

Le Comité français des géosynthétiques (CFG) a publié en 1981 un fascicule de recommandations pour l'emploi des géotextiles dans les voies de circulation provisoire, les voies à faible trafic et les couches de forme. Ces recommandations précisait qu'elles s'appliquaient à une structure le plus souvent monocouche et constituée d'un géotextile posé directement sur le sol n'ayant subi que peu ou pas de préparation et d'un matériau d'apport à frottement interne suffisant, à granulométrie continue et comportant des fines peu ou non plastiques. Enfin, leur but était d'aider à sélectionner le ou les géotextiles à utiliser dans des ouvrages convenablement dimensionnés (en tenant compte de la présence du ou des géotextiles) et réalisés selon les règles habituelles de construction de ce type d'ouvrages. Les facteurs pris en compte étaient la durée de vie de l'ouvrage, le type de chargement (trafic), la qualité (portance) du sol support, l'épaisseur de la couche d'apport, les caractéristiques du matériau de la couche d'apport et les déformations admissibles (profondeur d'ornièrre).

La fonction du géotextile était d'abord la séparation entre le sol support et le matériau d'apport (en évitant le mélange sol fin-sol granulaire). Il était indiqué que le géotextile peut avoir aussi un rôle drainant et qu'il peut jouer un rôle mécanique en réduisant les déformations du sol support sous chargement répété.

Les recommandations de 1981 ont la forme de 88 grilles indiquant les propriétés souhaitables

des géotextiles utilisés pour chaque configuration d'ouvrage. Elles résultent principalement d'essais en vraie grandeur réalisés par les laboratoires des Ponts et Chaussées, avec les géotextiles existants à l'époque, notamment des non-tissés aiguilletés.

L'évolution des produits géotextiles offerts sur le marché européen, la publication à partir de 1993 de normes européennes pour caractériser les produits, qui modifiaient parfois sensiblement les valeurs des résultats des essais, et l'apparition de spécifications plus récentes dans d'autres pays ont conduit à entreprendre, il y a une dizaine d'années, une reformulation de ces recommandations du CFG.

Blivet (1999) a présenté, lors des « Rencontres géosynthétiques » de Bordeaux, le choix retenu pour donner une forme homogène aux spécifications communes à tous les types de géotextiles, dans un document intitulé « Recommandations pour l'emploi des géotextiles et des produits apparentés dans les ouvrages courants. Caractéristiques nécessaires aux fonctions de séparation et filtration ».

Malgré les efforts consacrés à sa préparation, ce document n'a toujours pas été publié, principalement parce qu'il appliquait le concept d'énergie d'une façon trop perturbante pour les géotextiles intermédiaires entre les géotextiles peu déformables et les géotextiles linéairement déformables jusqu'à la rupture (de type non-tissé aiguilleté). L'autre difficulté majeure était qu'il existe peu d'études expérimentales permettant

Les contacts

Laboratoire central des
Ponts et Chaussées,
58 boulevard Lefebvre,
75732 Paris Cedex 15

de justifier autrement que par extrapolation les spécifications relatives aux produits n'ayant pas été testés dans les études préalables aux recommandations de 1981.

Cet article rappelle la structure des nouvelles recommandations de 2006 et commente plus particulièrement les difficultés liées à la classification des produits et l'approche proposée pour en sortir.

Structure et contenu des recommandations de 2006 pour les ouvrages courants

L'encadré 1 présente la table des matières des recommandations 2006. Le document est divisé en trois parties : la première partie donne les définitions des ouvrages courants, des caractéristiques des géotextiles ou produits apparentés et des sols supports et matériaux d'apport, ainsi que la classification des géotextiles pour la fonction de séparation ; la deuxième partie donne les spécifications mécaniques et hydrauliques des produits utilisés en fonction du domaine d'application ; la troisième partie regroupe trois annexes.

Ces recommandations s'appliquent aux géotextiles et produits apparentés utilisés dans les travaux de terrassements pour les ouvrages courants suivants, où le géotextile ou produit apparenté a pour fonctions principales la séparation et la filtration :

a) ouvrages soumis à des sollicitations dynamiques :

- voies à faible trafic,
- pistes,
- voies de circulation provisoires,
- couches de forme routières,
- assises ferroviaires,
- base des remblais (pour assurer la traficabilité),
- aires de stockage,
- aires de stationnement ;

b) ouvrages soumis à des sollicitations statiques :

- espaces verts et aménagements paysagers,
- protections de berges,
- tranchées drainantes associées ou intégrées aux ouvrages courants énumérés ci-dessus.

Les propriétés à spécifier pour choisir un produit en appliquant les recommandations sont :

- des propriétés de déformabilité et de résistance (qui seront fixées en tenant compte de la nature et de l'état du sol, la nature et l'épaisseur de la couche support et la surcharge appliquée par le trafic ou des remblais) ;
- des propriétés hydrauliques : l'ouverture de filtration (qui sera fixée en fonction de la nature et de l'état du sol ou du matériau à filtrer, et du type d'écoulement) et la perméabilité normale au plan (qui sera fixée en tenant compte de la nature et de l'état du sol support) ;
- les conditions de compatibilité du produit avec l'environnement (qui dépendent de la nature du sol support, de la nature du matériau d'apport, de l'environnement physico-chimique, du temps d'exposition aux ultraviolets, du type de polymère, et des conditions particulières spécifiques éventuelles).

Les conditions de choix des produits pour chaque application sont définies en fonction des paramètres suivants :

- pour le sol support, la classe de portance (P0-P1-P2), qui dépend de la classification du sol selon la classification GTR (norme NF P 11300) et de son état (très humide, humide, moyennement humide), et les plages de perméabilité (4 plages, liées à la classification des matériaux selon la même norme NF P 11300) ;
- pour le matériau d'apport, deux classes d'agressivité (peu agressif et agressif) et l'épaisseur de la couche couvrant le géotextile ;
- pour les charges appliquées (trafic ou surcharge) : le trafic de poids lourds ou de véhicules légers, ou la hauteur des matériaux stockés.

Spécification des propriétés de déformation et de résistance

L'innovation la plus importante dans les nouvelles recommandations concerne la caractérisation du comportement mécanique des géotextiles utilisés dans la fonction de séparation.

Dans la pratique ancienne, on donnait séparément des indications sur la déformabilité souhaitable et sur la résistance nécessaire pour chaque cas d'application. Il y avait aussi un essai de déchirure, qui n'existe plus dans le corpus des normes européennes actuelles.

Encadré 1

Table des matières des recommandations (2006)

Partie 1. Définitions

1. Généralités
 - 1.1 Définition des ouvrages courants
 - 1.2 Objet du document
 - 1.3 Domaine d'application
 - 1.4 Fonctions des géotextiles
 - 1.5 Notations et symboles
 - 1.6 Paramètres à spécifier
2. Caractérisation des géotextiles et produits apparentés
 - 2.1 Caractéristiques mécaniques
 - 2.2 Caractéristiques hydrauliques
 - 2.3 Caractéristiques de durabilité
 - 2.4 Caractéristiques du géotextile ou produit apparenté à spécifier
3. Caractérisation des sols supports et des matériaux d'apport
 - 3.1 Classes de portance du sol support
 - 3.2 Classes d'agressivité des matériaux
 - 3.3 Plages de perméabilité du sol support
 - 3.4 Propriétés particulières
4. Classification des géotextiles pour la fonction de séparation

Partie 2. Spécifications des géotextiles et des produits apparentés

1. Spécifications mécaniques
 - 1.1 Voies à faible trafic (Trafic de poids lourds ou de véhicules légers)
 - 1.2 Pistes et voies de circulation provisoires
 - 1.3 Couches de forme
 - 1.4 Traficabilité et mise en œuvre des bases de remblais
 - 1.5 Aires de stockage et de stationnement
 - 1.6 Assises ferroviaires
 - 1.7 Géotextiles en protection de berge
 - 1.8 Tranchées drainantes (collecteurs placés à la base des tranchées drainantes)
 - 1.9 Espaces verts et aires de jeu
2. Spécifications hydrauliques
 - 2.1 Ouverture de filtration caractéristique
 - 2.2 Perméabilité normalement au plan

Partie 3. Annexes

- Annexe 1. Précautions particulières pour l'emploi des polyesters
- Annexe 2. Recommandations pour la réception et la mise en œuvre
- Annexe 3. Liste des normes géotextiles publiées au 30 juin 2006

Blivet (1999) indiquait qu'à cette époque les spécifications récemment publiées en Europe et aux États-Unis étaient de trois types :

- une spécification pour chaque caractéristique, comme dans les recommandations du CFG de 1981 ;

- des spécifications différentes selon les types de produits, différenciés par leur mode de fabrication (tissés et non-tissés, par exemple, dans la norme allemande), ou par leur élongation à la rupture (dans la norme américaine ASSHTO et dans la norme britannique alors en projet),

- des spécifications utilisant l'énergie du géotextile, calculée par le demi-produit de la résistance à la traction par l'allongement à l'effort maximal (normes suisse et norvégienne).

Cette dernière forme de spécification a dû paraître séduisante aux animateurs du groupe de travail du CFG chargés de rédiger les recommandations, puisque Blivet précise que « toutes les familles de

géotextiles (tissés et non-tissés) sont ainsi incluses dans une spécification générale bien que leur comportement soit parfois largement différent d'un type à l'autre ».

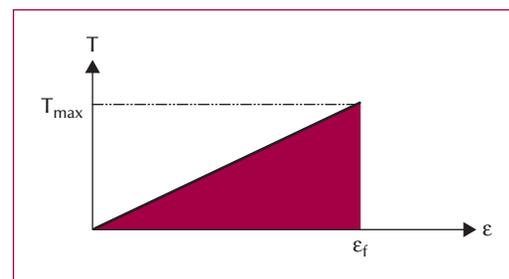
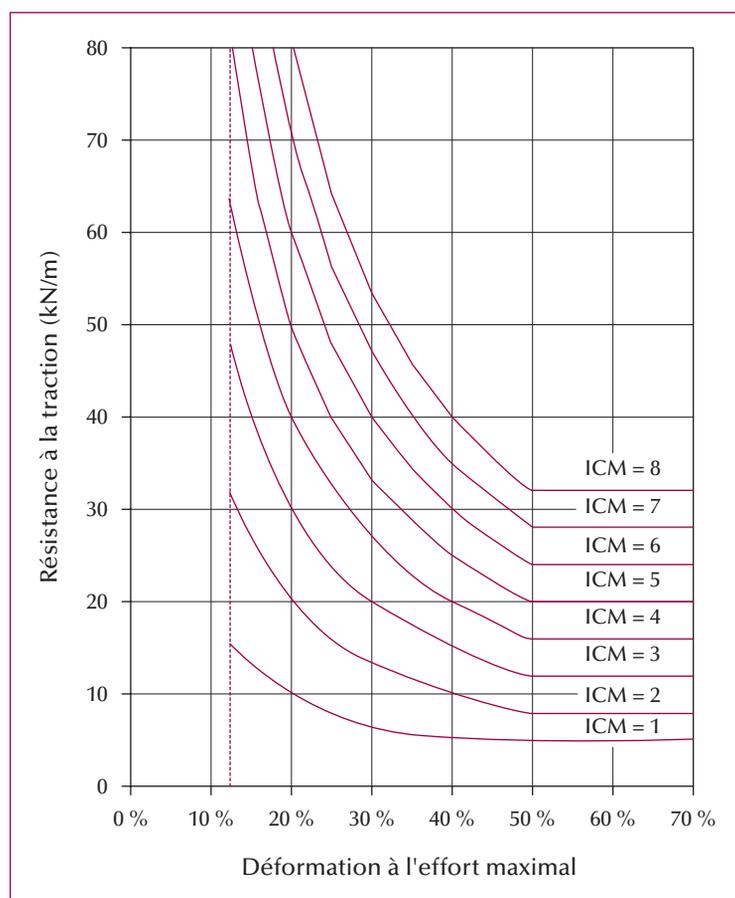
Après comparaison avec les normes des quatre pays qui avaient des normes de ce type (Allemagne, en séparant tissés et non-tissés, Finlande, Suisse et Norvège), Blivet propose de retenir un diagramme qui distingue sept classes (comme en Suisse) de géotextiles pour les applications en séparation. Les courbes de séparation sont des branches d'hyperbole, qui sont limitées pour les fortes valeurs de l'allongement par une valeur minimale de la résistance à la traction (différente pour chaque courbe). Ces courbes ont été limitées à une déformation minimale de 12 % dans le projet de recommandations de 2001 (figure 1). Comme indiqué plus haut, l'énergie qui sert à la classification est le demi-produit de la résistance à la traction par l'allongement à l'effort maximal. Elle correspond très bien à une énergie qui serait associée à une déformation linéaire du géotextile jusqu'à la rupture (figure 2).

Ces règles peuvent être exprimées dans un tableau (tableau 1) spécifiant les conditions à remplir pour chaque classe indice de comportement mécanique (ICM).

Il faut noter que le comportement vis-à-vis de l'endommagement à la mise en œuvre est pris en compte dans l'ICM, ce qui n'exclut pas que d'autres spécifications puissent être formulées, en particulier après la réalisation de planches d'essai de convenance.

Ce projet de classification des géotextiles pour les applications de séparation sur la base d'un calcul d'énergie correspondait aux réflexions théoriques de l'époque, telles que les a développées par exemple Giroud (1999). Il ne tenait pas compte

▼ Figure 1 – Classification des propriétés mécaniques des géotextiles pour la fonction de séparation (projet de recommandations CFG de 2001).



▲ Figure 2 – Hypothèse de calcul de l'énergie (appelé indice de comportement mécanique ICM).

▼ Tableau 1 – Les huit classes d'ICM – Valeurs des caractéristiques de déformabilité et de résistance à la traction des géotextiles ou produits apparentés (projet de recommandations de 2001).

Très peu déformable $\varepsilon_f < 20 \%$	Peu déformable $20 \% < \varepsilon_f < 30 \%$	Déformable $30 \% < \varepsilon_f < 50 \%$	Très déformable $\varepsilon_f > 50 \%$
> 10	> 8	> 5	> 5
> 20	> 16	> 10	> 8
> 30	> 24	> 15	> 12
> 40	> 32	> 20	> 16
> 50	> 40	> 25	> 20
> 60	> 48	> 30	> 24
> 70	> 56	> 35	> 28
> 80	> 64	> 40	> 32

Pour les produits non isotropes, la déformation ε_f à prendre en compte est la plus petite des valeurs entre ε_{fSP} et ε_{fST} (SP : sens production, ST : sens travers), le T_{max} retenu est la valeur correspondant au sens fixé pour ε_f .

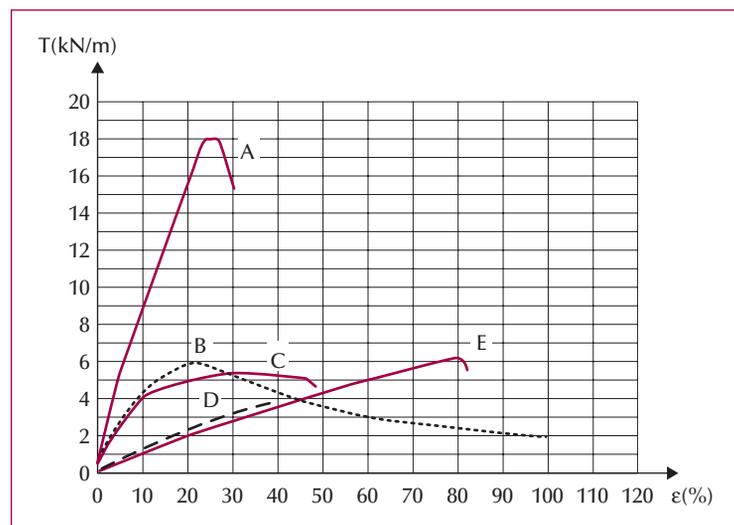
du comportement spécifique des géotextiles non tissés thermoliés, qui ont un comportement de type extensible avec un pic initial de résistance (figure 3).

Pour progresser dans la définition d'une classification qui tienne mieux compte de la réalité des comportements des géotextiles, nous avons analysé les publications des 6^e et 7^e congrès internationaux des géosynthétiques (1998 et 2002). On y trouve plusieurs textes concernant ce sujet :

– Watn *et al.* (1998) déduisent d'études expérimentales que la rigidité initiale du géotextile a une forte influence sur les déformations sous chargement cyclique, que la corrélation entre les dommages observés lors de la pose et les critères d'évaluation appliqués en Norvège est faible et qu'il serait préférable d'utiliser l'énergie de déformation et la relation entre déformations et contraintes pour couvrir les exigences liées à la construction et à la durée de vie des ouvrages ;

– Wilmers (2002) explique que l'utilisation de l'énergie ne permet pas de distinguer le comportement des géotextiles dans des conditions de site réelles plus clairement que leurs pratiques anciennes qui classent les géotextiles en fonction de leur type et de leur robustesse ;

– Nauhgtton et Kempton (2002) concluent que l'énergie de déformation n'est pas un bon indicateur de la résistance du géotextile mis en place et

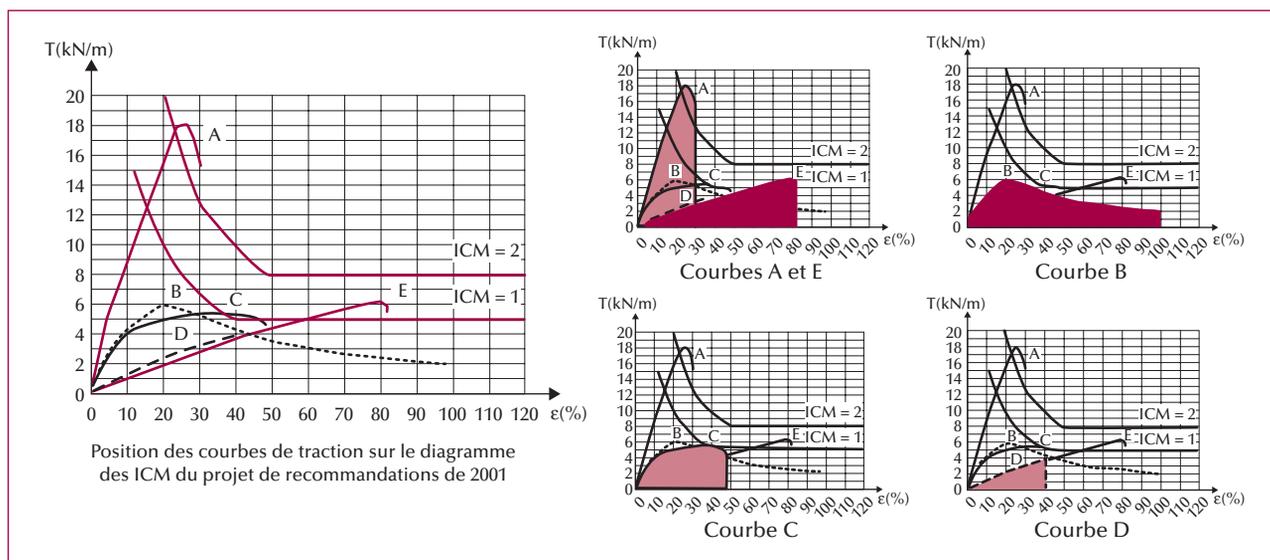


que la corrélation des dommages avec la masse surfacique est meilleure.

On peut enfin citer les travaux de Diederich (2000) qui déduit de résultats d'essais en vraie grandeur qu'il existe une bonne corrélation entre les dommages subis par les géotextiles lors de leur installation et l'énergie absorbée par le géotextile (surface totale délimitée sous la courbe force-déformation).

Il résulte de ces études et des autres données disponibles sur le comportement des géotextiles sur site réel, qu'il existe un certain flou dans la connaissance de ces phénomènes, qui est

▲ Figure 3 – Comportement typique de géotextiles de même masse surfacique (tissés A, non-tissés thermoliés B C, non-tissés aiguilletés D E).



▲ Figure 4 – Évaluation de l'énergie de référence pour la classification des géosynthétiques. La valeur calculée de l'ICM pour ces courbes est de : A : 1,7 ; B : 1,6 ; C : 1,15 ; D : 0,4 ; E : 1,2.

augmenté par la tendance moderne à faire des classifications de plus en plus générales sans que des études expérimentales permettent d'en valider les détails. On peut s'interroger par exemple sur la finalité de la séparation :

– est-ce disposer d'une nappe continue entre deux matériaux en empêchant toute perforation locale et isolée de la nappe ou bien contribuer par la résistance du géotextile au fonctionnement mécanique de l'ouvrage ?

– s'intéresse-t-on aux charges globales, localisées (par exemple la pression d'une roue) ou à l'échelle d'un caillou qui cherche à perforer le géotextile ?

– faut-il admettre que l'on peut et doit empêcher le contact entre des matériaux d'apport trop agressif en intercalant une couche de sable ?

– peut-on et faut-il traiter de la même façon tous les matériaux d'apport et sols supports et toutes les intensités de chargement ?

Il existe clairement un vaste domaine de recherche devant l'ensemble de la communauté des géotextiles si l'on veut répondre à ces questions, avec un besoin pressant de nouvelles études expérimentales en vraie grandeur.

Le nouveau projet de recommandations du CFG retient, dans l'attente d'un nouveau progrès des connaissances, d'utiliser un indice de comportement mécanique ICM égal à la moitié de la surface totale sous la courbe « contrainte-force appliquée » de l'essai de traction normalisé. Ce choix permet de prendre une sécurité sur l'utilisation des produits testés. Les valeurs associées aux cinq courbes de la figure 3 sont indiquées sur la figure 4. Les valeurs calculées sont ensuite réduites à leur partie entière pour entrer dans les tables de spécifications de la partie 2 des recommandations. Ainsi, les géotextiles des courbes A, B, C et E seraient dans la classe d'ICM = 1, tandis que la courbe D correspond à un ICM = 0. Ces géotextiles ont des masses surfaciques différentes mais du même ordre de grandeur.

Conclusion

Le projet de recommandations du CFG pour les géotextiles dans les ouvrages courants utilise le concept d'énergie pour qualifier le comportement mécanique des géotextiles, mais cette énergie correspond à la courbe de déformabilité et n'est pas restreinte aux valeurs de pic de la résistance. Ce choix nécessite une validation expérimentale en grandeur réelle qui devrait être organisée à l'échelle européenne. □

Résumé

Le Comité français des géosynthétiques (CFG) a préparé de nouvelles recommandations sur l'emploi des géotextiles dans les ouvrages courants, où ils assurent des fonctions de séparation et de filtration. Ces recommandations ont nécessité un long et difficile travail sur les critères de classification des produits au plan mécanique. Les analyses et réflexions correspondantes sont exposées dans cette communication, ainsi que la solution finalement proposée.

Abstract

The French Geosynthetics Society (CFG) prepared new recommendations on the use of geotextiles in common structures, where they are used for separation and filtration purposes. A long and difficult work on the criteria for mechanical classification of the available products was necessary to establish these recommendations. The paper presents the corresponding analyses and discussions, together with the solution finally adopted.

Bibliographie

- BLIVET, J.-C., 1999, Emploi des géosynthétiques en séparation : vers de nouvelles spécifications techniques, Comité français des géosynthétiques, *Actes des Rencontres Géosynthétiques 1999*, Bordeaux, vol. 2, p. 295-302.
- Comité français des géotextiles, 1981, *Recommandations pour l'emploi des géotextiles dans les voies de circulation provisoire, les voies à faible trafic et les couches de forme*, Comité français des géotextiles, 40 p.
- Comité Français des Géosynthétiques (2006). *Projet de recommandations pour l'emploi des géotextiles et produits apparentés dans les ouvrages courants. Caractéristiques nécessaires aux fonctions de séparation et de filtration*, Comité Français des Géosynthétiques.
- DIEDERICH, R., 2000, *Evaluation of installation damage of geotextiles. A correlation to index tests*, 8 p.
- GIROUD, J.-P., 1999, Le concept d'énergie constante pour les spécifications des géotextiles utilisés comme séparateurs : théorie et pratique, *Actes des Rencontres Géosynthétiques 1999*, Bordeaux, vol. 2, p. 245-264.
- NAUGHTON, P.-J., KEMPTON, G.-T., 2002, In service performance of geotextiles separators, *Proceedings, Proceedings, 7th International Conference on Geosynthetics*, Nice, p. 1505-1508.
- WATN, A., EIKSUND, G., KNUTSON, A., 1998, Deformations and damage of non-woven geotextiles in road construction, *Proceedings, 6th International Conference on Geosynthetics*, p. 933-938.
- WILMERS, W., 2002, The revised German regulations for the use of geosynthetics in road construction. *Proceedings, 7th International Conference on Geosynthetics*, Nice, p. 1401-1404.