

GUIDE D'UTILISATION DES NORMES DE CONCEPTION POUR L'EMPLOI DES GÉOSYNTHÉTIQUES EN INSTALLATION DE STOCKAGE DE DÉCHETS

USER GUIDE OF DESIGN STANDARDS FOR GEOSYNTHETICS IN LANDFILLS APPLICATIONS

Alain HÉRAULT¹, Philippe DELMAS²

1 Low & Bonar, France

2 Président de la commission française de normalisation « Géosynthétiques »

RÉSUMÉ – Plusieurs applications de géotextiles et produits apparentés en Installations de Stockage de Déchets sont couvertes par des normes ou des règles de conception, notamment pour les fonctions de drainage, de filtration ou de renforcement. Le Comité Français des Géosynthétiques vient de publier un guide décrivant ces applications en fond, en flancs et en couverture de casier, et définissant les exigences pertinentes conformément aux règles européennes. Les paramètres de conception sont également détaillés pour aider le concepteur à prescrire des valeurs de calcul plutôt que des performances à court terme. Ce guide indique enfin les justifications requises pour aider les donneurs d'ordres dans leur tâche d'évaluation des produits soumis à leur approbation.

Mots-clés : géosynthétiques, dimensionnement, prescription, justification, fonctions.

ABSTRACT – Several applications of geotextiles and geotextile-related products in landfills are covered by design standards or rules, particularly for drainage, filtration and reinforcement functions. The French IGS chapter just published a user guide which describes these applications on the base, on side slopes and on capping of a cell, and defines relevant requirements in accordance with the European rules. Design parameters are detailed as well to help the designer to specify design values instead of short-term performances. Then, this guide provides required justifications to help end-users in their task of evaluating products that are submitted to them for agreement.

Keywords: geosynthetics, design, specifications, justification, functions

1. Introduction

Les géosynthétiques sont des produits de construction intégrant un large éventail d'applications dans de nombreux types d'ouvrages. Ils sont donc utilisés par un très grand nombre de concepteurs et de maîtres d'œuvre qui, en tant que généralistes, ne peuvent pas être des experts en géosynthétiques. Ces utilisateurs ont donc besoin d'aide, en particulier dans le cas d'applications très techniques, parfois dans le cadre de projets sensibles pour la sécurité des personnes ou la protection de l'environnement. De plus, une large gamme de produits parfois très différents par leur structure, mais pouvant assurer les mêmes fonctions, est proposée sur le marché des géosynthétiques.

Lorsque les concepteurs sont confrontés à des matériaux de construction de type nouveau ou innovant comme les géosynthétiques, un manque de connaissances les conduit à être plus ou moins réservés sur l'utilisation de solutions alternatives ou de produits qui ne répondent pas à 100% à la prescription initiale. Dans de nombreux cas, les spécifications sont un copier-coller d'une fiche technique dans laquelle toutes les propriétés ne sont pas pertinentes pour l'application donnée, ce qui nuit à la libre concurrence sans aucune raison technique. Il s'agit d'une situation qui n'est gagnante ni pour le maître d'ouvrage ni pour l'entreprise. L'information des acteurs du marché des géosynthétiques est donc nécessaire pour ouvrir autant que possible la porte à toutes les solutions géosynthétiques qui fonctionnent bien pour l'usage visé.

Des utilisateurs plus habitués des géosynthétiques et ayant des connaissances un peu plus approfondies sont en effet plus souples et ouverts à des solutions alternatives, car ils sont en mesure de comprendre les dimensionnements adéquats et savent négliger les écarts sur des propriétés non essentielles du produit pour un projet donné. Afin d'aider tous les utilisateurs de géosynthétiques confrontés à la complexité liée au nombre de normes, recommandations et/ou règles existantes en partie listées dans les références bibliographiques, le Comité Français des Géosynthétiques a entrepris de rédiger un guide constitué d'une série de fascicules dédiés aux différents types d'ouvrages intégrant des géotextiles et des produits apparentés aux géotextiles.

Son objectif est d'abord d'orienter le concepteur dans l'application des normes et règles existantes. Il n'est pas de les remplacer. Ce guide permettra aux différents acteurs de mieux appréhender les différentes solutions géosynthétiques, il ne fixe pas d'exigences sur les niveaux de performance des géosynthétiques dans les applications traitées, qui restent de la responsabilité du concepteur.

Cette publication présente un aperçu du fascicule dédié aux applications en Installation de Stockage de Déchets (ISD), publié en 2021 en même temps qu'un fascicule préliminaire généraliste, commun à tous les types d'ouvrages. Figurent dans ce fascicule dédié aux ISDs, le drainage en fond, en flancs et en dôme, le renforcement sous ou sur étanchéité et l'accrochage d'une couche de sol sur talus. D'autres fonctions, comme la protection, ou applications comme le drainage des biogaz, qui ne sont, ou n'étaient pas, encore couvertes par des normes ou des règles de conception au moment de la rédaction du guide, n'ont pu être traitées à ce jour.

2. Description des applications et de leurs exigences

Afin d'aider le lecteur à se repérer aisément par rapport aux différentes phases de son projet, le fascicule se structure autour des différentes parties d'ouvrage comprenant des géotextiles et produits apparentés aux géotextiles (Fig.1):

- en fond et flancs de casier pour la protection, la détection de fuites, le drainage de lixiviats, et le renforcement dans le cas d'une rehausse,
- en couverture pour la protection, le drainage et la filtration des eaux d'infiltration, des biogaz et le renforcement, voire l'accrochage, d'une couche de sol sur les talus.

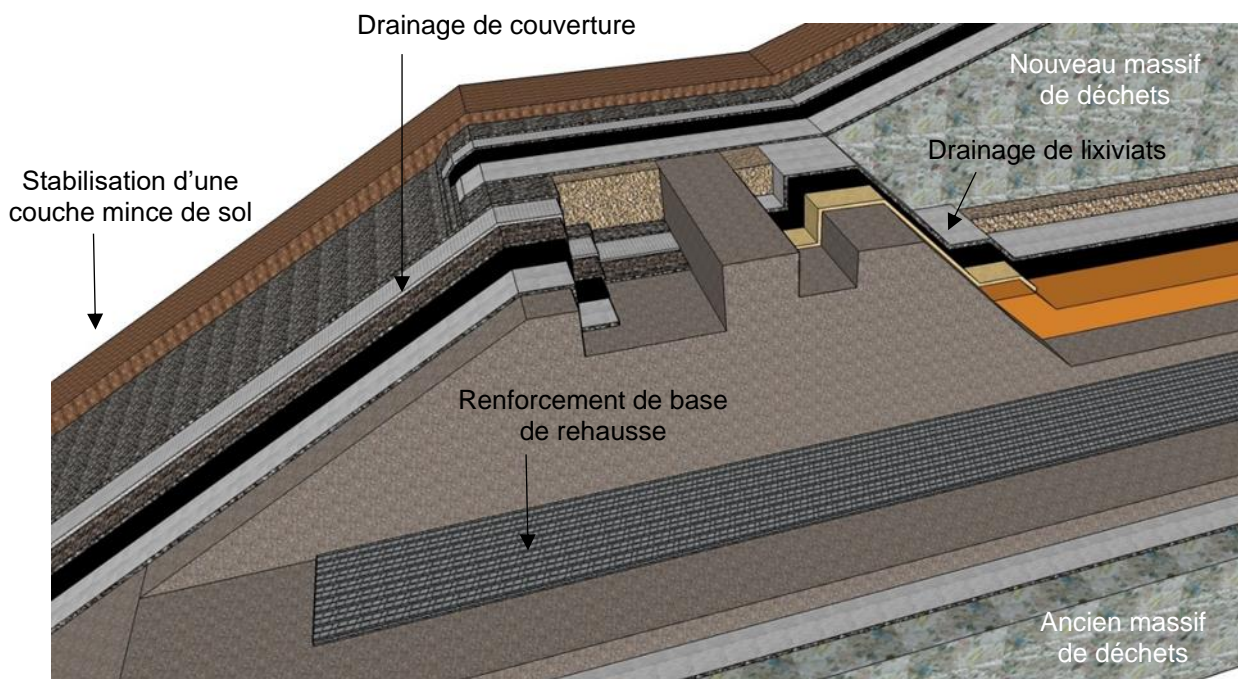


Figure 1. Applications faisant l'objet d'une norme de dimensionnement

2.1. Fond et flancs de casiers

En fond et flancs de casier, une barrière géologique dite « barrière de sécurité passive », constituée du terrain naturel ou reconstituée artificiellement avec des matériaux naturels remaniés, doit répondre aux critères suivants :

- le fond d'un casier (pente < 14%), présente, de haut en bas, une couche de perméabilité inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s sur au moins 1 mètre d'épaisseur et une couche de perméabilité inférieure ou égale à 1.10^{-6} m/s sur au moins 5 mètres d'épaisseur ;
- les flancs (pente > 14%) d'un casier, présentent une perméabilité inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s sur au moins 1 mètre d'épaisseur.

En fond de casier, le dispositif d'étanchéité est recouvert d'une couche de 0,50 m d'épaisseur minimale en matériau granulaire, dont le coefficient de perméabilité est supérieur ou égal à 1.10^{-4} m/s. Cette disposition peut, après accord des autorités, être remplacée par un système de collecte et drainage des lixiviats équivalent hydrauliquement, qui associe un géocomposite de drainage, un géotextile anti-poinçonnant et une couche de matériau granulaire d'épaisseur réduite comme interface de protection avec les déchets. Dans certains cas, le géotextile anti-poinçonnant peut être associé au géocomposite de drainage, en veillant toujours à ce que la protection de l'étanchéité soit assurée. Cette couche de drainage doit résister aux sollicitations mécaniques, thermiques et chimiques pendant toute la durée de l'exploitation et de suivi long terme. Sa justification hydraulique par équivalence doit se conformer aux dispositions de la norme NF G38-061.

Sur les flancs du casier, le dispositif d'étanchéité est recouvert de géotextile de protection et éventuellement de drainage ou de tout dispositif équivalent sur toute sa hauteur.

Dans le cas d'une rehausse de casier, le concepteur doit résoudre diverses problématiques de déformations, on peut citer notamment :

- le tassement global du fait d'un tassement des déchets sous-jacent anciens du fait de la nouvelle charge de déchets,
- les tassements localisés qui justifient l'utilisation d'un géosynthétique de renforcement. La méthode de calcul développée dans la norme XP G38-065 est utilisée pour calculer la résistance du géosynthétique nécessaire avec une modélisation décrite dans le guide BRGM/RP-69455 (Fig.2). Le géosynthétique de renforcement, positionné dans la couche support, permet de maîtriser les déformations et de limiter ainsi les effets de tassements localisés importants sous le Dispositif d'Étanchéité par Géomembrane.

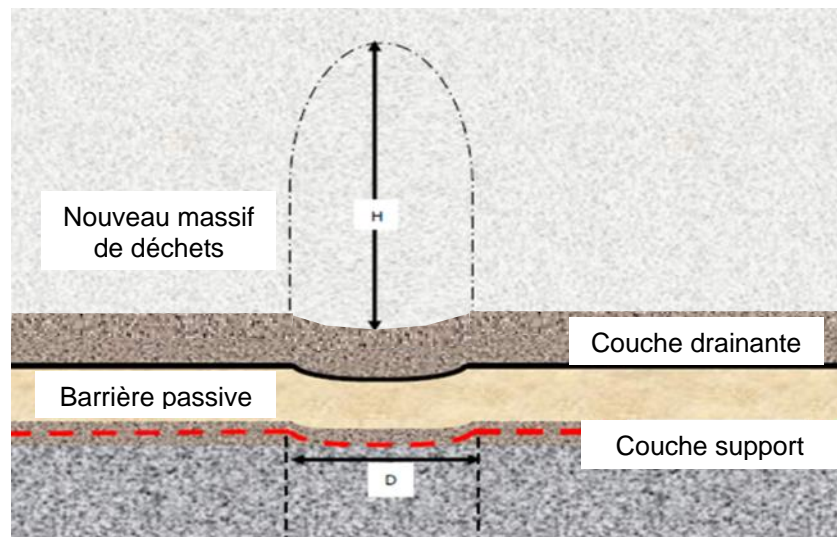


Figure 2. Modélisation d'un tassement localisé dans une structure de rehausse

Le géosynthétique de renforcement peut être sollicité en traction dès le début de la mise en place des couches sus-jacentes et doit reprendre les efforts de traction à long terme pour préserver la pérennité du système d'étanchéité, mais le critère dimensionnant est la déformation du géosynthétique de renforcement, qui ne doit pas dépasser la déformation considérée comme excessive des barrières active et passive. Le produit sélectionné doit donc offrir une raideur et une résistance résiduelle suffisantes à long terme, après avoir pris en compte les dégradations éventuelles liées à la mise en œuvre (compactage, agressivité mécanique des matériaux, durée d'exposition extérieure), à l'environnement chimique, à la température des déchets et au fluage.

2.2. Couverture de casier

L'article 35 de l'Arrêté Ministériel du 15 février 2016 relatif aux Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) spécifie qu'au plus tard deux ans après la fin d'exploitation, tout casier est recouvert d'une couverture finale pouvant intégrer des géosynthétiques. Cette couverture finale est composée, pour les ISDND, du bas vers le haut de :

- une couche d'étanchéité ;
- une couche de drainage des eaux d'infiltration composée de matériaux naturels ou de géosynthétiques ;

- une couche de terre de recouvrement

L'optimisation des emprises au sol de ces installations conduit les concepteurs à raidir les talus de couverture. Le fascicule décrit les mécanismes de rupture à étudier en phase de conception (Fig. 3).

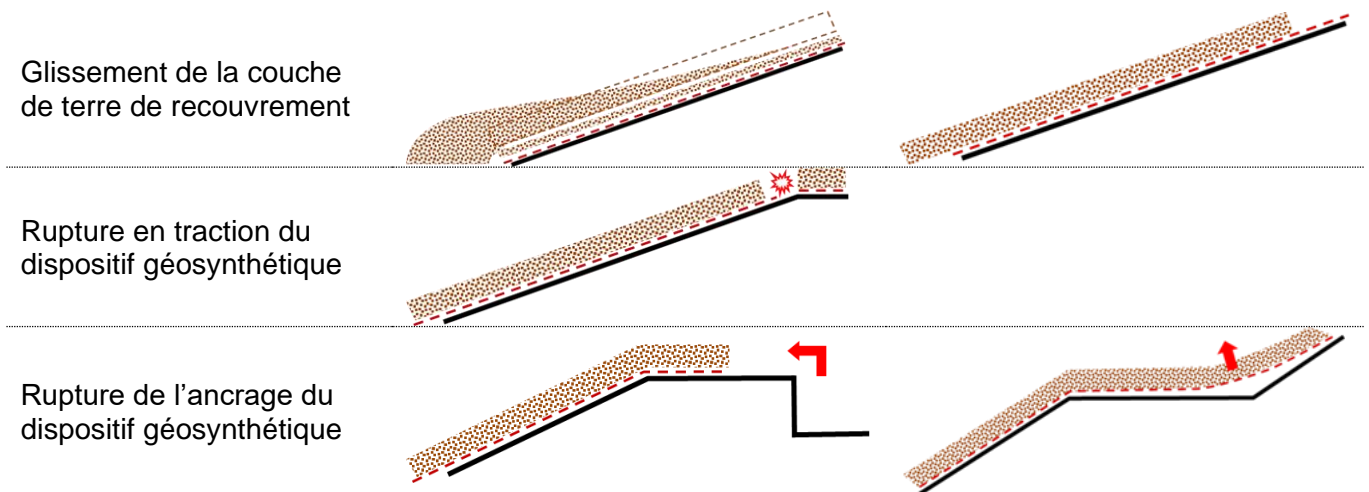


Figure 3. Mécanismes de rupture à étudier en couverture de casier

La stabilité de la couverture se justifie conformément à la NF G38-067 à partir de la mobilisation en talus des résistances au cisaillement d'interface et, en crête de talus, de la mobilisation de la résistance à la traction et en ancrage du dispositif géosynthétique. Les caractéristiques des différents matériaux, naturels ou géosynthétiques, sont essentielles, néanmoins, elles ne peuvent parfois pas compenser une géométrie d'ouvrage inadaptée à l'objectif recherché. Des solutions faussement innovantes sont alors imaginées, parfois en phase chantier. Le guide décrit et met en garde contre un certain nombre de fausses bonnes idées (Fig. 4). En cela, il apporte un réel bénéfice aux utilisateurs en allant au-delà des normes de dimensionnement.

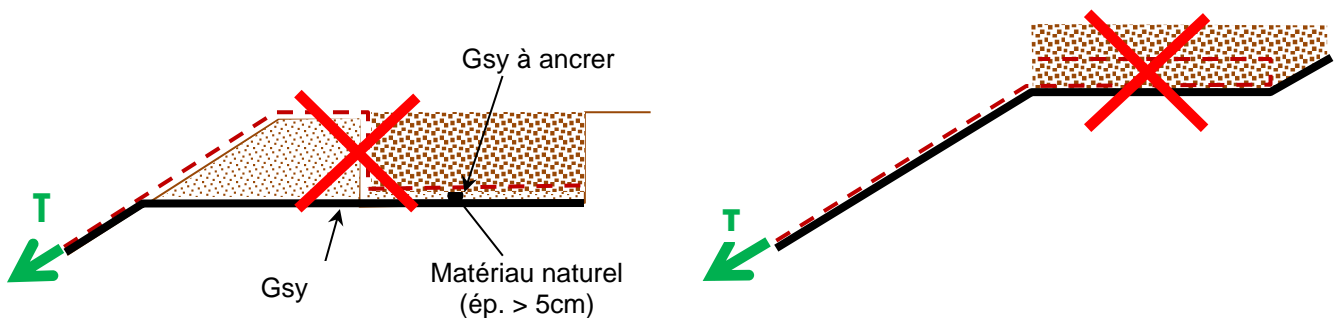


Figure 4. Deux exemples donnés de fausses bonnes solutions d'ancrage en risberme

3. Informations nécessaires à la conception

Le fascicule préliminaire rappelle notamment les critères et principes des Eurocodes tels que les classes de conséquences, la durée d'utilisation de l'ouvrage, les situations de projet, les catégories géotechniques qui sont les premières informations nécessaires au concepteur. Il rappelle également dans son chapitre 4, avec un grand tableau récapitulatif, tous les facteurs utilisés dans les normes de renforcement par géosynthétiques. Un logigramme, située dans son annexe 3, décrit toutes les étapes de conception avec le rôle et les apports de chaque intervenant au fur et à mesure du processus.

Une connaissance la plus exhaustive possible des données d'entrée conduira à des dimensionnements plus précis et plus sûrs. Ne pas disposer de toutes les informations nécessaires au dimensionnement conduit en général à la prudence avec une démarche conservatrice qui accroît plus ou moins abusivement le coût de l'ouvrage mais aussi parfois à une impasse qui peut se traduire par un sinistre. Le guide fournit pour chaque application une liste de paramètres de conception classés en trois catégories : obligatoire, recommandé, souhaitable (Tableau 1).

Tableau 1. Exemple de tableau de paramètres de conception

Informations pour une rehausse	Obligatoire	Recommandé	Souhaitable
Géométrie(s) profil(s) critique(s) par section de référence avec les pentes, hauteurs et épaisseurs de matériaux	x		
Coupe du DEDG	x		
Diamètre de calcul de la zone d'affaissement	x		
Poids volumiques des couches sus-jacentes (sols, déchets) (kN/m ³)	x		
Caractéristiques de cisaillement de la couche support (frottement interne ϕ')	x		
Température de service au droit du renforcement		x (30°C par défaut)	
Nature du DEG (type de géomembrane)	x		
Nature du matériau de la couche support (agressivité mécanique, chimique - pH)	x		
Nature du matériau environnant (agressivité mécanique, chimique - pH)		x	
Durée de service	x		

4. Spécifications relevant d'un dimensionnement

Le dimensionnement du géotextile ou produit apparenté passe par la détermination d'une ou de plusieurs fonctions pertinentes pour une application donnée. À chaque fonction correspondent des caractéristiques faisant l'objet de normes d'essai, dont une liste exhaustive est donnée dans le chapitre 2 du fascicule préliminaire.

Le guide fixe, comme limite du processus de conception et spécification, la définition des hypothèses de calcul et des performances à long terme des matériaux garantissant le bon fonctionnement de l'ouvrage jusqu'au terme de sa durée de service. Le guide donne l'exemple d'une conception de rehausse, pour laquelle le processus est le suivant :

- détermination de la déformation considérée comme excessive pour les barrières active et passive (valeur par défaut de 3% fournie par la littérature) ;
- calcul de l'effort de traction du géosynthétique qui permet de vérifier les états-limites ultimes (ELU) et les états-limites de service (ELS) en fonction de la contrainte moyenne sur le géosynthétique ;
- première estimation de la longueur d'ancrage longitudinal minimum nécessaire sur la base d'une valeur par défaut pour le frottement d'interface ;
- calcul de la longueur de recouvrement longitudinal minimum nécessaire et de la largeur de recouvrement transversal minimum ;
- fin du processus de conception.

À ce stade, sur la base d'une synthèse des calculs ELS et ELU, le concepteur spécifie la résistance de calcul requise au terme de la durée de service.

Prescrire une valeur de calcul permet en effet à chaque fournisseur de sélectionner dans sa gamme le produit adéquat, compte-tenu des conditions réelles d'utilisation et de facteurs de réduction qui lui sont spécifiques. Ces facteurs de réduction sont listés dans le chapitre 5 du fascicule préliminaire du guide. Ils s'appliquent aux performances des produits mesurées à court terme (guide ISO/TR 20432), en respectant le cas échéant les conditions d'essais particulières définies dans certaines normes d'essais et rappelées dans ce guide (Tableaux 2 et 3). Ces facteurs de réduction permettent de prendre en compte les exigences de durabilité et d'assurer le niveau de performance requis pour la durée de service exigée, à la température d'utilisation, en fonction des conditions de mise en œuvre et de l'environnement chimique. Au moment de l'appel d'offres, les caractéristiques du produit proposé par l'entreprise doivent être justifiées par le producteur en fonction de ces différents facteurs.

Le fascicule relatif aux Installations de Stockage de Déchets détaille dans son chapitre 7 les hypothèses générales, les éléments à indiquer dans la prescription (Tableau 2) et les caractéristiques à justifier par l'adjudicataire (Tableau 3) pour les différentes parties d'ouvrage :

- drainage de fond (pente <14%) et flancs de casiers (pente ≥14%),
- drainage en dôme,
- stabilité de couverture et drainage en talus (pente ≥14%),
- renforcement de fond de casier.

Ces tableaux intègrent certaines performances qui sont à spécifier dans tous les cas de figure comme le requiert la norme NF EN 13252. Néanmoins, ces performances ne relèvent parfois pas d'un dimensionnement mais d'une exigence, comme par exemple la résistance à la traction pour la fonction drainage, qui doit garantir la bonne mise en œuvre du produit.

Tableau 2. Exemple de tableaux de spécifications en talus

Fonction RENFORCEMENT en talus		
Performances à spécifier	Hypothèses de conception à fournir	Conditions d'essai pertinentes à spécifier
Valeur de calcul $T_{max;d}$ de l'effort de traction maximal dans le géosynthétique	<p>Angle minimum des frottements d'interfaces, et caractéristiques de cisaillement interne du sol de recouvrement selon le niveau de risque admissible vis-à-vis d'un glissement de terre de surface</p> <p>NOTE : afin de minimiser le plus possible les efforts transmis à la géomembrane par frottement, l'interface la moins frottante depuis la couche de fermeture jusqu'à la couche de végétalisation devra se situer au-dessus de la géomembrane.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance à la traction : norme NF EN ISO 10319 et guide ISO/TR 20432 • Interfaces géosynthétiques : Normes d'essais NF EN ISO 12957-1 ou -2 avec des contraintes représentatives du projet • Couche de végétalisation : elle ne sera jamais compactée mais seulement fermée, les essais de laboratoire ne sont pas pertinents pour représenter les conditions de site, seule une planche d'essai représentative des conditions du chantier est pertinente.
Allongement post construction entre 10h et la durée de service.	3% maximum	Guide ISO/TR 20432

Fonction DRAINAGE en talus		
Performances à spécifier	Hypothèses de conception à fournir	Conditions d'essai pertinentes à spécifier
Débit à drainer Q_D : cf. norme NF G38-061	<ul style="list-style-type: none"> • Gradient hydraulique : Il se calcule à partir de la seule pente du talus, sans considération de charge hydraulique supplémentaire • Epaisseur et poids volumique de la couche de recouvrement • Longueur du rampant 	<ul style="list-style-type: none"> • Gradient hydraulique • Contrainte de compression • Type d'interface lors de l'essai de capacité de débit en tenant compte des procédures spéciales du recueil des méthodes d'essais des géotextiles et produits apparentés de l'Asqual : <ul style="list-style-type: none"> ○ Sur une géomembrane PEHD ou une barrière minérale reconstituée : option Rigide/Mousse ○ Sur un géosynthétique bentonitique : option Mousse/Mousse
Résistance à la traction et allongement nécessaires à la mise en œuvre.		
Durabilité : se référer à la norme d'application NF EN 13252.	Durée de service	Une attention particulière doit être portée sur la durée d'exposition avant recouvrement selon la norme NF EN 12224

TOUTES fonctions en talus		
Performances à spécifier	Hypothèses de conception à fournir	Conditions d'essai pertinentes à spécifier
	<ul style="list-style-type: none"> • Catégorie Géotechnique 2 • Classe de Conséquence pour l'ouvrage : ISDND : classe CC1 ISDD : classe CC2 • Durée de service 	

L'utilisateur sélectionne les tableaux correspondant, pour la partie d'ouvrage considérée, aux fonctions pertinentes pour le produit recherché. Ils lui fournissent l'ensemble des hypothèses de conception à indiquer dans les spécifications du marché avec les conditions d'essai à associer à chaque performance. La démarche est la même au stade de la justification d'un produit : les tableaux reprennent chaque performance et décrivent les moyens et informations permettant la validation d'une solution basée sur la valeur de calcul prescrite ou adaptée, le cas échéant, à des hypothèses inhérentes à la solution proposée, par exemple en termes de frottement d'interface.

Tableau 3. Exemple de tableaux de justifications en talus

Fonction RENFORCEMENT en talus	
Performances à justifier	Caractéristiques à justifier
Résistance à la traction caractéristique	Note de calcul avec les caractéristiques d'interface du dispositif retenu pour l'exécution
Allongement post construction	Courbes isochrones
Résistance de l'ancrage	Note de calcul avec la géométrie et les caractéristiques d'interface du dispositif d'ancrage retenu pour l'exécution

Fonction DRAINAGE en talus	
Performances à justifier	Caractéristiques à justifier
Capacité de débit dans le plan du géocomposite de drainage permettant d'assurer le débit à drainer Q_D	<ul style="list-style-type: none"> • Capacité de débit dans le plan du géocomposite de drainage (valeur nominale – tolérance à 95%) déterminée selon la norme NF EN ISO 12958 en tenant compte des procédures spéciales du recueil des méthodes d'essais des géotextiles et produits apparentés de l'Asqual : <ul style="list-style-type: none"> ○ Soit directement sous la contrainte verticale spécifiée, soit à partir d'une interpolation entre deux mesures sous des contraintes encadrant la contrainte spécifiée. ○ Directement pour le gradient hydraulique spécifié (pente des talus) ou pour des gradients encadrant le gradient spécifié Avec les interfaces suivantes : <ul style="list-style-type: none"> ○ Sur une géomembrane PEHD ou une barrière minérale reconstituée : option Rigide/Mousse ○ Sur un géosynthétique bentonitique : option Mousse/Mousse • Facteurs de réduction pour la durée de service spécifiée cf. §5 fascicule préliminaire
Résistance à la traction caractéristique et allongement	Exigences de mise en œuvre
Durabilité	Durée d'exposition admissible par le géocomposite de drainage et sa durée de vie, selon la norme NF EN 13252 annexe B

À la date de publication du guide, les versions françaises des normes d'essais de capacité de débit dans le plan NF EN ISO 12958-1 (essai index) et NF EN ISO 12958-2 (essai de performance) n'étaient pas publiées par l'AFNOR ; elles se substituent à la norme NF EN ISO 12958. Après la publication des versions françaises de ces normes d'essais, une révision de la norme de dimensionnement NF G38-061 sera effectuée au sein de la commission Géosynthétiques du Bureau de Normalisation des Transports des Routes et de leurs Aménagements (BNTRA). Ce guide sera donc mis à jour après la publication des évolutions normatives.

Les valeurs de dimensionnement seront issues de l'essai de performance qui, dans sa procédure, diffère de l'actuelle norme NF EN ISO 12958 notamment sur les points suivants :

- durée de l'application de la contrainte accrue, qui pourra être intégrée au calcul des facteurs de réduction relatifs au fluage en compression de la structure drainante et à la pénétration (intrusion) à long terme des filtres dans la structure drainante ;
- modification des interfaces de transfert de charge avec l'utilisation de sol spécifique à un projet ou d'un sol normalisé à la place de la couche de mousse actuellement utilisée dans la norme NF EN ISO 12958.

5. Conclusion

Cet article présente le premier fascicule thématique publié par le Comité Français des Géosynthétiques et destiné à aider les concepteurs d'Installations de Stockage de Déchets à mieux appréhender les différentes solutions que peuvent apporter les géotextiles et produits apparentés.

Il décrit précisément le rôle de chaque intervenant depuis la phase de conception jusqu'à la validation des produits soumis à l'agrément. Il attire l'attention sur les contraintes à respecter, les erreurs usuelles à ne pas commettre, les données nécessaires et les propriétés pertinentes pour chaque application. Il apporte les précisions jugées nécessaires sur les méthodes de conception issues de règles françaises et européennes. Il détaille enfin l'ensemble des justifications à requérir selon la fonction et la position du géosynthétique dans l'ouvrage.

Ce nouveau guide du Comité Français des Géosynthétiques contribuera nous l'espérons à ouvrir encore davantage les marchés à la concurrence en aidant le lecteur à vérifier, via un processus de dimensionnement rationnel, qu'un produit conviendra aux exigences spécifiques de son ouvrage. On évitera ainsi le réflexe encore fréquent et techniquement non pertinent de comparaison stricte de toutes les caractéristiques de produits de technologies très différentes.

6. Références bibliographiques

- Arrêté Ministériel du 15 février 2016 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux. *Journal Officiel de la République Française*
- NF G38-061 (2017) Utilisation des géotextiles et produits apparentés – Systèmes de drainage et de filtration – Dimensionnement et éléments de conception. *AFNOR Editions*
- XP G38-065 (2020) Géosynthétiques, géotextiles et produits apparentés — Renforcement de la base de remblais sur zones à risques d'effondrements — Justification du dimensionnement et éléments de conception. *AFNOR Editions*
- NF G38-067 (2017) Géosynthétiques, géotextiles et produits apparentés – Stabilisation d'une couche de sol mince sur pente – Justification du dimensionnement et éléments de conception. *AFNOR Editions*
- NF EN 12224 (2002) Géotextiles et produits apparentés – Détermination de la résistance au vieillissement dû aux conditions climatiques. *AFNOR Editions*
- NF EN ISO 10319 (2015) Géosynthétiques – Essai de traction des bandes larges. *AFNOR Editions*
- NF EN ISO 12957-1 (2018) Géosynthétiques – Détermination des caractéristiques de frottement – Partie 1 : Essai de cisaillement direct. *AFNOR Editions*
- NF EN ISO 12957-2 (2005) Géosynthétiques – Détermination des caractéristiques de frottement – Partie 2 : Essai au plan incliné. *AFNOR Editions*
- NF EN ISO 12958-1 (2020) Géotextiles et produits apparentés – Détermination de la capacité de débit dans leur plan – Partie 1 : essai index. *AFNOR Editions*
- NF EN ISO 12958-2 (2020) Géotextiles et produits apparentés – Détermination de la capacité de débit dans leur plan – Partie 2 : essai de performance. *AFNOR Editions*
- NF EN 13252 (2017) Géotextiles et produits apparentés – Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les systèmes de drainage. *AFNOR Editions*
- Guide de recommandations pour la conception des extensions d'ISDND en appui sur des casiers anciens (2020) dit guide « rehausse ». *BRGM/RP-69455*.
- Guide protection contre l'endommagement des géomembranes (à paraître) dit guide « protection ». *Comité Français des Géosynthétiques (CFG)*.
- ISO/TR 20432 (2007) Lignes directrices pour la détermination de la résistance à long terme des géosynthétiques pour le renforcement du sol. *AFNOR Editions*

Remerciements

Les auteurs remercient les experts du groupe de travail du Comité Français des Géosynthétiques pour avoir donné beaucoup de leur temps et partagé leur expertise, permettant ainsi de réaliser cet outil très utile pour tous les acteurs du marché des géosynthétiques.