

Chimie pour le textile. Habillement

Des molécules et macromolécules pour le confort et la protection de l'homme

Guy Némoz* docteur ès sciences, responsable recherche et textiles techniques

Summary : *Chemistry for textile and clothing. Molecules and macromolecules for comfort and protection of man*

Chemistry brings new functions or allows the combination of several functions, on the textile and fibrous materials. Diversification of products allows the satisfaction of new needs in application like sport, safety in severe atmosphere, hygiene and health.

End-use functions which are wished by the consumers find an answer in the performances of the fibers and of their treatments : high mechanical and thermal strength, hydrophobic/hydrophilic character, waterproof and breathable function, antibacterial character. Each performance is due to a specific molecular behaviour : macromolecular chain orientation, paracrystalline structure, high surface energy, selectivity of the chemical function reactivities.

Mots clés : *Matériaux textiles, fonctions d'usage, performances, structures et fonctions chimiques.*

Key-words : *Textile materials, end-use properties, performances, chemical structure and function.*

Le développement du textile depuis un siècle s'est réalisé grâce aux progrès de la chimie marquant différentes ruptures technologiques. Le passage des fibres naturelles (coton, laine, soie, par exemple) aux fibres artificielles (rayonne/viscose, acétate), puis aux fibres synthétiques (nylon, polyester...) a été rendu nécessaire pour satisfaire des besoins croissants et a été possible grâce aux avancées dues aux procédés de mise en œuvre (dissolution du xanthate de cellulose pour le filage de la rayonne), puis aux progrès de la synthèse des macromolécules (le polyamide Nylon® de Carothers en 1935). La chimie des colorants et des traitements de finissage a, par ses évolutions technologiques, permis d'offrir aux consommateurs d'aujourd'hui, la palette des produits textiles.

Les textiles à usage habillement, ameublement ou industriel tirent leurs performances de leur constitution, de leur procédé de fabrication et de leur traitement.

Ainsi, la nature chimique des fibres, les procédés d'entrecroisement des fils (tissage, tricotage, tressage, non-tissage...), les traitements chimiques et physiques ultérieurs confèrent au matériau textile les performances attendues par le consommateur final.

A travers différents exemples de produits commerciaux, nous examinons la réponse technique apportée par les producteurs en faisant appel aux performances des matériaux pour satisfaire les fonctions d'utilisation.

Performances des matériaux textiles

La chimie macromoléculaire nous propose des matériaux dont les performances basiques sont liées aux fonctions chimiques organiques qui constituent la chaîne, à l'organisation spatiale des macromolécules (état cristallin, amorphe ou mésomorphe), à la longueur de la chaîne moléculaire et à sa distribution. Ces propriétés macromoléculaires obtenues par polymérisation ou copolymérisation, polycondensation ou polyaddition de monomères confèrent aux fibres et aux produits auxiliaires de

traitement des textiles, les performances telles que :

- inertie ou réactivité chimique,
- caractère hydrophile/hydrophobe,
- thermostabilité en atmosphère oxydante ou neutre,
- résistance mécanique en traction,
- isolant ou conducteur électrique,
- élasticité,
- résistance aux rayonnements divers.

La chimie minérale fournit des additifs utilisés lors du processus de production des fils (filage ou filature) ou des traitements de finissage (ennoblissement). Par exemple, les zéolithes (alumino-silicates) confèrent des performances antibactériennes, le noir de carbone ou certains oxydes d'étain et de chrome apportent des propriétés conductrices, les céramiques de type oxyde d'aluminium (alumine) ou de silicium (silice) ou de zirconium (zircone) apportent des performances de tenues en température.

La performance mécanique des fibres

Grâce à des fibres plus résistantes que l'acier (*tableau I*), on peut réaliser :

* Institut Textile de France, avenue Guy de Collongue, BP 60, 69132 Ecully Cedex.
Tél. : 04.72.86.16.13. Fax : 04.78.43.39.66.
E-mail : gnemoz@iffr.fr

Tableau I - Résistance mécanique en traction.

	Résistance (Gpa)	Résistance spécifique (N/tex)*	Masse volumique (g/cm ³)
Polyéthylène HT	2,70	2,78	0,97
Carbone	3,53 - 5,49	2,01 - 3,03	1,76 - 1,81
Aramide	2,90	2,01	1,45
Verre	2,50	0,96	2,60
Céramique	2,24	0,83	2,70
Polyester	0,97	0,70	1,38
Acier	2,80	0,36	7,80

$$*R(N/tex) = \frac{R(Gpa)}{\rho(g/cm^3)}$$

R = résistance à la traction
 ρ = masse volumique
 tex = masse en g/1 000 m

• Des vêtements d'escrime qui réduisent considérablement le nombre d'accidents graves (*photo 1*).

• Des gants anti-coupures pour l'utilisation dans l'industrie ou pour le jardinage, pour toutes les applications où des cutters, des scies, des outils contondants de toutes sortes sont utilisés (*photo 2*).

Cette fonction de protection de la personne est obtenue par l'utilisation de :

- fibres para-aramides (Kevlar® de DuPont de Nemours, Twaron® de Acordis Industrial Fibers...) (voir *encadré 1*) ;

- fibres polyéthylène à haute ténacité (Dyneema® de DSM high performance fibers, Spectra® d'Allied Chemicals) ;

- fibres en combinaison telle que : aramide/polyéthylène haute ténacité/verre/acier.



Photo 2 - Gants anti-coupure (DuPont de Nemours).

Les chaînes macromoléculaires constituant les fibres organiques sont orientées lors du filage et organisées dans des structures partiellement cristallisées ou paracristallisées. Les fortes liaisons chimiques, de type covalentes, sont majoritairement dans l'axe de la fibre lui conférant ainsi un maximum de résistance à la traction dans l'axe (*tableau I*).



Photo 1 - Vêtements d'escrime (Fédération Internationale d'Escrime).

Les performances thermiques

Les performances thermiques des textiles conduisent à des matériaux peu ou non inflammables et dégradables ou non dégradables en atmosphère inerte ou oxydante.

Les vestes de pompiers (*photo 3*), les combinaisons de pilote de formule 1, de chars ou d'avions de combat, permettent à leur porteur de survivre à des situations à risque au cours de leur mission. Ces vêtements utilisent des fibres thermostables organiques, leur confection en fait des protections vis-à-vis des risques d'incendie par exemple.

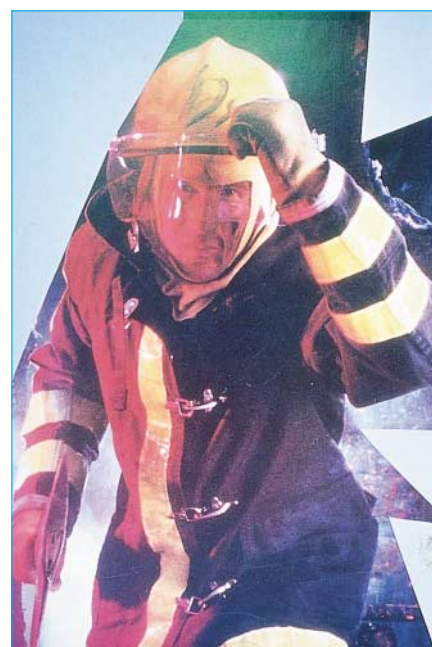


Photo 3 - Combinaison anti-feu (ITF).

Les fibres organiques, par suite de la faiblesse des liaisons chimiques constitutives, se dégradent (ou carbonisent) lorsque la température s'élève, en ambiance oxydante (ou inerte respectivement). Seules les fibres organiques thermostables de type méta-aramide (Nomex® de DuPont de Nemours) ou polyamide-imide (Kermel) (voir *encadré 2*) ou phénoliques (Kynol®) peuvent tenir jusqu'à 400-500 °C suivant les conditions (temps, environnement...) (*tableau II*).

Le caractère hydrophobe

Le caractère hydrophobe apporté par les fibres ou par des traitements sur textile permet de réaliser des matériaux

Encadré 1 - Fabrication des aramides

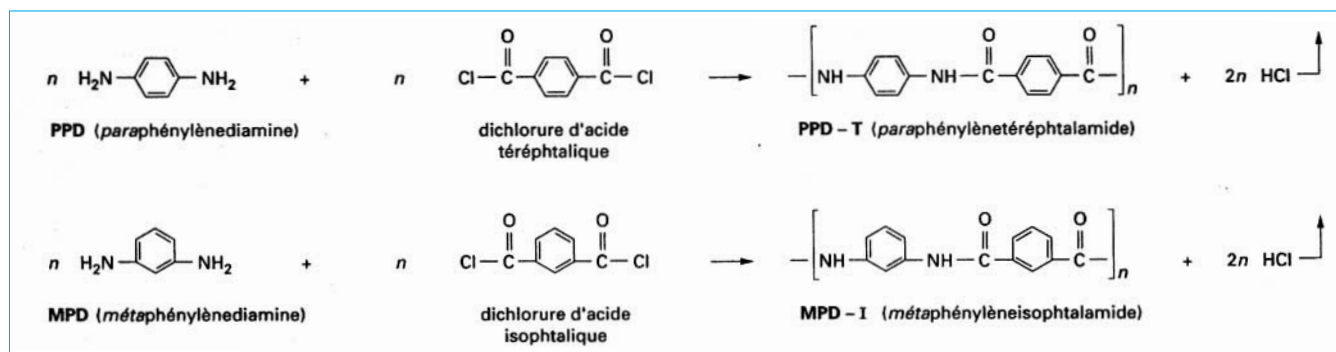
Le terme aramide est le qualificatif donné aux fibres synthétiques dont le polymère de base est constitué d'une longue chaîne polymère dans laquelle au moins 85 % des groupements amides — NH — CO — sont directement liés à deux noyaux benzéniques (aromatiques).

Les fibres aramides sont donc des polyamides aromatiques.

Le polymère conduisant aux fibres aramides est obtenu par polycondensation d'une diamine aromatique et d'un dichlorure d'acide aromatique, la réaction se faisant dans un solvant organique.

La distinction entre para-aramide et méta-aramide est liée à la structure moléculaire particulière des deux matières de base : diamine et dichlorure d'acides aromatiques.

Le polymère PPD-T (para-aramide) est insoluble dans les solvants conventionnels. En revanche, il est soluble dans les acides forts comme l'acide sulfurique concentré.



Une solution de 20 % du polymère dans l'acide sulfurique est anisotrope et se comporte comme un cristal liquide. Soumis à une extrusion sous forte pression dans une filière, le polymère s'oriente fortement. Cette orientation est conservée après un court passage à l'air libre suivi d'un trempage humide en jet sec, puis lavée, neutralisée, séchée, et finalement bobinée. La fibre est constituée de filaments d'un diamètre de l'ordre de 12 µm.

La fibre para-aramide ainsi produite est dite bas module (Kevlar 29[®], Twaron[®] et Technora[®]). La version haut module (correspondant aux Kevlar 49[®] et Twaron HM[®]) est produite par étirement à chaud d'une fibre para-aramide voisine du type bas module, appelée communément précurseur.

Tableau II - Tenue en température.

	Température	Indice limite d'oxygène*
Carbone (en atmosphère inerte)	2 500 °C	-
Céramique	1 300 °C	-
Acier	1 100 °C	-
Verre	600 °C	-
Aramide	450 °C	29 - 32
Polyacrylonitrile oxydé	350 °C	55 - 58
Phénolique	250 °C	30 - 34
Polyester	180 °C	18 - 21
Chlorofibre	160 °C	38 - 46
Polyéthylène HT	120 °C	18 - 20

* Indice limite d'oxygène = quantité d'oxygène relative (%) nécessaire pour entretenir la combustion, avec flamme, de la matière testée.

étanches à l'eau liquide et à certaines salissures :

- vêtements imperméables
- tous textiles traités anti-tâches ou antidéperlants.

Cette fonction est apportée par les groupements fluorés dont la stabi-

lité des liaisons chimiques entraîne des énergies de surface et des tensions superficielles élevées qui ne permettent pas le mouillage des surfaces.

Le polytétrafluoréthylène permet de réaliser des fibres (Teflon[®] de DuPont

de Nemours) ou des apprêts hydrophobes (Scotchguard[®] de 3M).

Le caractère hydrophobe/hydrophile et la fonction imper-respirante

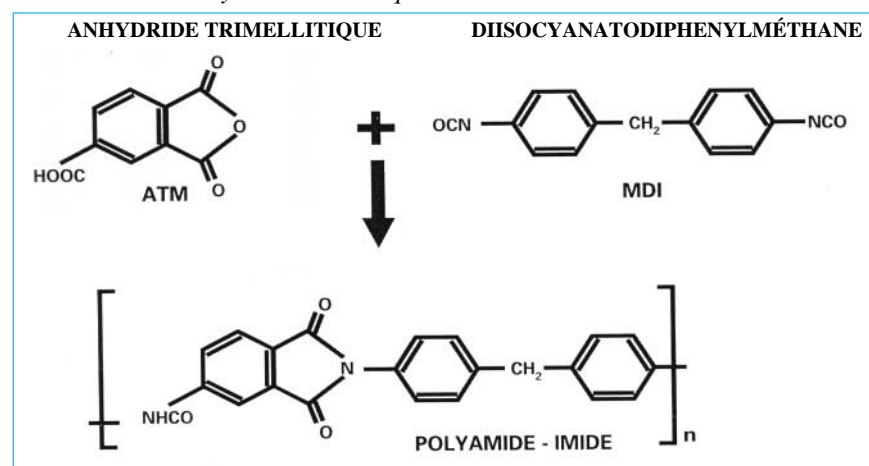
La fonction imper-respirante d'un vêtement exprime l'aptitude d'un matériau à bloquer le passage de la pluie et, aussi, de laisser passer la vapeur d'eau issue de la transpiration. Ces produits servent à fabriquer des coupe-vents, des parkas et anoraks, des éléments de chaussure de sport, etc. (photo 4). Cette fonction d'usage est apportée par des



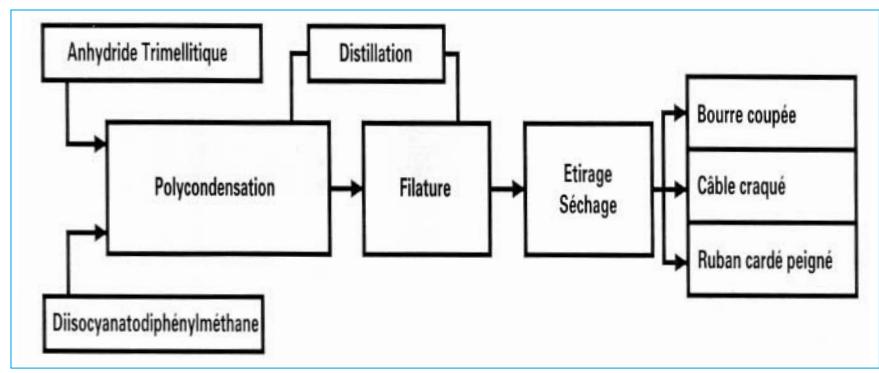
Photo 4 - Combinaison de ski.

Encadré 2 - Fabrication d'une fibre polyamide-imide

Kermel est une fibre aramide. Elle appartient à la famille chimique des polyamides-imides. Elle est obtenue par polycondensation du diisocyanatodiphénylméthane et de l'anhydride trimellitique.



La présence de noyaux aromatiques et de doubles liaisons donne à la fibre son caractère non-feu par nature. Après polycondensation, le collodion est filé à l'humide puis étiré, séché et enfin fini sous différentes présentations : bourre, câble craqué et ruban cardé peigné.



matériaux à caractère hydrophobe et hydrophile.

Les performances recherchées sont apportées par un textile associé à une membrane ou une enduction. Des tissus réalisés avec une forte densité de microfibrilles vont répondre à la fonction imper-respirante. L'addition d'une couche microporeuse par enduction d'un polymère sur le textile donne une plus grande gamme d'utilisation du matériau : elle bloque les interstices du textile tout en laissant passer la vapeur d'eau.

Une autre technologie consiste à contrecoller une membrane microporeuse ou hydrophile sur le textile. La microporosité laisse passer les molécules de vapeur d'eau mais pas l'eau à l'état liquide. La membrane hydrophile laisse passer la vapeur d'eau par un processus de diffusion dans l'épaisseur du film et évaporation sur la face externe.

Les réponses technologiques

Textiles contrecollés sur membranes de polytétrafluoroéthylène (PTFE) de formule $-(CF_2-CF_2)-_n$

W. L. Gore a breveté ces produits aux débuts des années 1970. La membrane GoreTex[®] est obtenue par frittage et bi-étirage, des micropores sont alors créés permettant aux molécules de vapeur d'eau de s'évaporer. Le caractère hydrophobe du PTFE, dû à sa composition et à une forte énergie superficielle, ne permet pas à l'eau liquide de le mouiller, *i.e.* de s'étaler de façon continue sur la surface puis de diffuser dans sa masse.

Textiles contrecollés sur membranes élastomères thermoplastiques hydrophiles

Les élastomères thermoplastiques constituent la base actuelle de toute une

famille de membranes imper-respirantes dont l'élasticité associée au caractère hydrophile permet de satisfaire différents usages. Des copolymères blocs apportent cette double fonction par alternance de chaînes moléculaires d'un polymère « hydrophile » et « élastique » et de celles d'un polymère « dur ». Les produits commerciaux s'appellent Sympatex[®], Proline[®], Alpex[®] par exemple.

Membranes élastomériques thermoplastiques

Cf. figure 1.

Transmission de vapeur dans une membrane élastomère thermoplastique

Cf. figure 2.

Caractère antibactérien

Sur le marché international apparaissent aujourd'hui de nombreuses fibres ou textiles antibactériens. Par exemple :

- **Sous-vêtements et articles chaussants** : les fibres et plus particulièrement les sous-vêtements et articles chaussants en contact avec la peau sont un lieu privilégié pour la fixation, l'adhérence et le développement de micro-organismes généralement non pathogènes. Cependant, ils génèrent des odeurs et une certaine dégradation ou coloration notamment des fibres naturelles.

- **Textiles à usage hospitalier (champs opératoires, draps de lit, blouses)** : ils constituent un lieu privilégié pour les agents pathogènes constituant des contaminations nosocomiales.

Le comportement anti-bactérien (voir l'article *Sciences et Avenir*, mars 1999, p. 64 à 67) s'avère extrêmement différent selon le procédé d'obtention et l'additif employé. Il existe plusieurs procédés de fabrication : addition d'un agent anti-bactérien dans le polymère avant extrusion, simple dépôt, apprêtage, greffage. Les propriétés anti-bactériennes de telles fibres peuvent s'exercer par contact ou par diffusion.

- Fibres chimiques : dans le cas des fibres synthétiques ou artificielles, une des méthodes de traitement consiste à

	Segment dur	Segment mou/hydrophile
Copolyéther-ester	$\left[\text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - (\text{CH}_2)_4 \right]_n$ <p>PBT : Polybutylène téréphtalate</p>	$\left[\text{R} - \text{O} - \text{R}' \right]_n$ <p>Polyéther</p>
Polyétheramide	$\left[\text{O} - \text{C}(=\text{O}) - \text{NH} - \text{R} - \text{NH} - \text{C}(=\text{O}) \right]_n$ <p>Polyamide</p>	$\left[\text{R} - \text{O} - \text{R}' \right]_n$ <p>Polyéther</p>
Polyuréthane	$\text{OCN} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{NCO}$ <p>Diisocyanatediphénylméthane (MDI)</p>	$\text{HO} - (\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O})_n - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ <p>Polyéthylène oxyde glycol</p>

Figure 1.

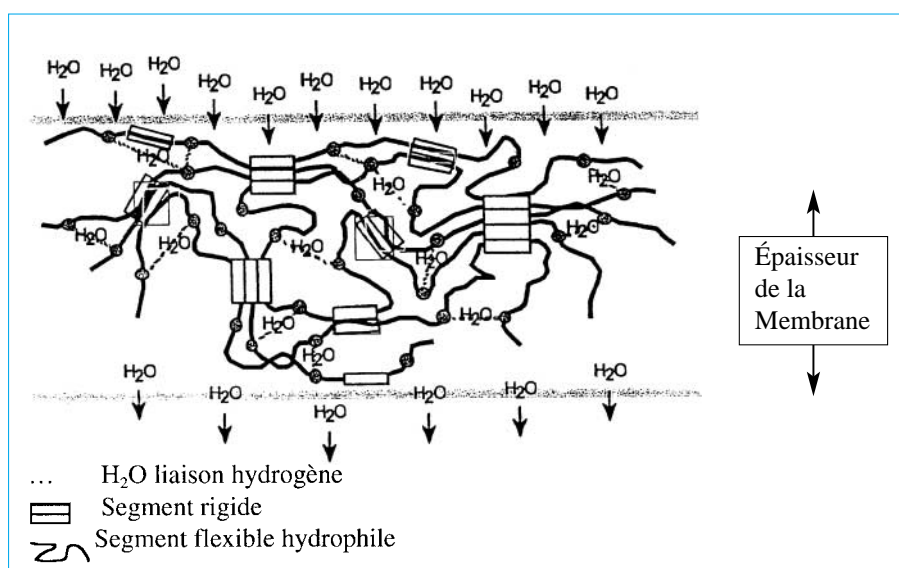


Figure 2.

ajouter un agent anti-bactérien dans le polymère liquide (fondu ou en solution), avant obtention de filaments (ou extrusion) (encadré 3). Quelques fibres à propriétés anti-bactériennes sont disponibles actuellement sur le marché ; par exemple : la Rhovyl AS® en PVC de Rhovyl, la Bactekiller® en polyester et la Liverfresh N® en polyamide de Kanebo, la SA 30® en polyester de Kuraray.

- Apprêts et fibres apprêtées : il existe de nombreux apprêts anti-bactériens vendus dans le secteur textile. L'additif est d'abord appliqué sur fibre ou étoffe, puis insolubilisé *in situ*. Certains sont déjà sur le marché ; par exemple : le Bio-Pruf® de Thiokol-Ventron-Morton, le Preventol® de Bayer, le Kathon® de Rohm et Haas et le Sanigard® de Sanitized. On trouve également des

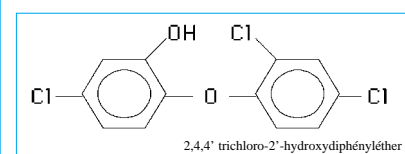
fibres apprêtées anti-bactériennes telles que les cotons Unifresher® d'Unitika et New Tafel® de Mitsubishi Rayon et le polyester Biosil® de Toyobo. Le problème principal de ces apprêts et de ces fibres est la tenue aux lavages répétés.

- Traitement par greffage radiochimique : l'industrie textile est un important domaine d'utilisation des polymères, avec un développement permanent de la chimie. Parmi les techniques de nouvelle génération, le greffage radiochimique permet d'obtenir des matériaux aux propriétés nouvelles à partir de matériaux standard et de monomères fonctionnels biocides. C'est un nouveau pas en avant, autant pour le textile traditionnel (nouvelles méthodes d'apprêtage) que pour les fibres techniques.

Encadré 3 - Deux additifs anti-bactériens : zéolithe et triclosan

- **Zéolithe** : La zéolithe est un solide minéral finement divisé, à base d'alumino-silicate mixte (cuivre, argent, zinc). Par réaction de complexage entre les ions cuivre et l'ARN de la bactérie, le mécanisme de division de la molécule est bloquée ; ainsi la duplication de la bactérie n'est plus possible.

- **Triclosan** : Le triclosan appartient à la famille des phénols. Sa formule est :



Le triclosan empêche la duplication de la bactérie ; son action se caractérise par une adsorption de composants très importante et non spécifique au niveau de la paroi de la bactérie.

Conclusion

La chimie apporte des fonctions nouvelles ou assemble différentes fonctions autour d'un matériau sous forme fibreuse et textile. La diversification des produits s'opère pour satisfaire de nouveaux besoins dans des applications telles que le sport, la sécurité en ambiance extrême, l'hygiène et la santé. Si le consommateur peut exprimer et satisfaire de nouveaux besoins

grâce à ces innovations, le producteur de textiles innovants trouve ainsi des opportunités de diversification avec de nouvelles valeurs ajoutées.

L'avantage des fibres chimiques et des textiles modifiés chimiquement par rapport aux matériaux naturels réside toujours essentiellement dans la qualité, la régularité de la performance et la productivité.

Cependant, on ne peut pas oublier les matériaux naturels dont la chimie et la physique sont exemplaires :

absorption d'humidité grâce aux liaisons hydrogène avec des sites hydrophiles par exemple, extrême finesse et caractère hydrophobe de certains duvets.

Quelles soient d'origine naturelle ou synthétique, les molécules et macromolécules à usage textile apportent à l'homme confort et sécurité !

Références

- *Nouveaux textiles et vêtements fonctionnels*, 1997/1998, Rencontres Science-

Industrie/Institut Textile de France/*L'Usine Nouvelle*.

- *L'Industrie Textile*, novembre 1997, 1292, p. 71-72.
- *Nonwovens World*, June-July 1999, p. 63-70.
- *Textiles à Usages Techniques*, 1992, 3, p. 47-49.
- *Textiles à Usages Techniques*, 1992, 5, p. 21-22.
- *Textiles à Usages Techniques*, 1998, 28, p. 43-45.
- *Techniques de l'Ingénieur, Matériaux non métalliques*, A 3985-1/12.