



Ouvrages
hydrauliques



Routes et
voies ferrées



Travaux
de construction



Systèmes
de drainage



Centre de stockage
de déchets

Terrassements
(Palm Islands Dubai)



WINNING TOGETHER

Géotextiles Non-Tissés Fibertex

Guide de dimensionnement, d'utilisation et de mise en œuvre

Sommaire

1. Introduction	3	6. Endommagement lors de la mise en œuvre et résistance mécanique requise pendant la durée de vie.....	32
1.1 Introduction	3	6.1 Introduction	32
1.2 Technologie Fibertex.....	3	6.2 Indice d'énergie absorbée (Essai de résistance à la traction suivant la norme NF EN ISO 10319).....	33
1.3 Présentation de la société Fibertex	4	6.3 Poinçonnement statique CBR (NF EN ISO 12236)	33
1.4 Références des géotextiles Fibertex.....	4	6.4 Modèle théorique.....	34
1.5 Fibertex pour le marché des paysagistes, artisans et particuliers.....	5	6.5 Approche pratique pour les géotextiles Fibertex.....	35
2. Matériaux et méthodes de production.....	6	6.6 Méthode de dimensionnement Fibertex	35
2.1 Matériaux.....	6	6.7 Installations de tranchée drainante	36
2.2 Méthodes de production	6	6.8 Ouvrages hydrauliques	37
2.3 Dimensionnement d'un géotextile non-tissé ..	7	6.9 Construction de route	39
3. Normes, homologations et marquage CE..	8	7. Exigences de durabilité des géotextiles ..	42
3.1 Introduction	8	7.1 Introduction	42
3.2 Marché européen.....	8	7.2 Résistance au vieillissement dû aux conditions climatiques.....	42
3.3 Exigences nationales dans l'Europe.....	9	7.3 Résistance microbiologique par un essai d'enfouissement	43
3.4 Fibertex et les certifications	10	7.4 Résistance aux liquides acides et alcalins et à l'oxydation	44
3.5 Fibertex Q-match.....	10	7.5 Durabilité – exigences minimales	44
4. Applications, fonctions et caractéristiques des géotextiles.....	12	8. Manutention, stockage et mise en œuvre	45
4.1 Applications	12	8.1 Manutention et stockage	45
4.2 Fonctions	13	8.2 Mise en œuvre des géotextiles	46
4.3 Applications et fonctions principales.....	14	8.3 Recouvrements et couture.....	46
4.4 Caractéristiques.....	15	9. Outils de calcul Fibertex.....	47
5. Fonctions des géotextiles - en détails.....	16	Annexe A.....	48
5.1 Introduction	16	Symboles	49
5.2 Séparation et filtration	16	Références	50
5.3 Drainage	24		
5.4 Protection.....	27		

1 Introduction

1.1 Introduction

L'objectif de ce guide est de fournir aux concepteurs, ingénieurs, installateurs et utilisateurs, une aide dans le dimensionnement, l'utilisation et la mise en œuvre des géotextiles.

L'emploi des géotextiles est bien connu et leur utilisation se développe de plus en plus dans les ouvrages et les travaux de constructions.

L'idée n'est pas récente. En effet, la stabilisation et le renforcement des constructions utilisant de la paille ou du bois remontent à plus de mille ans. L'exemple le plus concret est la Grande Muraille de Chine présentée sur la photo ci-contre.

Fibertex propose une large gamme de géotextiles non-tissés conçus pour être utilisés dans de nombreux travaux de génie civil. Les applications les plus courantes sont:

- Travaux routiers et voies ferrées
- Travaux de construction
- Terrassements
- Systèmes de drainage et de filtration
- Ouvrages hydrauliques
- Installations de stockage de déchets



Figure 1.1: La Grande Muraille de Chine. Déjà à cette époque, des constructions stabilisées/renforcées.

1.2 Technologie Fibertex

Fibertex fabrique des géotextiles non-tissés utilisant la technologie d'aiguilletage par voie sèche. Les fibres en polypropylène vierge sont extrudées, cardées puis aiguilletées. De nombreux produits possèdent un traitement thermique complémentaire (par exemple liaison par infrarouge ou par calandrage).

Haute performance des géotextiles Fibertex

La technologie d'aiguilletage par voie sèche assure aux géotextiles une grande qualité notamment:

- De bonnes caractéristiques de résistance et d'allongement = grande absorption d'énergie
- Une excellente résistance à l'endommagement au cours de la mise en œuvre = Indice d'Energie et résistance à la perforation élevée
- Des propriétés de durabilité = plus de 25 ans de durée de vie
- Des propriétés hydrauliques uniques = débit d'eau important contrôlé
- D'excellentes propriétés de résistance à l'abrasion = pas de dégradation de surface
- Une grande uniformité = assurée par des techniques de production et des contrôles de qualité continus
- Pas de délaminage = fibres enchevêtrées tridimensionnellement

1.3 Présentation de la société Fibertex Nonwovens

Fibertex Nonwovens est un fabricant leader sur le marché des non-tissés. Avec son siège social au Danemark, et ses sites de production au Danemark, en République Tchèque, en Afrique du Sud, en France, aux Etats-Unis et en Turquie, Fibertex est mondialement représenté. Depuis sa création en 1968, Fibertex n'a cessé de s'accroître et fabrique aujourd'hui des non-tissés pour des clients du monde entier et pour des applications très diverses.

Pionnier de plus de 40 ans d'expérience dans les technologies d'aiguilletage et de filage et possédant une connaissance approfondie acquise en participant à des comités et à des projets mondiaux, Fibertex Nonwovens est capable d'offrir à ses clients un service et une assistance technique unique. En outre, les efforts continus du département Recherche et Développement permettent une évolution permanente des produits.

Le point de départ est un large éventail de produits utilisés dans divers secteurs d'activités:

Acoustique, Automobile, Lingerie, Bâtiment, Composites, Béton, Filtration, Revêtements de sol, Ameublement, Géotextiles, Horticulture, Maison et Jardin.

Fibertex France, créée en 1996, filiale de Fibertex Nonwovens est devenue l'un des fournisseurs de géotextiles incontournables sur le marché français.

Le logo de Fibertex – qui est l'éléphant – a été créé à la fin des années 1960 en relation avec le lancement du matériau secondaire de support sur le marché du tapis. La gamme de produits a été lancée sous le nom Eléphant Back®, et le logo de l'éléphant a été utilisé pour symboliser les caractéristiques du produit telles que la couleur grise, la solidité, la fidélité (et la sagesse). Depuis lors, ce logo fait partie de l'identité d'entreprise de Fibertex.



1.4 Références des géotextiles Fibertex

Les géotextiles Fibertex ont prouvé leur qualité et leur robustesse à travers un grand nombre de projets dans le monde entier. Nous pouvons prendre comme exemple le chantier des Iles Palmiers montré sur la figure 1.2 pour lequel Fibertex a fourni des géotextiles pour les travaux hydrauliques.

Egalement pour les projets du pont et du tunnel Great Belt au Danemark, Fibertex a fourni des géotextiles pour des travaux de réutilisation des terres, voir la figure 1.3.

Vous pouvez trouver plus d'informations sur les Géotextiles Fibertex sur www.fibertex.com.

Toutes les références chantiers sont disponibles en format PDF en allemand, anglais, français, espagnol et tchèque.



Figure 1.2: Géotextiles Fibertex utilisés aux Iles Palmiers/Dubai



Figure 1.3: Le Great Belt traversant le Danemark

1.5 Fibertex pour le marché des paysagistes, artisans et particuliers

Basée sur la grande expérience de Fibertex dans le génie civil, une large gamme de géotextiles et de produits apparentés ont été développés pour la maison et le jardin. La gamme couvre un ensemble complet de solutions telles que:

- **Fibertex WeedSeal**
Stoppe les mauvaises herbes dans les jardins et les rocailles
- **Fibertex RootSeal**
Entraîne la croissance horizontale des racines
- **Fibertex AquaSafe**
Protège la géomembrane du bassin de jardin
- **Et encore plus**
voir la figure 1.4.

Pour plus d'informations, consultez le site Internet Fibertex:

<http://homeandgarden.fibertex.com/en-GB/Pages/default.aspx>

et expérimentez une large gamme de produits pour votre maison et votre jardin.

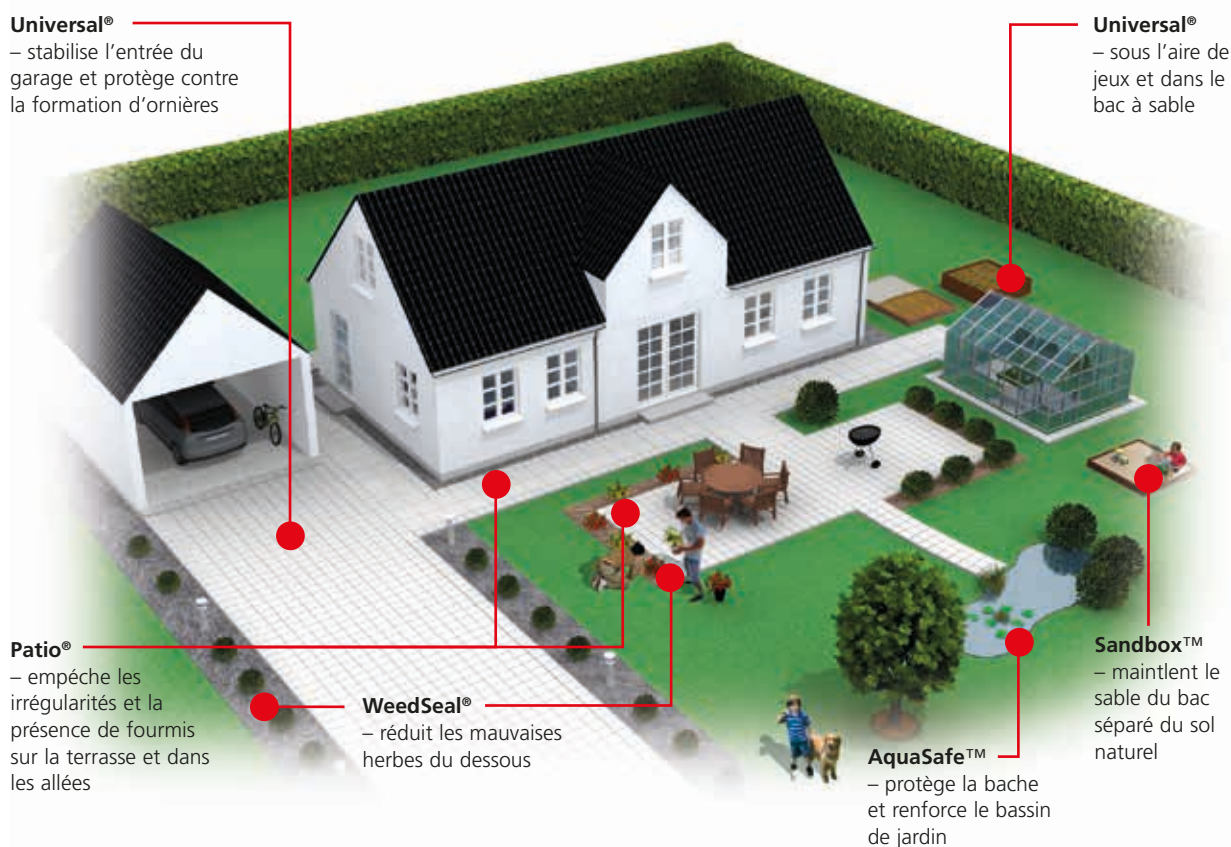


Figure 1.4: Géotextiles Fibertex également pour les paysagistes, artisans et particuliers

2 Matériaux

2.1 Matériaux

Les géotextiles Fibertex de la gamme F sont composés de fibres polypropylène vierges. Le polypropylène est un sous-produit issu du raffinage du pétrole.

Le polypropylène est un matériau thermoplastique; ce qui signifie qu'il peut être transformé et fondu à des températures élevées lors des différentes étapes du processus de production: production de fibres et liaison thermique du non-tissé.

Les principales caractéristiques du polypropylène sont:

- Excellente résistance à la traction et à la compression
- Températures opérationnelles élevées avec un point de fusion de 160°C
- Résistance importante à la plupart des alcalins et des acides, aux solvants organiques, aux agents dégraissants et aux attaques électrolytiques.
- Non toxique

2.2 Méthodes de production

La production des Géotextiles Fibertex est un domaine en perpétuel développement. La technologie de production par aiguilletage, également appelée technologie par voie sèche est basée sur un procédé en deux étapes. D'abord, la résine polypropylène est extrudée en fibres. Puis, ces fibres sont cardées, aiguilletés et liées thermiquement pour former des non-tissés. Le produit final est présenté dans des largeurs allant jusqu'à 6 m.

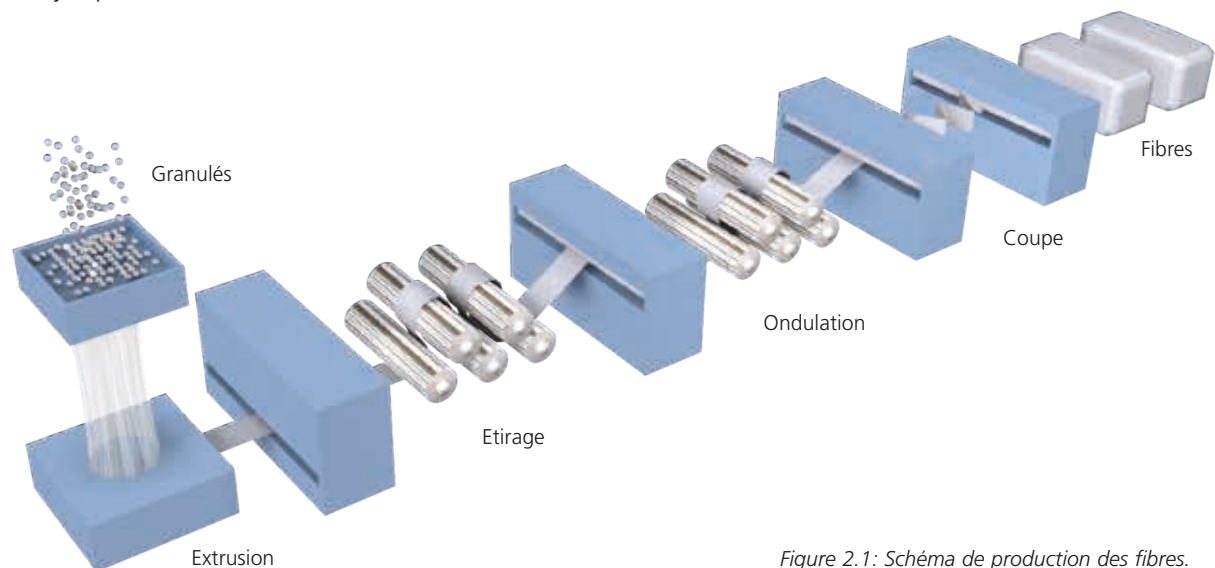


Figure 2.1: Schéma de production des fibres.

Production des fibres:

Sur la ligne d'extrusion, une quantité importante de fibres Fibertex est produite. Voir le schéma ci-dessus.

Des granulés aux fibres – Etape par étape:

- **Granulés**: Les granulés de polypropylène sont alimentés dans la ligne d'extrusion.
- **Extrusion**: Les granulés sont fondus, extrudés et filés en filaments continus de polypropylène.
- **Etirage**: Les filaments sont étirés afin d'obtenir des qualités et des caractéristiques spécifiques.
- **Ondulation**: Les filaments sont ondulés pour les adoucir et leur donner une apparence textile.
- **Découpe**: Les filaments sont coupés en fibres prêtes à être emballées.
- **Fibres**: Les fibres sont comprimées en balles, prêtes à être utilisées dans la production par aiguilletage.

Production des non-tissés:

Les fibres sont cardées et aiguilletées, puis liées thermiquement pour former un non-tissé. La figure ci-dessous présente le schéma de production de non-tissé.

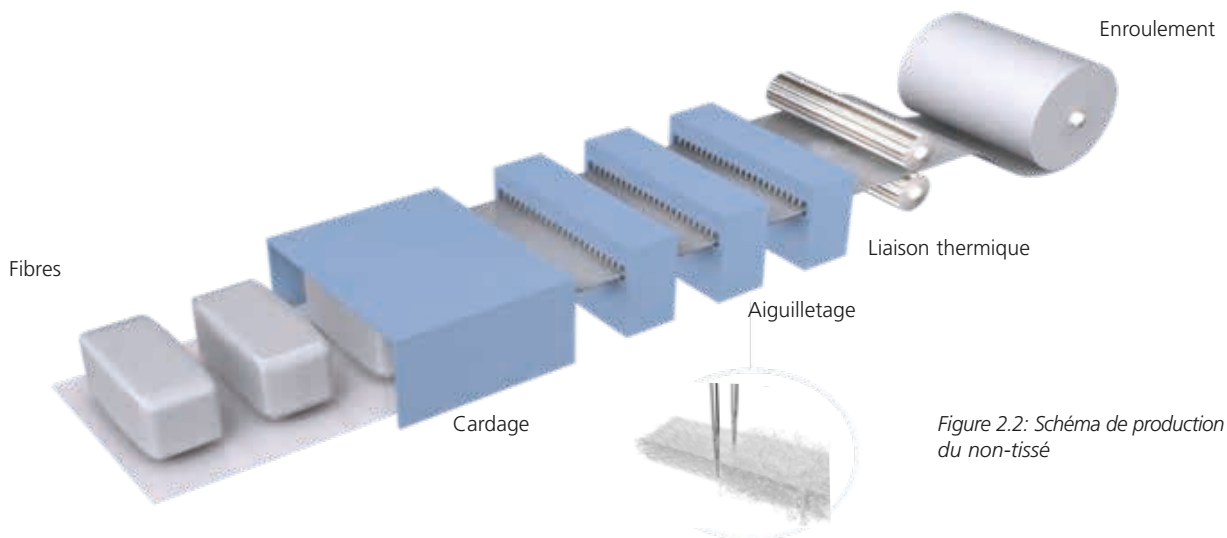


Figure 2.2: Schéma de production du non-tissé

Des fibres au non-tissé – Etape par étape:

- **Fibres**: Les balles de fibres sont placées de façon à être ouvertes.
- **Cardage**: Les fibres sont séparées et réparties sur la ligne de production, en formant une toile fibreuse molle mais cohérente.
- **Aiguilletage**: Les fibres sont liées mécaniquement par aiguilletage rendant le non-tissé serré et souple.
- **Liaison thermique**: Le non-tissé est thermolié et étiré pour former le produit requis avec des capacités optimales en matière de résistance, de structure de surface, etc.
- **Enroulement**: Le non-tissé est scanné pour le contrôle qualité, enroulé et emballé dans un film de protection.

2.3 Dimensionnement d'un géotextile non-tissé

En dimensionnant un géotextile pour une application donnée, il est très important de connaître les fonctions souhaitées. Ainsi, il est possible de spécifier exactement les caractéristiques requises d'un géotextile en faisant le bon choix:

- Choisir la matière première et les propriétés du matériau adapté
- Choisir la stabilisation correcte de la matière première pour assurer une durabilité optimale
- Choisir la bonne longueur et l'épaisseur de fibre
- Choisir le processus d'aiguilletage approprié
- Choisir le bon niveau de liage thermique pour avoir la traction, l'allongement et la résistance à l'abrasion requis

En raison de leur adaptation aux paramètres énumérés ci-dessus, les géotextiles Fibertex sont uniques.

L'aiguilletage intensif permet une orientation des fibres horizontale et verticale. Le résultat est donc un produit résistant et souple, créant ainsi un réel "Géotextile" adapté au sol environnant. Le produit non-tissé tridimensionnel est illustré dans la figure ci-contre.

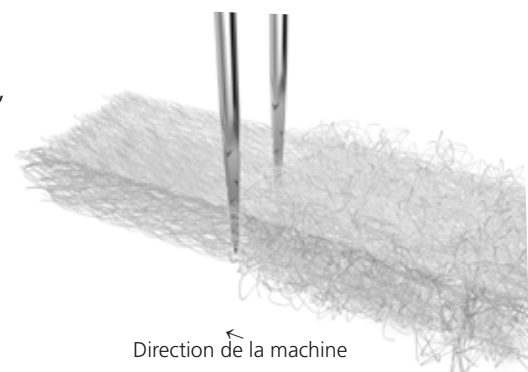


Figure 2.3: Géotextile Fibertex en 3 dimensions

3 Normes, homologations et marquage CE

3.1 Introduction

Fournisseur mondial de géotextiles, Fibertex Nonwovens A/S remplit les exigences définies par les différents marchés. Les essais et évaluations des caractéristiques des géotextiles font principalement référence aux:

- Normes NF qui sont les Normes Françaises
- Normes EN qui sont obligatoires dans toute l'Europe.
- Normes ISO qui sont des normes admises dans le monde entier.
- Normes ASTM qui sont des normes américaines mais qui sont fortement employées au Moyen Orient, dans les pays d'Extrême-Orient et en Afrique.

Les produits Fibertex sont testés et évalués suivant toutes ces normes et les fiches techniques des produits sont disponibles sur le site Internet de Fibertex (www.fibertex.fr).

3.2 Marché européen

Depuis de nombreuses années, les produits sont marqués CE pour le marché européen, basés sur des normes EN harmonisées. Les normes harmonisées couvrent les exigences essentielles telles que définies par la Commission Européenne dans le RPC (Règlement des Produits de la Construction). La relation entre les normes EN, ISO et ASTM et les autres normes nationales sont illustrées dans la figure 3.1.

Faisant partie du marquage CE, les différents niveaux d'attestation sont paramétrés sur une analyse des risques en évaluant les conséquences et les risques si le produit échoue. Pour les géotextiles, le niveau d'attestation est de 2+ pour les fonctions filtration, drainage, protection et renforcement et le niveau 4 pour la fonction séparation. Comme la fonction séparation n'est jamais spécifiée seule, le niveau d'attestation requis pour les géotextiles est toujours, en pratique, de 2+.

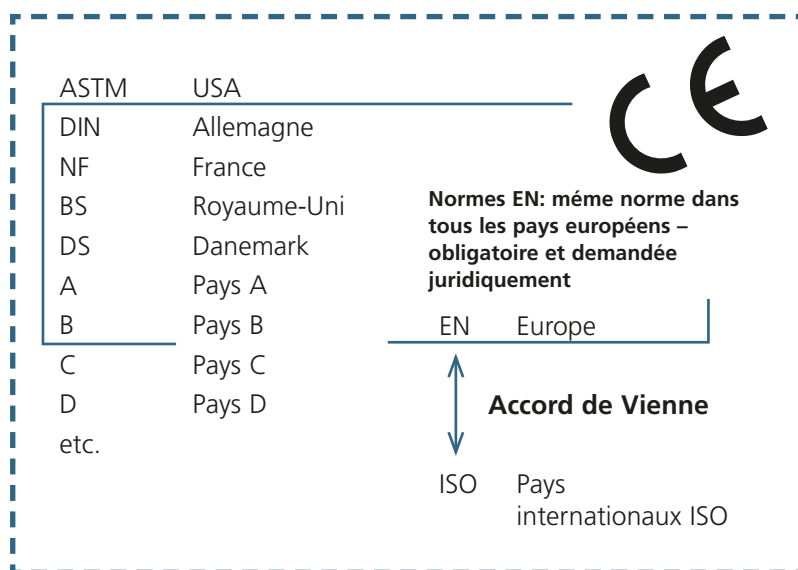


Figure 3.1: marquage CE remplaçant les normes nationales - et instauration de l'Accord de Vienne

Attestation de conformité		Evaluation du produit		Contrôle de production à l'usine (CPU)	Evaluation du Contrôle de Production à l'Usine	
		Essai de type initial	Essais sur un échantillon pris au hasard		Inspection de l'usine et CPU	Surveillance continue du CPU
Certification	1+	Tiers	Tiers	Producteur	Tiers	Tiers
	1	Tiers	Producteur	Producteur	Tiers	Tiers
	2+	Producteur		Producteur	Tiers	Tiers
Déclaration	2	Producteur		Producteur	Tiers	Eventuellement Tiers
	3	Tiers		Producteur	-	-
	4	Producteur		Producteur	-	-

Tableau 3.2: marquage CE et niveaux d'attestation

Cela signifie que le marquage CE (attestation de niveau 2+) d'un géotextile donne à l'utilisateur ou à l'acheteur l'assurance qualité suivante, (tableau 3.2):

- Certification du CPU (Contrôle de production à l'usine) par un tiers agréé
- Déclaration de conformité par le fabricant
- Essai de type initial par le fabricant
- Contrôle de production à l'usine par le fabricant
- Essai des échantillons selon le plan d'essai du fabricant
- Surveillance continue du CPU par le tiers agréé

Le marquage CE est dans de nombreux pays considéré comme insuffisant pour les produits utilisés dans des structures et des travaux de construction nécessitant une longue durée de vie et un niveau élevé de sécurité. Ceci a mené au développement de plusieurs systèmes de certification qualité au niveau national ou régional.

3.3 Exigences nationales dans l'Europe

En complément du marquage CE, des exigences nationales comprenant une assurance qualité et une évaluation par un tiers sont mis en place dans plusieurs pays. La gamme de produits Fibertex inclut des produits certifiés suivant ces exigences:

Certification Asqual : France 	Certification NorGeoSpec Pays Nordiques  NorGeoSpec 2002	Industrie Verband Geokunststoffe IVG Evaluation par un tiers : Allemagne 
--	--	---

3.4 Fibertex et les certifications

La mise au point de systèmes de certifications nationales/régionales correspondent parfaitement à la stratégie de Fibertex, producteur et fournisseur de produits de haute qualité. Cela signifie également que la production, la logistique et le système de ventes sont configurés pour répondre à ce niveau le plus élevé d'assurance qualité, lequel fait partie intégrante des différents systèmes de certification nationaux comme représenté dans le tableau ci-dessous.

	Marquage CE	Certification NorGeoSpec	Certification Asqual	Certification IVG
Caractère juridique	Obligatoire	Libre	Libre	Libre
Gestion du processus	Organisme notifié	Organisme de certification	Organisme de certification	Organisme de certification
Comité technique comprenant des utilisateurs	Non	Oui	Oui	Non
Essai interlaboratoires	Non	(Oui)	Oui	Non
Organisme de certification	Oui	Oui	Oui	Oui
Laboratoire agréé	Non	Oui	Oui	Oui
Indépendance entre le producteur et le lab.	Non	Oui	Oui	Non

Tableau 3.3: Différents systèmes d'Assurance Qualité nationaux ou régionaux comparés au marquage CE

3.5 Fibertex Q-match

Fibertex a développé un système de contrôle qualité intégré appelé Q-match. Ce système permet une surveillance continue de la production des géotextiles d'une façon pratique et efficace et fixant un niveau de qualité élevé constant.

Q-Match, tel que présenté dans la figure 3.4 est un système de gestion de qualité intégré numériquement mis en application dans tout le groupe Fibertex. Il est lancé à l'enregistrement de la commande. Durant tout le processus de production, le système fournit un contrôle électronique instantané de la qualité du produit et de la conformité aux spécifications du client. Q-Match contribue à améliorer et à uniformiser la qualité en minimisant les erreurs et les déchets. Mieux pour nos clients – et pour l'environnement.

Certains avantages:

- Interaction 100% numérique entre l'outil de planification, le système PGI (Progiciel de Gestion Intégré), l'assurance qualité et la base de données
- Approbation de la matière première par la comparaison électronique avec les caractéristiques du fournisseur
- Surveillance automatique du produit avec une évaluation continue des données en comparaison avec les spécifications du produit
- Calcul des valeurs statistiques pendant la production
- Visualisation en ligne des caractéristiques du produit par les courbes de tendance
- Seul le matériau approuvé peut être scanné pour l'expédition

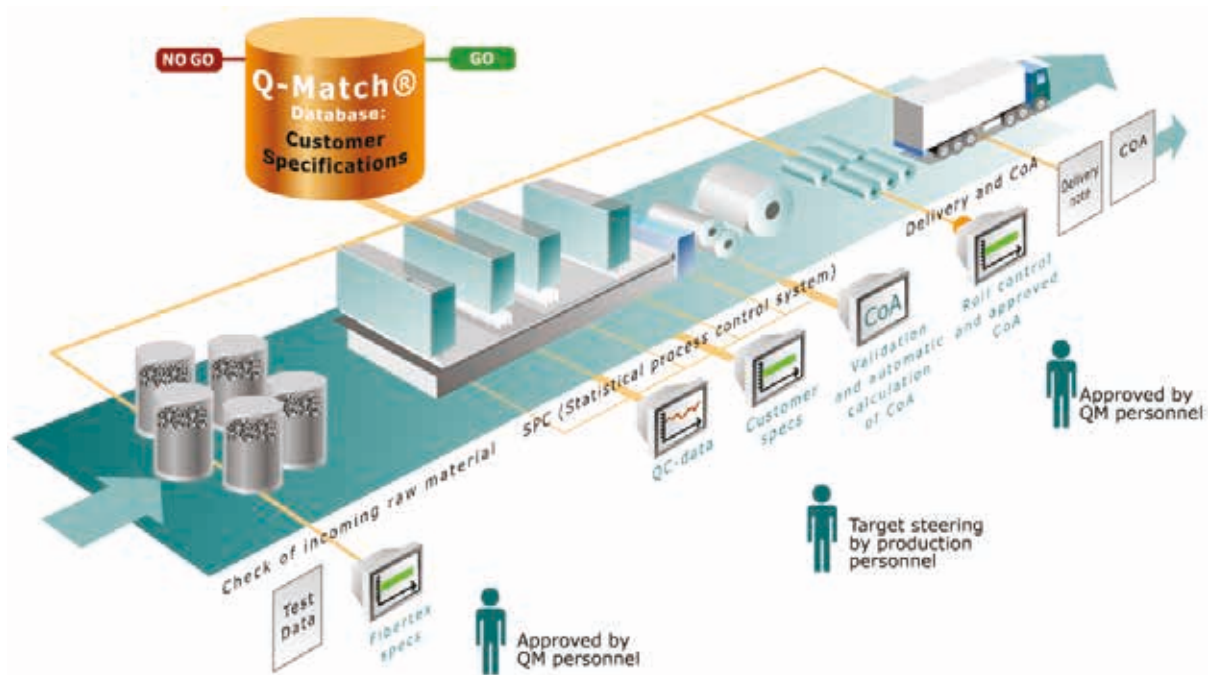


Figure 3.4: Q-Match le système intégré entièrement numérique du contrôle de la qualité chez Fibertex

4 Applications, fonctions et caractéristiques des géotextiles

4.1 Applications

Les géotextiles sont largement utilisés dans les applications de génie civil et de constructions telles que les routes, les voies ferrées, les terrassements, les ouvrages hydrauliques, les systèmes de drainage et de filtration ainsi que de nombreuses autres applications. Pour aider les concepteurs et les utilisateurs, de nombreuses normes d'applications ont été mises en place. L'un des principaux objectifs du travail de standardisation européenne est de mettre en place les normes harmonisées en donnant des lignes directrices pour spécifier les caractéristiques appropriées des géotextiles et des produits apparentés quand ils sont utilisés dans diverses applications. La liste des normes harmonisées d'applications est présentée ci-dessous.

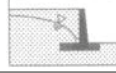
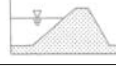
	NF EN 13249	Construction de routes et autres zones de circulation
	NF EN 13250	Construction de voies ferrées
	NF EN 13251	Travaux de terrassement, fondations et structures de soutènement
	NF EN 13252	Systèmes de drainage
	NF EN 13253	Systèmes de lutte contre l'érosion
	NF EN 13254	Constructions de réservoirs et de barrages
	NF EN 13255	Construction de canaux
	NF EN 13256	Construction de tunnels et de structures souterraines
	NF EN 13257	Ouvrages d'enfouissement des déchets solides
	NF EN 13265	Ouvrages de confinement des déchets liquides

Figure 4.1: Normes européennes harmonisées d'applications pour les géosynthétiques

Ces normes couvrent les applications principales des géotextiles. Grâce à leurs propriétés uniques, les géotextiles Fibertex disposent de nombreuses autres applications aussi bien dans l'industrie du bâtiment que dans d'autres industries. Ces autres applications ne sont pas décrites dans les normes ci-dessus mais sont largement utilisées. Aller sur www.fibertex.com pour plus d'informations.

4.2 Fonctions

Selon les différentes applications, les principales fonctions des géotextiles sont : Séparation, Filtration, Drainage, Protection et Renforcement. Pour la plupart des applications, les géotextiles sont capables de remplir une ou plusieurs fonctions.

Voici une définition des fonctions:



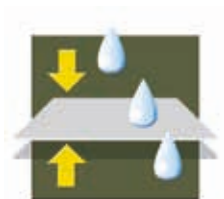
Séparation

La séparation est la fonction principale des géotextiles et elle est largement utilisée dans la construction de routes et de voies ferrées.

Dans les normes EN ISO, la fonction de séparation est définie comme étant: **"La prévention du mélange de sols différents adjacents et/ou de matériaux de remblai par l'utilisation d'un géotextile"**.

Avantages:

- Préviens le mélange des couches de la construction
- Améliore et maintient la capacité portante en évitant la perte de matériaux dans le sol support
- Améliore les propriétés de compactage de la couche de granulats
- Fournit une stabilité à long terme des couches de fondation



Filtration

Les géotextiles non tissés sont fréquemment utilisés pour la filtration dans les systèmes de drainage, pour les constructions de routes et de voies ferrées ainsi que dans la protection de côtes, de rivières, de canaux, de réservoirs et des installations de stockage de déchets.

Dans les normes EN ISO, la fonction de filtration est définie comme étant: **"La retenue du sol ou d'autres particules soumises à des forces hydrodynamiques tout en permettant le passage des fluides dans ou à travers un géotextile"**.

Avantages:

- Maintient le squelette structurant du sol tout en laissant passer une partie des particules fines afin d'éviter le colmatage du géotextile
- Maintient l'écoulement d'eau avec un minimum de perte de pression

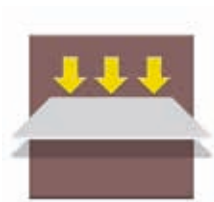


Drainage

Les géotextiles non tissés seuls ou associés en géocomposites sont largement utilisés pour assurer le drainage dans les travaux de terrassements et de construction. Dans les normes EN ISO, la fonction de drainage est définie comme étant **"La collecte et le transport des eaux de pluie, souterraines et/ou d'autres fluides dans le plan du géotextile"**.

Avantages:

- Réduit le niveau de l'eau et la pression interstitielle dans le sol
- Donne une capacité de drainage élevée comparé aux couches traditionnelles de graviers
- Draine les fluides et les gaz avec un minimum de perte de pression
- Assure un drainage continu



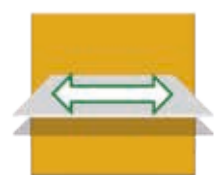
Protection

Les géotextiles sont couramment utilisés pour la protection dans les installations de stockage de déchets et les tunnels. Ils assurent l'intégrité d'un matériau de confinement (par exemple géomembrane) sous le poids de matériaux de remplissage et/ou sous l'effet de charges.

Dans les normes EN ISO, la fonction de protection est définie comme étant **"La prévention ou la limitation des endommagements localisés d'un élément ou d'un matériau donné en utilisant un géotextile"**.

Avantages:

- Donne une protection durable à la géomembrane d'étanchéité.
- L'utilisation des géotextiles protecteurs est une solution bien définie et fiable.
- Facile à mettre en œuvre comparé aux matériaux de remblais.



Renforcement

Le renforcement des structures types telles que les murs de soutènement et les remblais sur sols compressibles, est aujourd'hui principalement réalisé en utilisant des géogrilles. Les géotextiles sont souvent utilisés en association avec les géogrilles pour assurer des fonctions de séparation et de filtration.

Dans les normes EN ISO, la fonction de renforcement peut être définie comme étant **"L'utilisation du comportement en résistance-déformation d'un géotextile ou d'un produit apparenté afin d'améliorer les propriétés mécaniques du sol ou d'autres matériaux de construction"**.

Avantages:

- Une solution rentable et sûre pour le renforcement des ouvrages de soutènement et des remblais sur sols compressibles.
- Améliore la stabilisation du sol et la capacité portante.

4.3 Applications et fonctions principales

Le tableau ci-dessous énumère les principales fonctions selon les différentes applications basées sur les normes européennes.

Applications	Séparation	Filtration	Drainage	Protection	Renforcement
Constructions de routes	x	x			x
Voies ferrées	x	x			x
Terrassements, fondations	x	x			x
Systèmes de drainage	x	x	x		
Lutte contre l'érosion	x	x			x
Réservoirs et barrages	x	x		x	x
Canaux	x	x		x	x
Tunnels et structures souterraines				x	
Enfouissement de déchets solides	x	x		x	x
Confinement de déchets liquides	x	x		x	x

Tableau 4.2: Fonctions appropriées selon les différentes applications

Pour s'assurer que le géotextile puisse être utilisé dans les différentes fonctions et applications, les caractéristiques appropriées doivent être spécifiées selon la nature du sol, les conditions hydrauliques et les propriétés mécaniques requises. De plus, les conditions requises de mise en œuvre et de durabilité doivent être évaluées afin de spécifier les propriétés nécessaires du géotextile.

4.4 Caractéristiques

Le tableau ci-dessous énumère, les caractéristiques à spécifier suivant les fonctions. Il constitue avec le tableau 4.2 "Fonctions appropriées selon les différentes applications", la première étape dans l'aide au concepteur pour définir les propriétés requises des géotextiles.

Caractéristiques	Méthode	Sépara- tion	Filtration	Drainage	Protec- tion	Renforce- ment
Résistance à la traction	NF EN ISO 10319	O	O	O	O	O
Déformation à l'effort de traction maximale	NF EN ISO 10319	O	O	O	O	O
Poinçonnement statique (test CBR)	NF EN ISO 12236	O	O	O	O	O
Perforation dynamique	NF EN ISO 13433	O	O	O	O	O
Poinçonnement	NF G 38019	O	O	O	O	O
Abrasion	NF EN ISO 13427	S	S			S
Caractéristiques de frottement	NF EN ISO 12957	S	S	S	S	O
Fluage en traction	NF EN ISO 13431					O
Fluage en compression	NF EN ISO 25619				S	
Efficacité de protection	NF EN 13719				O	
Résistance au poinçonnement pyramidal	NF EN 14574				O	
Ouverture de filtration	NF EN ISO 12956	O	O			
Perméabilité normalement au plan	NF EN ISO 11058	O	O			
Capacité de débit dans le plan	NF EN ISO 12958			O		
Résistance aux agents climatiques	NF EN 12224	O	O	S	O	O
Autre durabilité chimique et biologique		S	S	S	S	S

Tableau 4.3: Caractéristiques appropriées selon les fonctions requises

O = Obligatoire dans tous les cas

S = Parfois appropriée selon les conditions d'utilisation

5 Fonctions, des géotextiles - en détails

5.1 Introduction

Pour une fonction donnée, 3 types de caractéristiques doivent être prises en compte pour mener à bien un dimensionnement complet (voir figure 5.1):

- Caractéristiques fonctionnelles
- Caractéristiques liées à la résistance à l'endommagement au cours de la mise en œuvre et pendant toute la durée de service
- Caractéristiques liées aux aspects de durabilité du géotextile

Fonctions	Caractéristiques fonctionnelles du géotextile
1. Séparation (Propriétés de rétention de sol du géotextile)	Ouverture de filtration
2. Filtration (Perméabilité à travers le géotextile)	Perméabilité à l'eau normalement au plan
3. Drainage (Capacité drainante du géotextile)	Capacité de débit dans le plan
4. Protection (Efficacité de protection du géotextile)	Efficacité de protection, résistance au poinçonnement pyramidal
Résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service	Caractéristiques du géotextile
5. Résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service	Résistance à la traction et à l'allongement, indice d'énergie absorbée, poinçonnement CBR, etc.
Durabilité	Caractéristiques du géotextile
6. Durabilité	Résistance aux agents climatiques, durée de service prévue, résistance chimique, etc.

Tableau 5.1: 3 types de caractéristiques essentielles pour le dimensionnement des géotextiles

Les caractéristiques fonctionnelles appropriées pour chacune des fonctions sont développées dans les paragraphes suivants. Les caractéristiques liées à la résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service ainsi que les aspects de durabilité sont décrits en détail respectivement dans les chapitres 6 et 7.

5.2 Séparation et filtration



5.2.1 Séparation

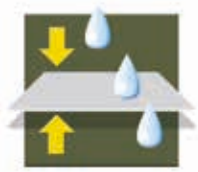
Prévention du mélange de sols différents adjacents et/ou de matériaux de remblai par l'utilisation d'un géotextile.

Dans le tableau ci-dessous, la caractéristique principale décrivant la fonction de séparation est mise en évidence. Il s'agit de l'ouverture de filtration. La fonction séparation n'est jamais spécifiée seule car les exigences hydrauliques doivent toujours être prises en compte.



Fonctions	Caractéristiques fonctionnelles du géotextile
1. Séparation (Propriétés de rétention de sol du géotextile)	Ouverture de filtration

Tableau 5.2: Caractéristique de séparation d'un géotextile



5.2.2 Filtration

Retenue de sol ou d'autres particules soumises à des forces hydrodynamiques tout en permettant le passage des fluides dans ou à travers un géotextile.

L'ouverture de filtration d'un géotextile a pour but de retenir le squelette du sol tout en permettant la libre circulation de l'eau et en rendant possible la séparation de deux couches pendant l'activité hydraulique. La migration des couches, qui réduirait la capacité portante de la construction, est de ce fait évitée. L'écoulement d'eau est maintenu avec une perte minimale de pression.

Dans le tableau ci-dessous, les caractéristiques principales décrivant les fonctions filtration et séparation sont énumérées.



Fonctions	Caractéristiques fonctionnelles du géotextile
1. Séparation (Propriétés de rétention de sol du géotextile)	Ouverture de filtration
2. Filtration (Perméabilité à travers le géotextile)	Perméabilité à l'eau normalement au plan

Tableau 5.3: Caractéristiques de filtration et de séparation d'un géotextile

Il existe diverses théories traitant de ce sujet. Différents auteurs ont décrit leurs propres règles de dimensionnement relatives aux caractéristiques de granulométrie du sol et aux valeurs caractéristiques attribuées aux géotextiles. Les lignes principales sont énoncées ci-après ainsi qu'un résumé des critères de filtre établit par des experts les plus mondialement connus.

Filtre naturel / effet voûte

L'ouverture de filtration d'un géotextile efficace doit être assez petite pour retenir les plus grosses particules du sol afin d'en empêcher l'érosion. Un certain pourcentage de particules de sol inférieures à la plus grande ouverture du géotextile est généralement admis, ainsi qu'une perte de ces petites particules à travers le géotextile. Cette perte s'arrêtera après un certain temps en raison de la formation d'un filtre naturel. Un filtre naturel est une couche granulaire dont les particules les plus fines ont été éliminées et donc les grosses particules restantes agissent comme un filtre dans le sol. Cela est également décrit comme un réseau de voûtes des particules.

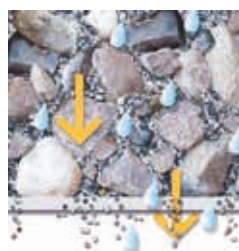
Le géotextile travaille comme un catalyseur. Il favorise l'équilibre des particules après avoir éliminé les particules les plus fines en introduisant un espace d'auto-filtration (voûtes) à l'interface.

Les exigences fonctionnelles d'un filtre géotextile peuvent être exprimées de la façon suivante:

- Laisser passer les fines particules instables du sol à travers le géotextile.
- Stabiliser les grosses particules du sol en construisant un filtre naturel.
- Maintenir une perméabilité suffisante pendant la durée de vie de l'ouvrage.



Fines particules instables dans la structure initiale du sol.



Les fines particules instables passent à travers le filtre géotextile.



L'apparition de petites voûtes dans le sol crée une structure stable.

5.2.3 Dimensionner un filtre géotextile

Lors du dimensionnement d'un filtre géotextile, toutes les caractéristiques du tableau ci-dessous doivent être prises en compte.

Fonctions	Caractéristiques fonctionnelles du géotextile
1. Séparation (Propriétés de rétention de sol du géotextile)	Ouverture de filtration
2. Filtration (Perméabilité à travers le géotextile)	Perméabilité à l'eau normalement au plan
Résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service	Caractéristiques du géotextile
5. Résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service	Résistance à la traction et à l'allongement, indice d'énergie absorbée, poinçonnement CBR, etc.
Durabilité	Caractéristiques du géotextile
6. Durabilité	Résistance aux agents climatiques, durée de service prévue, résistance chimique, etc.

Tableau 5.4: Caractéristiques d'un filtre géotextile

Les points 1 et 2 se rapportent au dimensionnement spécifique du filtre tandis que les points 5 et 6 sont liés aux conditions d'installation et de service, ainsi qu'à la durée de vie prévue du produit. Les propriétés hydrauliques requises sont décrites ci-après. La résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service de l'ouvrage sont développés dans le chapitre 6. Les aspects de durabilité sont détaillés dans le chapitre 7.

Critère de perméabilité

Il est évident que la perméabilité du géotextile doit être plus importante que celle du sol. Le coefficient de perméabilité normalement au plan du géotextile doit être supérieur à celle du sol, incluant un facteur de sécurité, FDS:

$$k_{\text{géotextile}} > \text{FDS} \cdot k_s$$

$k_{\text{géotextile}}$ est le coefficient de perméabilité du géotextile

k_s est le coefficient de perméabilité du sol

FDS est un facteur de sécurité

La perméabilité des géotextiles est normalement exprimée par l'indice de vitesse V_{H50} mesuré suivant la norme NF EN ISO 11058 en utilisant une charge hydraulique de 50 mm. Le principe de cet essai, selon la méthode avec manomètre est schématisé ci-dessous:

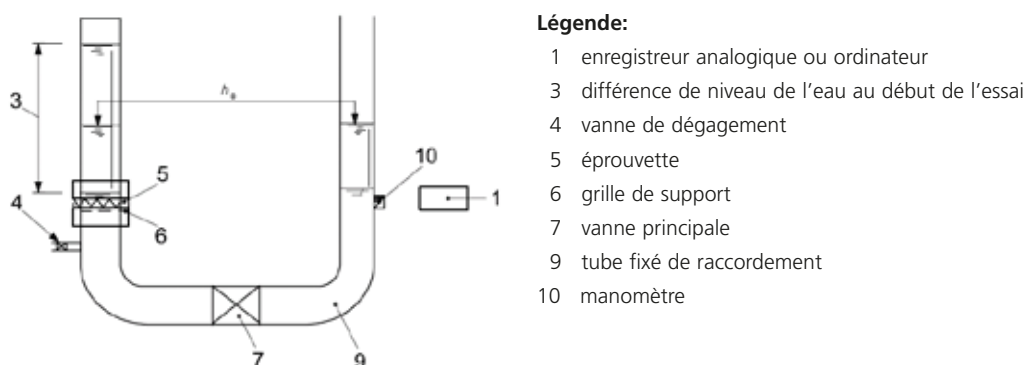


Figure 5.5: Principe de l'essai de l'indice de vitesse (NF EN ISO 11058) selon la méthode de la chute d'eau

En utilisant la loi de Darcy, le critère de perméabilité peut être exprimé:

$$V_{H50, \text{géotextile}} > FDS \cdot k_s \cdot i_s$$

- $V_{H50, \text{géotextile}}$ est l'indice de vitesse mesuré sur le géotextile
 k_s est le coefficient de perméabilité du sol
 i_s est le gradient hydraulique dans le sol
FDS est le facteur de sécurité couvrant des incertitudes concernant:
- le niveau de la charge hydraulique
 - le type de structure
 - la situation hydraulique
 - la réduction de la perméabilité pendant la durée de vie par exemple causée par une obstruction mécanique et chimique

Dans le guide CFG « recommandations pour l'emploi des géosynthétiques dans les systèmes de drainage et de filtration » de 2014 le facteur FDS qui est fonction du type d'ouvrage est dimensionné (cf tableau 5.6).

Types d'ouvrage	Critère de perméabilité
Pour les ouvrages de classe de conséquence élevée (barrages en terre, par exemple)	$V_{H50} > 10^3 k_s \cdot i_s$
Autres ouvrages (tranchée drainante, drainage talus et versants)	$V_{H50} > 10^2 k_s \cdot i_s$
Dans le cas de sables propres	$V_{H50} > 10 k_s \cdot i_s$

Tableau 5.6: Valeur de FDS en fonction du type d'ouvrage - Recommandations pour l'emploi des géosynthétiques dans les systèmes de drainage et de filtration – guide CFG 2014

Le tableau 5.7 donne des ordres de grandeur de perméabilité des sols en fonction de leurs natures et de leur granulométrie.

Classification des sols	Perméabilité
Limon	Sol à faible perméabilité $k = 10^{-5}$ à 10^{-6} m/s
Argile, argile fine	Sol à très faible perméabilité $k = 10^{-6}$ à 10^{-13} m/s
Sables argileux (Granulométrie $C_u < 6$)	Sol à très faible perméabilité $k = 10^{-6}$ à 10^{-13} m/s
Sables argileux (Granulométrie $C_u \geq 6$)	Sol à très faible perméabilité $k = 10^{-6}$ à 10^{-13} m/s
Sable (Granulométrie $C_u < 6$)	Sol perméable $k = 10^{-4}$ à 10^{-5} m/s
Sable (Granulométrie $C_u \geq 6$)	Sol perméable $k = 10^{-4}$ à 10^{-5} m/s
Gravier	Sol très perméable $k = 10^{-2}$ à 10^{-4} m/s

Tableau 5.7: Indice de vitesse type requis du géotextile selon la classification des sols

Critère de non rétention des fines

Pour les sols comportant des fines (graves polluées, sables peu argileux...) le filtre géotextile doit laisser passer les éléments fins tout en retenant le squelette. Cette condition fixe un minimum concernant l'ouverture de filtration O_{90} du géotextile.

$$O_{90} \geq 63\mu\text{m}$$

O_{90} est l'ouverture de filtration d'un géotextile. Elle est exprimée en μm (micromètre) et donne le diamètre des particules pouvant traverser le géotextile. Elle est mesurée par un tamisage humide d'un mélange de sol défini et $d_{90\%}$ du matériau passant à travers le géotextile = O_{90}

Critère de rétention du squelette

Pour assurée la rétention du squelette du sol, on compare l'ouverture de filtration O_{90} du géosynthétique à la dimension « d_c » représentative des particules constituant le squelette.

- Sol à granulométrie peu étalée ($C_u < 6$):
la dimension représentative est conventionnellement définie par le d_{85} du sol à filtrer
- Sol à granulométrie étalée ($C_u \geq 6$):
la dimension représentative est conventionnellement définie par le d_{50} du sol à filtrer

Notes:

C_u est de coefficient d'uniformité du sol $C_u = d_{60}/d_{10}$

d_{xx} correspond au diamètre des grains pour un passant de XX%

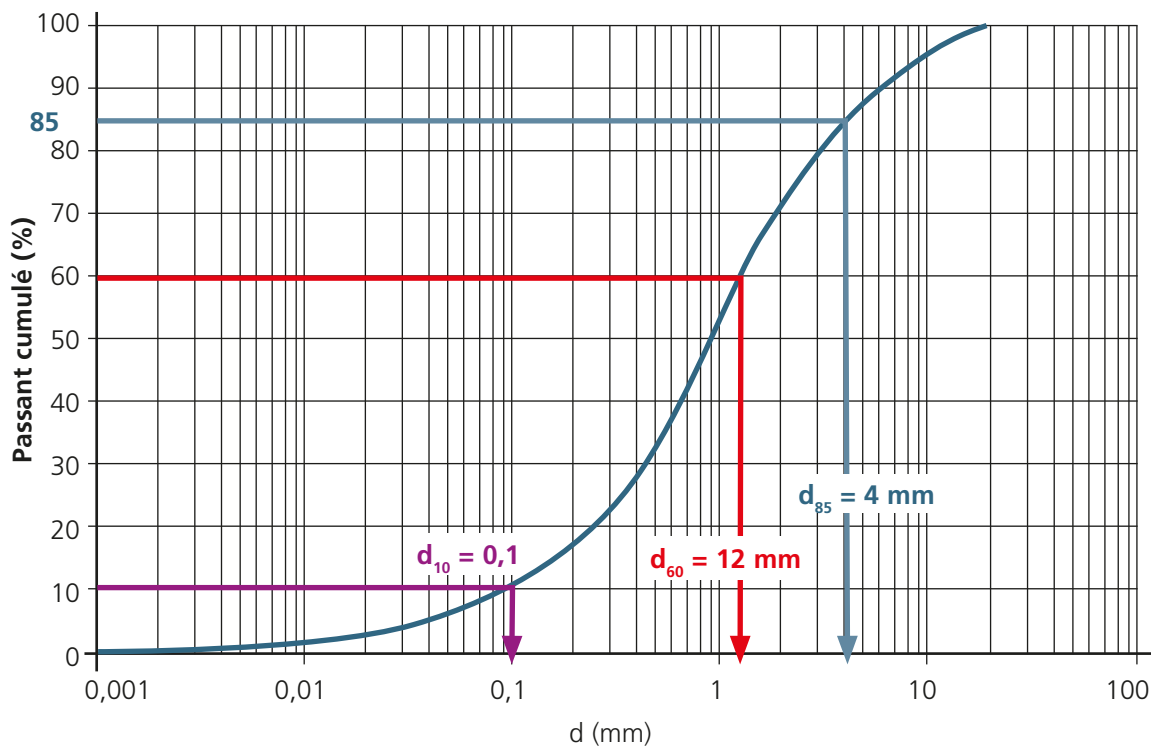


Figure 5.8: Exemple de sol continu et étalé ($C_u=12$)

Cette valeur d_c est affectée à un coefficient C lié au type d'écoulement, à la granulométrie du sol à sa compacité et à la fonction du géosynthétique.

$$63\mu\text{m} \leq O_{90} \leq C \cdot d_c$$

Le coefficient C est le produit de 4 facteurs :

$$C = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4$$

C₁ prend en compte l'influence de la répartition granulaire

Granulométrie continue et étalée C₁=1.00

Granulométrie discontinue ou étroite C₁= 0.80

C₂ prend en compte la compacité du sol à filtrer

Sol lâche ou non confiné (travaux de déblai, tranchées drainantes) C₂=0.80

Sol compact et confiné (contrainte >10kPa) C₂=1.25

C₃ prend en compte l'influence du gradient hydraulique i_s au voisinage du géosynthétique

Gradient hydraulique faible i_s<5 C₃=1.00

Gradient hydraulique élevé i_s≥5 C₃=0.80

Ecoulement alterné (protection de berge) C₃=0.60

Les gradients types dans les applications de génie civil sont énumérés dans le tableau 5.9.

Applications	Gradients hydrauliques types i _s
Tranchée drainante	1
Drainage vertical	1,5
Fossés	1
Système de collecte et d'évacuation de lixiviat dans les installations de stockage de déchets	1,5
Système de collecte et d'évacuation des eaux de surfaces dans les installations de stockage de déchets	1,5
Drainage en pied de barrage	2
Barrage en terre	3 à 10
Protection de canaux	1
Protection de berges	>5

Tableau 5.9: Gradients hydrauliques types dans le génie civil (Giroud J.P., 1996. *Filtres granulaires et filtres géotextiles dans le génie civil*)

C₄ prend en compte la fonction du géosynthétique

Fonction de filtre seul C₄=1.00

Fonction de filtre+drain C₄=0.30

Notes:

Pour les sols cohérents si cette règle conduit à une valeur O₉₀ <80μm on retient 63μm≤O₉₀≤80μm

Pour les sols non cohérents si cette règle conduit à une valeur O₉₀ <63μm, on sort du domaine d'application de la règle. Lorsqu'un ouvrage traverse plusieurs type de sol à filtrer, on prend en compte le sol ayant la granulométrie la plus fine.

5.2.4 Dimensionner un filtre géotextile

Une tranchée drainante traditionnelle doit être conçue en utilisant le géotextile approprié quant aux propriétés de filtration et de séparation (Figure 5.10).

Une analyse par tamisage a été faite sur le sol environnant avec des résultats qui sont présentés sur la figure 5.11.

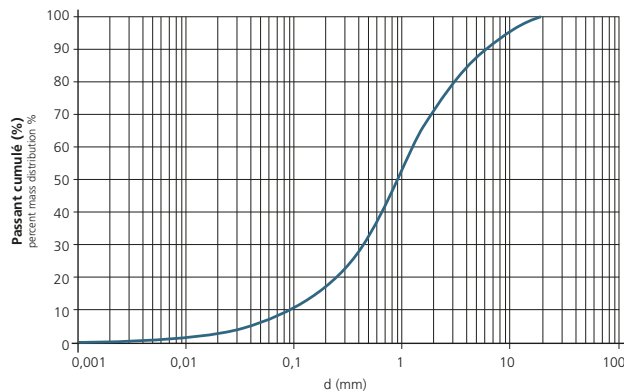


Figure 5.11: Courbe granulométrique du sol à filtrer

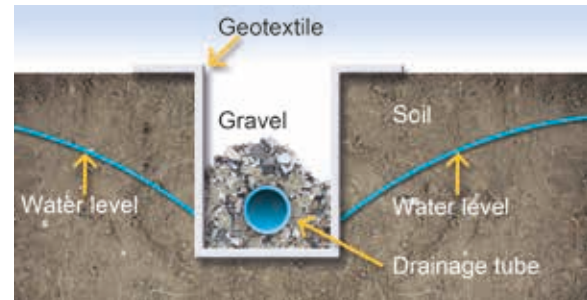


Schéma 5.10: Mise en œuvre d'une tranchée drainante

Légende:

Water level	- Niveau d'eau
Geotextile	- Géotextile
Gravel	- Gravier
Soil	- Sol
Drainage tube	- Drain

Hypothèse de calcul

Le sol est un sable à granulométrie $U = d_{60}/d_{10} = 1,2/0,1 = 12$ c'est-à-dire >6 et $d_{50}=0.85\text{mm}$

La courbe granulométrie du sol à filtrer met en avant un passant à $80\mu\text{m}$ inférieur à 10%.

Nous considérons ce matériau comme un sable peu argileux (sable propre).

A partir du tableau 5.7, la perméabilité du sol peut être estimée à 10^{-5} m/s .

Le tableau 5.9 donne un gradient hydraulique i_s de 1 pour ce type d'ouvrage.

Critère de perméabilité

Il s'agit d'un ouvrage courant dont le sol à filtrer est un sable propre

$$V_{H50} \geq 10 \cdot k_s \cdot i_s$$

La perméabilité minimum du géosynthétique V_{H50} min se trouve être $1 \cdot 10^{-4}\text{ m/s}$.

Critère de non rétention des fines

$$O_{90} \geq 63\mu\text{m}$$

Critère de rétention du squelette du sol

Compte tenu des hypothèses de calcul, les facteurs correctifs sont :

Granulométrie continue $C_1=1.00$

Sol lâche ou non confiné (tranchées drainantes) $C_2=0.80$

Gradient hydraulique faible $i_s < 5$ $C_3=1.00$

Fonction de filtre seul $C_4=1.00$

Donc l'ouverture de filtration du géosynthétique doit être entre $63\mu\text{m} \leq O_{90} \leq 680\mu\text{m}$

5.2.5 Exemple – Travaux hydrauliques

Une protection côtière conçue avec des enrochements et un géotextile de séparation et de filtration doit être mise en œuvre comme montré sur le schéma ci-contre.

Le géotextile de filtration et de séparation est placé entre les enrochements d'un poids supérieur à 400 kg et le sol support qui se compose de sable argileux à granulométrie étroite de $C_u = d_{60}/d_{10} < 6$ et $d_{85}=150\mu\text{m}$.

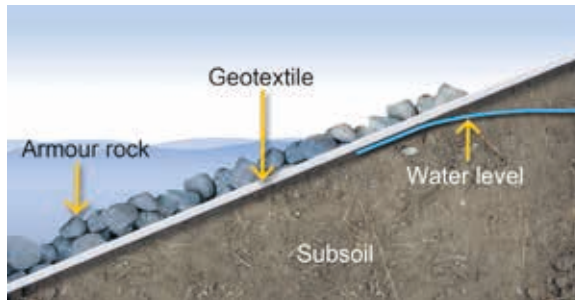


Schéma 5.12: Protection côtière utilisant des enrochements et du géotextile

Légende:

- Armour rock - Enrochements
- Geotextile - Géotextile
- Subsoil - Sol sous-jacent
- Water level - Niveau d'eau

Hypothèse de calcul

Le sol est un sable à granulométrie $U = d_{60}/d_{10} < 6$ et $d_{85}=150\mu\text{m}$

A partir du tableau 5.7, la perméabilité d'un sable argileux peut être estimée à $k_s=10^{-6}\text{m/s}$.

Le tableau 5.9 donne un gradient hydraulique i_s de 5 pour ce type d'ouvrage.

Critère de perméabilité

Il s'agit d'un ouvrage courant dont le sol à filtrer est un sable argileux

$$V_{H50} \geq 10^2 \cdot k_s \cdot i_s$$

V_{H50} min. suivant la norme NF EN ISO 11058 se trouve être : $\text{Min } V_{H50} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

Critère de non rétention des fines

$$O_{90} \geq 63\mu\text{m}$$

Critère de rétention du squelette du sol

Compte tenu des hypothèses de calcul, les facteurs correctifs sont :

Granulométrie étroite $C_1=0.80$

Sol lâche ou non confiné (enrochement de 400kg uniquement) $C_2=0.80$

Ecoulement alterné (protection de berge) $C_3=0.60$

Fonction de filtre seul $C_4=1.00$

$$\text{On obtient } O_{90} \leq 0.8 \times 0.8 \times 0.6 \times 1 \times 150\mu\text{m} = 57\mu\text{m}$$

Le sable étant argileux on estime que le matériaux est cohérent donc on retient $O_{90} \leq 80\mu\text{m}$

$$\text{Donc } 63\mu\text{m} \leq O_{90} \leq 80\mu\text{m}$$



5.2.6 Méthode de dimensionnement Fibertex

En raison des différentes spécifications nationales, des certifications qualité et des lignes directrices de dimensionnement, les classes et les caractéristiques exigées peuvent être différentes d'un pays à l'autre. Dans ce cas, ces exigences remplaceront celles calculées à l'aide des méthodes de cette note.

L'outil de calcul qui peut être utilisé sur www.fibertex.com pour un dimensionnement complet doit inclure des exigences de résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service ainsi que des propriétés de durabilité.

5.3 Drainage



5.3.1 Capacité drainante d'un géotextile

Collecte et transport des eaux de pluie, souterraines et/ou d'autres fluides dans le plan du géotextile

Caractéristiques décrivant la fonction drainage:



Fonctions	Caractéristiques fonctionnelles du géotextile
3. Drainage (Capacité drainante du géotextile)	Capacité de débit dans le plan

Tableau 5.13: Caractéristique de drainage d'un géotextile

En plus de la fonction de drainage, les fonctions de filtration et de séparation sont souvent également nécessaires afin de collecter l'eau du sol environnant.

Capacité de débit dans le plan du géotextile $q_{\text{géotextile}}$

La capacité de débit dans le plan du géotextile est mesurée conformément à la norme NF EN ISO 12958 (Figure ci-dessous). Les mesures sont faites à différents gradients hydrauliques et en utilisant différents niveaux de contraintes de compression normale.

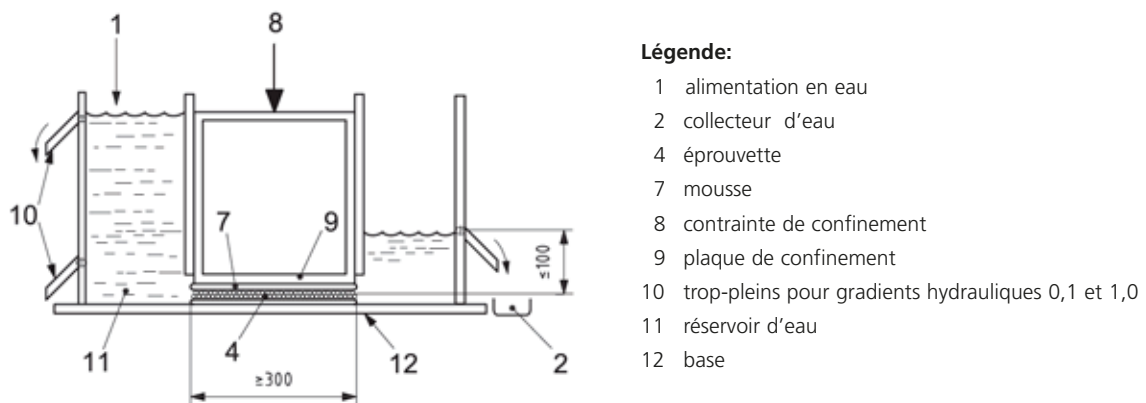


Figure 5.14: Fonctionnement principal de l'essai de capacité de débit dans le plan suivant la norme NF EN ISO 12958.

5.3.2 Dimensionnement d'un géotextile drainant

Lors du dimensionnement complet d'un géotextile drainant, toutes les caractéristiques ci-dessous doivent être spécifiées.

Fonctions	Caractéristiques fonctionnelles du géotextile
1. Séparation (Propriétés de rétention de sol du géotextile)	Ouverture de filtration
2. Filtration (Perméabilité à travers le géotextile)	Perméabilité à l'eau normalement au plan
3. Drainage (Capacité drainante du géotextile)	Capacité de débit dans le plan
Résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service	Caractéristiques du géotextile
5. Résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service	Résistance à la traction et à l'allongement, indice d'énergie absorbée, poinçonnement CBR, etc.
Durabilité	Caractéristiques du géotextile
6. Durabilité	Résistance aux agents climatiques, durée de service prévue, résistance chimique, etc.

Tableau 5.15: Caractéristiques de drainage et de filtration d'un géotextile

Les points 1 et 2 sont liés au dimensionnement du filtre tandis que les points 5 et 6 se rapportent aux conditions d'installation et de service, ainsi qu'à la durée de vie prévue du produit. Le dimensionnement du drainage (point 3) est décrit ci-après. Les aspects de durabilité sont détaillés dans le chapitre 7. La résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service est développée dans le chapitre 6.

Capacité de débit requise par unité de largeur, q_{design}

La capacité de débit dans le plan requise est calculée sur la base de la quantité d'eau à drainer. Elle correspond au débit volumique de l'eau, dans un temps donné, par unité de largeur dans le plan du géotextile.

La capacité de débit dans le plan nécessaire q_{design} , peut être trouvée ainsi:

$$q_{\text{design}} = \frac{Q}{l \cdot i} = \Theta \cdot i$$

où:

Q = débit d'eau à drainer dans la pleine largeur du drain [m³/sec]

l = largeur du drain [m]

i = gradient hydraulique (h/l) = $\sin \beta$ voir Figure 5.16. Là où $i = 1$ pour les drains verticaux.

Θ = Transmissivité [m²/s]

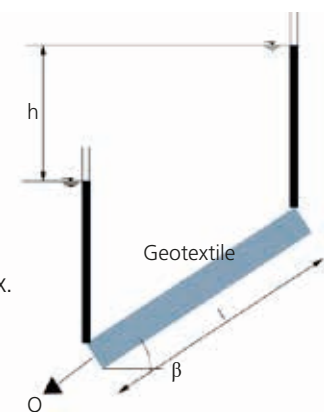


Figure 5.16: Calcul du gradient hydraulique pour les drains inclinés

Le critère de dimensionnement général peut être exprimé ainsi:

$$q_{\text{géotextile}} > \text{FDS} \cdot q_{\text{design}}$$

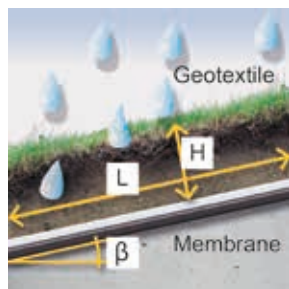
FDS est un facteur de sécurité couvrant des incertitudes relatives à:

- la réduction de la capacité de débit dans le plan pendant la durée de vie à cause par exemple d'un colmatage chimique et biologique
- des déformations locales
- la réduction de la capacité de débit dans le plan pendant la durée de vie à cause par exemple du fluage en compression

Le facteur de sécurité varie en fonction de la contrainte appliquée, du type de filtre, de la structure de l'âme drainante sur une plage de 1,0 à 2,5. On peut estimer ce coefficient via des études spécifiques réalisées en laboratoire agréé COFRAC ou équivalent. A défaut la valeur FDS de 2.5 est retenue.

5.3.3 Exemple – drainage d'une toiture terrasse

Le principe de la structure est donnée dans le schéma ci-dessous représentant une toiture terrasse en pente.



Légende:

- L longueur de la pente
- H hauteur du sol d'apport
- y densité du sol d'apport
- q_{pluie} débit d'eau de pluie
- β angle de pente du géotextile de drainage

Dimensionnement du géotextile quant à la fonction drainage, avec les données suivantes:

$$\begin{aligned} L &= 10 \text{ m} \\ H &= 1,0 \text{ m} \\ y &= 19 \text{ kN/m}^3 \\ q_{\text{pluie}} &= 1 \text{ l/m}^2 \text{ h} \\ i &= 0,01, \beta = 0,6 \end{aligned}$$

Schéma 5.17: Drainage d'une toiture terrasse en pente

Contrainte de compression normale sur le géotextile:

$$\sigma_n = 1,0 \text{ m} \cdot 19 \text{ kN/m}^3 \cos^2 0,6 = 19 \text{ kPa}$$

Capacité de débit dans le plan:

$$q_{\text{design}} = q_{\text{pluie}} \cdot L \cos \beta = 1 \text{ l/m}^2 \text{ h} \cdot 10 \text{ m} \cos 0,6 = 10 \text{ l/m h}$$

Exigence minimale du géotextile, pour un facteur de sécurité FDS souhaité de 2,5, représentatif de l'application:

$$q_{\text{géotextile}}(\sigma_n, i) = q_{\text{géotextile}}(19 \text{ kPa}, 0,01) \geq 2,5 \cdot 10 \text{ l/m h} = 25 \text{ l/m h} \text{ à une contrainte de compression normale de } 19 \text{ kPa} \text{ au minimum et à un gradient de } 0,01.$$

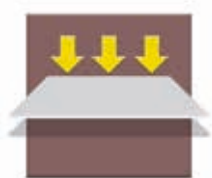
Pour des structures de drainage permanentes, une évaluation du fluage en compression de l'élément de drainage doit être également incluse.

5.3.4 Méthode de dimensionnement Fibertex

En raison des différentes exigences nationales, des certifications qualités et des lignes directrices de dimensionnement, les qualités et les caractéristiques requises peuvent être différentes d'un pays à l'autre. Dans ce cas, ces exigences remplaceront celles calculées à l'aide des méthodes de cette note.

L'outil de calcul qui peut être utilisé sur www.fibertex.com pour un dimensionnement complet doit inclure des critères de résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service ainsi que des propriétés de durabilité.

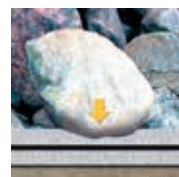
5.4 Protection



5.4.1 Protection

Prévention ou limitation des endommagements localisés d'un élément ou d'un matériau donné par l'utilisation d'un géotextile

Les caractéristiques décrivant la fonction de protection sont énumérées dans le tableau ci-dessous. Les caractéristiques fonctionnelles principales sont l'efficacité de protection et la résistance au poinçonnement pyramidal.



Fonctions	Caractéristiques fonctionnelles du géotextile
4. Protection (Efficacité de protection du géotextile)	Efficacité de protection, résistance au poinçonnement pyramidal

Tableau 5.18: Caractéristiques d'efficacité de protection d'un géotextile

5.4.2 Dimensionnement d'un géotextile de protection

Lors du dimensionnement d'un géotextile de protection, toutes les caractéristiques ci-dessous doivent être prises en compte.

Fonctions	Caractéristiques fonctionnelles du géotextile
4. Protection (Efficacité de protection du géotextile)	Efficacité de protection, résistance au poinçonnement pyramidal

Résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service	Caractéristiques du géotextile
5. Résistance à l'endommagement lors de la mise en œuvre et pendant la durée de service	Résistance à la traction et à l'allongement, indice d'énergie absorbée, poinçonnement CBR, etc.

Durabilité	Caractéristiques du géotextile
6. Durabilité	Résistance aux agents climatiques, durée de service prévue, résistance chimique, etc.

Tableau 5.19: Caractéristiques d'un géotextile dimensionné pour la fonction protection

Le point 4 se rapporte directement à la capacité de protection du produit. Les points 5 et 6 se réfèrent aux conditions d'installation et de service, ainsi qu'à la durée de vie prévue du produit. Les caractéristiques hydrauliques du produit sont souvent importantes. Le dimensionnement relatif à la filtration et la séparation se trouve dans le chapitre 5.1 tandis que le dimensionnement concernant le drainage est décrit dans le chapitre 5.2. Pour la fonction "protection", les propriétés mécaniques sont essentielles. Le géotextile doit résister et distribuer toute pression locale de la couche supérieure, en assurant que le matériau protégé ne soit pas défaillant.

Depuis plusieurs années, diverses études ont été menées sur le terrain pour définir les caractéristiques du géotextile les plus importantes pour la protection de la géomembrane. Pour les dimensionnements, différentes méthodes sont utilisées et elles sont souvent basées sur un savoir-faire empirique. Les propriétés mécaniques du géotextile de protection, ci-contre énumérées, font partie des caractéristiques les plus importantes:

- Résistance à la traction et allongement à la rupture, exprimé en indice d'énergie absorbée [kJ/m] suivant la norme NF EN ISO 10319
- Résistance au poinçonnement statique (CBR-test) [N] suivant la norme NF EN ISO 12236
- Perforation dynamique (test de chute de cône) [mm] suivant la norme NF EN ISO 13433

Afin d'éviter d'utiliser les caractéristiques d'épaisseur ou de masse surfacique, qui sont mal adaptées par rapport à l'efficacité de protection réelle, deux caractéristiques de "protection" ont été définies dans les normes harmonisées pour spécifier les caractéristiques fonctionnelles:

- Efficacité de protection à différentes charges [%] suivant la norme NF EN 13719
- Résistance au poinçonnement pyramidal [N] suivant la norme NF EN 14574

Pour les grands projets de décharge, l'efficacité de protection est souvent évaluée, en testant le géotextile en même temps que la géomembrane à utiliser.

Efficacité de protection suivant la norme NF EN 13719

Cette méthode, comme montrée ci-contre, évalue la capacité du géotextile à protéger la géomembrane. Une plaque de plomb est placée sous le géotextile. Différentes charges sont appliquées et les déformations de la plaque de plomb sont mesurées. L'efficacité du géotextile de protection est calculée à partir du niveau de déformations.

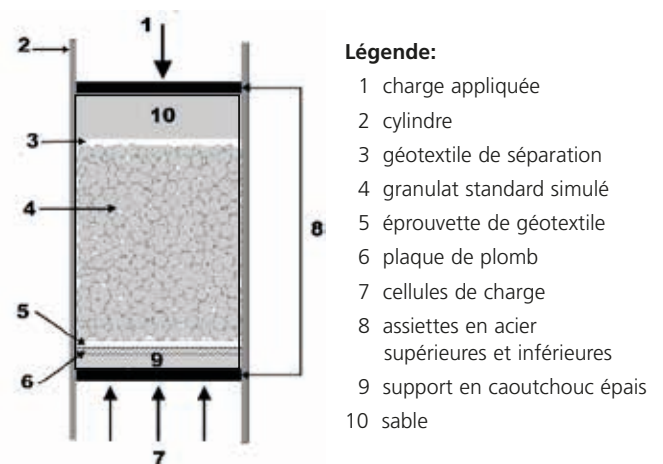


Figure : 5.20: Fonctionnement principal de l'essai d'efficacité de protection suivant la norme NF EN13719.

Résistance au poinçonnement pyramidal suivant la norme NF EN 14574

Une éprouvette est disposée à plat sur une plaque en aluminium supportée par un socle en acier lui-même maintenu dans une machine d'essai de traction/compression. Une force est exercée au centre de l'éprouvette au moyen d'un poinçon en acier plein de forme pyramidale, relié à un capteur de force, jusqu'à perforation de cette éprouvette. L'effort d'enfoncement enregistré est jugé représentatif de l'efficacité de protection de l'éprouvette. La méthode d'essai est montrée ci-contre.

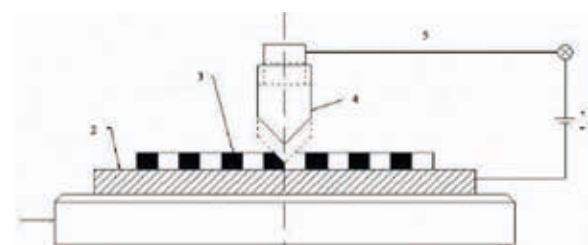


Figure 5.21:
Fonctionnement principal
de l'essai de résistance
au poinçonnement pyramidal suivant la norme
NF EN 14574

En utilisant les caractéristiques énumérées dans la figure 5.19, les principales caractéristiques des géotextiles de protection peuvent être définies, en ajoutant un nombre de facteurs de correction selon les conditions de mise en œuvre et d'utilisation:

$$Car_{requis} = Car_{base} \cdot \prod_{i=1}^X FC_X$$

Car_{base} = Exigence de base configurée pour les géotextiles utilisés en protection (représente les exigences minimales du produit une fois mis en œuvre).

FC_X = Facteur de correction approprié pour l'application et la mise en œuvre spécifiques

Pour les géotextiles de protection, les exigences de base suivantes sont définies ci-dessous:

			Exigences de base
Résistance moyenne à la traction	NF EN ISO 10319	(kN/m)	20
Allongement moyen à l'effort maximal	NF EN ISO 10319	(%)	min 50%
Energie absorbée	NF EN ISO 10319	(kN/m)	5,0
Poinçonnement statique (test CBR)	NF EN ISO 12236	(N)	2500
Perforation dynamique (chute de cône)	NF EN ISO 13433	(mm)	20
Efficacité de protection	NF EN 13719	(%)	4
Résistance poinçonnement pyramidal	NF EN 13474	(N)	200

Tableau 5.22: Exigences de base d'un géotextile de protection

Les facteurs de correction sont estimés en fonction de:

FC (Dimension et forme du matériau de contact, niveau de pression exercée par le recouvrement) Avec les facteurs ainsi énumérés.

FC_1 = Facteur pour la dimension du matériau de contact:

Facteur de corr. FC_1	Matériau de contact d_{max} (mm)
1	$d_{max} \leq 8$ mm
1,2 (0,83)	$d_{max} \leq 32$ mm
1,4 (0,71)	$d_{max} \leq 64$ mm

FC_2 = Facteur pour la forme du matériau de contact:

Facteur de corr. FC_2	Matériau de contact (-)
1	Roulé
1,25 (0,8)	Concassé

FC_3 = Facteur pour la pression normale de la structure protectrice:

Facteur de corr. FC_3	Pression de recouvrement σ en kPa (kN/m ²)
1	$\sigma \leq 100$
1,3 (0,77)	$100 < \sigma \leq 250$
1,6 (0,625)	$250 < \sigma \leq 400$

Les valeurs entre parenthèses doivent être utilisées pour les caractéristiques où une valeur maximale est demandée: perforation dynamique (chute de cône), efficacité de protection.

5.4.3 Méthode de dimensionnement Fibertex

De cette façon, une méthode générale et bien définie est établie. Les facteurs de correction appliqués sont considérés comme paramètres les plus importants influant sur les exigences du produit. Étant donné que le type de géomembrane n'est pas connu ou spécifié, la qualité de la géomembrane utilisée doit être prise en compte, en incluant toutes les exigences spécifiques fixées par le fournisseur de la géomembrane.

Cette approche doit être considérée comme une ligne directrice appliquée pour des ouvrages courants. Une évaluation détaillée demandera davantage de connaissances relatives aux propriétés spécifiques de la géomembrane utilisée et aux niveaux acceptables de déformations pendant la durée de service prévue.

En raison des spécifications fixées par les fournisseurs de géomembranes ainsi que des exigences nationales, des certifications qualité et des lignes directrices de dimensionnement, les qualités et les caractéristiques requises peuvent être différentes des spécifications calculées à l'aide de cette note. Dans ce cas, ces exigences remplaceront celles utilisant les méthodes de cette note.

5.4.4 Exemple – géotextile de protection d'une géomembrane dans une installation de stockage de déchets

En protection d'une géomembrane PEHD en fond d'installation de stockage de déchets d'une profondeur potentielle de 20 m, un géotextile doit être dimensionné. Une couche drainante composée de pierres de drainage roulées d'un diamètre supérieur à 32 mm se trouve au dessus du géotextile de protection. La densité des déchets = 11 kN/m³

Le sol sous la géomembrane est un sable argileux fin roulé avec un $d_{\max}$ inférieur à 4 mm.

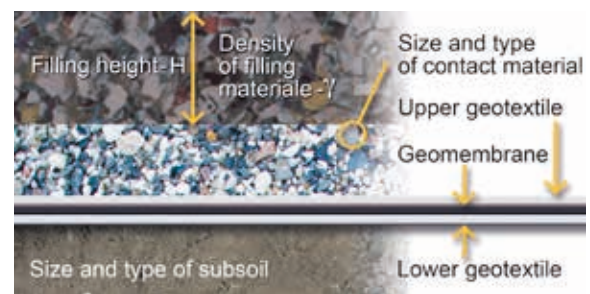


Schéma 5.23: Géotextile utilisé en protection dans une installation de stockage de déchets

Légende:

Filling height - H	- Hauteur de remplissage
Density of filling material - Y	- Densité de matériau de remplissage
Size and type of subsoil	- Dimension et type du sol sous-jacent
Size and type of contact material	- Dimension et type du matériau de contact
Upper geotextile	- Géotextile supérieur
Lower geotextile	- Géotextile inférieur

Géotextile sur le dessus de la géomembrane:

$$Car_{requis} = Car_{base} \cdot FC_1 \cdot FC_2 \cdot FC_3 = Car_{base} \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = Car_{base} \cdot 1,56$$

Donnant:

			Exigences de base	Avec FC = 1,56 (0,64)
Résistance à la traction moyenne	NF EN ISO 10319	(kN/m)	20	31,2
Allongement à l'effort maximal	NF EN ISO 10319	(%)	min 50%	min 50%
Indice d'Energie	NF EN ISO 10319	(kN/m)	5,0	7,8
Poinçonnement statique (test CBR)	NF EN ISO 12236	(N)	2500	3900
Perforation dynamique (chute de cône)	NF EN ISO 13433	(mm)	20	13
Efficacité de protection	NF EN 13719	(%)	4	2,6
Résistance poinçonnement pyramidal	NF EN 13474	(N)	200	312

Géotextile en-dessous de la géomembrane:

$$Car_{requis} = Car_{base} \cdot FC_1 \cdot FC_2 \cdot FC_3 = Car_{base} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 = Car_{base} \cdot 1,3$$

Donnant:

			Exigences de base	Avec FC = 1,3 (0,77)
Résistance à la traction moyenne	NF EN ISO 10319	(kN/m)	20	26
Allongement à l'effort maximal	NF EN ISO 10319	(%)	min 50%	min 50%
Indice d'Energie	NF EN ISO 10319	(kN/m)	5,0	6,5
Poinçonnement statique (test CBR)	NF EN ISO 12236	(N)	2500	3250
Perforation dynamique (chute de cône)	NF EN ISO 13433	(mm)	20	15
Efficacité de protection	NF EN 13719	(%)	4	3,1
Résistance poinçonnement pyramidal	NF EN 13474	(N)	200	260

6 Endommagement lors de la mise en œuvre et résistance mécanique requise pendant la durée de vie

6.1 Introduction

Lors du dimensionnement d'un géotextile pour une application donnée, la résistance à l'endommagement est très importante. C'est non seulement essentiel lorsque le géotextile mis en œuvre couvre ses fonctions pendant la durée de service, mais également lors de l'installation où les exigences des propriétés mécaniques sont souvent plus élevées que celles requises après la mise en œuvre.

Les propriétés fonctionnelles disponibles comparées à celles requises, en fonction de la durée sont indiquées ci-dessous:

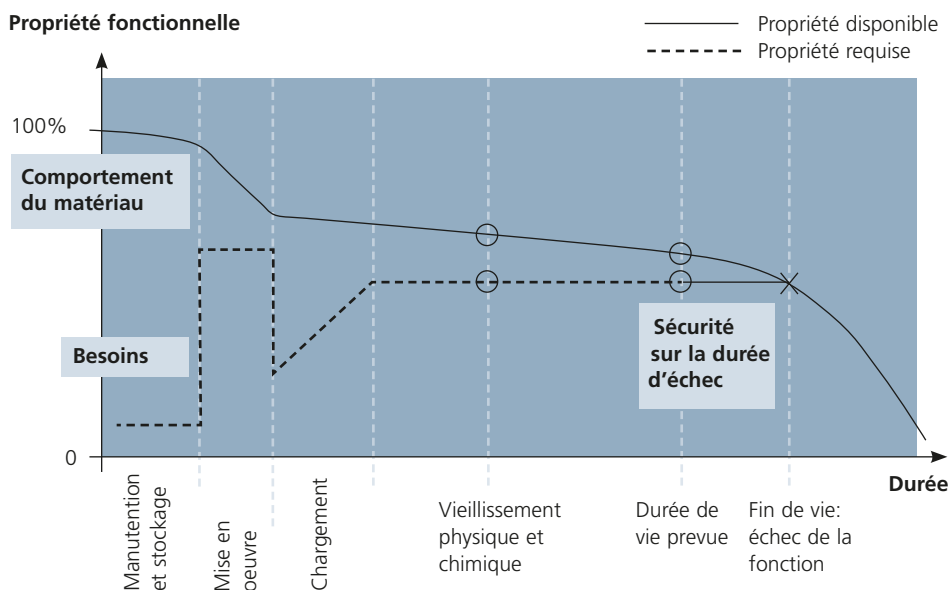


Figure 6.1: Valeurs types disponibles et requises d'une propriété fonctionnelle en fonction de la durée (EN 13434)

Cette figure est une représentation schématique de l'évolution de la propriété disponible d'un matériau en fonction du temps, tel que figurée par la courbe supérieure sur le graphique. La propriété fonctionnelle peut être une propriété mécanique telle que la résistance à la traction ou une propriété hydraulique telle que la perméabilité. Le long de l'axe du temps sont indiqués les événements qui se produisent entre la fabrication du produit et la fin de vie du produit. La courbe inférieure représente les changements dans la propriété requise pendant ces différents successifs événements. La forme illustrée s'applique à une résistance mécanique mais ne serait pas très différente pour une propriété hydraulique.

Un géotextile couvre une ou plusieurs fonctions. Un géotextile endommagé n'assurera plus aucune fonction. Généralement, la plupart des phases critiques dans la vie d'un géotextile sont la mise en œuvre et la construction plutôt que la durée de vie. Le géotextile résistera aux conditions de service s'il a survécu aux effets mécaniques induits au cours de l'installation et de la construction. Voir les photos ci-dessous.



Figure 6.2: Exemples de mise en œuvre demandant une absorption d'énergie élevée par le géotextile

6.2 Indice d'énergie absorbée (Essai de résistance à la traction suivant la norme NF EN ISO 10319)

L'utilisation potentielle de l'absorption d'énergie d'un géotextile est de plus en plus reconnue comme étant l'une des principales caractéristiques décrivant la résistance à l'endommagement. La recherche de plusieurs instituts indépendants démontre qu'il y a une corrélation significative entre la résistance d'un géotextile aux contraintes d'installation et son absorption d'énergie potentielle lorsque que l'on compare les caractéristiques types telles que la résistance à la traction et le poinçonnement statique.

Un géotextile possède un certain potentiel d'absorption d'énergie. Dans le graphique ci-dessous, le potentiel d'absorption d'énergie est représenté par la zone se situant sous la courbe effort/déformation pour la résistance à la traction mesurée suivant la norme NF EN ISO 10319. L'absorption d'énergie (kJ/m² ou kN/m) exprime l'énergie maximale qu'un géotextile peut absorber à une force maximale.

A des fins pratiques, un modèle simplifié pour l'absorption d'énergie tel que décrit dans la figure ci-dessous, est utilisé indépendamment de la forme spécifique de la courbe effort/déformation.

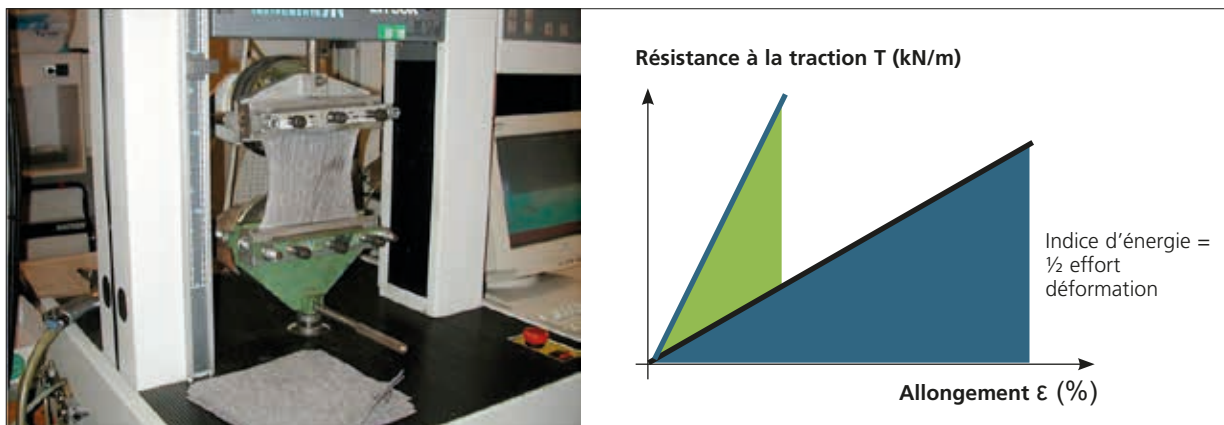


Figure 6.3: Un géotextile peu déformable nécessite davantage de résistance à la traction qu'un géotextile avec un allongement plus élevé pour atteindre la même absorption d'énergie.

6.3 Poinçonnement statique CBR (NF EN ISO 12236)

Le poinçonnement statique (Essai CBR) est également utilisé pour préciser les exigences du géotextile. Il est principalement utilisé pour donner des indications sur le risque d'un endommagement local du géotextile causé par la chute ou la pression de pierres ou de roches.



Figure 6.4: Résistance au poinçonnement statique (essai CBR) comparé à la mise en œuvre sur site

Conformément aux normes européennes d'application, les informations concernant la résistance à la traction et l'allongement suivant la norme NF EN ISO 10319 et la résistance au poinçonnement statique suivant la norme NF EN 12236 sont presque dans tous les cas requises à des fins de spécification.

6.4 Modèle théorique

Plusieurs articles et rapports ont été rédigés ces dernières années. Jusqu'à présent, il n'a pas été possible de paramétrer un modèle théorique complet qui couvre toutes les installations et les variations suivantes:

- Sol support et ses paramètres géotechniques
- Matériau d'apport, taille, poids et forme
- Méthodes de mise en œuvre et engins
- Niveau de compactage et autres forces mécaniques

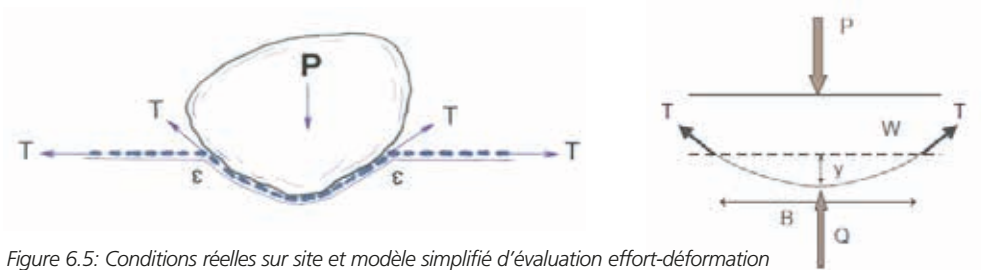


Figure 6.5: Conditions réelles sur site et modèle simplifié d'évaluation effort-déformation

Un modèle théorique simple pour le niveau requis ou approprié de la déformation du géotextile a été suggéré par J.P. Giroud, (1999 - Le concept d'énergie pour les spécifications des géotextiles utilisés comme séparateurs: Théorie et pratique. Compte-rendu des Rencontres 99, Bordeaux, pp. 245-264).

$$1 + \varepsilon = \frac{T}{T_d} \cdot \arcsin\left(\frac{T_d}{T}\right),$$

ε = Déformation du géotextile

T = Traction dans le géotextile

T_d = Charge de traction = $\frac{F}{\pi \cdot B}$, où $F = P + W - Q$

Le calcul de la déformation dans le géotextile utilisant ce modèle montre que les déformations ou les allongements supérieurs à 60% (57,1%) sont à prévoir dans des ouvrages courants.

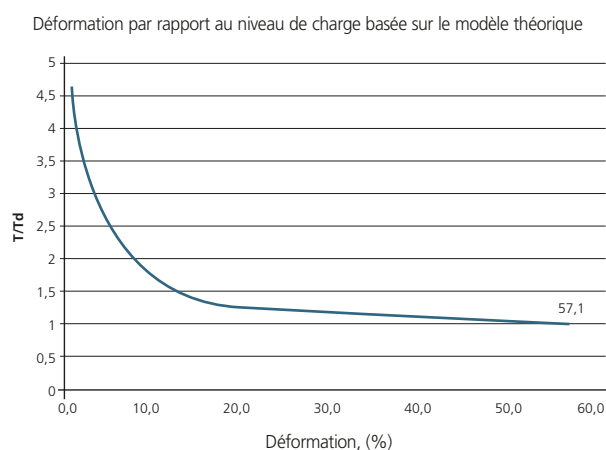


Figure 6.6: Niveau attendu de la déformation requise dans les ouvrages courants

A l'aide du modèle théorique ainsi que des expériences des ouvrages réalisés et des planches d'essais, il est possible de paramétrer des méthodes pratiques acceptables. Cela a été réalisé dans plusieurs guides et cahiers des charges au niveau national.

Aujourd'hui, les exigences spécifiques régionales ou nationales se référant à l'absorption d'énergie ou à l'essai CBR sont appliquées dans les pays nordiques, la Suisse et l'Allemagne, et de nombreux guides de dimensionnements nationaux vont dans cette direction, par exemple en France.

6.5 Approche pratique pour les géotextiles Fibertex

En résumant les différentes méthodes nationales mentionnées ci-dessus, les recommandations générales suivantes peuvent être utilisées pour choisir les caractéristiques mécaniques appropriées du géotextile selon l'application.

Pour toutes les applications, l'exigence principale est l'Absorption d'Energie accompagnée d'une exigence de résistance au poinçonnement CBR. L'Indice d'Energie absorbée requis est paramétré en utilisant les facteurs de correction selon l'application et les méthodes de mise en œuvre:

$$IE_{requis} = IE_{base} \cdot \prod_1^X FC_X$$

IE_{base} = Exigences de base pour l'Indice d'Energie absorbée pour l'application. (Couvre les exigences minimales du produit quand il est mis en œuvre).

FC_1 = Facteur de correction approprié pour l'application et la mise en œuvre spécifique

FC_2 = Facteur de correction approprié pour l'application et la mise en œuvre spécifique

FC_x = Facteur de correction approprié pour l'application et la mise en œuvre spécifique

De cette façon, une méthode générale et bien définie est établie. Les facteurs de correction utilisés sont les paramètres les plus importants qui influent sur les spécifications du produit. Le nombre et la valeur des facteurs de correction peuvent varier d'une application à l'autre. Pour les applications courantes telles que:

- Installation de tranchée drainante
- Séparation et filtration dans les ouvrages hydrauliques telles que les barrages et les petites constructions de protection côtière.
- Séparation et filtration dans la construction de route

Le modèle spécifique utilisant l'Indice d'Energie absorbée a été instauré.

6.6 Méthode de dimensionnement Fibertex

En raison des différentes spécifications nationales, des certifications qualités et des lignes directrices de dimensionnement, les qualités et les caractéristiques requises peuvent être différentes d'un pays à l'autre. Dans ce cas, ces spécifications remplaceront les exigences calculées à l'aide des méthodes de cette note.

L'outil de calcul sur www.fibertex.com utilisé pour un dimensionnement complet doit inclure des exigences de résistance à l'endommagement au cours de la mise en œuvre ainsi que les propriétés de durée de service et de durabilité.

6.7 Installations de tranchée drainante

Après avoir vu dans le chapitre 5.2.4 le dimensionnement fonctionnel d'un géotextile de filtration pour tranchée il est important d'analyser l'incidence de la mise en œuvre sur les paramètres mécaniques à prendre en compte.

Il est évident que le géotextile est très sollicité lors de la mise en œuvre et bien entendu l'agressivité du sol de remplissage et la hauteur de la tranchée auront des incidences majeures sur la résistance du géotextile (cf Figure 6.7).

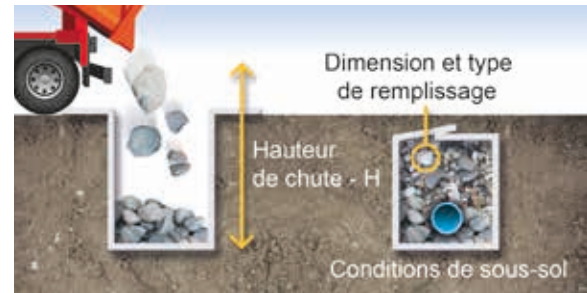


Figure 6.7: Exemple de mise en œuvre d'une tranchée drainante

L'indice d'énergie absorbée est prise en compte pour pouvoir caractériser au mieux la capacité d'un géotextile à encaisser l'endommagement à la mise en œuvre.

L'agressivité du sol est liée essentiellement à sa granulométrie et à la forme des grains. A partir de la classification GTR des sols il est admis de différencier les sols de la manière suivante:

Classe d'agressivité	Peu agressif	Agressif
Classe GTR des sols	A,B,D	C, R
Description	Matériaux fins, sables, graves sableuses alluvionaires,	Matériaux avec de gros éléments $D_{max} < 50\text{mm}$ Tout venant de roches massives

Tableau 6.8: Classification des sols selon leur agressivité (capacité à endommager un géotextile)

En fonction de la profondeur de la tranchée et donc de la hauteur de chute du matériau de remplissage nous pouvons établir le tableau suivant où pour chaque hauteur de chute le choix du géotextile est fonction de l'agressivité du sol de remblai (sol agressif en rouge, sol peu agressif en noir).

Hauteur de la tranchée	
$H < 1\text{m}$	F31 F10
$1 < H < 2\text{m}$	F33 F22
$H > 2\text{m}$	F-46 F-31

Tableau 6.9: Choix du géotextile FIBERTEX en tranchée établi en fonction de l'indice d'énergie absorbée

L'outil de calcul sur www.fibertex.com utilisé pour un dimensionnement complet doit inclure des exigences de résistance à l'endommagement au cours de la mise en œuvre ainsi que les propriétés de durée de service et de durabilité.

6.8 Ouvrages hydrauliques

Après avoir vu dans le chapitre 5.2.5 le dimensionnement fonctionnel d'un géotextile de filtration en ouvrage hydraulique il est primordial d'analyser l'incidence de la mise en œuvre sur les paramètres mécaniques à prendre en compte.

Pour les dimensionnements d'ouvrages hydrauliques types de protection côtière, l'Indice d'Energie absorbée requis a été paramétré en fonction de trois critères.



Figure 6.10: Exemple de travaux hydrauliques de protection côtière

Les 3 paramètres schématisés sur la figure 6.11 sont la portance du sol support, le poids/diamètre de l'enrochement et la manière avec laquelle les enrochements sont mis en œuvre.

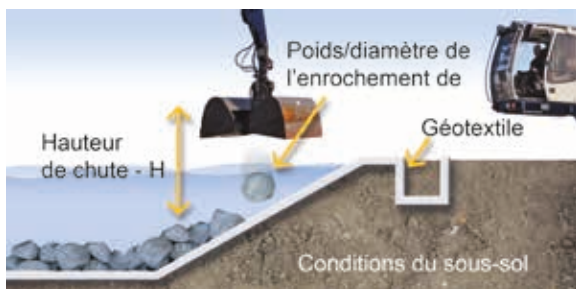


Figure 6.11: Exemple d'une structure hydraulique – conception et mise en œuvre

Le tableau suivant reprend les critères à prendre en compte pour caractériser la portance d'un sol selon le GTR (Guide des terrassements routiers).

	EXAMEN VISUEL (Essieu de 13 Tf)	INDICE PORTANT CBR (1)	MODULE de déformation à la Plaque Ev2-MPA (2)	MODULE de REACTION du SOL K-da/N/cm3 (3)	TYPES de SOLS
P0	Circulation Impossible sol inapte très déformable	CBR<3	Ev2<15	K<3	Argiles fines saturées ; sols tourbeux à faible densité sèche ; Sols contenant des matières organiques ; sol liquéfies ; etc...
P1	Ornières derrière l'essieu de 13 Tf Sol déformable	3<CBR<6	15<Ev2<20	3<K<5	Limons plastiques et argilo-plastiques ; argiles à silex ; alluvions grossières ; etc... Sols très sensible à l'eau.
P2	Sol déformable	6<CBR<10	20<Ev2<50	5<K<6	Sables alluvionnaires argileux ou fins, limons, graves argileuses ou limoneuses, sols marneux contenant moins de 35% de fines.

Tableau 6.12: Portance du sol support

Dans le tableau suivant qui permet de faire le bon choix de produit il est important d'expliquer que la manière dont l'enrochement est construit a une forte incidence sur l'endommagement à la mise en œuvre. Il est important de distinguer une mise en œuvre soignée avec des enrochement déposés au grappin et une mise en œuvre au godet avec forcément beaucoup plus d'endommagement.

Mise en œuvre	Déposé/Mise en œuvre au grappin			Chute < 2m		
Masse des enrochements	< 150 kg	150 à 300 kg	300 à 500 kg	< 150 kg	150 à 300 kg	300 à 500 kg
Diamètre des enrochements	< 450 mm	450 à 600 mm	600 à 700 mm	< 450 mm	450 à 600 mm	600 à 700 mm
Portance du sol P1	F-300M	F-400M	F-500M	F-500M	F-600M	F-800M
Portance du sol P2	F-400M	F-500M	F-500M	F-600M	F-800M	F-1000M

Tableau 6.13: Choix du géotextile de protection FIBERTEX à mettre en œuvre sous enrochement

Remarque: Fibertex France reste à votre disposition pour établir le bon choix produit notamment pour le cas où les critères de l'ouvrage projeté sont en dehors des limites du tableau précédent.

L'outil de calcul sur www.fibertex.com utilisé pour un dimensionnement complet doit inclure des exigences de résistance à l'endommagement au cours de la mise en œuvre ainsi que les propriétés de durée de service et de durabilité.

6.9 Construction de route

Pour les constructions de routes à l'aide de géotextiles de filtration et de séparation afin d'empêcher le mélange du granulat et du sol support, l'Indice d'Energie absorbée requis a été paramétré en fonction de 3 critères.



Figure 6.14: Exemple de construction de route

Les 3 paramètres schématisés sur la figure 6.15 sont la portance de l'arase de terrassement, l'agressivité du matériau d'apport et enfin le type de trafic envisagé.



Figure 6.15: Exemple d'une plateforme routière- conception et mise en œuvre

Le guide des terrassements routiers (GTR) classe les plateformes d'assise de voirie en fonction de critères pouvant être résumés selon le tableau suivant.

	EXAMEN VISUEL (Essieu de 13 Tf)	INDICE PORTANT CBR (1)	MODULE de déformation à la Plaque Ev2-MPA (2)	MODULE de REACTION du SOL K-da/N/cm3 (3)	TYPES de SOLS
P0	Circulation impossible sol inapte très déformable	CBR<3	Ev2<15	K<3	Argiles fines saturées ; sols tourbeux à faible densité sèche ; Sols contenant des matières organiques ; sol liquéfies ; etc...
P1	Ornières derrière l'essieu de 13 Tf Sol déformable	3<CBR<6	15<Ev2<20	3<K<5	Limons plastiques et argilo-plastiques ; argiles à silex ; alluvions grossières ; etc... Sols très sensible à l'eau.
P2	Sol déformable	6<CBR<10	20<Ev2<50	5<K<6	Sables alluvionnaires argileux ou fins, limons, graves argileuses ou limoneuses, sols marneux contenant moins de 35% de fines.
P3	Sol peu déformable	10<CBR<20	50<Ev2<120	6<K<7	Sables alluvionnaires propres avec moins de 5% de fines, graves argileuses ou limoneuses avec moins de 12% de fines.
P4	Sol très peu déformable	CBR voisin de 20	120<Ev2<250	7<K<15	Matériaux insensibles à l'eau, sables et graves propres, matériaux sains, ballasts, concassés, matériaux rocheux, chaussées anciennes.

Tableau 6.16: Classification GTR des sols support

Nous rappelons en suivant la classification des sols d'apport en fonction de leurs agressivité sur le géotextile lors de la mise en œuvre.

Classe d'agressivité	Peu agressif	Agressif
Classe GTR des sols	A,B,D	C, R
Description	Matériaux fins, sables, graves sableuses alluvionaires,	Matériaux avec de gros éléments $D_{max} < 50mm$ Tout venant de roches massives

Tableau 6.17: Classification des sols selon leur agressivité (capacité à endommager un géotextile)

La série de tableaux ci-après prend en compte le type de voirie.

Pistes et voies de circulation provisoires

Portance du sol	P0			P1			≥ P2		
Epaisseur de couche	20/30	30/50	50/80	20/30	30/50	50/80	20/30	30/50	50/80
	Trafic PL (essieu 13t)								
Trafic < 10 PL/j		F-55	F-46	F-55	F-46	F-33	F-33	F-31	F-22
Durée < 2 mois		F-46	F-33	F-46	F-33	F-31	F-31	F-22	F-10
Trafic < 10 PL/j			F-55		F-55	F-46		F-33	F-31
Durée < 12 mois			F-46		F-46	F-33		F-31	F-22
	Trafic engins de chantier								
Essieu > 13t			F-59			F-55			F-33
			F-55			F-46			F-22

Tableau 6.18: Choix du géotextile FIBERTEX à mettre en œuvre pour les pistes et voies de circulation provisoires

Voiries faible trafic (<100 Poids Lourds/jour)

Portance du sol	P0			P1			≥ P2		
Epaisseur de couche	20/30	30/50	50/80	20/30	30/50	50/80	20/30	30/50	50/80
Trafic < 10 PL/j		F-55	F-46		F-46	F-33	F-33	F-31	F-22
		F-46	F-33		F-33	F-31	F-31	F-22	F-10
Trafic de 10 à 100 PL/j			F-59		F-59	F-55	F-55	F-46	F-33
			F-55		F-55	F-46	F-46	F-33	F-22

Tableau 6.19: Choix du géotextile FIBERTEX à mettre en œuvre pour les voiries à faible trafic

Couche de forme voiries lourdes

Portance du sol	P0			P1			≥ P2		
Epaisseur de couche	20/30	30/50	50/80	20/30	30/50	50/80	20/30	30/50	50/80
	une solution d'amélioration doit être trouvée (drainage, purge...) afin de pouvoir reclasser le sol support en P1				F-55	F-46		F-33	F-31
					F-46	F-33		F-31	F-22

Tableau 6.20: Choix du géotextile FIBERTEX à mettre en œuvre dans les couches de forme voiries lourdes

Espaces verts, allées privées pour véhicules légers, pistes cyclables

Portance du sol	P0	P1 / P2
Epaisseur de couche	Minimum 20 cm pour allée VL	Minimum 15 cm pour allée VL
	F-31	F-22
	F-22	F-10

Tableau 6.21: Choix du géotextile FIBERTEX à mettre en œuvre pour les espaces verts, les allées privées pour véhicules légers et les pistes cyclables

L'outil de calcul qui peut être utilisé sur www.fibertex.com pour un dimensionnement complet doit inclure des propriétés hydrauliques et de durabilité.

7 Exigences de durabilité des géotextiles

7.1 Introduction

Selon la durée de vie de la structure et des fonctions du géotextile employé, il est essentiel que les exigences de durabilité du géotextile soient spécifiées ainsi que les conditions au cours de la mise en œuvre.

Lors de la prescription des besoins de durabilité du géotextile, les normes harmonisées d'application sont utilisées comme référence avec l'appui des normes suivantes:

- NF EN 12224 Résistance au vieillissement dû aux conditions climatiques
- NF EN 12225 Résistance microbologique par un essai d'enfouissement
- NF EN 14030 Résistance aux liquides acides et alcalins
- NF EN 13438 Résistance à l'oxydation

Pour le marquage CE, la durée de vie des géotextiles est divisée en deux niveaux suivant les normes d'application européennes:

Pour des applications et les structures temporaires:

- Une durabilité de 5 ans minimum est requise.

Pour des applications et les structures permanentes:

- Une durabilité de 25 ans minimum est requise.

La durée de service représente une indication minimale. La durée de service réelle peut, dans des conditions normales d'utilisation, se révéler considérablement plus longue sans dégradation majeure affectant les exigences essentielles.

7.2 Résistance au vieillissement dû aux conditions climatiques

Tous les géotextiles doivent passer l'essai accéléré du vieillissement dû aux conditions climatiques suivant la norme NF EN 12224, à moins qu'ils ne soient recouverts le jour de la mise en œuvre. La résistance conservée par le produit à la fin de cet essai, ainsi que l'application spécifique du produit, détermine la durée d'exposition autorisée sur le site. Les durées d'exposition maximales sont données dans le tableau ci-dessous. Des essais complémentaires sont nécessaires pour les matériaux, qui seront exposés à une durée plus longue

Application	Résistance conservée à la fin de l'essai	Durées maximales d'exposition autorisées après mise en œuvre
Renforcement ou autres applications où la résistance à long-terme est un paramètre significatif	> 80% 60 % à 80 % < 60 %	1 mois* 2 semaines 1 jour
Autres applications)	> 60 % 20 % à 60 % < 20 %	1 mois* 2 semaines 1 jour
*) Une exposition de plus de 4 mois peut être acceptable selon la saison et le lieu en Europe.		

Tableau 7.1: Durées maximales d'exposition selon l'application et la résistance conservée après évaluation. (NF EN 12224)

Un géotextile, qui n'a pas été testé pour la résistance au vieillissement dû aux conditions climatiques, doit être recouvert dans la journée.

L'information sur le produit doit mentionner: "Doit être recouvert dans un délai de (la durée) après la mise en œuvre". En utilisant la durée telle qu'énumérée dans le tableau ci-dessus.

Vieillissement dû aux conditions climatiques en dehors de l'Europe

Ces conditions sont spécifiées pour le marché européen. Lorsque le géotextile est utilisé dans des zones où les niveaux de radiation UV sont plus élevés, tel que le Moyen Orient, l'Australie et l'Afrique du Sud, les niveaux requis doivent être plus supérieurs. Voir figure 7.2.

Cela s'applique également pour les applications où le géotextile peut être exposé plus longtemps après la mise en œuvre.



Tableau 7.2: Durées maximales d'exposition selon l'application et la résistance conservée après évaluation. (NF EN 12224)

Résistance aux conditions climatiques des géotextiles Fibertex composés de fibres polypropylène vierges

Lors de l'utilisation des géotextiles Fibertex à base de fibres polypropylène vierges, la règle suivante s'applique:

"A recouvrir dans un délai de 2 semaines après mise en œuvre"

Pour les applications où le géotextile doit être exposé après la mise en œuvre, les géotextiles Fibertex sont disponibles avec un niveau de résistance UV supérieur.

7.3 Résistance microbiologique par un essai d'enfouissement

Lors de la mise en œuvre des géotextiles dans le sol, il est important de s'assurer que le géotextile ne soit pas affecté par l'action de champignons et de bactéries dans le sol.

Ceci est évalué suivant la norme NF EN 12225. L'évaluation s'applique pour les géotextiles constitués de fibres naturels et pour les géotextiles constitués de matériau recyclé où la composition des polymères est inconnue.

Pour les géotextiles de polypropylène vierges et autres géotextiles constitués de polymères synthétiques de poids moléculaires élevés, l'évaluation n'est pas nécessaire étant donné que ces matériaux ne sont affectés ni par les champignons ni par les bactéries.

Résistance microbiologique par un essai d'enfouissement des géotextiles Fibertex composés de fibres polypropylène vierges

Lors de l'utilisation des géotextiles Fibertex à base de fibres polypropylène vierges, la règle suivante s'applique:

**"Résistance microbiologique suivant la norme NF EN 12225:
résistance 100% conservée"**

7.4 Résistance aux liquides acides et alcalins et à l'oxydation

Pour les géotextiles exposés dans un sol pendant une période de plus de 25 ans, les formes de dégradation chimique suivantes doivent être considérées:

- Attaque alcaline sur les polyesters
- Attaque acide sur les polyamides sous des conditions aérobiques
- Oxydation du polypropylène et du polyéthylène
- Hydrolyse interne des polyesters dans l'eau ou toute autre solution aqueuse

Un produit géotextile composé de polymères tels que le polypropylène et le polyéthylène est susceptible d'être sujet à l'oxydation et donc de tels matériaux seront soumis à un essai accéléré de dépistage d'oxydation thermique suivant la norme NF EN ISO 13438. Le type de polymère utilisé et l'application spécifique du géotextile définit la durée et la température à laquelle le matériau doit être exposé au test du vieillissement au four. Pour toutes les applications, la résistance conservée devra dépasser 50 % de la résistance à la traction des échantillons de référence.

Résistance à l'oxydation des géotextiles Fibertex composés de fibres polypropylène vierges

Lors de l'utilisation des géotextiles Fibertex à base de fibres polypropylène vierges, la règle suivante s'applique:

**"Résistance à l'oxydation suivant la norme NF EN ISO 13438:
> 90% de résistance conservée"**

7.5 Durabilité – exigences minimales

Selon les polymères utilisés pour le géotextile et les propriétés de durabilité disponible, l'exigence générale du marquage CE des produits peut être divisée en deux niveaux suivant la durée de service requise:

Pour des durées de service requises de plus de 5 ans:

"Prévu pour durer un minimum de 5 ans pour des applications de non-renforcement dans des sols naturels ayant un pH compris entre 4 et 9 et à une température de sol < 25°C."

Pour des durées de service requises de plus de 25 ans:

"Prévu pour durer un minimum de 25 ans pour des applications de non-renforcement dans des sols naturels ayant un pH compris entre 4 et 9 et des températures de sol < 25 °C".

Durabilité des géotextiles Fibertex composés de fibres polypropylène vierges

Les niveaux de pH des sols ou des matériaux dans lesquels les géotextiles sont mis en œuvre peuvent souvent se situer en dehors d'un pH de 4 à 9 donné comme limite dans le marquage CE. Des niveaux de pH inférieur à 4 peuvent être trouvés dans des sols tourbeux ou affectés par des pluies acides alors qu'un niveau de pH supérieur à 9 se trouve souvent là où la bentonite et d'autres argiles sont utilisées dans des constructions de génie civil, telles que les constructions de murs, les terrassements et les couches d'étanchéité dans les installations de stockage de déchets et les tunnels. De plus, les lixiviats provenant des installations de stockage de déchets peuvent être en dehors des limites d'un pH de 4 à 9.

Pour répondre à ces exigences, les géotextiles Fibertex composés de fibres polypropylène vierges ont été évalués suivant la norme NF EN 14030 (Résistance aux liquides acides et alcalins), permettant une plus large gamme de pH compris entre 2 et 13.

**"Prévu pour durer plus de 25 ans pour des applications de
non-renforcement dans des sols naturels ayant un pH compris entre
2 et 13 et des températures de sol < 25 °C."**

Pour les ouvrages permanents, lors de la spécification du géotextile approprié à utiliser, il faudra préciser cette exigence conjointement aux caractéristiques nécessaires pour les fonctions applicables.

8 Manutention stockage et mise en œuvre

8.1 Manutention et stockage

Les géotextiles Fibertex sont habituellement livrés en rouleaux. Leur déchargement devra se faire soigneusement afin d'éviter de les endommager, en utilisant par exemple un chariot élévateur équipé d'un éperon (Figure 8.1). Les géotextiles Fibertex peuvent également être livrés sur palettes (une seule référence par palette)

Pour un stockage sur chantier, les rouleaux devront par exemple être placés sur des palettes ou des planches, à l'abri de la pluie et de l'exposition solaire directe. Ils seront protégés contre le vandalisme ou autres détériorations pouvant se produire sur le chantier.

Les rouleaux peuvent être coupés avec une scie. Nous recommandons l'utilisation d'une scie sabre pour un meilleur résultat (figure 8.2). Lors du déroulage, les géotextiles sont facilement découpables avec un couteau tranchant ou un cutter.



Figure 8.1: Déchargement des rouleaux utilisant un chariot élévateur équipé d'un éperon

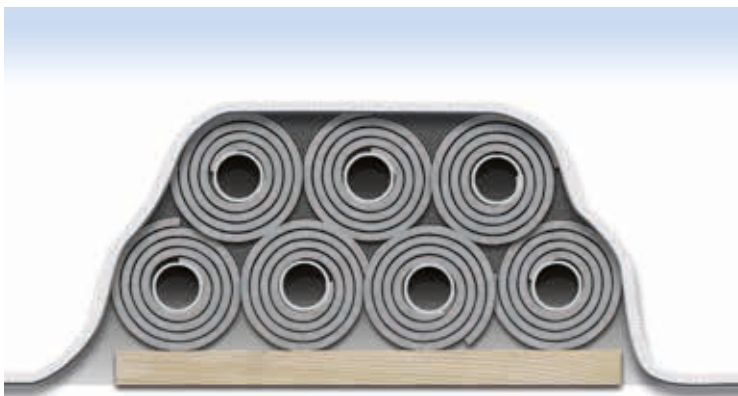


Figure 8.2: Découpe du rouleau Fibertex avec une scie sabre pour plus d'efficacité

Les géotextiles Fibertex sont résistants aux acides et aux alcalins et ne sont pas attaqués ni par la pourriture ni par la moisissure. Cependant, ils doivent toujours être protégés de la lumière solaire directe. Une fois déroulé, le géotextile devra être recouvert au cours de la période spécifique précisé sur le document CE du produit, pour assurer la fonctionnalité du géotextile. Voir comment stocker correctement le produit sur le chantier sur la figure 8.3.



Figure 8.3: Stockage correct sur chantier



8.2 Mise en œuvre des géotextiles

En plus de l'application et de la fonction à couvrir par le géotextile, il est important de tenir compte des points suivants:

- Avant la mise en œuvre, vérifier que l'emballage soit intact – si ce n'est pas le cas, vérifier que le géotextile ne soit pas endommagé par des rayons UV ou des impacts mécaniques.
- Avant la mise en œuvre du géotextile, le site doit être dégagé de grosses pierres tranchantes, de souches d'arbres ou de tout autre objet qui pourrait l'endommager.
- Sécuriser le géotextile des forces du vent par exemple en plaçant des petits sacs de sable sur le dessus pour le tenir en place.
- Si des engins de travaux publics sont utilisés, ils doivent éviter de rouler sur le géotextile.
- Si plusieurs rouleaux sont utilisés pour la mise en œuvre, des recouvrements devront être fait correctement soit par couture, soit avec une largeur adaptée, selon l'application et la portance du sol.
- Avant de les recouvrir, les géotextiles devront être inspectés pour s'assurer qu'ils n'aient pas été endommagés au cours de la mise en œuvre.

8.3 Recouvrements et couture

Dans les mises en œuvre où plusieurs rouleaux sont utilisés, les recouvrements devront se faire soit par couture, soit avec une largeur adaptée.

La largeur de recouvrement dépend de l'application et de la portance du sol. Pour des déformations importantes prévisibles, les plus grandes exigences doivent être paramétrées pour le recouvrement. La figure 8.4 peut être utilisée comme ligne directrice. Les exigences sont paramétrées pour des applications routières courantes. Pour des ouvrages hydrauliques plus importants, le recouvrement minimal ne devra jamais être inférieur à 500 mm et requiert souvent un minimum d'un mètre.

Sol CBR	Recouvrement minimal
Supérieur à 3	300 - 450 mm
1 – 3	0,6 - 1 m
Inférieur à 0,5	Cousu

Tableau 8.4: Exigences de recouvrement (ASSHTO M288)

La couture est une bonne alternative au recouvrement, principalement lorsque les recouvrements requis sont assez importants par exemple supérieurs ou égal à 1 m. La couture peut être faite en utilisant différents types de fils et de points de piqure. Il est également important que la qualité de la couture soit évaluée. Ceci est typiquement réalisé par l'essai de couture suivant la norme NF EN ISO 10321 "Géotextiles – Essai de traction pour joints/coutures par la méthode de la bande large".

9 Outils de calcul Fibertex

Pour aider les concepteurs et les installateurs dans l'utilisation générale et le choix des géotextiles, les méthodes de dimensionnement Fibertex utilisent les outils de calcul qui se trouvent sur www.fibertex.com. Ces outils peuvent être employés comme lignes directrices dans le choix et la spécification des géotextiles. Les résultats des calculs devront toujours être évalués par un ingénieur qualifié afin de garantir que les exigences spécifiques du projet aient été remplies.

En raison des différentes spécifications nationales, des certifications qualité et des lignes directrices de dimensionnement, les classifications et les caractéristiques requises pourront différer d'un pays à l'autre. Dans ce cas, ces exigences remplaceront celles calculées à l'aide des méthodes de cette note et des outils de calculs utilisés.

Limitation de responsabilité

Les informations et les outils de calcul sur www.fibertex.com sont exclusivement conçus pour donner au lecteur et à l'utilisateur une information générale.

Le but de Fibertex Nonwovens A/S est de donner des informations, des formules, des outils de calcul, etc. corrects. Pour de nombreuses raisons, incluant la configuration de l'ordinateur personnel, les changements courants dans le dimensionnement du produit, les matériaux, les réglementations, l'humidité, la moisissure et autres questions environnementales, les variations géologiques locales, les normes et les lignes directrices, il peut y avoir des erreurs, des manques de rapidité, des omissions ou des inexactitudes d'informations ou de résultats du calcul. Les informations peuvent également être modifiées sans préavis. Aucune garantie de quelque nature que ce soit, expresse ou tacite, y compris mais sans s'y limiter, des garanties d'absence de violation des droits de tiers, de titre, de qualité marchande, d'aptitude à la fonction ou d'absence de virus informatique, n'est donnée en ce qui concerne toute utilisation des informations et des outils de calcul et notamment des résultats donnés.

Fibertex Nonwovens A/S décline toute responsabilité, dans son intégralité ou en partie et pour quelque raison que ce soit, concernant les informations et les résultats de calcul, ainsi que tous les effets indésirables de leur utilisation, y compris l'emploi des outils pour dimensionner les produits compétitifs à utiliser. Aussi bien Fibertex Nonwovens A/S que ses dirigeants, directeurs, employés, agents et gérants, sociétés mère ou autres filiales au nom de laquelle cette renonciation est publiée, n'auront aucune obligation ou responsabilité que ce soit, peu importe si elle est basée sur un contrat, un délit ou tout autre motif juridique, pour toute inexactitude, imperfection, omission, manque de rapidité ou toute autre erreur de données, informations et/ou outils de calcul, ni pour des virus informatiques transférés avec les données fournies par Fibertex Nonwovens A/S sur le site web www.fibertex.com. Les préconisations basées sur toutes les informations ou calculs obtenus au moyen de l'utilisation des outils d'informations et de calcul sur www.fibertex.com sont sous la seule responsabilité de l'utilisateur. Par conséquent, Fibertex Nonwovens A/S aussi bien que ses dirigeants, directeurs, employés, agents et gérants, sociétés-mères ou autres filiales ne seront, en aucun cas, tenus responsables pour tout dommage, y compris mais sans s'y limiter les dommages directs ou indirects, ou consécutifs, causés à toute personne, société ou tout autre entité juridique et utilisateurs en général, par ou provoquée à partir des informations, calculs et leur utilisation – qu'ils soit corrects ou incorrects – fournis par Fibertex Nonwovens A/S sur le site web www.fibertex.com.

Tout conflit en dehors ou en relation avec l'utilisation des outils d'informations et de calcul sur www.fibertex.com est soumis à l'exclusive juridiction des tribunaux du Danemark (le tribunal de district le plus proche et approprié du siège social de Fibertex Nonwovens A/S) et sera régi par la loi danoise à l'exception des règles en vertu du droit international privé en vigueur au moment donné.

Annexe A

Afin d'éviter toute confusion sur le fait que différents pays/auteurs utilisent différentes désignations pour le même sujet, cette terminologie est basée sur les définitions suivantes:

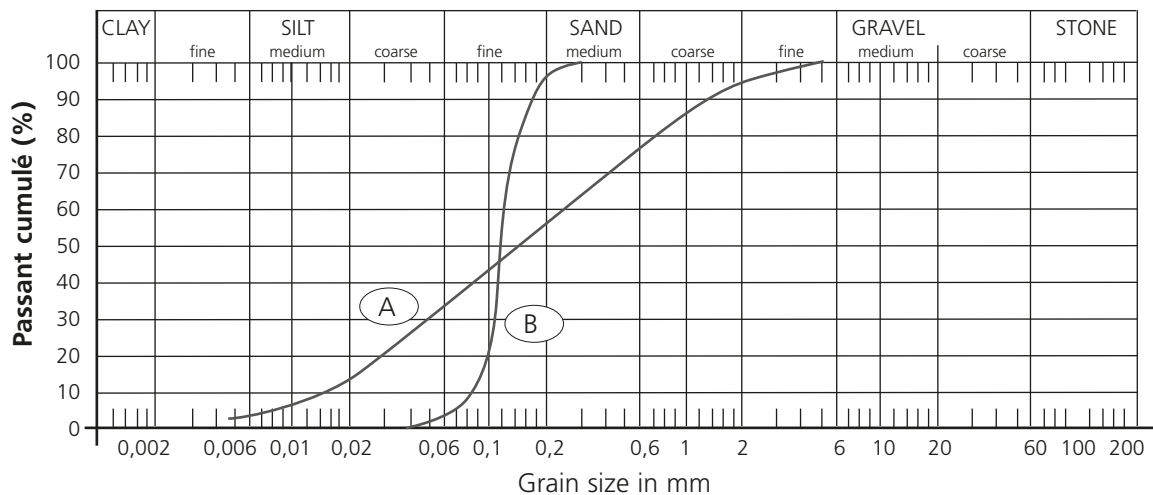
$O_{90\%}$ est la caractéristique d'ouverture de filtration d'un géotextile. Elle est exprimée en μm (micromètre) et donne la valeur maximale des dimensions des particules fines capables de traverser le géotextile. Elle est mesurée par le tamisage humide d'un mélange de particules prédéfini et
 $d_{90\%}$ du matériau passant à travers le géotextile = $O_{90\%}$

$d_{90\%}$, $d_{60\%}$, $d_{10\%}$ exprimés en μm (micromètre) se rapportent tous au sol et $d_{x\%}$ signifie que pour x % du sol exprimé en μm , les dimensions des particules fines seront plus petites que le μm .

C_u est la granulométrie du sol support et est la proportion entre $d_{60\%}$ et $d_{10\%}$.

Pour **$C_u < 6$** le sol support est appelé uniforme (B)

Pour **$C_u \geq 6$** le sol support est appelé étalé et continu (A)



Légende:

percent mass distribution	- pourcentage de passant cumulé
grain size in mm	- taille des grains en mm
CLAY	- ARGILE
SILT	- LIMON
SAND	- SABLE
GRAVEL	- GRAVIER
STONE	- PIERRE
fine	- fin
medium	- moyen
coarse	- gros

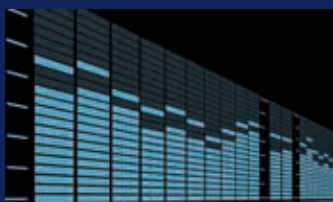
$d_{60}=0,24 \text{ mm}$ et $d_{10} = 0,014 \text{ mm}$, donnant **$C_u = 0,24 \text{ mm} / 0,014 \text{ mm} = 17$**

Symboles

Symbole	Unité	Description
k_{xx}	m/s	Coefficient de perméabilité
V_{H50}	m/s	Indice de vitesse
i_{xx}	-	Gradient hydraulique
$O_{90\%}$	μm	Caractéristique d'ouverture de filtration
FCxx	-	Facteur de correction
FDS	-	Facteur de sécurité
U	-	Granulométrie définie comme d_{60}/d_{10}
d_{xx}	mm	Diamètre du sol à partir de la courbe de distribution de la granulométrie
q_{xx}	$\text{l/m}^2 \text{ h}$	Capacité de débit par unité de largeur
Q_{xx}	m^3/s	Débit d'eau à drainer
Θ	m^2/s	Transmissivité
l	m	Largeur du drain
H	m	Hauteur du sol d'apport
L	m	Longueur de pente, géotextile ou ...
$\gamma \varepsilon$	kN/m^3	Poids volumique du sol d'apport
T_{xx}	kN/m	Résistance à la traction du géotextile
ε	- / %	Déformation du géotextile
P	N	Force seule
R	N	Force de réaction
F	N	Force
X	N	Force/Charge
IE_{xx}	kN/m	Indice d'Energie asorbée = $\frac{1}{2} (T \cdot \varepsilon)$
σ	kPa	Force de Traction

Références

- 1 NF EN 12224 (2000) Géotextiles et produits apparentés - Détermination de la résistance au vieillissement dû aux conditions climatiques
- 2 NF EN 12225 (2000) Géotextiles et produits apparentés - Méthode de détermination de la résistance microbiologique par un essai d'enfouissement
- 3 NF EN 12226 (2000) Géotextiles et produits apparentés - Essais généraux pour l'évaluation après les essais de durabilité
- 4 NF EN 13249 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction des routes et autres zones de circulation (à l'exclusion des voies ferrées et des couches de roulement)
- 5 NF EN 13250 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction des voies ferrées
- 6 NF EN 13251 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les travaux de terrassement, fondations et structures de soutènement
- 7 NF EN 13252 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les systèmes de drainage
- 8 NF EN 13253 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les ouvrages de lutte contre l'érosion (protection côtière et revêtement de berge)
- 9 NF EN 13254 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction de réservoirs et de barrages
- 10 NF EN 13255 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction de canaux
- 11 NF EN 13256 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction de tunnels et de structures souterraines
- 12 NF EN 13257 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les ouvrages d'enfouissement des déchets solides
- 13 NF EN 13265 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans les projets de confinement de déchets liquides
- 14 NF EN 13719 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Détermination de l'efficacité de protection à long terme des géotextiles en contact avec les barrières géosynthétiques
- 15 NF EN 14574 (2005) Géosynthétiques - Détermination de la résistance au poinçonnement pyramidal de géosynthétiques sur support
- 16 NF EN ISO 10318 (2005) Géosynthétiques - Termes et définitions
- 17 NF EN ISO 10319 (2008) Géotextiles - Essai de traction des bandes larges
- 18 NF EN ISO 11058 (2010) Géotextiles et produits apparentés - Détermination des caractéristiques de perméabilité à l'eau normalement au plan, sans contrainte mécanique
- 19 NF EN ISO 12236 (2006) Géosynthétiques - Essai de poinçonnement statique (essai CBR)
- 20 NF EN ISO 13433 (2006) Géosynthétiques - Essai de perforation dynamique (essai par chute d'un cône)
- 21 NF EN ISO 12956 (2010) Géotextiles et produits apparentés - Détermination de l'ouverture de filtration caractéristique
- 22 NF EN ISO 12958 (2010) Géotextiles et produits apparentés - Détermination de la capacité de débit dans leur plan
- 23 NF EN 14030 (2001) Géotextiles et produits apparentés - Méthode d'essai sélective pour la détermination de la résistance aux liquides acides et alcalins
- 24 NF EN ISO 1438 (2004) Géotextiles et produits apparentés - Méthode de détermination de la résistance à l'oxydation
- 25 DS CEN CR ISO 13434 (1999) Géotextiles et produits apparentés - Lignes directrices concernant la durabilité
- 26 NF G 38061 Articles à usages industriels - Recommandations pour l'emploi des géotextiles et produits apparentés – Détermination des caractéristiques hydrauliques et mise en œuvre des géotextiles et produits apparentés utilisés dans les systèmes de drainage et de filtration
- 27 A. Watn, Eiksund G & Knutson, A. (1998) Atlanta, USA 1998, pages 933-938 Déformations et endommagement des géotextiles non-tissés dans la construction de routes, 6th ICG,
- 28 A. Watn, S.H. Chew (2002) Endommagement des géosynthétiques - du laboratoire au terrain, Geosynthetics - 7th ICG - Delmas, Gourc & Girard 2002 pages 1203-1224
- 29 Fibertex Design guide (2002) Guide de dimensionnement des géotextiles Fibertex, Aalborg 2002
- 30 Fibertex Handbook (1996) Manuel « Les géotextiles Fibertex », 1996
- 31 Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (2005) Avis sur l'application des géosynthétiques dans les travaux de terrassement dans la construction de routes, M Geok E, Ausgabe 2005
- 32 Comité Français des Géotextiles et Géomembranes C.F.G.G. – Manuel des Géotextile, version anglaise, section 1 à 7. France 1986
- 33 J.P. Giroud Le concept d'énergie pour les spécifications des géotextiles utilisés comme séparateurs : la théorie et la pratique. Compte-rendu des Rencontres 99. Bordeaux : C.F.G.
- 34 Norgespec (2002) Un système nordique pour la spécification et le contrôle des géotextiles dans les routes et autres voies de circulation
- 35 Rüeegger Rudolf & Hufenus Schweizerischer Verband für Geokunststoffe SVG (Association Suisse pour les Géotextiles) : « Construire Rodolf (2003) avec les géotextiles », St Gallen 2003
- 36 SINTEF (1996) Géotextiles non-tissés dans la construction de routes. Rapport STF22 F96656. Trondheim, Norway.
- 37 SINTEF (1997) Géotextiles non-tissés - Essai sur le terrain sur l'endommagement au cours de la mise en œuvre
- 38 AASHTO M 288-05 (2005) Spécifications standard pour les géotextiles. Spécification des géotextiles pour les applications d'autoroutes. ASSHTO M 288-05



Acoustique



Ameublement



Automobile



Bâtiment



Béton



Composites



Filtration



Géotextiles



Lingettes



Literie



Maison et Jardin



Médical



Revêtement de sol



FIBERTEX.COM

Fibertex Nonwovens A/S

Svendborgvej 16
DK-9220 Aalborg Ø
Denmark
Tel. +45 96 35 35 35
Fax +45 98 15 85 55
fibertex@fibertex.com
www.fibertex.com

Fibertex France SARL

218, Chaussée Jules César
Beauchamp,
F-95252 Taverny Cedex
France
Tel. +33 139 959 520
Fax +33 139 959 521
nira@fibertex.com
www.fibertex.fr


Fibertex
NONWOVENS