



Journée technique CFMS-CFG
« Les Géosynthétiques et leurs applications »

**Guide d'utilisation des normes de
dimensionnement dans la conception des
ouvrages avec géosynthétiques : géotextiles et
produits apparentés**

Alain HÉRAULT (Bonar)
Philippe DELMAS (CNAM)



Destinataires du guide

- Ce guide devra constituer pour les ingénieurs de la construction une **porte d'entrée** dans le monde merveilleux des géosynthétiques
- Il s'adresse à ce large panel d'utilisateurs
 - non spécialistes des géosynthétiques,
 - peu familiers de la terminologie qui leur est associée,
 - confrontés à l'occasion d'un projet à un grand choix de produits géosynthétiques, parfois très techniques, et un corpus normatif spécifique dont ils ne connaissent pas toujours l'existence.



Objectifs du guide

- Il sera un **outil didactique** permettant à chacun d'avoir un aperçu des règles de dimensionnement normalisées applicables à son ouvrage
- Il montrera l'importance d'une bonne connaissance des mécanismes et des règles pour la rédaction des documents de marché,
- Il précisera également **l'apport et l'impact** des donneurs d'ordre dans la conception des ouvrages.



Notre responsabilité dans l'acte de construire

- Le **Maître d'ouvrage** a de vraies responsabilités, il prend un assistant si nécessaire (AMO≠Maître d'œuvre): il **doit dire ce qu'il veut et ce qu'il sait**.
- L'article 6 du code des marchés publics stipule que les spécifications techniques doivent être définies :
 - soit en référence à des **normes** ou à d'autres documents équivalents,
 - soit en terme de **performances** ou **d'exigences fonctionnelles**.
- Les pièces du marché font le contrat, le Maître d'ouvrage **choisit ou pas de s'appuyer sur des normes**, mais dans ce cas il se doit d'être précis.



Notre responsabilité dans l'acte de construire

- Le catalogue AFNOR constitue à un instant « t » le référentiel normatif, la liste des normes relatives à la conception seront en annexe du guide
- Les normes sont d'application volontaire et les marchés doivent y faire référence pour qu'elles soient contractuelles

SAUF exceptions : les normes liées à la résistance au feu et au séisme, elles s'appliquent même si il n'y est pas fait référence dans le marché.

- Les intervenants sont condamnables, même si on ne peut prouver leur faute quand ils ont observé l'état des connaissances au moment de la conception et de l'exécution ou même appliqué les normes en vigueur (obligation de résultat).



Analyse préalable des risques

- L'approche Eurocodes prévoit une analyse préalable des risques
 - aléas potentiels
 - la fiabilité recherchée compte-tenu **des conséquences d' une ruine éventuelle de la structure.**
- 3 classes de conséquences figurent dans les Eurocodes

	Conséquences en termes sociaux, économiques ou d'environnement...	
Classe de conséquences	...sur les personnes	...sur les ouvrages à construire ou les constructions avoisinantes
CC1 (conséquences faibles)	faibles ou négligeables	faibles ou négligeables
CC2 (conséquences moyennes)	modérées	importantes
CC3 (conséquences élevées)	importantes	très importantes

Analyse préalable des risques

- Ces conséquences doivent être examinées par la maîtrise d'ouvrage en termes humains, socio-économiques et d'impact environnemental



Soutènement de grande hauteur en sol renforcé par géosynthétiques, avec constructions adjacentes et desservant une zone touristique



Stabilisation & renforcement d'une couche de sol mince sur talus de petite hauteur

Définition préalable des exigences

- De ce choix de classe de conséquences dépendent :
 - les bases des justifications selon les conditions de site (catégorie géotechnique), voire le nombre de justifications

Classe de conséquences	Conditions de site	Catégorie géotechnique	Bases des justifications
CC1	Simple et connues	1	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises
CC1	Complexes	2	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires
CC2	Simple ou complexes		
CC3	importantes	3	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis

- les niveaux de supervision et de contrôle du projet (NF G 38 060), à *nuancer en fonction du rôle plus ou moins critique du géosynthétique dans la stabilité de l'ouvrage*

Définition préalable des exigences

- En terme de durée d'utilisation
 - en dépend le facteur de réduction à considérer dans le dimensionnement pour intégrer le vieillissement du géosynthétique
 - à ne pas confondre avec la durée de chargement du géosynthétique qui peut être beaucoup plus courte (remblai sur zone présentant un risque de cavités) et qui doit être spécifiée le cas échéant
- En terme de situation de projet
 - Situations permanentes ou transitoires : charges d'exploitation, débits d'exhaure, intensité de pluie, niveau de nappe, surcharge neige de référence...
 - Situations exceptionnelles (périodes de retour supérieures) ou accidentelles
 - Accélération max. de référence et coefficient d'importance (séisme)



Propriétés essentielles à un dimensionnement

- Contexte géotechnique
 - Caractéristiques géotechniques des sols en place et d'apport éventuel
 - ⇒ Définition des types de produits, polymères, performances, conditions de mise en œuvre
 - Vitesse de propagation des ondes dans le sol support (calcul au séisme)
- Contexte géosynthétique (caractéristiques d'interfaces)
 - Nature et type de géomembrane
 - ⇒ Calcul des résistances en cisaillement et efforts de traction induits
 - Nature des interfaces au niveau du dispositif de drainage
 - ⇒ Incidence sur les performances hydrauliques de l'âme drainante

Performances pertinentes à spécifier

- Résistances de dimensionnement à long terme

Chaque producteur calcule ensuite la valeur caractéristique requise en affectant à son produit (et en justifiant) les facteurs de réduction qui lui sont propres compte-tenu des conditions d'utilisation sur le projet considéré.

Distinguer les valeurs caractéristiques $R_{t;k}$ des valeurs nominales annoncées par le producteur (VNAP)

- Les équivalences souhaitées le cas échéant

Cas notamment des dispositifs de drainage, les géosynthétiques pouvant se substituer à une couche en matériaux granulaires :

- épaisseur de la couche
- coef. de perméabilité du matériau drainant



Composition du guide

- **un fascicule 0** introductif à tous les autres fascicules :
 - Terminologie/définitions usuelles (fonctions, familles de produits, propriétés) précisant les fonctions qui peuvent être associées à chaque famille de produit.
 - Liste exhaustive des caractéristiques pertinentes à spécifier et dimensionner, à partir de la fonction choisie dans une application donnée
 - Tableau récapitulatif des facteurs partiels utilisés dans les normes renforcement par géosynthétiques
- **des fascicules spécifiques** à chaque famille d'ouvrages
 - A travers des exemples concrets d'ouvrages courants : aperçu des performances usuelles des géosynthétiques.
(ni grille de prédimensionnement, ni catalogue de valeurs par défaut)



Composition du guide

Familles d'ouvrages	Type d'ouvrage ou partie d'ouvrage	Normes
Fascicule Installations de stockage de déchets (ISD)	Fond et flancs d'alvéole Couverture d'alvéole – Dôme & talus	NF G 38061, NF G 38067, guide poinçonnement
Infrastructures routières ou ferroviaires (3 fascicules)	Fascicule Remblai sur sols médiocres : Consolidation (PVD) Renforcement de base de remblai Base drainante Sols karstiques ou à inclusions rigides Fascicule Remblai en sol renforcé : Talus renforcés Murs de soutènement et culées de pont Fascicule Tranchées et masques drainants	NF EN 15237 Annexe B NF G 38063 NF G 38061 NF G 38063 NF G 38064 NF P 94270 NF G 38061
Fascicule Ouvrages hydrauliques	Bassins pour eaux de ruissellement Retenues d'altitude & digues	NF G 38061, NF G 38067 NF G 38064, guide poinçonnement
Fascicule Ouvrages de génie civil & bâtiment	Drainage de culées de ponts et soutènements Drainage de toiture et fondation	NF G 38061
Fascicule Dispositifs de protection contre l'érosion	Berges de rivières & canaux	NF G 38061 Guide érosion, Rock manuel (Cetmef)

Fonctions pertinentes/application

Norme harmonisée	Application	Filtration	Séparation	Renforcement	Drainage	Protection
NF EN 13249	Routes et autres zones de circulation	x	x	x		
NF EN 13250	Voies ferrées	x	x	x		
NF EN 13251	Travaux de terrassement, les fondations et les structures de soutènement	x	x	x		
NF EN 13252	Systèmes de drainage	x	x		x	
NF EN 13253	Ouvrages de lutte contre l'érosion (protection côtière et revêtement de berge)	x	x	x		
NF EN 13254	Réservoirs et barrages	x	x	x		x
NF EN 13255	Canaux	x	x	x		x
NF EN 13256	Tunnels et structures souterraines					x
NF EN 13257	Ouvrages d'enfouissement des déchets solides	x	x	x		x
NF EN 13265	Projets de confinements liquides	x		x		x

Caractéristiques pertinentes/fonction

Filtration	Séparation	Renforcement	Drainage	Protection	Caractéristique	Norme d'essai
A	A	A	A	A	Résistance à la traction	NF EN ISO 10319
A	A	A	A	A	Allongement sous charge maximale	NF EN ISO 10319
-	-	S	-	-	Raideur à 2 %, 5 % et 10 %	NF EN ISO 10319
-	-	-	S	-	Résistance à la compression	NF EN ISO 25619 2
S	S	S	S	S	Résistance à la traction des soudures et joints	NF EN ISO 10321
-	-	-	S	-	Résistance des liaisons de structures internes	NF EN ISO 13426 2
S/A ⁽¹⁾	A	A	-	-	Poinçonnement statique (essai CBR)	NF EN ISO 12236
A	A	A	-	A	Résistance à la perforation dynamique (chute de cône)	NF EN 918
S	S	S	S	S	Caractéristiques en frottement (méthode du cisaillement direct)	NF EN ISO 12957 1 & 2
S	S	S	-	-	Abrasion ⁽¹⁾	NF EN ISO 13427
-	-	S	-	-	Fluage en traction	NF EN ISO 13431
-	-	-	S	-	Fluage en compression	NF EN ISO 25619-1

Filtration	Séparation	Renforcement	Drainage	Protection	Caractéristique	Norme d'essai
S	S	S	S	S	Endommagement à la mise en œuvre	NF EN ISO 10722
-	-	-	-	A ⁽³⁾ A/S ⁽⁴⁾	Caractéristiques de protection	NF EN 13719 NF EN 14574
A	A	-	-	-	Ouverture de filtration caractéristique	NF EN ISO 12956
A	A	S	-	-	Perméabilité perpendiculairement au plan	NF EN ISO 11058
-	-	-	A	-	Détermination de la capacité de débit dans le plan (mousse/mousse)	NF EN ISO 12958
-	-	-	S	-	Détermination de la capacité de débit dans le plan (rigide/mousse, ou rigide/rigide)	NF EN ISO 12958
A	A	A	A	A	Durabilité (suivant annexe B des normes d'application)	

A : s'applique à toutes les conditions d'utilisation
S : s'applique à des conditions spécifiques d'utilisation.

Exemple de démarche

Objet de la conception : Géotextile de protection dans un réservoir

Application : réservoir

Fonction recherchée : protection

Réservoir → norme d'application NF EN 13254 (tableau 3.1)

Fonction protection (tableau 3.2) → caractéristiques de dimensionnement à prescrire/dimensionner dans tous les cas :

- Résistance à la traction
- Allongement sous charge maximale
- Poinçonnement statique
- Résistance à la perforation dynamique (chute de cône)
- Caractéristiques de protection
- Caractéristiques de durabilité



Exemple de démarche

Objet de la conception : Géotextile de protection dans un réservoir (suite)

et si les lés de géotextile doivent être liaisonnés :

- Résistance à la traction des soudures et joints

et/ou si le géotextile est impliqué dans la stabilité de l'ouvrage par son frottement sur le sol ou sur d'autres géosynthétiques et si le frottement sol-géotextile ne peut pas être évalué sur la base de données existantes :

- Caractéristiques en frottement (méthode du cisaillement direct) sur le sol du projet

et/ou si l'endommagement à la mise en œuvre ne peut pas être évalué sur la base de données existantes

- Endommagement à la mise en œuvre.



Conclusion

Nous espérons ainsi :

- une meilleure diffusion et prise en compte des bonnes règles de dimensionnement existantes
- sensibiliser les donneurs d'ordre sur l'importance de certains de leurs choix
- une conception plus fidèle aux besoins réels aboutissant au final à un ouvrage de qualité, au juste prix
- réduire les aléas entre la conception, la constitution des documents de marché, et la réalisation de l'ouvrage





Merci de votre attention

