Géogrille
  - Géoespaceur
  - Géomembrane
  - Géoconteneur

Pour des raisons pratiques, notamment liées à des procédures d'essai ou des méthodes de caractérisation identiques, on est amené à regrouper ces géosynthétiques en deux groupes :

**les géotextiles et produits apparentés**, ceux qui ont pour caractéristique commune d'être perméables aux fluides ou dont l'étanchéité n'est pas la fonction principale : géotextiles, géogrilles, géoespaceurs, géoconteneurs, certains géocomposites etc.

**les géomembranes et produits apparentés**, ceux dont la fonction principale est l'étanchéité aux fluides : géomembranes, géocomposites bentonitiques, etc.

### 2.3.2 Symboles

#### Symboles des géosynthétiques élémentaires utilisés dans ce guide

Géomembrane	
Géotextile	
Géoespaceur	
Géogrille	
Géoconteneur	

#### Symboles des matériaux naturels

Les symboles suivants seront utilisés dans la suite du fascicule :

Déchet	
Sable ou gravier	
Matériau argileux rapporté	
Fond de forme non argileux	

#### Exemples d'utilisation des symboles :

- Structure formée de composants pré-assemblés en usine (géocomposite) :

Géocomposites drainants:

Géocomposites bentonitiques:

- Structure drainante formée de composants superposés sur site :



### 2.3.3 - Exemples de fonctions des composants

Tableau : Fonctions principales assurées par les géosynthétiques élémentaires dans les centres de stockage de déchets

	Géomembrane	Géotextile	Géoespaceur	Géogrille	Géoconteneur
Étanchéité	x				
Protection		x			x
Drainage		x	x		
Filtration		x			
Séparation		x			
Renforcement		x		x	x
Résistance à l'érosion		x	x		x

Ce tableau est uniquement indicatif. Il montre les principales fonctions pouvant être assurées par les géosynthétiques élémentaires dans les C.S.D. Ceux-ci peuvent aussi assurer d'autres fonctions que celles indiquées dans certains cas. Les géocomposites peuvent par définition remplir une ou plusieurs des fonctions définies.

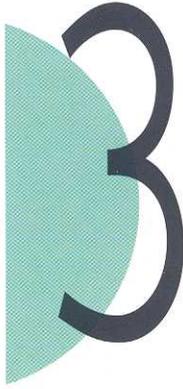
**Non exhaustif, ce tableau ne doit en aucun cas être utilisé comme outil de sélection. Il n'y a en effet pas de correspondance stricte entre un type de géosynthétique et une fonction donnée, ces matériaux étant souvent "multifonctions".**

De plus, ces fonctions peuvent bien sûr être assurées par des matériaux naturels.

- La fonction "**étanchéité**" est assurée actuellement par deux familles de produits : les géomembranes et les géocomposites bentonitiques.
- La fonction "**protection des géomembranes**" est assurée généralement par des géotextiles, des géoconteneurs ou des géocomposites adaptés; celle des géocomposites bentonitiques par des matériaux naturels.

Dans certains cas, la structure drainante peut également assurer la protection de l'étanchéité.

- La fonction "**drainage**" peut être assurée par soit un :
  - géoespaceur ou un géotextile
  - géocomposite manufacturé
- La fonction "**filtration**" est souvent assurée par la mise en oeuvre de géotextiles au dessus des niveaux drainants. Certains géocomposites de drainage associent un géoespaceur et un ou deux géotextiles filtrants; les deux fonctions "drainage" et "filtration" sont alors assurées par un même produit.
- La "**séparation**" se fait le plus souvent à l'aide de géotextiles ; des géocomposites peuvent aussi assurer la séparation des matériaux.
- Le "**renforcement**" des matériaux (sols, déchets...) s'effectue à l'aide de géotextiles, de géogrilles ou de géoconteneurs. Certains géocomposites spécifiques associent le renforcement à d'autres fonctions telles que l'anti-érosion.
- La "**résistance à l'érosion**" s'obtient en utilisant des géotextiles, des géoespaceurs ou géoconteneurs ainsi que de nombreux géocomposites spécifiques parfois associés lors de leur mise en oeuvre à des matériaux naturels (sols, végétaux, etc.)



## CONCEPTION

Ce chapitre n'a pas pour vocation de fournir au lecteur le détail de l'ensemble des méthodes de calcul utilisables pour concevoir la partie génie civil du projet, en particulier le dimensionnement des dispositifs faisant intervenir des géosynthétiques : étanchéité, drainage, renforcement... Ces techniques sont présentées et développées dans des manuels spécialisés, dont quelques références figurent en annexe.

Lorsque les méthodes de calcul précises font défaut, le dimensionnement des géosynthétiques s'appuie sur l'expérience pratique.

Le lecteur trouvera cependant les principes généraux de dimensionnement de chaque dispositif mettant en oeuvre des géosynthétiques, ainsi que la méthodologie d'approche fonctionnelle permettant de définir les caractéristiques à spécifier pour chaque géosynthétique, selon sa place et sa fonction dans l'ouvrage.

Les aspects de conception relatifs à des matériaux autres que des géosynthétiques ne sont évoqués dans ce chapitre que s'ils interfèrent avec ces derniers. Des informations quant au choix et au dimensionnement des matériaux naturels (argile, granulats) peuvent être trouvées dans les références [1] et [2].

### 3.1 GÉNÉRALITÉS SUR LA CONCEPTION D'UN CENTRE DE STOCKAGE DE DÉCHETS

La conception des Centres de Stockage de Déchets, fait appel, comme tout ouvrage de génie civil, à des disciplines très variées, comme la géologie, l'hydrogéologie, la géotechnique, l'hydrologie, l'hydraulique, la résistance et la chimie des matériaux,...

En plus des exigences réglementaires, cette conception doit intégrer de nombreuses données et contraintes locales :

- nature du terrain,
- environnement, habitations, zones classées ou à risques,
- mode d'exploitation, type, nature et quantité de déchets,
- exigences concernant le concept général de sécurité,
- étendue et durée des mesures de contrôle du site notamment pour le lixiviat et le biogaz,
- phasage prévu pour l'exploitation du site,
- surface disponible, hauteur maximale des déchets,
- programme de réaménagement et de réutilisation du site,
- etc. ...

La conception d'un centre de stockage de déchets est donc une opération complexe qui doit faire l'objet d'une étude approfondie et minutieuse réalisée par une équipe pluridisciplinaire apte à prendre en compte toutes les contraintes importantes liées à la construction, l'exploitation et/ou la fermeture du centre de stockage.

Tous les critères et les exigences de conception doivent être rappelés dans le rapport d'étude.

Ce rapport doit permettre de justifier que le degré de sécurité exigé est atteint par les dispositions adoptées.

Les documents législatifs, réglementaires ou normatifs pris en compte dans le dimensionnement doivent être cités.

Il est également utile de tenir compte, lors de la conception, des points d'arrêts nécessaires à l'exécution du plan d'assurance qualité en cours de construction (voir paragraphe 5.1).

L'étude géotechnique doit couvrir les points suivants:

- le sous-sol (géologie, hydrogéologie...),
- les D.E.D.G. de fond, flancs et couverture,
- le massif de déchets,
- l'environnement du site,
- les aspects géotechniques liés à l'exploitation et à la collecte du lixiviat et du biogaz,
- les aspects géotechniques de réaménagement du site,
- le suivi à long terme après fermeture.

Il est nécessaire d'étudier les interactions entre ces différents points, ainsi que les conséquences à court et long terme d'un dysfonctionnement éventuel d'une structure sur la sécurité globale de l'ouvrage.

Dès la conception, les aspects suivants doivent également être pris en compte :

#### Phase construction

- protection des composants déjà en place (en particulier, dans les structures d'étanchéité et de drainage),
- espace suffisant pour la construction des ouvrages,
- simplicité et facilité de mise en oeuvre,
- conditions climatiques,
- disponibilité des matériaux prescrits,
- collecte et drainage des eaux de surface.

#### Phase exploitation<sup>1</sup>

- surveillance de l'ouvrage (stabilité, déformations et tassements du massif de déchets et du sol, lixiviat, biogaz, nappe, ...) [1],
- méthodes de mise en place des déchets,
- facilité d'exploitation (bâtiments, routes, ...),
- collecte et drainage des eaux de surface, du lixiviat et du biogaz,
- contraintes d'environnement, comme les émissions de poussière, de bruit, etc.

#### Phase fermeture

- mesures envisagées pour les D.E.D.G. de couverture et pour l'aménagement du site en vue de son utilisation future, qui prennent en compte les tassements des déchets, le drainage et les émissions gazeuses,
- surveillance après fermeture.

A la fin d'une étude de conception et de dimensionnement, il est souhaitable de disposer des éléments suivants :

- le rapport d'étude incluant les notes de calcul,
- un plan du site,
- un planning des phases de construction,
- les fonctions, natures et quantités de matériaux à mettre en oeuvre,
- la définition de la qualité requise (voir paragraphe 5.1) et les exigences minimales pour la qualité relative aux moyens et contrôles.

## 3.2 DÉMARCHE GÉNÉRALE POUR LA CONCEPTION DES D.E.D.G.

### 3.2.1 - Introduction

La conception des D.E.D.G. de C.S.D. résulte d'une combinaison d'exigences minimales demandées aux matériaux employés. Ces exigences sont issues, soit de méthodes de calcul classiques, soit d'un certain nombre de règles non encore formalisées, relevant de la pratique et de l'expérience.

Quelques principes de base doivent guider le concepteur tout au long de son projet :

- 1 La structure d'étanchéité doit avoir uniquement une fonction d'étanchéité. Elle ne doit pas être sollicitée mécaniquement.
- 2 En conséquence, les structures support et de protection du dispositif d'étanchéité doivent être conçues et dimensionnées pour reprendre les sollicitations mécaniques.
- 3 Dans un C.S.D. on ne conçoit pas d'étanchéité sans drainage efficace : en règle générale, le flux à travers la structure d'étanchéité augmente avec la charge hydraulique. Ainsi, le dimensionnement du dispositif d'étanchéité et du dispositif de drainage doit être réalisé de façon à minimiser la charge hydraulique.

<sup>1</sup> Toute modification des méthodes d'exploitation prévues initialement doit faire l'objet d'une étude complémentaire

### 3.2.2 - Démarche générale de conception

L'enchaînement des tâches successives de cette démarche générale de dimensionnement peut se schématiser de la façon suivante :

	Exemple	Référence fascicule n° §	n° page
Choix des <b>lignes directrices</b> de composition des D.E.D.G.	Fond ou couverture nature des déchets, réglementation		
Choix de la <b>nature des structures</b> et des composants	structure d'étanchéité : simple, combinée, double... structure de drainage : géoespaceur, granulats...	3.3 et 3.4	15 22
Définition des <b>fonctions</b> de chaque composant	Etanchéité, filtration, drainage,...	3.3 et 3.4	15 20
Choix des <b>caractéristiques à spécifier</b> pour chaque composant	Capacité drainante, permittivité, durabilité ...	3.5.1, 3.5.2. et annexe 1	23
<b>Dimensionnement</b> des caractéristiques		3.5.3.	26
Choix des <b>facteurs de sécurité</b> à appliquer sur chaque caractéristique		3.5.4. et annexe 2	27
<b>Valeurs limites à spécifier</b> pour chaque caractéristique d'un composant géosynthétique			

**Nota :**

voir également les rabats de la couverture du fascicule

p. 14

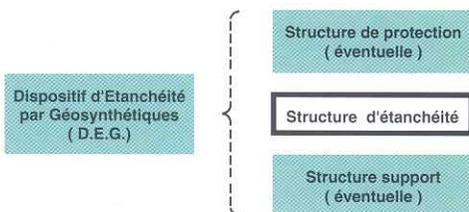
### 3.3 CHOIX ET CONCEPTION DU DISPOSITIF D'ÉTANCHÉITÉ PAR GÉOSYNTHÉTIQUES (D.E.G.)

Le D.E.G. a pour rôle de minimiser les échanges de liquides et de gaz entre les déchets stockés et le milieu extérieur.

Le D.E.G. est composé de 3 structures superposées :[3]

- protection ( éventuelle )
- étanchéité
- support ( éventuelle )

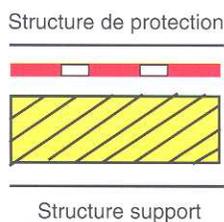
#### 3.3.1 - Structure d'étanchéité



#### a) Exemples de structures

Le lecteur trouvera ci-après quelques exemples non exhaustifs de structures d'étanchéité.

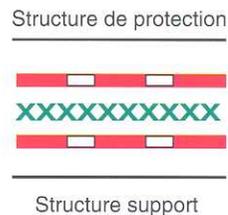
- Etanchéité combinée géomembrane / matériau argileux



L'intérêt de cette structure repose sur la complémentarité des caractéristiques mécaniques, hydrauliques, et chimiques des deux matériaux [4 et 5].

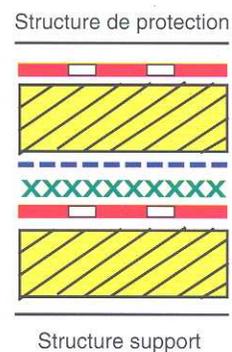
L'efficacité est d'autant plus grande que le contact entre les deux matériaux est étroit, de façon à réduire les écoulements d'interface.

- Etanchéité double par géomembrane



Cette structure doit être considérée comme un système. Grâce au drainage réalisé par le géospaceur intermédiaire, la charge hydraulique au dessus de la géomembrane secondaire (inférieure) est quasiment nulle, ce qui donne globalement de très faibles infiltrations.

- Etanchéité combinée double géomembrane / matériau argileux



Cette structure est la combinaison des deux cas précédents. Elle cumule leurs avantages.

Dans certains cas, il est possible de remplacer la couche de matériaux argileux par un géocomposite bentonitique.

**b) Critères de choix**

Suivant la position de la structure d'étanchéité dans un C.S.D., les critères de choix sont différents.

**En fond**, compatibilité chimique et performances mécaniques sous les conditions et durée de service sont les paramètres de choix principaux.

Les performances mécaniques (couches de protection incluses) nécessaires pour assurer la continuité de la barrière d'étanchéité en phase d'ouverture et d'exploitation du site sont notamment les résistances aux poinçonnements dynamique et statique (réf. tableau 3.5.2.b.).

On s'assurera, au cas par cas, de la compatibilité chimique de la géomembrane avec les déchets stockés. Les paramètres tels que concentrations, pH, température, présence de solvants, hydrocarbures, etc. doivent être identifiés et pris en compte par les responsables du projet. En cas d'incertitude, des essais de compatibilité chimique peuvent être réalisés ; leur durée peut atteindre trois mois et plus.

**Sur les surfaces inclinées**, les caractéristiques de frottement et le comportement en traction deviennent prioritaires. Les caractéristiques de frottement d'une géomembrane, lisse ou texturée, dépendent des contraintes normales et des surfaces de contact avec les matériaux environnants. Lorsque ceux-ci sont des sols, la géométrie des motifs de surface de la géomembrane doit être compatible avec leur granulométrie. Selon les types de produits géosynthétiques utilisés, on s'assurera que les contraintes et déformations prévisibles dans le cadre du

projet sont compatibles avec leur comportement mécanique.

Notamment, pour les géomembranes, la déformation admissible est nettement inférieure à la valeur à la rupture. Le rapport entre la déformation admissible et la valeur à la rupture varie en fonction de la nature et de la structure de la géomembrane (voir tableau ci-dessous).

**Pour les couvertures**, les exigences mécaniques peuvent s'avérer plus déterminantes que les exigences de compatibilité chimique. Elles concernent aussi bien la stabilité générale de la structure de couverture que la nécessité de s'adapter aux tassements différentiels importants.

Si, en couverture, les géomembranes sont en contact avec des gaz, il faut tenir compte de l'éventuelle condensation de ceux-ci sous la surface de la barrière étanche.

Lorsque l'on utilise des géocomposites bentonitiques, il faut prendre en considération les points suivants :

- la fonction d'étanchéité n'est assurée qu'après hydratation à l'eau de la bentonite;
- une surcharge minimale est nécessaire avant l'hydratation à l'eau pour assurer l'étanchéité et contrôler le gonflement des bentonites;
- les calculs de stabilité doivent prendre en compte non seulement les caractéristiques de frottement avec les autres matériaux mais aussi la résistance au cisaillement interne du géocomposite.

	Géomembrane de synthèse		Géomembrane bitumineuse	
	Elastomère	Plastomère	Bitume soufflé	Bitume modifié aux polymères
Comportement général	Elastique	Plastique	Viscoplastique	Viscoélastique
Comportement sous contrainte imposée	<p>Allongement élastique constant fonction de la contrainte.</p> <p>La déformation disparaît avec la contrainte.</p>	<p>Pour une contrainte supérieure au seuil d'écoulement, il se produit des déformations partiellement irréversibles après cessation de contrainte.</p>	<p>Même comportement que les plastomères; avec une valeur différente pour le seuil.</p>	<p>Même comportement que les élastomères; avec limite élastique.</p>

A titre indicatif, le tableau suivant établi par R.M. Koerner et D.E. Daniel (extrait de [4]) donne les performances de différentes structures d'étanchéité en couverture de C.S.D. selon le type de contrainte.

**Tableau :**  
**Comparaison de structures d'étanchéité de**  
**couverture en fonction des contraintes**

Structure d'étanchéité	Climat			Tassement			Risques d'érosion et poinçonnement			Percolation permise			Collecte des gaz		Pentes		
	Aride	Tempéré	Humide	Fort	Moyen	Faible	Fort	Moyen	Faible	Quasi nulle	Très peu	Modérée	Gaz	Pas de gaz	<9°	9°-18°	>18°
Matériau argileux compacté	1	1	3	1	1	3	1	2	3	1	2	3	1	1	5	4	3
Géomembrane	5	4	4	4	5	5	1	1	3	1	3	5	5	5	5	5	3
Géocomposite bentonitique	3	3	4	2	3	4	1	1	3	1	2	3	1	5	4	3	3
Géomembrane/ Matériau argileux compacté	2	3	4	2	3	4	3	4	4	3	4	4	3	5	5	3	2
Géomembrane/ Géocomposite bentonitique	5	4	5	3	4	5	2	3	4	3	4	5	4	5	5	3	2
Géomembrane/ Matériau argileux compacté/ Géomembrane	4	4	5	3	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	2	1
Géomembrane/ Géocomposite bentonitique/ Géomembrane	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	3	2

**Notes :**

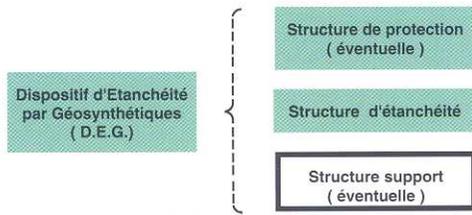
1 = Non recommandé; 2 = Marginal;  
3 = Possible dans certaines conditions, 4 = Acceptable;  
5 = Recommandé

**c) Fonctions des composants**

Composant	Fonctions des composants éventuels d'une structure d'étanchéité de D.E.G.					Commentaire
	Filtration	Renforcement	Drainage	Protection	Etanchéité	
Géomembrane					●	
Matériau argileux					●	pour mémoire; cf.[1] [2]
Géocomposite bentonitique					●	cf. [4]
Géoespaceur			●			Cas de la double étanchéité cf.§III.3.1.a
Géotextile	●					Cas de la double étanchéité combinée; cf. §III.3.1.a

Pour la définition des caractéristiques à spécifier pour chaque composant, se reporter au tableau du paragraphe III.5.2.b

### 3.3.2. - Structure support



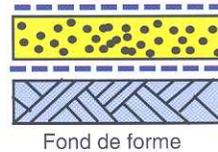
#### a) Exemples de structures

Différentes associations de matériaux permettent de réaliser une structure support, comme par exemple :

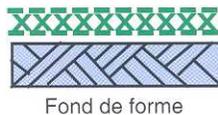
##### ● Support par géotextile



##### ● Support par géotextile et matériau granulaire



##### ● Support par géocomposite de drainage



#### b) Critères de choix

La structure support a pour objet de créer une interface offrant le maximum de sécurité entre la structure d'étanchéité et le fond de forme, lorsque ce dernier ne présente pas toutes les caractéristiques de planéité, de portance, etc.

Les critères de choix de la structure de protection (cf. § 3.2.b.) s'appliquent pour la structure support.

Dans les cas de fond de forme présentant des risques de sous-pressions liées à des arrivées d'eau (sources, nappe, ...) ou de gaz (matières organiques en décomposition, déchets, ..), il est nécessaire de prévoir une composante de drainage dans la structure support, ou mieux, de concevoir un dispositif de drainage par géosynthétiques (D.D.G.) sous la structure support du D.E.G.

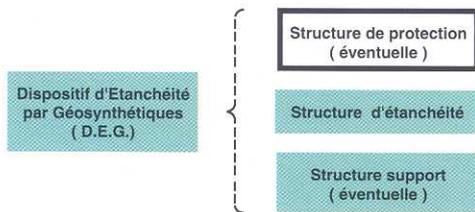
#### c) Fonctions des composants de la structure support

Composant	Fonctions des composants éventuels d'une structure support de D.E.G.					Commentaire
	Filtration	Renforcement	Drainage	Protection	Etanchéité	
Géotextile	●	●		●		
Matériau granulaire			●	●		Pour mémoire cf. [1] [2]
Géocomposite de drainage			●	●		

Pour la définition des caractéristiques à spécifier pour chaque composant, se reporter au tableau du paragraphe III.5.2.b.

p. 18

### 3.3.3 - Structure de protection



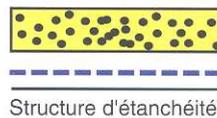
#### a) Exemples de structures

Différentes associations de matériaux permettent de réaliser une structure de protection, comme par exemple :

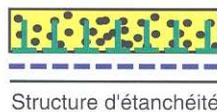
● Protection par géotextile



● Protection par géotextile et matériau granulaire



● Protection par géotextile, géoconteneur et matériau granulaire (par exemple sur pentes)



#### b) Critères de choix

Lors de la construction et de l'exploitation d'un C.S.D., les structures d'étanchéité peuvent être sollicitées par des contraintes mécaniques causées, soit par d'autres matériaux avec lesquels elles sont en contact, soit par des structures éloignées leur transmettant des efforts (poids, poussée, frottement induit par exemple par les déchets, les engins...).

La résistance des géomembranes peut être également modifiée par des conditions d'environnement, par exemple chimiques ou thermiques.

La nature de la structure de protection dépend non seulement des caractéristiques et du comportement des structures support et d'étanchéité du D.E.G., mais également des autres dispositifs ainsi que du massif de déchets. Il est donc préférable de ne pas tester, par exemple, la résistance au poinçonnement de la structure de protection seule, mais de reconstituer au moins l'association structure d'étanchéité et structure de protection, voire avec la structure support.

La structure de protection peut également contenir des éléments de renforcement pour éviter à la structure d'étanchéité des déformations trop importantes consécutives à l'apparition de contraintes provoquées par des efforts de poussée ou de frottement.

Il est également nécessaire de vérifier la stabilité de la structure, notamment sur les pentes.

#### c) Fonctions des composants de la structure de protection

Composant	Fonctions des composants éventuels d'une structure de protection de D.E.G.					Commentaire
	Filtration	Renforcement	Drainage	Protection	Etanchéité	
Géotextile		●		●		
Géoconteneur		●		●		Fonction protection assurée par le matériau granulaire qu'il contient
Géoespaceur				●		
Géogrille		●				

Pour la définition des caractéristiques à spécifier pour chaque composant, se reporter au tableau du paragraphe III.5.2.b.

### 3.4. CHOIX ET CONCEPTION DU DISPOSITIF DE DRAINAGE PAR GÉOSYNTHÉTIQUES

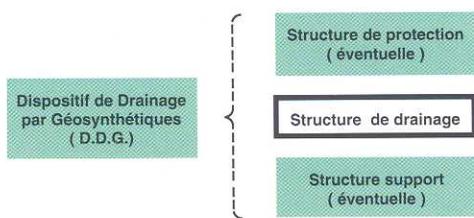
Le D.D.G. a pour rôle de collecter et d'évacuer les liquides et les gaz émis par les déchets, ou le milieu extérieur, qui sont confinés par le D.E.G.

Le D.D.G. est composé de 3 structures superposées :

- protection ( éventuelle )
- drainage
- support ( éventuelle )

#### 3.4.1. - Structure de drainage

##### a) Exemples de structures

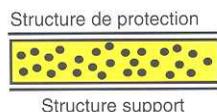


Les structures de drainage sont généralement constituées par un géoespaceur ou un matériau granulaire :

##### ● Structure de drainage par géoespaceur



##### ● Structure de drainage par matériaux granulaires



#### b) Critères de choix

Le dimensionnement de la structure de drainage est réalisé en tenant compte d'une part du débit de fluide (eau ou gaz) à évacuer, et d'autre part d'une charge maximale au-dessus de la structure d'étanchéité qui peut le cas échéant être imposée par la réglementation.

Pente et longueur ont une grande influence sur les paramètres ci-dessus.

Un réseau de drains tubulaires est généralement disposé à l'intérieur de la structure pour évacuer le volume collecté par la couche drainante.

Dans le cas d'un C.S.D., le fonctionnement effectif des structures drainantes peut être compliqué par la nature des liquides ou gaz à drainer.

Si les déchets sont organiques et biologiquement actifs, il peut se produire dans certains cas un colmatage provoqué par la croissance de micro-organismes. D'une manière générale, l'emploi de géocomposites de drainage ou de sable comme structure de drainage de fond dans un centre de stockage de déchets ménagers n'est pas recommandé.

Dans l'état actuel des connaissances, il serait souhaitable d'utiliser un matériau granulaire non calcaire de granulométrie étroite et élevée afin d'obtenir une forte porosité (exemple : granulats 20/40).

Dans les cas où aucun colmatage critique n'est prévisible, le dimensionnement sera basé sur la liste des caractéristiques données dans le tableau au § 3.5.2.b.

Une attention spéciale doit aussi être apportée à la compatibilité chimique des produits avec les lixiviats et le biogaz.

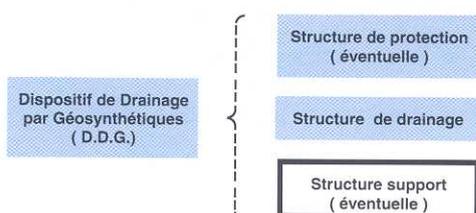
Il faut également vérifier que la capacité drainante de la structure (granulaire ou géosynthétique) est maintenue, sous la charge de compression imposée, pendant la phase d'exploitation et après la fermeture du C.S.D.

#### c) Fonctions des composants de la structure de drainage

Composant	Fonctions des composants éventuels d'une structure de drainage de D.D.G.					Commentaire
	Filtration	Renforcement	Drainage	Protection	Etanchéité	
Géoespaceur			●			
Géocomposite de drainage			●			
Géoconteneur			●			Fonction drainage assurée par le matériau granulaire qu'il contient
Géotextile			●			Possible dans certaines conditions ( faire attention au colmatage biologique )
Matériau granulaire			●			Pour mémoire

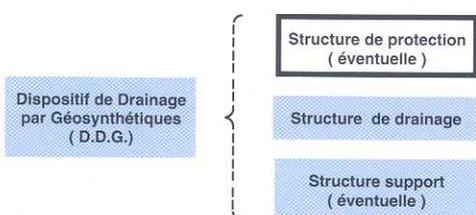
Pour la définition des caractéristiques à spécifier pour chaque composant, se reporter au tableau du paragraphe III.5.2.b.

### 3.4.2. - Structure support



cf. § 3.3.3. : Structure support de D.E.G.

### 3.4.3. - Structure de protection



#### a) Exemples de structures

Différentes associations de matériaux permettent de réaliser une structure de protection, comme par exemple :

- Protection par géotextile  
  
 Structure de drainage
- Protection par géotextile et matériau granulaire  
  
 Structure de drainage
- Protection par géotextile, géoconteneur et matériau granulaire (par exemple sur pentes)  
  
 Structure de drainage

#### b) Critères de choix

La structure de protection d'une structure de drainage comporte au minimum une composante de filtration.

Le comportement d'un géotextile de filtration bien dimensionné doit permettre aux particules les plus fines de passer au travers du géotextile, de sorte qu'il se crée après quelques temps un filtre naturel stable dans le matériau adjacent au géotextile. Comme pour les filtres granulaires, il apparaît que le comportement optimal du filtre géotextile dépend de la distribution des pores dans le système de filtration au complet (c'est-à-dire géotextile et matériau adjacent).

Dans le cas d'un C.S.D., le fonctionnement effectif des filtres géotextiles peut être compliqué par la nature des produits à drainer, liquide ou gaz.

Si les déchets sont organiques et biologiquement actifs, il peut se produire dans certains cas un colmatage provoqué par la croissance de micro-organismes. D'une manière générale, l'emploi de géotextiles comme filtres en contact avec du lixiviat dans un centre de stockage de déchets ménagers doit être déterminé sur la base d'une étude systématique de la susceptibilité au colmatage au moyen d'essais préliminaires. Dans les cas où aucun colmatage critique n'est prévisible, le dimensionnement sera basé sur la liste des caractéristiques données dans le tableau au § 3.5.2.b.

Une attention spéciale doit également être apportée à la compatibilité chimique des géosynthétiques utilisés.

#### c) Fonctions des composants

Composant	Fonctions des composants éventuels d'une structure de protection de D.D.G.					Commentaire
	Filtration	Renforcement	Drainage	Protection	Etanchéité	
Géotextile	●	●		●		
Matériau granulaire	●			●		
Géoconteneur	●	●		●		Fonctions filtration et protection assurées par le matériau granulaire qu' il contient

Pour la définition des caractéristiques à spécifier pour chaque composant, se reporter au tableau du paragraphe III.5.2.b.

## 3. 5 PRINCIPES GÉNÉRAUX DE DIMENSIONNEMENT DES GÉOSYNTHÉTIQUES

### 3.5.1. - Les essais de caractérisation des géosynthétiques

Le dimensionnement nécessite une bonne connaissance des caractéristiques (mécaniques, hydrauliques, chimiques, etc ...) des matériaux utilisés.

Les caractéristiques des géosynthétiques sont définies à l'aide de méthodes d'essai, le plus souvent normalisées au niveau français (AFNOR), européen (C.E.N.) ou international (ISO).

Les essais sur géosynthétiques se classent en deux groupes :

#### ● les essais d'identification

Ces essais permettent de caractériser les produits à l'aide de modes opératoires simples et reproductibles, mais qui ne sont pas forcément en rapport avec des conditions réelles d'emploi. Ils approchent ainsi les principales propriétés des géosynthétiques. Outre une identification sûre des produits, ils sont également utilisés en contrôle de production et contrôle de réception sur chantier. Ils permettent aussi de suivre l'évolution du vieillissement des produits.

#### ● les essais de performance

Ces essais sont développés pour déterminer le comportement des produits dans des conditions qui reproduisent d'assez près les conditions réelles d'utilisation.

Les essais d'identification et de performance existants ou en cours de

rédaction à l'AFNOR et au C.E.N. sont résumés dans les tableaux présentés en annexe 1, en distinguant :

- géotextiles et produits apparentés,
- géomembranes et produits apparentés.

Ces tableaux donnent pour chacune de ces 2 familles, en séparant les essais d'identification et les essais de performance :

- le nom de l'essai
- une courte description de l'essai
- la référence de la norme d'essai française (existante ou à paraître),
- la référence à la norme européenne correspondante, si disponible, ou les références d'essais utilisés comme base au travail de normalisation.

Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que la mise en application d'une norme européenne annule et remplace la norme française existante. Par exemple, la mise en application de la norme européenne de poinçonnement statique sur les géotextiles et produits apparentés remplace ipso-facto l'ancienne norme française N.F. G 38-019 (références européenne prEN 776 ou sa traduction française codifiée par l'AFNOR sous le numéro N.F. G 38-120).

Les nouvelles normes françaises sur les géotextiles et produits apparentés, traduction des nouvelles normes européennes, recevront la codification N.F. G 38-1xx.

Les propriétés des géosynthétiques peuvent être affectées par des contraintes mécaniques, climatiques, chimiques et biologiques. La durabilité de leurs performances dans l'environnement du C.S.D. peut être appréciée par le changement à long terme de leurs propriétés mécaniques et hydrauliques. En effet, l'évolution des caractéristiques mécaniques et hydrauliques est un bon indicateur du vieillissement des produits. Le dimensionnement doit prendre en compte les modifications des caractéristiques des produits.

### 3.5.2. -Principes de choix des géosynthétiques par fonctions

#### a) Démarche générale de choix

La démarche générale permettant de spécifier les caractéristiques des géosynthétiques est le dimensionnement par fonctions.

Cette méthode consiste à répertorier les fonctions assurées par chaque composant d'une structure à la place qu'il occupe dans l'ouvrage et à relier ces fonctions aux caractéristiques minimales qu'il doit présenter.

Ces caractéristiques minimales sont classées en trois groupes :

#### ■ les exigences fonctionnelles

Ce sont les caractéristiques minimales que doivent présenter les géosynthétiques pour assurer leurs fonctions dans l'ouvrage. Ces fonctions ont été définies au paragraphe 2.2.

#### ■ les exigences liées à la mise en oeuvre

Ce sont les caractéristiques minimales que doivent présenter les géosynthétiques pour que les conditions de mise en oeuvre plus ou moins sévères n'altèrent pas leurs caractéristiques fonctionnelles.

#### ■ les exigences liées à la durabilité

Ce sont les caractéristiques minimales que doivent présenter les géosynthétiques pour que leurs fonctions soient assurées tout au long de la vie de l'ouvrage, durée qui aura été auparavant définie.

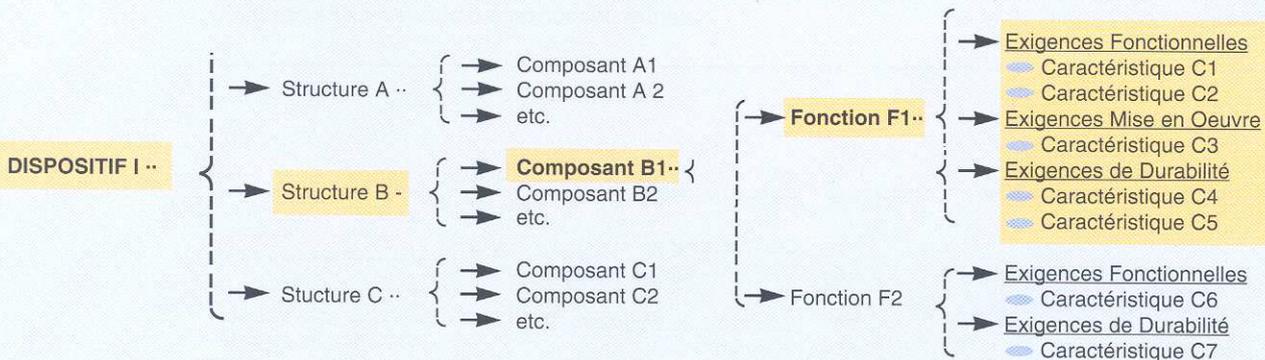
Dans le cas des géocomposites, chaque composant doit présenter les caractéristiques minimales pour assurer les fonctions qui lui sont demandées.

On peut définir la durabilité des D.E.D.G. comme étant la durée pendant laquelle ses matériaux constitutifs conservent leurs caractéristiques fonctionnelles, dans les limites définies lors de l'étude.

Suivant leur position (fond, flanc ou couverture) dans le centre de stockage, les D.E.D.G. sont soumis à des sollicitations mécaniques, biologiques, physico-chimiques différentes (voir tableau p. 24) qui imposent d'associer aux structures d'étanchéité et de drainage d'autres structures pour assurer le maintien de leurs fonctions dans le temps.

C'est ainsi que l'on trouve par exemple dans les D.E.D.G des structures support et de protection faisant intervenir des composants filtrants, anti-poinçonnants, de renforcement, de résistance à l'érosion.

#### Principe de définition des caractéristiques des géosynthétiques à prescrire pour la fonction F1 du composant B1



Définition des structures du dispositif

Définition des caractéristiques à spécifier pour chaque composant ou chaque structure

**Tableau : Niveaux de contraintes pouvant agir sur les D.E.D.G. de C.S.D. selon leur localisation**

Contraintes	Fond	Talus	Couverture	
			penne < 5 %	penne > 5 %
Chimiques/biologiques	xxx	xx	xx	xx
Mécaniques				
-Tassements différentiels				
* Court terme	x	x	-	-
* Long terme	xx	xx	xxx	xx
-Glissements	x	xxx	-	xx
-Poinçonnements				
*Court terme	xxx	xxx	-	-
*Long terme	xxx	xx	xx	xx
- Poids des déchets	xx	xx	-	-
Charge hydraulique	xx	-	-	-
Haute température	xx	xx	-	-
Gel/Dégel	x	xx	xx	xx
Ultraviolets	x	xx	x	x
Sous-pression ( gaz, liquide )	x	xx	xx	xx
Vandalisme, rongeurs	x	x	xx	xx
Végétation	-	-	xx	xx
Conditions atmosphériques	x ( avant stockage )	x	xx	xx

Court terme : inférieur à quelques mois  
 x = faible xx = moyenne xxx = élevée

Dans le tableau de la page suivante, pour chaque fonction, il y a des caractéristiques à spécifier dans tous les cas N (Nécessaire) et des caractéristiques à spécifier en fonction du site et des matériaux A (Applicable).

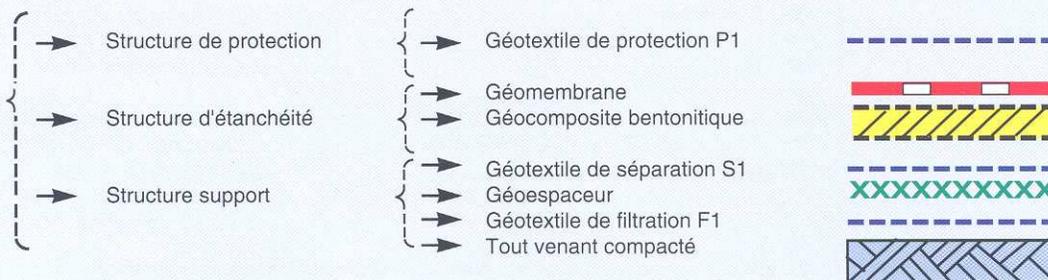
**b) Caractéristiques des géosynthétiques selon leur fonction**

Les caractéristiques à prescrire selon la fonction d'un composant géosynthétique d'une structure de D.E.D.G. sont décrites dans le tableau p. 25. Ce tableau est inspiré du document [5].

**c) Exemple**

Définition des caractéristiques à spécifier pour le géotextile P1 de la structure de protection du D.E.G. suivant, en fond d'un centre de stockage d'ordures ménagères :

D.E.G.



p. 24

## Caractéristiques des géosynthétiques à prescrire selon leur fonction

Géotextiles et produits apparentés					Géomembranes et produits apparentés
Famille de Géosynthétique	Fonction	Filtration	Renforcement	Drainage	Protection
Exigences fonctionnelles	Ouverture de filtration (N) Permittivité (N) Souplesse (A)	Essai de traction (N) (5) Frottement (essai de cisaillement direct) (N) Frottement (plan incliné) (A) Traction sur assemblages (A) Comportement au fluage sous traction (A) Traction dans le sol (A) Fluage dans le sol (A)	Capacité drainante (N) Fluage sous compression (N)	Poinçonnement statique (N) (1) (**) Poinçonnement dynamique (N) (1)** Epaisseur (N) Eclatométrie (A) (**)	Epaisseur sous pression spécifiée (N) Perméabilité ou perméation à l'eau (N) Eclatométrie (N) (**) Traction (N) (5) Traction sur assemblages (N) Frottement (N) (**) Résistance à l'ancrage (A) (**) Perméabilité aux produits chimiques (A) (2) Perméabilité aux gaz (A) Essais spécifiques géocomposites bentonitiques : Gonflement/Retrait (A) Capacité d'auto-cicatrisation (A)
Exigences liées à la mise en oeuvre	Essai de traction (N) (5) Dommages à la construction (N) Perforation dynamique (A) Traction sur assemblages (A)	Essai de traction (N) (5) Dommages à la construction (N) Perforation dynamique (N)	Essai de traction (N) (5) Dommages à la construction (N)	Perforation dynamique (A) (1) Dommages à la construction (N) (**) Essai de traction (N) (5)	Traction (N) (5) Dommages à la construction (N) (**) Pliage aux faibles températures élevées (N) Poinçonnement dynamique (N) (**)
Exigences liées à la durabilité	Stabilité du filtre à long terme (A) Résistance au poinçonnement statique (A) Résistance à la dégradation chimique (A) (2) Oxydation thermique (A)	Résistance à la dégradation chimique (A) (2) Oxydation thermique (A)	Drainage à long terme (colmatage biologique) (A) Résistance à la dégradation chimique (A) (2) Oxydation thermique (A)	Résistance au poinçonnement à long terme (A) (1) (**) Résistance à la dégradation chimique (A) (2) Oxydation thermique (A)	Résistance à la dégradation chimique (A) (2) (sur produit et assemblages) Traction (A) (3) Poinçonnement hydraulique (A) (**) Poinçonnement statique (N) (**) Fluage sous éclatométrie (A) (**) Fissuration sous contraintes (A) Noir de carbone (teneur, dispersion) (A) Essais spécifiques aux géocomposites bentonitiques : Résistance aux cisaillements internes (A) Sensibilité aux cycles gel/dégel (A)

(N) nécessaire : la caractéristique du produit mesurée par cet essai doit être spécifiée dans tous les cas  
(A) applicable : la caractéristique du produit mesurée par cet essai peut être spécifiée selon les spécificités du site ou des produits  
(1) Les performances hydrauliques de la géomembrane doivent être testées avant la réalisation de cet essai  
(2) inclut l'endommagement climatique, chimique, biologique, et une déformation permanente  
(3) comportement en effort/déformation, statique et cyclique  
(4) fluide, c'est à dire liquides et gaz  
(5) Essai de traction : plusieurs caractéristiques : résistance et déformation à l'effort max., modules  
(\*\*) Essai réalisé sur le système Gix/Gmb et les matériaux du site

en italique : non normalisé ou non disponible à la date du 01.01. 1995

A titre d'exemple, afin de définir ce géotextile P1, il peut être intéressant de dresser un tableau de ce type :

Dispositif	Structure	Composant	Fonctions	Caractéristiques du Géotextile à spécifier	Norme d'essai	Valeur limite
Etanchéité	Protection	Géotextile P1	Protection	<u>Fonctionnelles</u>		
				•Résistance au poinçonnement statique du complexe Gtx/Gmb	NF P 84 507	≥ ... KN
				•Résistance au poinçonnement dynamique du complexe Gtx/Gmb	NF P 84 506	≥ ... J
				•Épaisseur du Gtx	NF G 38 012	≥ ... mm
				<u>Mise en oeuvre</u>		
				•Résistance à la perforation dynamique du Gtx-Diamètre de l'ouverture	NF G 38 123	≤ ...mm
				•Résistance à la traction du Gtx	NF G 38 014	≥ KN/m
				-Sens production		≥ KN/m
				-Sens travers		.....
				•Résistance aux dommages liés à la construction du complexe Gtx/Gmb	NF G 38 123	.....
				<u>Durabilité</u>		
				•Résistance au poinçonnement à long terme du complexe Gtx/Gmb	non dispo. actuellement	.....
				•Résistance à la dégradation chimique ou nature du polymère	NF G 38 162	.....
				•Résistance à la dégradation biologique ou nature du polymère	NF G 38 163	.....

Explications relatives au choix des caractéristiques non obligatoires :

- 1 Les caractéristiques à l'essai d'éclatométrie du complexe géotextile/géomembrane ne sont pas utiles dans ce cas, car le fond de forme est peu déformable.
- 2 Une résistance minimale à la perforation dynamique du géotextile doit être prescrite, car un matériau granulaire doit être déversé par-dessus.
- 3 Une résistance minimale au poinçonnement à long terme du complexe géotextile/géomembrane doit être spécifiée pour simuler l'agression du granulat sur la structure d'étanchéité sous l'effet du poids des déchets.
- 4 Une résistance minimale à la dégradation chimique (ou la nature du polymère constitutif) doit être spécifiée en fonction de la nature des déchets stockés.

5 Une résistance minimale à la dégradation biologique (ou la nature du polymère constitutif) doit être spécifiée à cause de la proximité des ordures ménagères.

6 La résistance à l'oxydation thermique n'est pas justifiée dans cet exemple car la température au contact du géotextile est modérée, et le lixiviat est plutôt réducteur.

### 3.5.3. Méthodes de calcul des caractéristiques

Une fois définies les caractéristiques à spécifier pour chaque composant géosynthétique utilisé en C.S.D., il faut ensuite déterminer les valeurs à attribuer pour chacune de ces caractéristiques. Cette détermination se fait en général au moyen de méthodes de calcul et sur l'expérience. Elle est du ressort de bureaux d'études spécialisés.

Comme il a déjà été dit, il n'est pas possible dans le cadre de ce fascicule de donner toutes ces techniques de dimensionnement pour concevoir des D.E.D.G. de C.S.D. Certaines caractéristiques peuvent cependant être approchées à partir des méthodes de calcul présentées dans des fascicules de recommandation du C.F.G.G. ou dans des normes françaises, par exemple :

- Fonction drainage : Norme NF G 38 061
- Fonction filtration : Norme NF G 38 061
- Fonction renforcement : Norme NF 38 064 (en projet)

**Il faut cependant garder à l'esprit les limites de ces méthodes et de leur domaine d'application (en général employées pour des sols et non des déchets, et pour de l'eau et non des lixiviats).**

Dans l'immédiat, le concepteur pourra utilement se reporter aux ouvrages [1] et [2] dans lesquels se trouvent les principaux éléments de dimensionnement courants.

Les aspects importants à ne pas négliger lors du dimensionnement sont :

- la stabilité interne et externe du massif de déchets (rupture dans le déchet ou à l'interface d'un composant des D.E.D.G.), ainsi que les tassements différentiels en surface
- la stabilité générale sur pente (rupture dans le déchet ou à l'interface d'un composant des D.E.D.G.)
- les frottements et les efforts liés au glissement sur les talus
- le dimensionnement des ancrages
- la filtration des matériaux granulaires et des déchets par le géotextile
- la capacité de drainage de la structure de drainage sous la contrainte maximale
- les tassements du support et les déformations admissibles des D.E.D.G.

- les efforts de soulèvement dûs au vent
- la sollicitation provoquée par la circulation de véhicules, par exemple sur les rampes d'accès
- les efforts localisés induits par la présence d'éléments constructifs rigides (regards, tuyaux)
- les raccordements à ces éléments
- les systèmes d'évacuation (regard, évents, puisards)
- la nature des déchets
- etc ....

### **3.5.4. Facteurs de sécurité et valeurs à spécifier**

La valeur obtenue lors du dimensionnement d'une caractéristique d'un composant géosynthétique (valeur calculée) doit être affectée d'un facteur de sécurité global FSg permettant d'obtenir la valeur limite à spécifier dans le C.C.T.P. pour cette caractéristique :

Valeur limite à spécifier = FSg x Valeur calculée

Ce facteur de sécurité global prend en compte toute une série d'incertitudes accumulées tout au long du dimensionnement. Il peut ainsi se décomposer en un produit de facteurs de sécurité partiels.

Cette décomposition en facteurs de sécurité partiels permet de prendre en compte plus finement, et au cas par cas, les incertitudes sur certains paramètres du dimensionnement.

Les documents Eurocode7 "Géotechnique" actuels utilisent cette démarche générale de pondération. Ainsi, même si les structures de C.S.D. ne rentrent pas précisément dans le cadre de la définition de structures géotechniques de l'Eurocode7, elles devraient néanmoins être dimensionnées selon les principes de base formulés dans cette recommandation.

Des exemples de décomposition en facteurs de sécurité partiels sont proposés en annexe 2. D'autres approches, notamment statistiques, permettent de déterminer un facteur de sécurité global.

## 3.6. AUTRES APPLICATIONS METTANT EN OEUVRE DES GÉOSYNTHÉTIQUES

Ce paragraphe présente, à partir d'études de cas, d'autres utilisations possibles de géosynthétiques en Centre de Stockage de Déchets.

### 3.6.1 - Structures de renforcement



**Sols :** Cf. le fascicule C.F.G.G. " Géotextiles dans le renforcement des ouvrages en terre " et NFG 38-063.



Déchets

### 3.6.2 - Voirie - Pistes

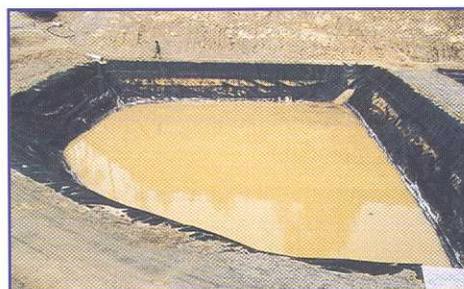


Cf. le fascicule C.F.G.G. " Géotextiles dans les voies de circulation provisoire, les voies à faible trafic et les couches de forme ".

### 3.6.3 - Végétalisation de talus



### 3.6.4 - Bassins de stockage et de traitement des eaux



Cf. le fascicule C.F.G.G. " Réalisation d'étanchéité par géomembranes ".

### 3.6.5 - Tranchées drainantes



Cf. le fascicule C.F.G.G. " Géotextiles dans les systèmes de drainage et de filtration " et NFG 38-061.

# 4

## RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN OEUVRE, LES CONTRÔLES ET LA RÉCEPTION

### 4.1 GUIDE DES CONTRÔLES A EFFECTUER

Sont indiqués ci-dessous, les postes qui nécessitent au minimum un contrôle par le maître d'oeuvre (ou son représentant), et par l'entreprise dans le cadre de son contrôle intérieur. Les détails des contrôles sont présentés dans le chapitre suivant.

#### 4.1.1 - Support

- Géométrie, nivellement, planimétrie, topographie, pentes, (4.2.4)
- Contrôle visuel : nature des matériaux (pierres, racines, granulométrie, angularité, propreté) (4.2.4)
- Portance, teneur en eau, assainissement, (4.2.4)
- Points singuliers : (4.2.7)
  - dimension, emplacement, et état de surface des tranchées d'ancrages,
  - support pour cheminées, puisards, etc.
  - état de surface, absence d'angles vifs,

#### 4.1.2 - Géotextiles et produits apparentés

La norme N.F.G. 38-060 fixe les contrôles de réception des géotextiles et produits apparentés :

- Agrément des produits par le maître d'oeuvre,
- État visuel, conditionnement, (4.2.2)
- Conditions de stockage, (4.2.2)
- Conformité du produit livré : repérage des rouleaux, étiquetage, fiches de contrôles, matériau certifié, (4.2.2)
- Prélèvements d'échantillons et tests, (4.2.2)
- Manutention des rouleaux : déchargement, stockage, approvisionnement sur le site (traficabilité et non déformabilité du support), (4.2.3)
- Conditions climatiques à la mise en oeuvre, (4.2.7)
- Plan de calepinage, déploiement, (4.2.6)
- Recouvrements, (4.2.7)
- Assemblage, (4.2.7)
- Raccordements divers : ancrages, drains, (4.2.7)
- Lestage provisoire, (4.2.7)
- Temps d'exposition aux intempéries et U.V., (4.2.7)
- État et propreté avant couche suivante. (4.2.7)

#### 4.1.3 - Géomembranes et produits apparentés

- Agrément des produits par le maître d'oeuvre,
- État visuel, conditionnement, (4.2.2)
- Conditions de stockage, (4.2.2)
- Conformité du produit livré : repérage des rouleaux, étiquetage, fiches de contrôles, matériau certifié, (4.2.2)
- Prélèvements d'échantillons et tests, (4.2.2)
- Manutention des rouleaux : déchargement, stockage, approvisionnement sur le site (traficabilité et non déformabilité du support), (4.2.3)
- Conditions climatiques à la mise en oeuvre, (4.2.7)
- Plan de calepinage, déploiement, (4.2.6)
- Recouvrements, (4.2.7)
- Assemblage, (4.2.7)
- Vérification de la conformité des produits d'apport livrés (ex : cordons de soudure),
- Réception des machines de soudure, du matériel de contrôle, Qualification de l'équipe de soudeurs effectivement présents sur le chantier, (4.2.6)

- Détermination des paramètres de soudure (minimum 2 fois/jour) par traction sur échantillons (4.2.6)
- Contrôle non destructif des soudures : (4.2.6)
  - observation visuelle,
  - cloche à vide pour les soudures par extrusion et points triples,
  - mise en pression du canal central pour les doubles soudures,
  - ultrasons pour les géomembranes bitumineuses,
  - essai diélectrique (peigne, pointe ou balais),
- Contrôle destructif des soudures : prélèvements et tractions, (4.2.7)
- Contrôle de la continuité d'étanchéité au niveau des points singuliers : ancrages, émergences, raccordements, cheminées et puisards, exutoires des gaz (cas de couvertures), géomembranes en attente,
- Contrôle des réparations, (4.2.7)
- Lestage provisoire, (4.2.7)
- Contrôle d'ensemble de l'étanchéité (4.2.7)
  - visuel,
  - par dispositif de capteurs, si prévu par le C.C.T.P.,
  - mise en eau, si possible.

#### **4.1.4 - Matériaux granulaires et divers**

- Nature et origine des matériaux, granulométrie, angularité, propreté, perméabilité, (4.2.8)
- Qualification du personnel,
- Adéquation du matériel de mise en oeuvre,
- Conformité aux procédures préétablies,
- Conformité des drains et tuyaux livrés,
- Raccordements des drains et tuyaux,
- Dispositif de calage entre drains et tuyaux,
- Positionnement et pente des drains et tuyaux,
- Précautions pour répartition des charges dues aux cheminées et puisards,
- Assemblage des tuyaux,
- Raccordements divers : ancrages, drains,
- Lestage provisoire,
- Temps d'exposition aux intempéries et U.V.,
- État et propreté avant couche suivante.

#### **4.1.5 - Contrôle des documents écrits**

Doivent être mis à jour quotidiennement :

- Plan de récolement
- Cahier de bord du chantier comprenant : présence du personnel, avancement du chantier, incidents ...
- Rapports de soudure : résultats des essais, météorologie ...

## **4.2 RECOMMANDATIONS**

Les recommandations suivantes sont décrites dans l'ordre du déroulement d'un "chantier type" d'installation de D.E.D.G. dans un centre de stockage de déchets (C.S.D.). L'efficacité des D.E.D.G. est inhérente à leur bonne mise en oeuvre.

Les matériaux sont agréés préalablement par le maître d'oeuvre.

On détaille les étapes principales :

- Accès, circulation et organisation du chantier,
- Pré-réception des matériaux et matériels,
- Stockage et manutention des produits géosynthétiques,
- Préparation et acceptation du support,
- Planche d'essai,
- Plan de pose des géosynthétiques,
- Installation des géosynthétiques :
  - Conditions d'installation,
  - Positionnement des géosynthétiques,
  - Lestage,
  - Réglages préalables à l'assemblage,
  - Assemblage, soudure, etc,
  - Raccordement aux points singuliers,

#### **4.2.1 - Accès, circulation et organisation du chantier**

La mise en oeuvre de D.E.D.G. dans un C.S.D. nécessite :

- la définition d'un "accès de chantier",
- la création de pistes permettant l'accès aux zones de stockage et de mise en oeuvre des matériaux,
- l'établissement d'un plan de circulation adapté précisant :
  - les voies à utiliser
  - les sens de circulation,
  - les zones interdites à la circulation ou à des opérations pouvant nuire au maintien des règles d'hygiène et de sécurité (zones de production de biogaz, zones de stockage en cours, etc).

D'une manière générale, il s'agit de prévoir, à l'aide de plans et de notes d'organisation, le déroulement du chantier en coordination avec le fonctionnement du C.S.D. quand celui-ci est déjà en exploitation.

#### 4.2.2 - Pré-réception des matériaux et matériel sur le chantier

- Le conditionnement des géosynthétiques varie selon leur nature mais ils sont le plus souvent commercialisés en rouleaux portant chacun une étiquette d'identification indiquant notamment la désignation commerciale et le numéro du rouleau.
- Une vérification de l'état visuel des marchandises doit être effectuée au moment de la réception. Cette procédure comprend ensuite une vérification de l'étiquetage, l'établissement d'une liste des rouleaux reçus, et la comparaison de cette liste avec la liste d'expédition du fabricant ou du préassembleur. Ces renseignements, étiquetage, liste de réception et liste d'expédition du fabricant ou du distributeur, doivent être clairement identifiés et conservés.

La compatibilité entre les matériaux d'apport pour soudures et les produits à assembler doit être vérifiée (densité, point de ramollissement du bitume ou P.E.H.D. d'apport, pourcentage de noir de carbone du P.E.H.D. d'apport par exemple).

Des prélèvements d'échantillons sur les produits livrés peuvent éventuellement être effectués afin de vérifier en laboratoire la conformité du produit par rapport à la fiche technique (Cf. 3.5.1).

Les rapports de contrôle de qualité du fabricant doivent être soigneusement

vérifiés par le contrôleur de la qualité quant à leur conformité aux spécifications. Les rapports de contrôle ainsi que les étiquettes des produits doivent être conservés.

La fréquence de contrôle dépend des facteurs suivants :

- le niveau de risque de l'ouvrage et les conséquences que peut avoir sur sa fiabilité l'utilisation d'un géosynthétique ne présentant pas les caractéristiques spécifiées,
- les quantités du géosynthétique concerné, le fait que le produit soit certifié ou non.

On peut définir des fréquences de contrôle croissant (\* : peu fréquent, \*\* : moyennement fréquent ou \*\*\* : très fréquent) tenant compte de ces critères et de la fonction du géosynthétique (démarche de la norme N.F.G. 38-060).

#### Niveau de contrôle d'une caractéristique spécifiée selon la fonction du géosynthétique

**Note:** Le nombre d'essais de contrôle à faire dépend du niveau de contrôle, de la surface du géosynthétique et de sa certification.

		FONCTIONS				
		Filtration	Renforcement	Drainage	Protection	Etanchéité
Niveau de contrôle	***		-Traction			Epaisseur
	**	-Ouverture de filtration -Permittivité		-Capacité drainante	-Poinçonnements statiques et dynamiques	-Traction
	*	-Traction -Souplesse -Perforation dynamique -Epaisseur	-Frottement -Perforation dynamique	-Fluage sous compression -Traction	-Perforation dynamique -Traction	-Poinçonnement dynamique et statique -Gonflement-retrait pour les géocomposites bentonitiques

**Note :** Ces essais ont pour objectif le contrôle des géosynthétiques lors de la livraison sur le site. Ils ne se substituent pas à un contrôle de fabrication des géosynthétiques avant livraison, notamment sur l'ensemble des caractéristiques spécifiées.

	Certification	Niveau de contrôle	Valeur de S1 (m <sup>2</sup> )	Valeur de S2 (m <sup>2</sup> )
Géotextile et apparentés ( d'après NFG 38-060 )	certifié	*	50 000	500 000
		**	5 000	50 000
		***	0	5 000
	non certifié	*	0	50 000
		**	0	5 000
		***	0	500
Géomembrane et apparentés		*	15 000	150 000
		**	1 500	15 000
		***	0	1 500

**Note :** Le processus de certification des géomembranes qui est en cours actuellement, permettra de diminuer la fréquence de ces contrôles.

Surface X du géosynthétique	X < S1	S1 < X < S2	X > S2
Nombre d'essais à réaliser	0	1	1 + (X-S2) / 2S2

Les matériels mis à disposition sur le chantier doivent permettre la réalisation des soudures et les contrôles de soudure conformément au cahier des charges (type du matériel, nombre, état de marche vérifié et échelonné).

#### **4.2.3 - Stockage et manutention des produits**

Un endroit sûr de stockage (aire plane, assainie, de portance suffisante pour permettre la circulation des engins et camions), doit être prévu avant toute livraison. Les conditions de stockage doivent, selon la nature des géosynthétiques, assurer leur protection contre les intempéries, le rayonnement ultraviolet, tous dommages physiques (pierres, clous, rongeurs, vandalisme...) ou tout autre facteur pouvant affecter leur comportement.

Les géosynthétiques sont stockés afin de permettre leur manutention future sans les endommager. Des précautions doivent être prises pour que le stockage soit stable.

Les géosynthétiques sont, selon leur nature et conditionnement, manutentionnés à la main ou à l'aide d'engins mécanisés équipés éventuellement d'un système de levage/déroutage (portique, palonnier, élévateur...). Ils ne doivent pas être tractés, traînés sur le sol ou manipulés en contact direct avec les fourches d'un élévateur.

#### **4.2.4 - Préparation et acceptation du support**

##### Exigences

Les fonds de forme doivent être réglés, dépourvus d'ornières, de zones de rétention d'eau et de zones de portance inégale. Toute zone dont la capacité portante est insuffisante pour permettre la circulation du personnel et du matériel doit être préparée pour la rendre apte à recevoir les géosynthétiques.

La couche supportant le géosynthétique en cours d'installation doit, notamment, être débarrassée de tous les débris susceptibles d'endommager les géosynthétiques, tels que racines, pierres, arêtes, déchets, etc. Lorsque cette couche est composée de matériaux susceptibles de se déposer à l'emplacement des futurs assemblages (poussières, argile molle, sols pulvérulents, etc.), un géosynthétique adéquat ou une couche de protection peuvent être déployés sous le chevauchement, à l'endroit de ces soudures.

##### Inspection

Avant la mise en place de tout matériau par l'entreprise de pose, la surface doit être inspectée visuellement par son responsable qualité, conjointement avec le maître d'oeuvre ou son représentant. Cette

inspection est formalisée par un rapport d'acceptation. Il pourra être défini plusieurs sections acceptées séparément afin d'optimiser le déroulement du chantier.

#### **4.2.5 - Planche d'essai**

Il est souvent souhaitable de réaliser une planche d'essai sur le site même de la mise en oeuvre des D.E.D.G. Elle a pour but de valider les conditions et modes de mise en oeuvre des constituants de l'ouvrage. Cette planche d'essai doit être constituée de tous les produits composant les D.E.D.G., et reproduire la situation précise du chantier concerné.

Sa superficie (de l'ordre de 50 à 100 m<sup>2</sup>) sera représentative des conditions réelles de mise en oeuvre des D.E.D.G.

Compte tenu de son coût, les objectifs de la planche d'essai, les essais et la nature des observations doivent être clairement formulés. En particulier, on veillera, d'une part, à utiliser l'expérience acquise et la bibliographie pour limiter les recours aux planches d'essais et, d'autre part, à s'assurer que les moyens permettent de répondre aux questions posées.

#### **4.2.6 - Plan de calepinage (ou de pose) des géosynthétiques**

Ces dispositions sont applicables en particulier dans le cas des géomembranes, et de certains géosynthétiques de renforcement ou de drainage.

L'installateur doit fournir un plan de pose des géosynthétiques permettant :

- la localisation de l'assemblage des différents lés, en tenant compte de la géométrie réelle de l'ouvrage au moment de l'installation des D.E.D.G. et du sens de drainage préférentiel s'il y a lieu des géosynthétiques de drainage, du sens chaîne et sens trame dans le cas de géosynthétiques de renforcement ;
- le repérage des joints de panneaux ou de lés ainsi que les découpes particulières. Lors de l'installation des géomembranes, un plan de récolement permettra de garder en

mémoire le positionnement réel des lés, ainsi que le mode d'assemblage, la position des réparations, points singuliers, prélèvements d'échantillons etc.

#### **4.2.7 - Installation des géosynthétiques**

##### ● Conditions d'installation

Aucun matériau ne doit être mis en place lors de conditions climatiques défavorables :

- sous la pluie, sauf cas et produits spécifiques,
- sous la neige,
- dans la boue,
- par vent violent,
- par températures extrêmes (à titre indicatif on évitera d'assembler les géomembranes à moins de 5° C, sauf conditions particulières) ; à partir d'une température extérieure de 35°C des dispositions particulières de mise en oeuvre doivent être appliquées.

Avant le positionnement des géosynthétiques aux endroits prévus, s'assurer que :

- les tranchées d'ancrage sont terminées,
- la surface de pose est conforme aux prescriptions,
- les structures rigides (exutoires, puits, tuyaux, ouvrages en béton) auxquelles les géosynthétiques devront se raccorder ont été préparées à cet effet,
- les matériaux de lestage nécessaires sont présents.

Les opérations de manutention doivent être limitées à leur strict minimum pour éviter, notamment, la détérioration de la structure déjà en place.

On s'assurera que le temps d'exposition des géosynthétiques aux U.V., aux intempéries, et autres agressions, est compatible avec les spécifications du fabricant (en particulier pour les géotextiles).

##### ● Positionnement des géosynthétiques

La mise en place des géosynthétiques ne peut avoir lieu qu'après réception et acceptation du support.

Selon leur fonction dans le C.S.D., les géosynthétiques subissent lors de leur mise en place les essais d'identification définis

en 3.5.2. afin d'assurer leur réception définitive.

Le déroulage ou le dépliage doit permettre la bonne exécution des opérations ultérieures d'ancrage et d'assemblage.

On veillera particulièrement aux points suivants :

- les largeurs minimales de recouvrement et d'ancrage doivent être respectées selon les produits et les techniques de soudures concernées. Certains produits disposent d'un marquage effectué en usine, indiquant la largeur de recouvrement,
- sur les talus, les géosynthétiques sont déroulés avec précaution, généralement de haut en bas, afin de faciliter leur mise en oeuvre et de minimiser la dégradation du support. Il convient, de plus, de positionner la ligne d'assemblage suivant la plus grande pente et d'éviter les assemblages horizontaux,
- il convient, par principe, d'interdire à tout véhicule de circuler sur les géosynthétiques, sauf dispositions particulières à justifier par l'entreprise de pose auprès du maître d'oeuvre,
- le déroulage ou le dépliage doivent être suivis le plus rapidement possible de l'assemblage, qui nécessite toujours des surfaces propres et sèches. Conformément au plan de pose, un numéro est attribué à chaque lé positionné. Ce numéro est reporté sur le plan de récolement.

#### ● Lestage

Après positionnement, la plupart des géosynthétiques doivent être lestés afin de résister à l'effet du vent. Le poseur choisit, en fonction des données particulières de l'ouvrage, le lestage qui lui paraît le mieux adapté en fonction des vents prévisibles.

Le lestage peut être réalisé à l'aide de sacs de sable ou d'autres matériaux (pneus par exemple) disposés régulièrement.

L'espacement entre les sacs est évalué en fonction de la dépression que le vent peut exercer. Le lestage peut rester en place jusqu'au recouvrement par la couche suivante.

Attention! une insuffisance de lestage peut causer des dégâts importants sur les matériaux en cours d'installation; pour plus de détails se référer au fascicule C.F.G.G. n° 10 [3].

#### ● Réglage des appareils d'assemblage

Ces essais concernent les assemblages par soudure de géomembranes, en raison de leur grande sensibilité aux variations des conditions atmosphériques.

Ainsi, la détermination des paramètres de soudure est effectuée au minimum au début de chaque reprise de travail ou plus si les variations des conditions atmosphériques sont importantes, et ceci pour chaque appareil de soudure utilisé. Le réglage est confirmé par des essais effectués sur des échantillons de géomembranes placés dans les mêmes conditions que les géomembranes à assembler. Les éprouvettes sont testées en traction/cisaillement et/ou en traction/pelage à l'aide d'une presse de traction portative étalonnée (voir chapitre 4.1). Le soudeur peut réaliser la soudure après avoir obtenu des résultats d'essais de réglage satisfaisants.

A titre indicatif, l'essai destructif sur une éprouvette est positif si les deux conditions suivantes sont respectées:

- Rupture en dehors ou à la limite de la zone assemblée
- L'essai destructif sur les soudures atteint les valeurs minimales suivantes, exprimées en pourcentage de la résistance (maximale ou au seuil d'écoulement s'il existe) du matériau seul, telle que définie dans la fiche technique du produit.

	Géomembrane P.E.H.D.	Géomembrane P.V.C.	Géomembrane bitumineuse
Résistance au cisaillement	90 à 100 %	60 à 70 %	80 à 100 %
Résistance au pelage	70 % (fusion) 60 % (extrusion)	> 4 N/mm	NON APPLICABLE Largeur trop importante

## ● Assemblages, soudures

Les méthodes d'assemblage des géomembranes dépendent de leur nature et de leur composition :

Les géomembranes bitumineuses sont assemblées par soudure thermique (chalumeau au propane ou à air chaud). L'assemblage doit être immédiatement suivi d'un marouflage.

Les géomembranes à base de polymères sont assemblées préférentiellement par double soudure thermique avec canal central pour contrôle (soudure automatique par pression). Les soudures par extrusion manuelle sont réservées aux points singuliers (réparation, points triples, zones difficilement accessibles). Ces dernières doivent faire l'objet d'un contrôle renforcé.

● Les géocomposites bentonitiques sont généralement assemblés par recouvrement avec, selon les produits, ajout de bentonite à l'interface (réf.[4]). Certains peuvent être assemblés par collage.

● Les géotextiles et produits apparentés sont assemblés par simple recouvrement, couture, ou thermofusion selon leur position et leur fonction dans le C.S.D. considéré. La norme N.F.G. 38060 détaille chaque type d'assemblage et la largeur de recouvrement correspondante.

Ces assemblages sont réalisés conformément au plan de pose et répertoriés dans le plan de récolement en indiquant les tests effectués.

L'assemblage des géosynthétiques doit se conformer aux règles de l'art et être réalisé par une équipe compétente dont la qualification aura été démontrée au préalable par l'entreprise.

La présence de gaz provenant de certains déchets peut nécessiter des précautions particulières quant à l'utilisation de certains matériels (risques d'explosion et de feu).

## ● Contrôle des soudures

Il existe plusieurs grands types de contrôles :

● contrôles non destructifs qui permettent d'évaluer la continuité d'un joint :

- examen visuel,

- passage d'un outil pointu ,
- passage d'une lance à air comprimé, ultrasons,
- cloche à vide,
- mise en pression hydraulique ou pneumatique du canal central d'une double soudure,
- méthodes électriques.

● contrôles destructifs qui permettent d'évaluer la résistance mécanique des matériaux dans la zone du joint :

- essai traction/pelage,
- essai traction/cisaillement.

Les contrôles non destructifs sont généralement faits sur la totalité des soudures. Les contrôles destructifs sont réalisés en fonction des spécifications du maître d'oeuvre ; à titre d'exemple : un contrôle tous les 200 mètres linéaires, effectué si possible dans des zones non sensibles (par exemple tranchées d'ancrage). Les seuils d'acceptation sont les mêmes que ceux retenus pour le réglage de l'appareil d'assemblage.

## ● Raccordements aux points singuliers

Ces opérations, prévues dès la phase de construction, doivent faire l'objet de la plus grande attention.

Dans la zone de stockage des déchets et à sa périphérie, divers types d'ouvrages constituent des points singuliers autour desquels la réalisation des assemblages est délicate.

Par expérience, le compactage des matériaux (sols, déchets) autour de ces éléments est souvent insuffisant car difficile à réaliser ce qui peut entraîner des désordres majeurs.

Ces zones sont donc soumises à des tassements différentiels que les D.E.D.G. doivent absorber sans rupture. Différentes techniques permettent de limiter ces tassements : emploi de géosynthétiques de renforcement, dalle de répartition, traitement des matériaux en place, etc.

Parmi les points les plus délicats, on note les raccords du D.E.D.G. :

- aux puits rigides de reprise des lixiviats ou du biogaz, à des collecteurs, drains etc., que ces tuyaux soient en béton ou en polymère.
- à tout endroit nécessitant des mouvements relatifs par l'emploi de pièces de raccord adéquates telles que des collerettes, bavettes, lyres, etc.

#### ● Réparations

Les réparations sont effectuées à l'aide de pièces rapportées et soudées au droit des emplacements endommagés. Ces soudures doivent être contrôlées à nouveau.

#### ● Contrôle d'ensemble

Cette phase ultime de contrôle est d'abord visuelle. On vérifie que les parties courantes de l'étanchéité n'ont pas subi d'endommagements accidentels postérieurs à la mise en oeuvre de la géomembrane. Les points singuliers sont inspectés (points triples, raccords sur ouvrages, etc.) et le cas échéant de nouveaux essais non destructifs peuvent confirmer la qualité de la réalisation.

Un contrôle global peut être réalisé par une mise en eau de l'ouvrage. Cette technique est efficace mais nécessite qu'un système de drainage soit directement positionné sous l'étanchéité pour identifier un écoulement d'eau en cas de fuite, et que le fond de forme soit compartimenté pour localiser ce défaut.

Enfin, l'ouvrage peut être contrôlé une fois achevé à l'aide d'un dispositif électrique spécifique composé de capteurs disposés sous la géomembrane ou bien rapportés au-dessus et capables de détecter et de localiser les défauts de l'étanchéité.

### **IV.2.8 - Mise en oeuvre des matériaux granulaires**

#### ● Choix et apport des matériaux granulaires

Les matériaux fournis pour la couche drainante doivent satisfaire aux prescriptions du maître d'oeuvre en particulier en ce qui concerne leur nature, granulométrie, homogénéité et propreté.

Si l'apport des matériaux s'effectue par camions, ceux-ci ne peuvent évoluer sur les géosynthétiques déjà en place qu'en prenant appui sur une piste d'une épaisseur minimale de 0,50 m de matériaux granulaires déjà mise en place.

Les camions ne peuvent décharger que sur une partie déjà recouverte et ne doivent, sauf cas particulier d'accès, effectuer que des manoeuvres rectilignes en marche arrière pour accéder à la zone de déchargement et en marche avant pour le retour à vide.

#### ● Contrôle du déchargement

Lors du déchargement du camion, un contrôle visuel permet de s'assurer qu'aucun élément étranger ou particulièrement saillant, risquant d'altérer les matériaux déjà en place, ne se trouve au sein du matériau.

#### ● Mise en oeuvre du matériau

Une attention toute particulière est accordée à la mise en oeuvre ultérieure des massifs drainants en matériaux naturels sur les D.E.D.G. afin d'éviter la détérioration : sens de mise en place conforme au sens de recouvrement des lés, emploi d'engins le moins lourds possible, pas d'éléments coupants ou perforants dans le massif drainant.

La circulation est réglementée par un plan de mise en oeuvre de la couche granulaire. Le matériau est mis en oeuvre par couches de 0,30 m environ. Le boueur, ou le chargeur, doit pousser les matériaux par séquences linéaires. Toute manoeuvre brutale, ou de nature à altérer les matériaux déjà en place, est proscrite (blocage des chenilles, appui de la lame sur l'étanchéité, etc.).

Dans le cas de la mise en place de matériau drainant sur des canalisations, le remblai est réalisé par couches successives à l'aide d'une pelle chargeuse, de préférence à un boueur. Afin de s'assurer que les drains restent "calés", on progresse, si possible, parallèlement à leur direction.

Toute évolution perpendiculaire aux drains risque de les déplacer ou de les écraser. Si le passage au-dessus des drains est nécessaire, un cavalier doit être réalisé.

Pour les points particuliers de mise en oeuvre de la couche drainante, tels que : mise en oeuvre sur talus, remblais techniques autour des ouvrages, etc. on se conforme aux règles de l'art en génie civil (réf. [6]).

#### ● Intervention sur une géomembrane P.E.H.D.

La mise en oeuvre de matériaux granulaires sur une géomembrane en P.E.H.D. peut avoir lieu seulement lorsque la température de la géomembrane est inférieure à 30°C. Il est donc préférable de remblayer tôt le matin ou par temps couvert. Ceci évite la transformation d'une ondulation du P.E.H.D. en une pliure franche de la géomembrane à l'avancement du remblai.

# 5

## ASSURANCE QUALITÉ

Le maître d'ouvrage définit la fonction attendue du C.S.D. en termes de qualité d'usage (confinement par exemple). Le maître d'oeuvre traduit les besoins en termes de qualité requise sous forme d'exigences contractuelles (performances, délai, coût). La qualité de l'ouvrage correspond alors à la satisfaction du besoin.

L'obtention de la qualité sur un C.S.D. doit prendre en compte:

- la conformité des matériaux,
- l'exécution correcte des tâches,
- l'ordonnancement correct des tâches,
- les aléas possibles.

Il est courant que le coût des contrôles et du plan assurance qualité représente de l'ordre de 10 à 20% du montant total du marché.

Pour une bonne compréhension de ce chapitre il est rappelé ci-après la terminologie utilisée.

### 5.1 TERMINOLOGIE QUALITÉ

Les termes suivants sont définis dans les normes NFX 50-120, ISO 84-02 ou le code des marchés publics.

**Anomalie:** Déviation par rapport à ce qui est attendu.

**Commentaire:** le traitement des anomalies doit être défini dans les documents qualité du chantier (P.A.Q. et S.D.Q.).

**Contrôle intérieur:** Contrôle réalisé par l'entreprise pour s'assurer de la qualité de sa production ou prestation. Il comprend:

- contrôle interne réalisé par les exécutants eux-mêmes (par exemple réglage des appareils d'assemblage),
- contrôle externe réalisé par un service de l'entreprise indépendant du responsable du chantier, ou par un organisme extérieur mandaté par l'entreprise.

**Contrôle extérieur:** Contrôle exercé par le maître d'oeuvre ou un organisme mandaté par celui-ci.

**Commentaire:** ce contrôle peut consister en un audit du système qualité de l'entreprise sur le chantier, la vérification des contrôles réalisés, la réalisation d'essais pour valider les résultats du contrôle interne.

**Défaut:** Non satisfaction aux exigences de l'utilisation prévue.

**Non conformité:** Non satisfaction aux exigences spécifiées.

**Plan d'assurance de la qualité (P.A.Q.):** Document explicitant pour l'ouvrage considéré, l'ensemble des dispositions prises par une entreprise pour l'obtention de la qualité requise.

**Commentaire:** par exemple les moyens de mise en oeuvre et de contrôle.

**Point d'arrêt:** Point au-delà duquel le chantier ne doit pas se poursuivre sans l'aval du contrôle extérieur.

**Commentaire:** par exemple la réception de la géomembrane avant la mise en place de la couche granulaire de drainage.

**Qualité:** Ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire les besoins exprimés ou implicites.

**Qualité d'usage:** Aptitude à remplir les fonctions définies par le donneur d'ordre (maître d'ouvrage).

**Qualité requise:** Traduction de la qualité d'usage sous forme d'exigences contractuelles, ou que se fixe l'intervenant, exprimées en exigences de résultats ou de moyens.

Commentaires: par exemple définition et spécifications du Dispositif d'Etanchéité-Drainage par Géosynthétiques.

**Schéma Directeur de la Qualité (S.D.Q.):** Document établi sur la base des plans d'assurance de la qualité par le maître d'oeuvre en concertation avec les entreprises titulaires du marché.

Commentaire: il définit l'ensemble des actions pour l'obtention de la qualité comme par exemple l'interaction entre l'entreprise de terrassement et l'entreprise réalisant l'étanchéité ou le traitement des anomalies.

**Schéma Organisationnel du Plan d'Assurance Qualité (SOPAQ):**

Schéma d'organisation prévisionnelle du plan d'assurance de la qualité établi par l'entreprise et joint au dossier de remise d'offre.

Commentaire: il permet de juger de l'aptitude de l'entreprise à l'obtention de la qualité requise.

## 5.2 ORGANISATION DES ACTIONS QUALITÉ

L'organisation pour l'obtention de la qualité dans l'aménagement d'un C.S.D. nécessite l'intervention des différents partenaires depuis la conception jusqu'à l'exploitation. Le tableau ci-après précise le rôle et les documents à produire par chacun des intervenants dans ce but.

S.D.Q. : Schéma Directeur de la Qualité  
 SOPAQ : Schéma Organisationnel du Plan Assurance Qualité  
 P.A.Q. : Plan Assurance Qualité

Intervenant	Maître d'ouvrage	Maître d'oeuvre	Entreprise
Phase	Exploitant		
Cahier des charges	Qualité d'usage (confinement de déchets dans un site donné avec collecte des lixiviats...) Définition des conditions d'exploitation		
Conception		Qualité requise ( constitution des D.E.D.G., spécifications, documents d'exécution...) Visa de contrôle	
Dossier de consultation des entreprises		Exigences minimales pour la qualité relative aux moyens et contrôles	
Offres			Réponses aux exigences de qualité ( SOPAQ )
Préparation chantier		Rédaction du S.D.Q. qui réunit les P.A.Q. des différents intervenants	Rédaction du P.A.Q. Définition des moyens mis en oeuvre pour l'obtention de la qualité requise .
Travaux	Réception	Suivi, contrôle extérieur Récolement Réception	Application du P.A.Q. Réception
Exploitation	Application du P.A.Q. pour l'exploitation		

## 5.3 CONTENU DU PLAN D'ASSURANCE QUALITÉ CHANTIER

Le présent paragraphe ne traite que du plan d'assurance qualité de l'entreprise adjudicataire du marché. Il doit contenir au minimum les informations suivantes :

- Identification et consistance des travaux
- Organisation de l'entreprise:
  - organigramme nominatif
  - description des fonctions du personnel
  - schéma décisionnel
  - organisation contrôle intérieur
- Moyens ( voir 5.4.1 ) :
  - qualification du personnel
  - qualité des matériaux mis en oeuvre
  - qualité des matériels d'exécution et de contrôle
- Exécution des travaux (voir 5.4.2)
  - méthodes de mise en oeuvre
  - description et fréquence des contrôles
  - documents de suivi
  - traitement des non conformités
- Réception des travaux
  - métrés contradictoires
  - procédures de réception
- Archivage des documents (voir 5.4.3)

## 5.4 ÉLÉMENTS RELATIFS AUX GÉOSYNTHÉTIQUES POUR LES DOCUMENTS QUALITÉ

Les tableaux ci-dessous sont des indications, à adapter en fonction du chantier, qui peuvent servir de base à la constitution du P.A.Q. par l'entreprise et du S.D.Q. par le maître d'oeuvre.

### 5.4.1 Actions générales avant installation des géosynthétiques

Le tableau ci-après propose une répartition des actions de base pour atteindre les objectifs d'une qualité minimale précédant la mise en place des géosynthétiques. Les symboles signifient que pour l'action considérée, l'intervention du service concerné est obligatoire ; ceci ne signifiant pas que cette dernière nécessite des visites systématiques.

- : recommandations de mise en oeuvre traitées dans le chapitre 4.2
- : recommandations pour les contrôles et réceptions traitées dans le chapitre 4.1

Actions	Entreprise			Maître d'oeuvre et/ou Contrôle extérieur
	Mise en oeuvre	Contrôle intérieur		
		Contrôle interne	Contrôle externe	
Accès	●	Visuel acceptation		
Conditions de stockage	●	Visuel acceptation		
Déchargement	●	■		
Mise à disposition des moyens				■
Réception produits		■	■	■
Réception support		■	■	■

### 5.4.2 Actions spécifiques à la mise en place d'un composant des D.E.D.G.

Le tableau ci-dessous propose une organisation des actions spécifiques minimales à la mise en place des géosynthétiques dans un C.S.D. pour atteindre les objectifs de qualité. Le sigle signifie que pour l'action considérée, l'intervention du service concerné est obligatoire ; ceci ne signifiant pas que cette dernière est permanente.

### 5.4.3 Documents écrits sur le contrôle de la qualité

- Fiche d'inspection des matériaux,
- Fiche d'inspection et d'acceptation du sol support,
- Fiche d'inspection de la couche support,
- Plan de calepinage,
- Fiche d'identification du matériel de contrôle,
- Fiche d'habilitation du personnel,
- Fiche de spécifications techniques des matériaux,
- Fiche des essais de réglage des appareils de soudure par fusion, par extrusion,
- Fiche des essais destructifs,
- Rapport journalier de contrôle de la qualité (qui est présent sur le chantier, quel équipement est utilisé, quantités installées, conditions atmosphériques, ...),
- Fiche de non conformité, de réparation (reporté sur le plan de récolement),
- Rapport final d'inspection,
- Rapport final des contrôles de qualité (remis au client).

## 5.5 CONTENU DU SCHÉMA DIRECTEUR DE LA QUALITÉ

Le schéma directeur de la qualité est constitué des éléments suivants:

- Plan d'assurance qualité de l'entreprise et de ses fournisseurs,
- Organisation du contrôle extérieur,
- Traitement des anomalies, des non conformités,
- Organisation des interfaces entre intervenants,
- Recensement des points critiques et des points d'arrêt,
- Qualité des produits.

● : recommandations de mise en oeuvre traitées dans le chapitre 4.2

■ : recommandations pour les contrôles et réceptions traitées dans le chapitre 4.1

Actions	Entreprise			Maître d'oeuvre et/ou Contrôle extérieur
	Mise en oeuvre	Contrôle intérieur		
		Contrôle interne	Contrôle externe	
Planche d'essai (éventuelle)	●	■	■	■
Approvisionnement	●	■		
Positionnement	●	■	■	
Assemblage (*)	●	■	■	■
Ancrage	●	■	■	■
Lestage	●	■		
Réception			■	■

(\*) comprend l'étalonnage du matériel et le contrôle des joints

# ANNEXES

## TABLEAUX D'ESSAIS DE CARACTERISATION DES GEOSYNTHETIQUES

### Essais d'identification sur géotextiles et produits apparentés

Nom de l'essai	Description de l'essai	Références	
		norme française	norme européenne
Détermination de l'épaisseur	Méthode pour déterminer l'épaisseur d'un Gtx et apparentés sous des pressions spécifiées, dont la pression nominale	NF G 38 012	NF G 38 107 (*) prEN 964 (*)
Détermination de la masse surfacique	Méthode pour déterminer la masse surfacique d'un Gtx et apparentés.	NF G 38 013	NF G 38 108 (*) prEN 965 (*)
Essai de traction	Méthode d'essai pour déterminer les propriétés en traction (résistance, déformation à la rupture, modules sécants) de Gtx et apparentés, en utilisant une bande large	NF G 38 014	NF G 38 115 (*)
Essai de traction sur les joints	Méthode pour déterminer les propriétés en tractions (résistance à la rupture) de joints, coutures ou soudures, en utilisant une bande large	-	NF G 38 116 (*) NF G 38 129 (*)
Essai de poinçonnement statique	Méthode pour déterminer la résistance au poinçonnement statique d'un Gtx et apparentés sous conditions de chargement statique	NF G 38 019	NF G 38 120 (*) prEN 776 (*)
Essai de perforation dynamique	Méthode pour déterminer la résistance à la perforation de Gtx et apparentés sous conditions de charges dynamiques	-	NF G 38 121 (*) prEN 958 (*)
Essai de fluage sous tension	Méthode pour déterminer le comportement au fluage sous tension à charge constante de Gtx et apparentés	-	NF G 38 125 (*)
Détermination de la souplesse	Méthode pour déterminer la résistance à la déformation de Gtx et apparentés sous conditions de contraintes normales	NF G 38 021 (*)	-
Perméabilité à l'eau normale au plan du Gtx sans contrainte (et permittivité)	Méthode pour déterminer la perméabilité hydraulique de Gtx et apparentés sous un écoulement d'eau normal au plan de l'échantillon sans contrainte. Pour des produits ouverts tels que géogrilles et géospaceurs, l'essai n'est pas forcément applicable	NF G 38 016	NF G 38 140 (*)
Capacité drainante dans le plan (et transmissivité)	Méthode pour déterminer la perméabilité hydraulique de Gtx et apparentés sous un écoulement d'eau dans le plan de l'échantillon sous différentes contraintes d'écrasement.	NF G 38 018	NF G 38 142 (*)
Ouverture de filtration	Méthode pour déterminer la porométrie caractéristique d'un Gtx et apparentés, et le diamètre caractéristique de la particule la plus grossière capable de passer au travers de l'échantillon	NF G 38 017	NF G 38 141 (*)
Echantillonnage	Méthode permettant de prélever des éprouvettes à des fins d'essais	NF G 38 011	NF G 38 106 (*) prEN 963 (*)
Résistance à la pénétration de l'eau	Méthode pour déterminer la résistance initiale d'un Gtx et apparentés sec à l'eau normalement à son plan. Pour des produits ouverts tels que géogrilles et géospaceurs, l'essai n'est pas forcément applicable	NF G 38 020	NF G 38 143 (*)
Résistance climatique	Méthode pour déterminer la résistance de Gtx et apparentés au vieillissement climatique afin de donner une estimation initiale et comparative de la durabilité à long terme	-	NF G 38 161 (*)
Résistance à la dégradation chimique	Méthode pour déterminer la résistance de Gtx et apparentés à certains produits chimiques afin de donner une estimation initiale et comparative de la durabilité à long terme à ces produits	-	NF G 38 162 (*) NF G 38 160 (*)
Résistance à la dégradation biologique	Méthode pour déterminer la résistance de Gtx et apparentés à la dégradation biologique afin de donner une estimation initiale et comparative de la durabilité à long terme	-	NF G 38 163 (*)

Nota : (\*) : en cours de rédaction au 1.1.95  
(\*\*) : à réaliser sur le système Gtx/Gmb

## Essais de performance sur géotextiles et produits apparentés

Nom de l'essai	Description de l'essai	Références	
		norme française	norme européenne
Simulation de l'endommagement à la mise en œuvre	Procédure de laboratoire reproduisant les effets du compactage d'agrégats minéraux sur les Gtx et apparentés. Les échantillons testés sont soumis par la suite aux essais d'identification.	-	NF G 38 123 (*)
Stabilité du filtre à long terme	Méthode pour déterminer la stabilité de filtre à long terme de Gtx et apparentés en contact avec le sol	-	A définir par le C.E.N. TC 189 WG 4 (*)
Propriétés de frottement (**)	Méthode pour déterminer les propriétés de frottement de Gtx et apparentés au moyen d'essais de cisaillement directs et de plan incliné. L'essai couvre toutes les combinaisons d'interface de Gtx et apparentés avec des matériaux synthétiques ou naturels	NF P 84 505 NF P 84 516	NF G 38 127 (*)
Essai de poinçonnement dynamique (**)	Méthode pour déterminer la résistance au poinçonnement de Gtx et apparentés en protection de géomembranes ou apparenté sous l'effet d'un choc	NF P 84 506	-
Essai de poinçonnement statique (**)	Méthode pour déterminer la résistance au poinçonnement de Gtx et apparentés en protection de géomembranes et apparentés sous des conditions de charge statiques	NF P 84 507	-
Essai de fluage sous tension dans le sol	Méthode pour déterminer le comportement au fluage sous tension à charge constante de Gtx et apparentés sous des charges compressives	-	A définir par le C.E.N. TC 189 WG 3 (*)
Essai de fluage sous compression	Méthode pour déterminer le comportement à la compression de Gtx et apparentés sous contraintes de compression normales constantes, en mesurant la variation d'épaisseur	-	NF G 38 126 (*)
Identification sur site	Procédure pour l'identification lors de la livraison de Gtx et apparentés sur le site	-	NF G 38 105 (*) prEN 30320 (*)

(\*) : En cours de rédaction au 1.1.95

(\*\*) : A réaliser sur le système Gtx/Gmb

## Essais de performance sur géomembranes et produits apparentés

Nom de l'essai	Description de l'essai	Références	
		norme française	norme européenne
Propriétés de frottement (**)(1)	Méthode pour déterminer les propriétés de frottement de Gmb et apparentés au moyen d'essais de cisaillement directs et de plan incliné. L'essai couvre toutes les combinaisons d'interface de Gmb et apparentés avec des matériaux synthétiques ou naturels	NF P 84 505 NF P 84 522	Tous les essais sont en cours d'étude au niveau européen
Propriétés d'ancrage (**)(1)	Méthode pour déterminer les propriétés d'ancrage d'une Gmb ou d'un D.E.G.	-	-
Essai de poinçonnement statique (**)(1)	Méthode pour déterminer la résistance au poinçonnement du D.E.G. sous des conditions de charges statiques	NF P 84 507	-
Essai de poinçonnement dynamique sur support rigide (**)(1)	Méthode pour déterminer la résistance au poinçonnement dynamique du D.E.G. sous des conditions de charges dynamiques	NF P 84 506	-
Essai de percement par granulats sur support rigide (**)(1)	Méthode pour déterminer la résistance à la perforation de Gmb et apparentés et de D.E.G. sous l'action d'un poinçonnement statique par granulats	NF P 84 510	-
Essai de résistance au poinçonnement hydraulique statique (**)	Méthode pour déterminer la résistance au poinçonnement hydraulique de Gmb et apparentés et de D.E.G.. L'essai n'est pas forcément applicable aux géocomposites bentonitiques.	essai non normalisé mais faisant l'objet d'une procédure d'essai d'un laboratoire	-
Simulation de dommages lors de la mise en œuvre (1)	Méthode pour simuler en laboratoire les effets de la mise en œuvre. Les échantillons endommagés sont testés par essais d'identification.	- non normalisé	-
Essai de fluage sous traction (1)	Méthode pour déterminer le comportement au fluage de Gmb et apparentés sous l'action d'un effort de traction constant	- non normalisé	-
Essai sur site des assemblages (1)	Méthodes d'essai sur site pour vérifier l'étanchéité des assemblages	- non normalisé	-
Guide (1)	Guide pour l'installation et le prélèvement d'échantillons de Gmb et apparentés et de D.E.G. dans le sol et sur le site	en partie dans NF P 84 504	-

(\*) : En cours de rédaction au 1.1.95

(\*\*) : A réaliser sur le système Gtx/Gmb

(1) : Essai pouvant s'appliquer sur les géocomposites bentonitiques, éventuellement avec quelques aménagements, bien que ces produits ne rentrent pas textuellement dans le domaine d'application de la norme. Les géocomposites bentonitiques devraient être caractérisés sous deux conditions : d'une part à sec, et d'autre part hydratés (à l'eau ou à un lixiviat selon le projet) sous confinement.

## Essais d'identification sur géomembranes et produits apparentés

Nom de l'essai	Description de l'essai	Références	
		norme française	norme européenne
Détermination de l'épaisseur (1)	Méthode pour déterminer l'épaisseur d'une Gmb et apparentés sous des pressions spécifiées, dont la pression nominale	NF P 84 512	Tous les essais sont en cours
Détermination de la masse surfacique (1)	Méthode pour déterminer la masse surfacique d'une Gmb et apparentés.	NF P 84 514	d'étude au niveau européen
Essai de traction	Méthode d'essai pour déterminer les propriétés en traction (résistance, déformation à la rupture, modules sécants) de Gmb et apparentés	NF P 84 501	-
Essai de traction sur les joints	Méthode pour déterminer les propriétés en traction (résistance à la rupture) des assemblages ou soudures. L'essai n'est pas forcément applicable aux géocomposites bentonitiques.	NF P 84 502	-
Essai de poinçonnement statique (1)	Méthode pour déterminer la résistance au poinçonnement statique de Gmb et apparentés et de D.E.G. sous conditions de chargement statique	NF P 84 507	-
Essai de poinçonnement dynamique sur support rigide (1)	Méthode pour déterminer la résistance au poinçonnement de Gmb et apparentés et de D.E.G. sous conditions de charges dynamiques sur support rigide.	NF P 84 506	-
Essai d'éclatométrie (1)	Méthode pour déterminer les caractéristiques de traction sous sollicitation biaxiale sur de grands diamètres d'ouverture	NF P 84 503 (*)	-
Essai de comportement dans l'eau	Méthode pour déterminer le vieillissement par perte de produit dans l'eau à court terme et long terme de Gmb et apparentés. L'essai n'est pas forcément applicable aux géocomposites bentonitiques.	NF P 84 509	-
Essai de perméabilité à l'eau	Méthode pour déterminer le flux d'eau traversant une Gmb et apparentés sous l'action d'un gradient de concentration ou d'un gradient de pression. L'essai n'est pas forcément applicable aux géocomposites bentonitiques.	NF P 84 515 (*)	-
Souplesse (1)	Méthode pour déterminer la souplesse des Gmb et apparentés	NF P 84 511.2 (*)	-
Planéité (1)	Méthode pour déterminer la planéité des Gmb et apparentés	NF P 84 513 (*)	-
Translucidité	Méthode pour déterminer la translucidité des Gmb et apparentés	NF P 84 508 (*)	-
Résistance climatique (1)	Méthode pour déterminer la résistance de Gmb et apparentés au vieillissement climatique afin de donner une estimation initiale et comparative de la durabilité à long terme	-	-
Résistance à la dégradation chimique (1)	Méthode pour déterminer la résistance de Gmb et apparentés à certains produits chimiques afin de donner une estimation initiale et comparative de la durabilité à long terme à ces produits	-	-
Résistance à la dégradation biologique (1)	Méthode pour déterminer la résistance de Gmb et apparentés à la dégradation biologique afin de donner une estimation initiale et comparative de la durabilité à long terme	-	-
Echantillonnage (1)	Méthode permettant de prélever des éprouvettes au laboratoire ou sur ouvrage à des fins d'essais	NF P 84 504	-
Essai Masse volumique	Méthode pour déterminer la masse volumique d'une Gmb de synthèse.	NF T 51-063 (méthode A)	-
Teneur en noir de carbone	Méthode pour déterminer la teneur en noir de carbone par pyrolyse pour les polyéthylènes	NF T 51 140 ASTM 1603	-
Pliage aux faibles températures	Méthode permettant de mesurer la température de fragilisation de la géomembrane	NF P 54-110	-
Identification sur site (1)	Procédure pour l'identification lors de la livraison de Gmb et apparentés sur le site	NF P 84 520	-

### Essais spécifiques aux géocomposites bentoniques

Minéralogie	Méthode pour déterminer la nature minéralogique de l'argile contenue dans le Gcp bentonitique (Diffraction sur poudre globale et poudre <2 µm orientée sur lame)		-
Composition chimique	Méthode pour déterminer le dosage des éléments suivants : SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , carbone total, carbone minéral de l'argile contenue dans le Gcp bentonitique.		-
Essai de gonflement	Méthode pour déterminer les propriétés de gonflement à l'eau et au lixiviats, et les propriétés d'absorption/désorption du Gcp bentonitique selon la teneur en eau	NF P 94-090-3 (*)	-
Essai de retrait	Méthode pour déterminer la limite de retrait et le retrait de l'argile du Gcp bentonitique selon la teneur en eau	NF P 94-060 (*) NF P 94-091 (*)	-
Capacité d'Echange Cationique (CEC)	Méthode pour déterminer la CEC et les cations échangeables de l'argile du Gcp bentonitique selon la teneur en eau	NF X 31-130	-
Limites d'atterberg	Méthode pour déterminer les limites de liquidité et de plasticité de l'argile du Gcp bentonitique selon la teneur en eau	NF P 94-051 NF P 94-052	-
Essai de perméabilité	Méthode pour déterminer la perméabilité du Gcp bentonitique, ainsi que des recouvrements	ASTM D 2434 ?	-
Essai de traction	Méthode d'essai pour déterminer les propriétés en traction (résistance, déformation à la rupture, modules sécants) des Gcp bentonitiques	Adaptation de NF G 38-014-	-
Résistance au cisaillement interne	Méthode pour déterminer la résistance au cisaillement interne du Gcp bentonitique	Référence méca sol ?	-
Résistance des assemblages	Méthode pour déterminer la résistance des recouvrements à la traction unidirectionnelle, par mesure du frottement du Gcp bentonitique sur lui-même	Adaptation de NF P 84 505	-
Sensibilité aux cycles de gel/dégel	Méthode pour déterminer la variation des caractéristiques du Gcp bentonitique à la suite de cycles de gel/dégel	Adaptation de NF P 98-234-2 (*)	-
Capacité d'autocicatrisation	Méthode pour déterminer l'aptitude du Gcp bentonitique à cicatriser un trou de poinçonnement	-	-

(\*) : En cours de rédaction au 1.1.95

(\*\*) : A réaliser sur le système Gtx/Gmb

(1) : Essai pouvant s'appliquer sur les géocomposites bentonitiques, éventuellement avec quelques aménagements, bien que ces produits ne rentrent pas textuellement dans le domaine d'application de la norme. Les géocomposites bentonitiques devraient être caractérisés sous deux conditions : d'une part à sec, et d'autre part hydratés (à l'eau ou à un lixiviat selon le projet) sous confinement.

## EXEMPLES DE CALCUL DE FACTEURS DE SÉCURITÉ À APPLIQUER SUR LES CARACTÉRISTIQUES DE DIMENSIONNEMENT DES D.E.D.G.

La valeur obtenue lors du dimensionnement d'une caractéristique d'un composant géosynthétique (valeur calculée) doit être affectée d'un **facteur de sécurité global FSg** permettant d'obtenir la valeur limite à spécifier dans le C.C.T.P. pour cette caractéristique :

$$\text{Valeur limite à spécifier} = \text{FSg} \times \text{Valeur calculée}$$

Ce facteur de sécurité global prend en compte toute une série d'incertitudes accumulées tout au long du dimensionnement. Il peut ainsi se décomposer en un produit de **facteurs de sécurité partiels**.

$$\text{FSg} = \text{FS}_{\text{calcul}} \times \text{FS}_{\text{mat}} \times \text{FS}_{\text{inst}} \times \text{FS}_{\text{vieil}} \times \text{FS}_{\text{fonct}} \times \text{FS}_{\text{ouvr}}$$

Chacun de ces facteurs de sécurité partiels prend en compte séparément les incertitudes liées :

a) à la méthode de calcul utilisée et à ses hypothèses :  $\text{FS}_{\text{calcul}}$

b) aux caractéristiques des matériaux :  $\text{FS}_{\text{mat}}$

○ matériaux granulaires et déchets :  $\text{FS}_{\text{mat}} = \text{FS}_{\text{granul}}$

○ géosynthétiques :  $\text{FS}_{\text{mat}} = \text{FS}_{\text{geosth}}$

Ce coefficient peut se décomposer lui-même en :  $\text{FS}_{\text{geosth}} = \text{FS}_{\text{essai}} \times \text{FS}_{\text{unif}}$

○  $\text{FS}_{\text{essai}}$  : écart entre les valeurs mesurées lors d'un essai de laboratoire et les caractéristiques des matériaux en conditions réelles

○  $\text{FS}_{\text{unif}}$  : uniformité et variabilité spatiale des caractéristiques sur le produit

c) aux conditions spécifiques de mise en oeuvre et d'installation des matériaux (dégradation, endommagement) :  $\text{FS}_{\text{inst}}$

d) à l'impact du vieillissement du produit sur la caractéristique :  $\text{FS}_{\text{vieil}}$

Ce coefficient peut se décomposer lui-même en :  $\text{FS}_{\text{vieil}} = \text{FS}_{\text{flu}} \times \text{FS}_{\text{bio}} \times \text{FS}_{\text{chim}}$

○  $\text{FS}_{\text{flu}}$  : incertitudes liées à la validité et à la précision de la loi d'extrapolation des données de résistance à la traction obtenues à partir des essais de fluage.

○  $\text{FS}_{\text{bio}}$  : modification des caractéristiques liées à l'environnement biologique (attaque ou colmatage)

○  $\text{FS}_{\text{chim}}$  : modification des caractéristiques liées à l'environnement chimique (attaque ou colmatage)

e) à l'importance de cette fonction au sein des D.E.D.G. :  $\text{FS}_{\text{fonct}}$

f) à l'importance et à la durée de vie de l'ouvrage :  $\text{FS}_{\text{ouvr}}$

**Les tableaux suivants donnent des exemples de facteurs de sécurité partiels. Ceux-ci doivent être ajustés au cas par cas selon le niveau d'incertitude :**

### 1 Méthode de calcul : $\text{FS}_{\text{calcul}}$

Méthode de calcul	Référence	$\text{FS}_{\text{calcul}}$
Capacité drainante par une méthode type écoulement en milieu poreux	Méthode de Dupuit	1,2
Capacité drainante par restitution intégrale de l'eau infiltrée	[1]	1
Filtration par critère du CFGG pour des sols	NF G 38 061	1
Filtration par critère du CFGG pour des déchets	NF G 38 061	1,2
Stabilité interne et externe - Renforcement par géotextiles	NF G 38 064	1,125
Stabilité sur pente en état limite de glissement	[1]	1,05

### 2.1 Caractéristiques des matériaux granulaires et déchets : $\text{FS}_{\text{granul}}$

Caractéristique	$\text{FS}_{\text{granul}}$
Poids volumique du sol	1,35
Poids volumique du déchet	1,5
Tangente de l'angle de frottement du sol	1,25
Tangente de l'angle de frottement du déchet	1,5 à 3
Cohésion du sol ( $c'$ )	1,6

## 2.2 Caractéristiques des géosynthétiques: FS<sub>geosth</sub>

○ Essai de caractérisation : FS<sub>essai</sub>

Type d'essai sur géosynthétique	FS <sub>essai</sub>
<b>Essais d'identification</b>	
Épaisseur	1
<b>Essais mécaniques</b>	
Résistance en traction	1
Eclatométrie	1,05
Perforation dynamique	1,05
Poinçonnement statique géotextile seul	1
Poinçonnement statique géomembrane ou D.E.G.	1,05
Poinçonnement dynamique	1,1
Poinçonnement hydraulique	1,3
Frottement	1,2
Résistance à l'ancrage	1,2
Fluage sous compression	1,05
Fluage sous traction	1,05
Fluage sous éclatométrie	1,05
Souplesse	1,05
Traction dans le sol	1,3
Fluage dans le sol	1,3
Résistance au poinçonnement à long terme	1,3
<b>Essais hydrauliques</b>	
Permittivité	1
Capacité drainante dans le plan (transmissivité)	1
Drainage à long terme	2
Ouverture de filtration	1
Perméabilité géomembrane	2
Stabilité du filtre à long terme	2
<b>Essais de vieillissement</b>	
Résistance à la dégradation chimique	1,5
Résistance à la dégradation biologique	1,5
Résistance climatique	1,5
Oxydation thermique	1,5

○ Uniformité et variabilité spatiale : FS<sub>unif</sub>

$$FS_{unif} = 1 + \beta \cdot PRV_x$$

avec PRV<sub>x</sub> : plage relative de variation à x% de la caractéristique autour de sa moyenne et  $\beta$  un coefficient de pondération tenant compte de l'intervalle de confiance sur l'écart-type lié au nombre d'éprouvettes utilisées pour le déterminer :

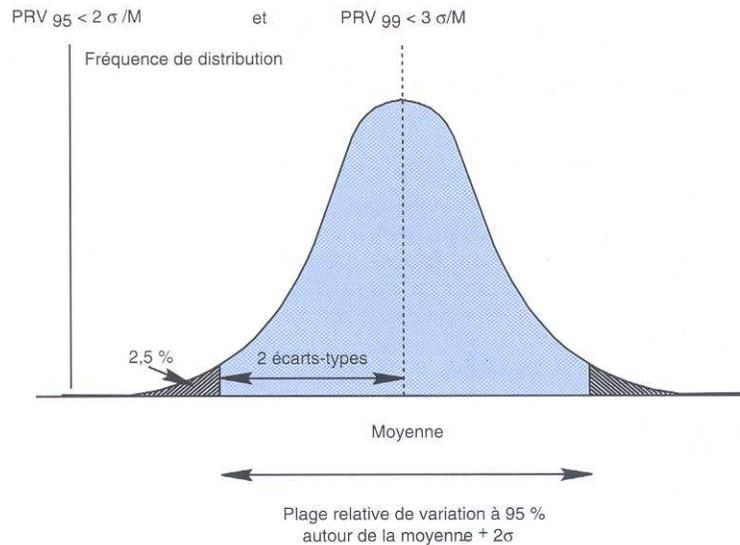
$\beta = 1$  pour un produit certifié (grand nombre d'essais : >30)

$\beta > 1$  pour un produit non certifié (variable selon le nombre d'éprouvettes testées)

Nombre d'éprouvettes testées pour la détermination de la caractéristique moyenne	Valeur de $\beta$	
	PRV <sub>95</sub>	PRV <sub>99</sub>
< 5	4,1	5,2
< 10	2,4	2,5
< 15	1,9	1,9
< 20	1,6	1,6
< 25	1,4	1,4
< 30	1,2	1,2

En supposant que la fréquence de distribution d'une caractéristique suive une loi de Gauss, centrée sur sa moyenne "M" avec un écart-type " $\sigma$ " on obtient :

Distribution gaussienne des résultats d'essai autour de la moyenne



Le PRV95 peut être utilisé dans la plupart des cas, le PRV99 étant réservé aux caractéristiques intervenant dans des fonctions critiques pour l'ouvrage, et nécessitant une sécurité accrue.

Notons que la certification ASQUAL des géotextiles impose les valeurs suivantes :

Caractéristique du géotextile certifié	PRV <sub>95</sub>	PRV <sub>99</sub>
Épaisseur	0,2	0,3
Masse surfacique	0,1	0,15
Résistance en traction	0,1	0,15
Déformation à l'effort maxi.	0,2	0,3
Résistance à la déchirure	0,3	0,45
Résistance au poinçonnement	0,3	0,45
Ouverture de filtration	0,3	0,45
Permittivité	0,3	0,45
Capacité drainante (Transm.)	0,05 sur log <sub>10</sub> T	0,075 sur log <sub>10</sub> T

Le PRV95 des géosynthétiques non certifiés sera calculé sur la base de la caractéristique moyenne et de l'écart type de cette caractéristique, mesurés en cours de contrôle qualité production sur un nombre d'échantillons statistiquement suffisant et représentatif de l'ensemble d'une production (par exemple, à partir des résultats de contrôle qualité en cours de production). Si ce n'est pas le cas, appliquer le coefficient de pondération  $\beta$ .

### 3 Conditions d'installation et de mise en oeuvre : $FS_{inst}$

(à appliquer uniquement sur les caractéristiques fonctionnelles)

- Mise en oeuvre non agressive (ex : contact de sable) :  $FS_{inst} = 1,1$
- Mise en oeuvre agressive (ex : concassés ou absence de données) :  $FS_{inst} = 1,5$

### 4 Vieillessement : $FS_{vieil}$

(à appliquer uniquement sur les caractéristiques fonctionnelles)

- Environnement chimiquement agressif :  $FS_{chim} = 1,0$  à  $1,5$  (selon la compatibilité du produit ou du polymère avec l'environnement)
- Environnement biologiquement agressif ou colmatant :  $FS_{bio} = 1,0$  à  $1,3$  (selon la compatibilité du produit ou du polymère avec l'environnement)
- Fluage en traction :  $FS_{flu}$ 
  - \* polyester :  $FS_{flu} = 1,5$
  - \* polypropylène :  $FS_{flu} = 3$

### 5 Importance de la fonction pour la pérennité de l'ouvrage : $FS_{fonct}$

(à appliquer uniquement sur les caractéristiques fonctionnelles)

- Fonction importante :  $FS_{fonct} = 1,1$
- Fonction critique :  $FS_{fonct} = 1,5$

### 6 Importance et durée de vie de l'ouvrage : $FS_{ouvr} = 1,3$

dans le cas des C.S.D. prévus pour le long terme (à appliquer uniquement sur les caractéristiques fonctionnelles)

En l'absence d'information sur les facteurs de sécurité partiels, il est toutefois possible d'utiliser des facteurs de sécurité globaux. Cependant, ces facteurs de sécurité globaux ont été établis dans des conditions et avec des hypothèses bien précises. Par conséquent, ils doivent être utilisés avec prudence. Il est possible de pondérer ces coefficients en utilisant les facteurs de sécurité partiels précédents pour prendre en compte les écarts avec les hypothèses.

A titre d'exemple, les tableaux suivant indiquent les coefficients de sécurité globaux usuels appliqués sur les géotextiles et produits apparentés pour les fonctions de drainage et de renforcement, dans le cas d'ouvrages en terre (drainage d'eau et renforcement de sol) :

#### Drainage (inspiré de la norme NF G 38 061)

Facteurs de sécurité globaux à appliquer sur les capacités drainantes :

$Q$  limite à spécifier =  $FS_g \times Q$  calculé (cf tableau 1 ci-dessous)

Ces coefficients de sécurité ont été établis pour le cas particulier du drainage d'eau dans des sols. Il est possible de s'en inspirer pour le dimensionnement d'un drainage de liquide non organique. Dans le cas de drainage de lixiviats organiques, aucun élément ne permet de s'engager actuellement sur des coefficients adaptés.

A noter également que les coefficients de sécurité partiels  $FS_{fonct}$  et  $FS_{ouvr}$  dans le cas du drainage d'un barrage sont très élevés, ce qui explique l'importance des coefficients de sécurité globaux ci-dessus.

#### Renforcement (projet du BNSR du 5/11/91)<sup>1</sup>

Facteurs de sécurité globaux à appliquer sur la résistance à la traction des Gtx et apparentés :

$\alpha$  limite à spécifier =  $FS_g \times \alpha$  calculé (cf tableau 2 ci-dessous)

Ces coefficients de sécurité ont été établis pour le cas particulier du renforcement de sols.

Dans le cas du renforcement de déchets, aucun élément ne permet de s'engager actuellement sur des coefficients adaptés.

Il n'existe actuellement pas de normes proposant des facteurs de sécurité globaux pour les autres fonctions : protection, filtration, étanchéité.

Note : un facteur de sécurité est toujours supérieur ou égal à 1.

<sup>1</sup>Une réflexion est actuellement en cours au sein du B.N.S.R. sur ces coefficients dans l'objectif de rédaction d'une norme.

Tableau 1

Type d'ouvrage	Géotextile		Géocomposite de drainage	
	Ouvrages sensibles	Ouvrages courants	Ouvrages sensibles	Ouvrages courants
Barrages en remblai Drain vertical et tapis drainant horizontal	N.R.	N.R.	100	10
Ouvrages de drainage autres que dans des barrages en remblai	100	30	10	3

NR : situation non recommandée

Tableau 2

Polymère	Polyester		Polypropylène Polyéthylène	
	peu agressive	agressive	peu agressive	agressive
Mise en oeuvre	peu agressive	agressive	peu agressive	agressive
Coefficient de sécurité	3,3	4,5	6,6	9

### Exemple d'utilisation:

- Dispositif : Etanchéité
- Structure : Protection
- Composant : Géotextile
- Caractéristique : Résistance au poinçonnement statique

Les coefficients de sécurité partiels à appliquer sur cette caractéristique peuvent être les suivants :

$$FS_g = FS_{calc} \times FS_{mat} \times FS_{inst} \times FS_{vieil} \times FS_{fonct} \times FS_{ouvr}$$

■ hypothèses et méthode de calcul utilisées : néant

$$FS_{calc} = 1$$

■ caractéristiques des matériaux :

$$FS_{mat} = FS_{geosth} = FS_{essai} \times FS_{unif} = 1,05 \times 1,3$$

(On suppose le géotextile certifié :  $\beta = 1$ )

■ conditions spécifiques de mise en oeuvre et d'installation :

$$FS_{inst} = 1,5$$

(Mise en place de concassés)

■ impact du vieillissement du produit sur la caractéristique :

$$FS_{vieil} = FS_{flu} \times FS_{bio} \times FS_{chim} = 1 \times 1 \times 1,05$$

(Le fluage et l'activité bactérienne (colmatage) n'ont pas d'influence sur cette fonction. On suppose le géotextile 100% polypropylène ou polyéthylène donc très résistant chimiquement)

■ importance de cette fonction au sein des D.E.D.G. :

$$FS_{fonct} = 1,2$$

importance et durée de vie de l'ouvrage :

$$FS_{ouvr} = 1,3$$

$$D'où FS_g = 3,35$$

## REFERENCES

[1] Geotechnics of landfill. Design and Remedial Works. Technical recommendations - GLR, (1993). 2d éditions. Edité par la Société Géotechnique Allemande pour la Société Internationale de Mécanique des Sols et de Travaux de Fondations ( ISSMFE ).Berlin, Ernst & Sohn, 172 p.

[2] Vade - mecum pour la réalisation des systèmes d'étanchéité - drainage artificiels pour les sites d'enfouissement techniques en Wallonie, (1992). A.Monjoie, J.M.Rigo, Cl.Polo - Chiapolini. Université de Liège, Institut de Génie Civil, 246 p.

[3] Recommandations générales pour la réalisation d'étanchéités par géomembranes, (1991). Fascicule n° 10 édité par le C.F.G.G., 47 p.

[4] Koerner R.M.,Daniel D.E. (1992).Better cover - ups. Civil Engineering, May 1992, pp.55 -57.

[5] CEN - Comité Européen de Normalisation. Eurocode 7; Geotechnical design, General rules. Document de travail du Comité Technique CEN/TC 250.

[6] Guide technique; Réalisation des remblais et des couches de forme. SETRA. L.C.P.C. Septembre 1992.

# SOMMAIRE DU FASCICULE

1

<b>OBJET DU FASCICULE .....</b>	<b>p 4</b>
1.1 - SPÉCIFICITÉ DES CENTRES DE STOCKAGE DE DÉCHETS .....	p 5
1.2 - PLACE PRIVILÉGIÉE DES DISPOSITIFS D'ÉTANCHÉITÉ ET DRAINAGE PAR GÉOSYNTHÉTIQUES (D.E.D.G.).....	p 5
1.3 - MATERIAUX, OBJET DES RECOMMANDATIONS DU PRÉSENT FASCICULE .....	p 6
1.4 - PLACE DES GEOSYNTHETIQUES DANS LE PROCESSUS DE RÉALISATION D'UN C.S.D.....	p 6
1.5 - ROLE DES INTERVENANTS DANS LA RÉALISATION DES MARCHÉS .....	p 7

2

<b>FONCTIONS ET MATERIAUX.....</b>	<b>p 8</b>
2.1 - GÉNÉRALITÉS .....	p 8
2.2 - FONCTIONS ASSURÉES PAR LES COMPOSANTS DES DIFFÉRENTES STRUCTURES .....	p 8
2.3 - COMPOSANTS .....	p 10
2.3.1 - Définitions.....	p 10
2.3.2 - Symboles.....	p 10
2.3.3 - Exemples de fonctions des composants .....	p 11

3

<b>CONCEPTION .....</b>	<b>p 12</b>
3.1 - GÉNÉRALITÉS SUR LA CONCEPTION D'UN CENTRE DE STOCKAGE DE DÉCHETS .....	p 12
3.2 - DÉMARCHE GÉNÉRALE POUR LA CONCEPTION DES D.E.D.G. ....	p 13
3.2.1 - Introduction.....	p 13
3.2.2 - Démarche générale de conception.....	p 14
3.3 - CHOIX ET CONCEPTION DU DISPOSITIF D'ÉTANCHÉITÉ PAR GÉOSYNTHÉTIQUES (D.E.G.) .....	p 15
3.3.1 - Structure d'étanchéité.....	p 15
a) Exemples de structures	
b) Critères de choix	
c) Fonctions des composants	
3.3.2 - Structure support.....	p 18
a) Exemples de structures	
b) Critères de choix	
c) Fonctions des composants	
3.3.3 - Structure de protection .....	p 19
a) Exemples de structures	
b) Critères de choix	
c) Fonctions des composants	
3.4 - CHOIX ET CONCEPTION DU DISPOSITIF DE DRAINAGE PAR GÉOSYNTHÉTIQUES (D.D.G.) ...	p 20
3.4.1 - Structure de drainage.....	p 20
a) Exemples de structures	
b) Critères de choix	
c) Fonctions des composants	
3.4.2 - Structure support.....	p 21
a) Exemples de structures	
b) Critères de choix	
c) Fonctions des composants	
3.4.3 - Structure de protection .....	p 21
3.5 - PRINCIPES GÉNÉRAUX DE DIMENSIONNEMENT DES GÉOSYNTHÉTIQUES .....	p 22
3.5.1 - Essais de caractérisation des géosynthétiques.....	p 22