

LES MATERIAUX COMPOSITES DANS LE GENIE CIVIL

J. BRUHIER ¹, J-L CLEMENT ²

¹ Département technique, HUESKER Synthetic

² Département Génie Civil, Ecole Normale Supérieure de Cachan

RESUME : La conception d'ouvrage en géosynthétique nécessite de connaître la résistance à la traction à court terme mais également à long terme des renforcements. Cet article recense un nombre de facteurs fréquemment rencontrés dans le génie civil pouvant influencer ces résistances. Ainsi sera examiné l'influence du polymère de base, de la vitesse de l'étirement de l'essai, de la température, du mode de fabrication pour ce qui concerne la résistance à court terme et le comportement au fluage ou à l'endommagement pour ce qui concerne la résistance à long terme.

Enfin, quelques exemples illustrent l'importance de connaître l'ensemble de ces paramètres pour le dimensionnement de ces ouvrages.

1. INTRODUCTION

Les avantages techniques et économiques de l'utilisation des matériaux composites ont été maintes fois cités au cours des dernières années ce qui explique l'important développement qu'ils ont connu et connaissent encore actuellement.

Les gammes de produits des différents producteurs sont à l'heure actuelle tellement vastes qu'il est très difficile pour un maître d'oeuvre de définir le produit le plus adéquate.

Cet article tentera de faire le point sur un certain nombre de propriétés mécaniques requises par les géosynthétiques dans le génie civil.

2. LES CARACTERISTIQUES MECANIQUES

Les caractéristiques mécaniques dépendent du polymère de base utilisé et de la méthode de fabrication.

2.1 Les polymères

Les polymères les plus utilisés sont :

- les polypropylènes PP.
- les polyéthylènes PE
- les polyamides PA
- les polyesters PET

Le tableau ci-dessous rappelle les principales propriétés des fils polymères pour notre domaine d'utilisation.

	PA 6	PA 6.6	PET	PP.	LDPE	HDPE
1. poids volumique (Kg/m ³)	1140	1140	1380	900-910	920-930	940-960
2. Température de transition vitreuse (°C)	30-60	30-60	60-70	-15	-100	-100
3. Température de fusion	215-220	250	250-260	160-165	110-120	125-135
4. raideur E (kN/mm ²)	3-4	3-4	12-18	2-5	variable	variable
Résistance à la rupture (sec) (N/mm ²)	700-900	700-900	800-1200	400-600	80-250	350-600
Résistance à la rupture (humide) (N/mm ²)	600-800	600-800	800-1200	400-600	80-250	350-600
Allongement à la rupture (sec) (%)	18-25	15-28	8-15	10-40	20-80	10-45
Allongement à la rupture (humide) (%)	20-30	18-30	8-15	10-40	20-80	10-45

(Source [1])

Remarques :

- 1° / Les polyamides (PA) et les polyesters (PET) ont un poids volumique supérieur à celui de l'eau, ce qui facilite leur mise en oeuvre dans les travaux hydrauliques.
- 2° / Seul le comportement résistif des polyamides (PA) est influencé par l'eau

2.2 Courbe d'effort-allongement des différents polymères.

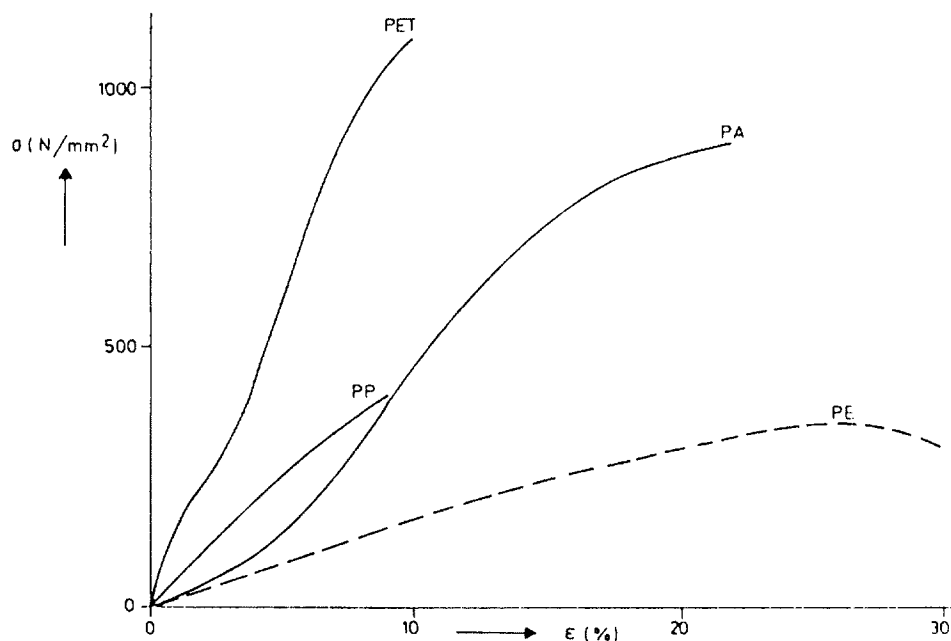


Fig. 1: Courbe effort-allongement en fonction de la nature des polymères (polyester et polyamide (6 ou 6.6) multifilament, polyéthylène monofilament, polypropylène bandelette) (vitesse de l'élongation 10%/min, température de l'essai 20 °C, Source [1])

On distingue deux grandes catégories de produits :

les produits à module important et un allongement de l'ordre de 10 % (PET, PP.)
 les produits à module moins important et un allongement supérieur à 20 % (PA, PE)

2.3 Influence de la vitesse d'étirement

Les courbes ci-dessous illustrent l'influence de la vitesse de l'essai de traction en fonction des polymères.

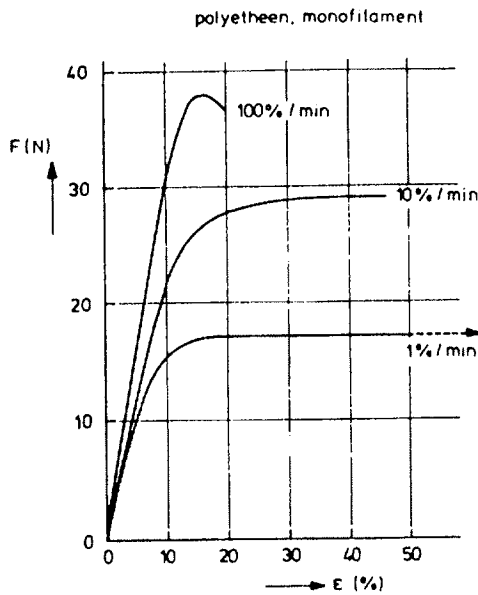


Fig.2 : Courbe d'effort / allongement d'un monofil en polyéthylène

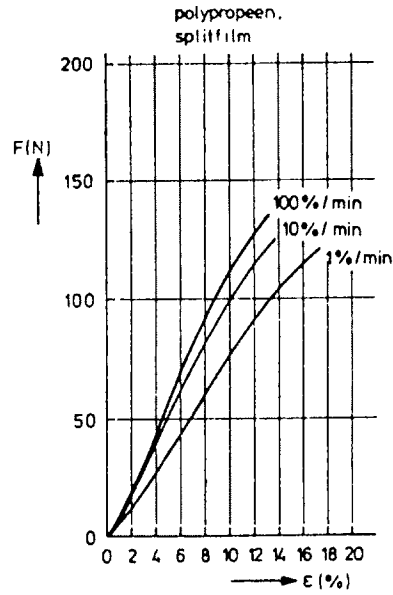


Fig.3 : Courbe d'effort / allongement d'une bandelette en polypropylène.

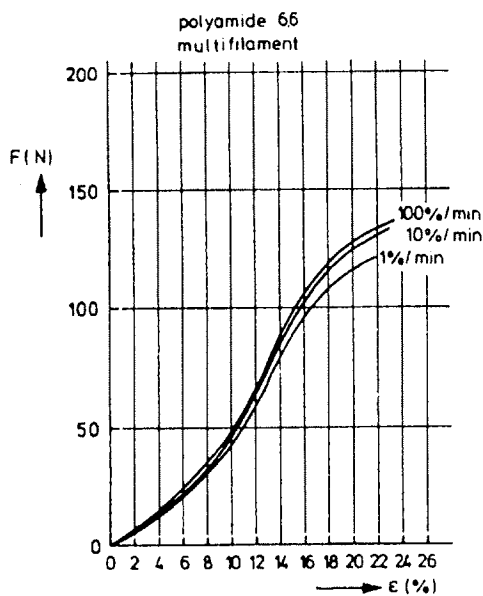


Fig.4 : Courbe d'effort / allongement d'un multifilament en polyamide 6.6 [1]

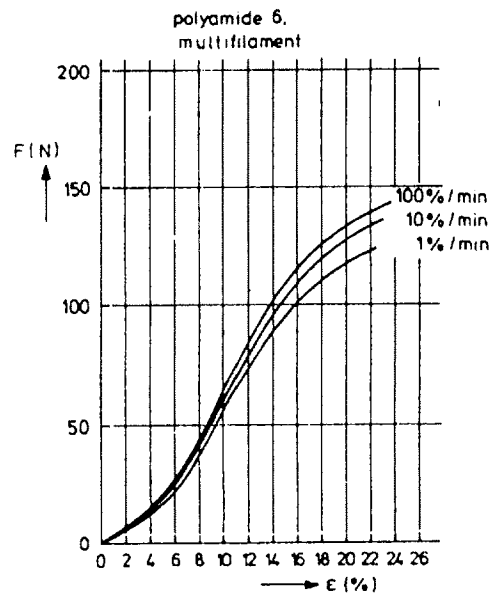
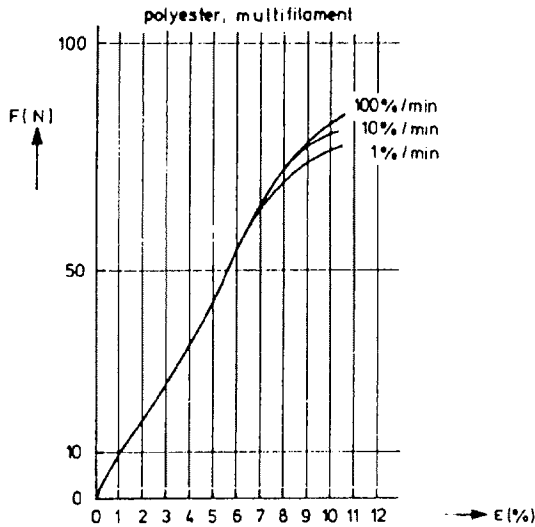


Fig.5 : Courbe d'effort / allongement d'un multifilament en polyamide 6 [1]



Les vitesses examinées ramenées à 1 mètre de fil correspondent à une variation :

- de 0,1 cm/min pour 1 %/min
- de 1 cm/min pour 10 %/min
- de 10 cm/min pour 100%/min

Fig.6 : Courbe d'effort / allongement d'un multifilament en polyester [1]

La vitesse de l'étirement joue un rôle important pour le polyéthylène et le polypropylène, elle l'est peu pour les polyamides et insignifiante pour les polyesters. Ces vitesses sont bien évidemment à comparer avec les mouvements réels existants (rupture brutale ou lente).

2.4 Influence de la température

La température a un effet considérable sur la résistance à la traction des polymères.

Les géosynthétiques issus de ces polymères sont fréquemment utilisés sous différentes contraintes de température (armature de la couche d'asphalte, principe de la terre armée, mise en place sous eau glacée,)

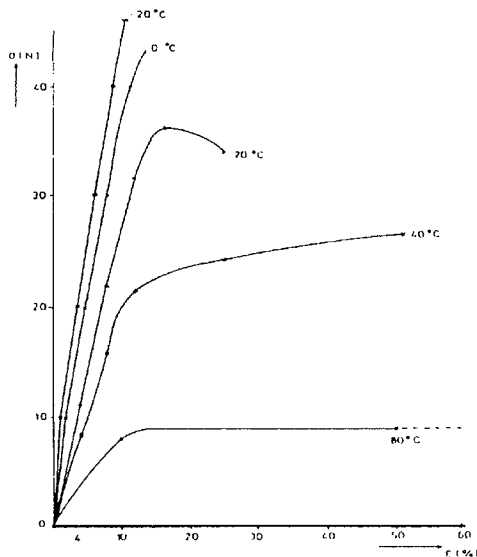


Fig.7 : Courbe effort / allongement d'un monofilament en polyéthylène à différente température [1]

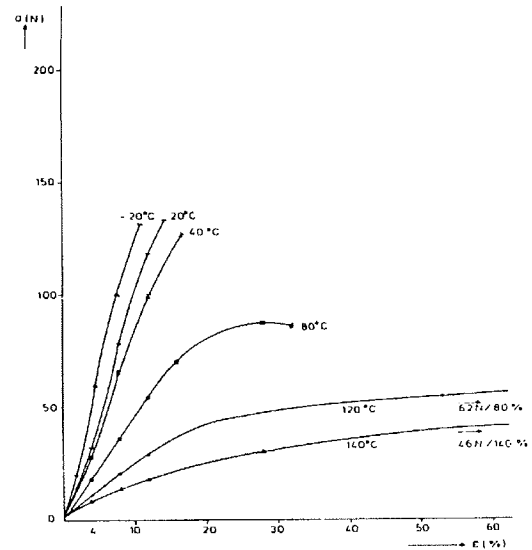


Fig.8 : Courbe effort / allongement d'une bandelette en polypropylène à différente température [1]

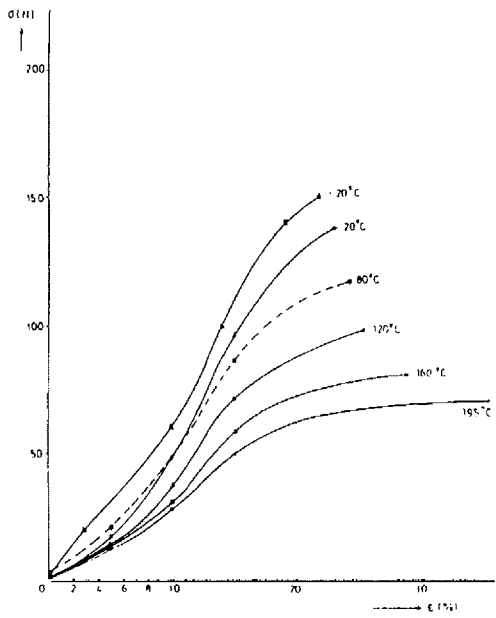


Fig.9 : Courbe effort / allongement d'un multifilament en polyamide 6.6 à différente température [1]

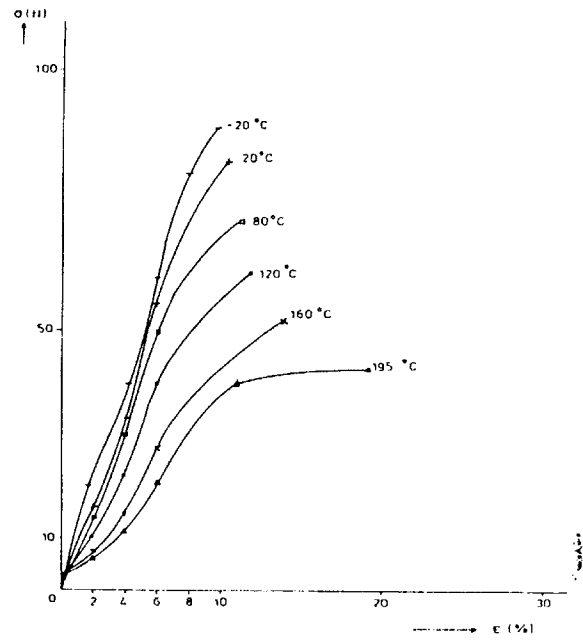


Fig.11 : Courbe effort / allongement d'un multifilament en polyester, à différente température [1]

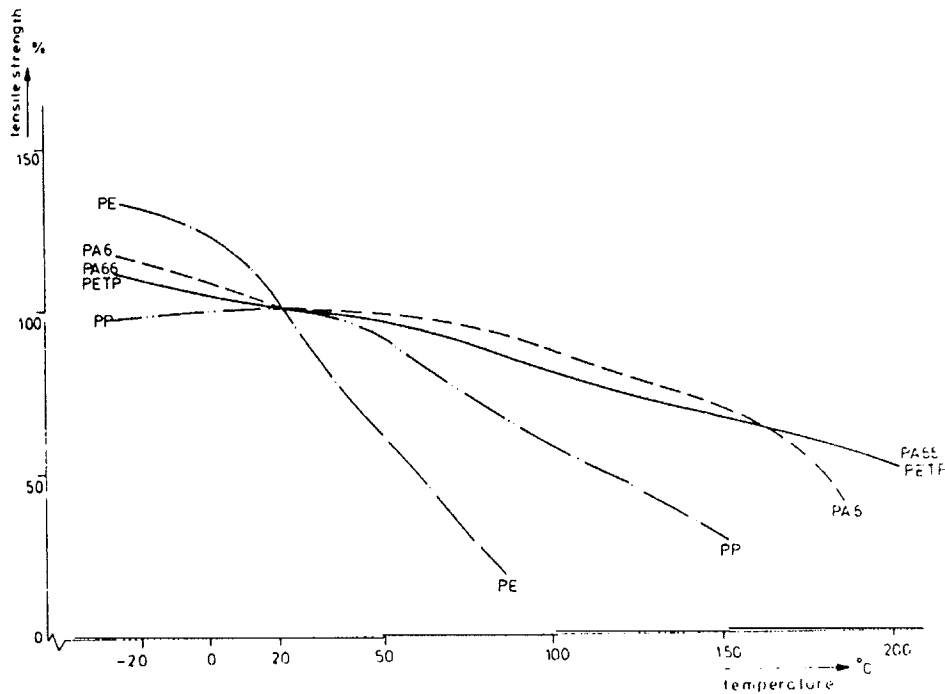


Fig.12 : Résistance à la traction en fonction de la température des différents polymères. (Veldhuijzen van Zanten)

Vis à vis de la température moyenne de 20° C, la résistance à la traction des différents produits décroît lorsque la température croit.

La température pour laquelle le produit a perdu 50 % de sa résistance à la traction est :

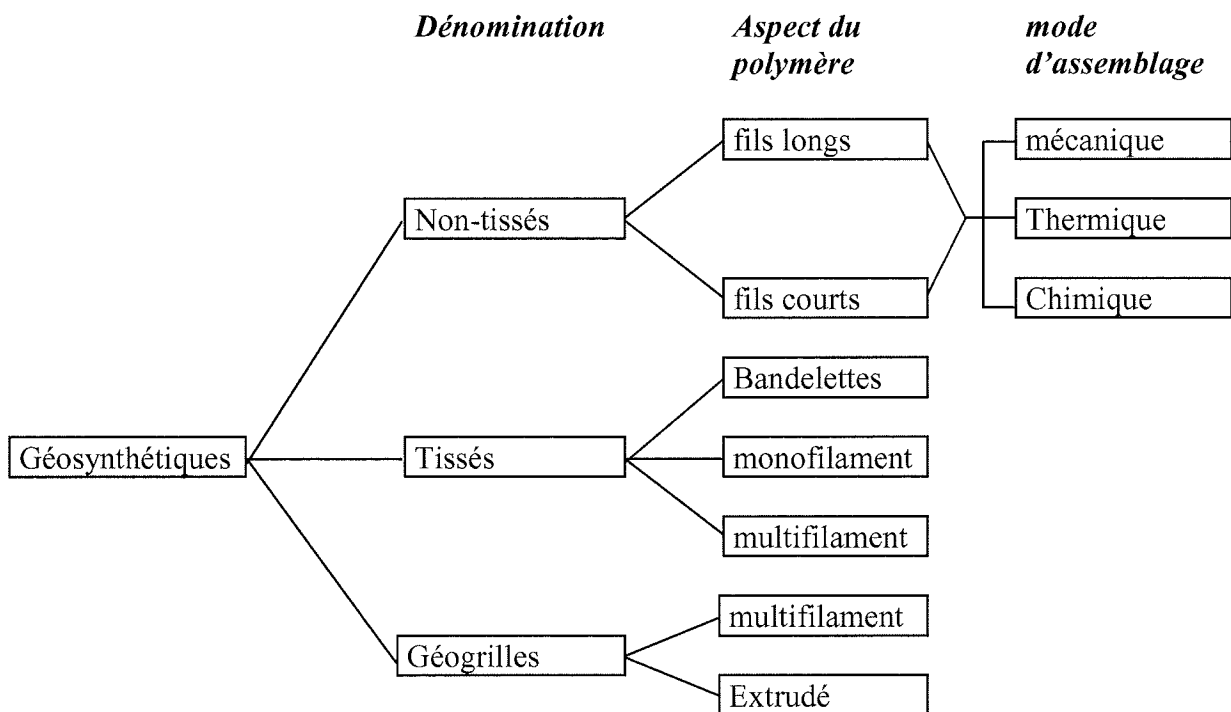
- Pour le polyéthylène (PE) de l'ordre de 60 ° C
- Pour le polypropylène (PP) de l'ordre de 115 ° C
- Pour les polyamides (PA 6) de l'ordre de 180 ° C
- Pour les polyesters (PET) et les polyamides (PA 6.6) de l'ordre de 200 ° C

On remarquera aussi que tous les polymères ont des courbes décroissantes en fonction de la température à l'exception du polypropylène qui a une valeur optimum à 20 °C. On constate encore deux familles de courbe (PP, PE et PA, PET), cette différence de comportement provient du fait qu'aux températures examinées ces deux familles de polymères ne sont pas du même côté de leur température de transition vitreuse.

3. LES GEOSYNTHETIQUES

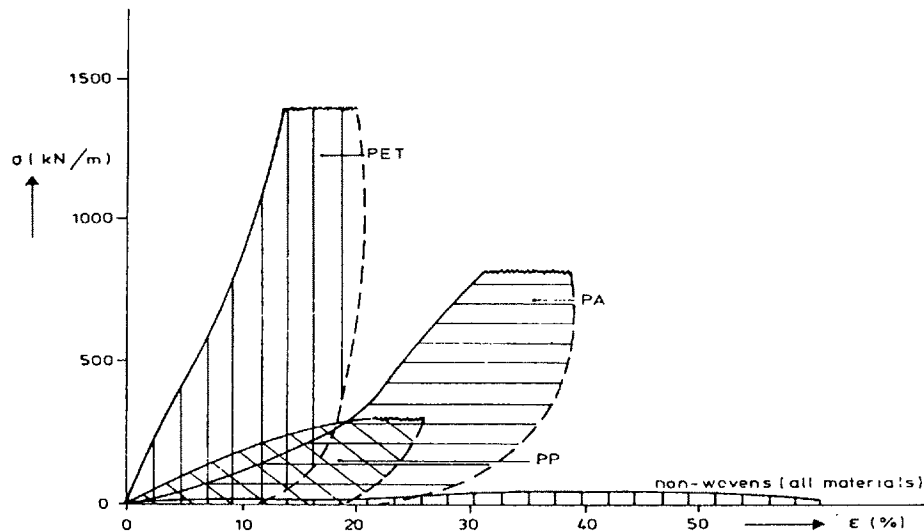
3.1 Les modes d'assemblage

Les principaux modes d'assemblage sont illustrés dans l'arbre ci-dessous. D'autres types d'assemblages sont également apparus au cours de ces dernières années tels que des tricotés ou des géosynthétiques composites constitués par l'association de plusieurs produits de façon à combiner leurs propriétés.



3.1 Courbes d'effort-allongement des produits finaux

Les courbes ci-dessous illustrent la variété des courbes effort-allongements des produits finaux que l'on peut trouver sur le marché ^[1].



3.2 Fluages des produits finaux.

Le fluage des produits dépend du polymère de base mais également de la méthode de fabrication. L'exemple suivant illustre la disparité des valeurs que l'on peut obtenir.

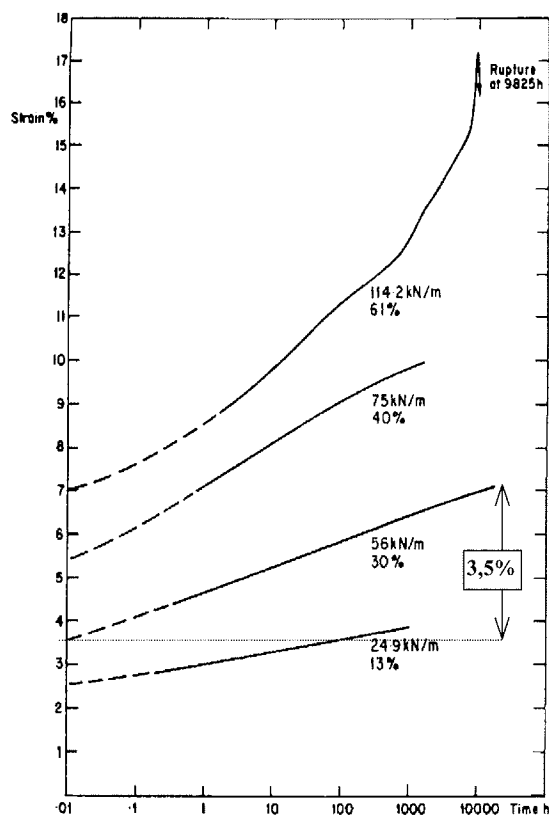


Fig.14: Essai de fluage d'un polypropylène tissé de masse surfacique 570 g/m^2 , résistance à la traction : sens production de 186 kN/m , sens travers 33 kN/m^2 [3]

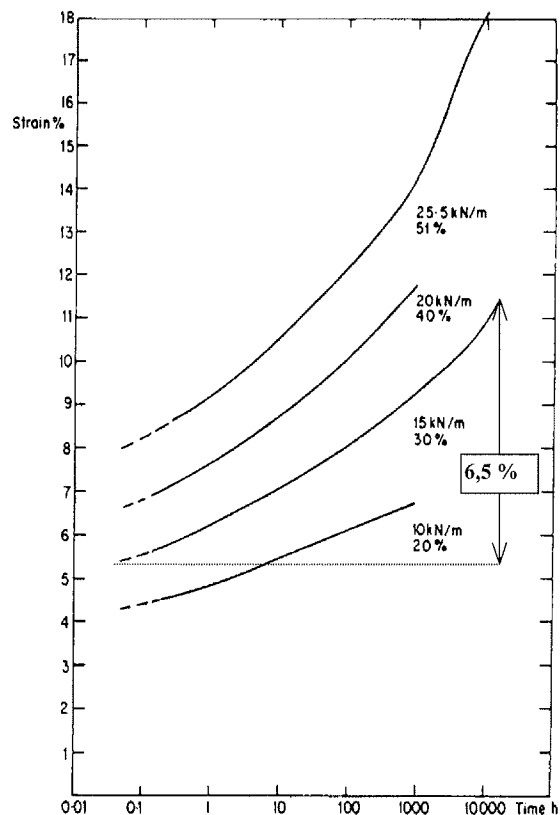


Fig.15: Essai de fluage d'un polypropylène tissé de masse surfacique 240 g/m^2 , résistance à la traction : sens production de 50 kN/m , sens travers 49 kN/m^2 [3]

Pour un taux de travail égal de 30 %, l'allongement dû au fluage pendant 10 000h des deux tissés en polypropylène est pour l'un de 3.5 % tandis que pour l'autre il est de 6,5 %, soit presque deux fois plus importants.

3.3 Durabilité

On distingue deux types de problème :

- Agressions mécaniques : Elles sont directement liées au polymère et au mode d'assemblage. Elles doivent être déterminées à partir d'un essai.
En règle générale :,
 - moins le géosynthétique est souple, plus il est endommagé lors du compactage
 - plus la surface de contact avec le sol plus est grande, il est endommagé lors du compactage
- Environnement Physico-chimique: les polymères sont soumis à des problèmes d'hydrolyse et d'oxydation. En règle générale, une durée de vie de 100 ans peut être raisonnablement envisagée si le polymère n'est pas exposé au U.V. et est disposé dans un milieu neutre ($5 < \text{pH} < 9$),.

3.4 Comportement sol / géotextile

La structure même d'un géotextile définit son comportement avec le sol. Une loi de type Mohr-Coulomb définit l'interaction entre le géotextile et le sol. Les paramètres, angle de frottement géotextile / sol et adhérence, sont définis à partir d'essai de laboratoire.

4 QUELQUES EXEMPLES D'UTILISATIONS DES GEOSYNTHETIQUES DE RENFORCEMENT

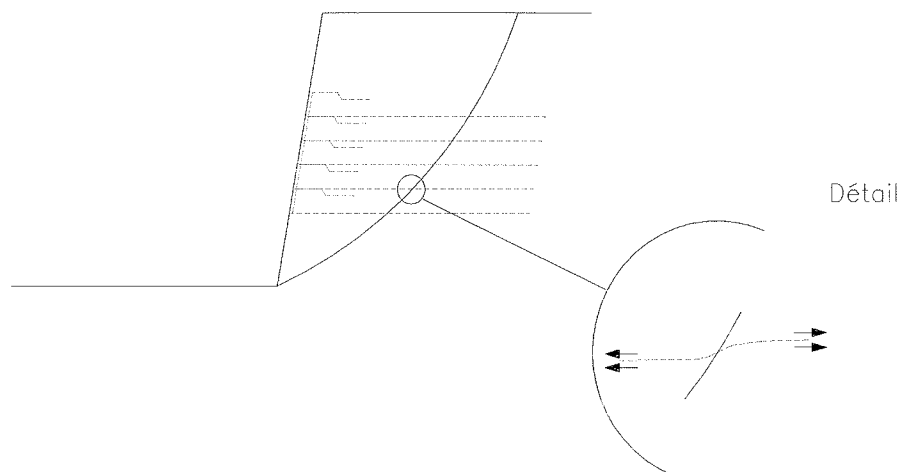
4.1 Armature pour chaussée

Les géosynthétiques sont souvent utilisés comme remontée anti-fissure dans les couches d'enrobé. Les températures de pose de la couche d'asphalte étant très importantes, le polymère de base doit être choisit en conséquence.

4.2 Mur de soutènement

Les nappes de géotextiles servant d'armature sont endommagées lors du compactage. Il est donc nécessaire de connaître la résistance à la traction restante après compactage. De plus celles-ci sont ancrées de part et d'autre de la surface de glissement. Afin de déterminer leur longueur d'ancrage, il est important de connaître l'interaction sol / géotextile.

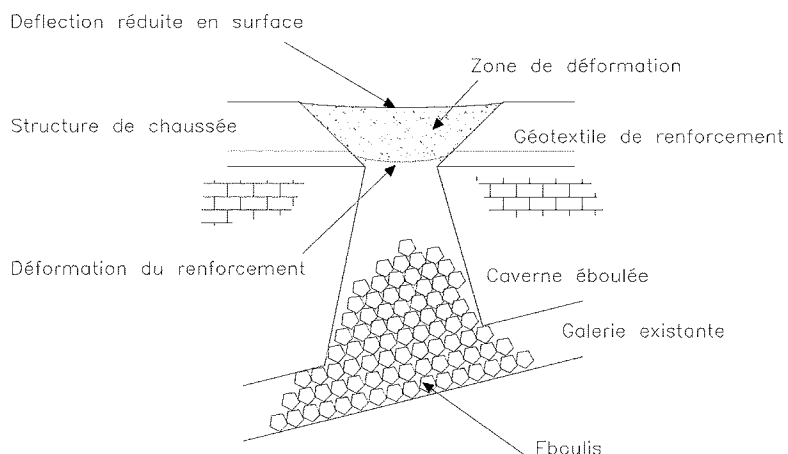
La force stabilisatrice est acquise par un allongement du géosynthétique. Pour éviter des déplacements trop importants, il est conseillé d'utiliser des géotextiles à haut module.



4.3 Remblai sur karst ou marnières

Les karsts ou marnières sont des cavités creusées de manière naturelle ou artificielle. La plupart du temps, on ne sait les localiser de manière précises et il est alors important de s'assurer qu'elle ne s'effondreront pas sous tout type de voie de circulation.

Des géotextiles de renforcement sont de plus en plus utilisés pour pallier à ce problème par un effet parachute.



Pour ce type de renforcement, il est bien évidemment important de connaître le comportement sol / géotextile afin d'assurer l'ancrage de la nappe

Il est important de connaître la raideur du polymère et son comportement au fluage afin de déterminer l'allongement de la nappe sous le poids du terrain.

5 CONCLUSION

Ces quelques résultats d'essai montrent la multitude de paramètre dont il faut tenir compte lors de tout dimensionnement. De plus, il ne faut pas omettre les propriétés hydrauliques et bidirectionnelles des différents géosynthétiques. Il est donc important de bien connaître les caractéristiques de chaque produit et de les faire comprendre aux différents interlocuteurs.

6. REFERENCES

- [1]- *Geotextiles and geomembranes in civils engineering*. Edited by GERARD P.T.M. VAN SANTVOORT, Van Santvoort Consultancy B.V. Rosmalen Netherlands
A.A. BALKEMA/ ROTTERDAM/BROOKFIELD/1994 REVISED EDITION
- [2]- *Strength and safety: The use of mechanical property data*
J.H. Greenwood, BA, PhD, Cphys, ERA Technology Limited and R.A. JEWEL, BA, PhD ,
Ceng, MICE, University of Oxford
Reinforced Embankments Theory and practice Edition D A SHERCLIFF
- [3]- *The creep of geotextiles* J.H Greenwood, ERA Technology Ltd, Leatherhead, UK
Geotextiles, geomembrane and related products, den Hoedt (ed.) 1990 Balkema,
Rotterdam.ISBN 90 6191 192

