

Les technologies de fonctionnalisation des textiles

Fabien Roland

Résumé Cet article traite des différentes techniques permettant de fonctionnaliser un textile, c'est-à-dire d'apporter des propriétés supplémentaires. Ceci peut être réalisé à différents stades de fabrication, en particulier au filage des fibres et à l'ennoblissement. Des techniques traditionnelles, comme le foulardage ou l'enduction, ou plus récentes, comme les nanotechnologies, sont utilisées.

Mots-clés Textiles fonctionnels, apprêt, foulardage, enduction, nanotechnologies.

Abstract General points on functionalization technologies

This paper deals with various technologies allowing to functionalize a textile fabric, that is to bring additional properties. This can be realized in various stages of manufacturing, in particular in the spinning of fibres and in the finishing. Traditional technologies, as padding or coating, or more recent as nanotechnologies, are used.

Keywords Functionalizing textiles, finishing, padding, coating, nanotechnologies.

On cherche actuellement à développer des textiles fonctionnels et innovants, à la fois efficaces, confortables, esthétiques et durables. Chaque textile a déjà intrinsèquement des propriétés spécifiques ; par exemple, les fibres naturelles apportent généralement de la douceur et du confort au porter, le polyamide est réputé pour sa forte résistance à l'abrasion et les *méta*-aramides au feu.

Des propriétés supplémentaires vont donc être apportées au support textile : on parlera alors de fonctionnalisation. Les fonctions recherchées se classent en trois catégories principales (figure 1) :

- Fonctions pour améliorer le confort : antibactérien, contrôle de l'odeur, thermorégulant, antistatique, imper-respirant...

- Fonctions pour faciliter son emploi ou son entretien : antitache, antistatique, défroissabilité, séchage rapide...
- Fonctions de sécurité et de santé, pour répondre à de nouvelles réglementations : protection contre la chaleur et la flamme, contre le risque chimique, les UV (cancers de la peau), les acariens (allergies), les moustiques (paludisme)...

Le textile peut être fonctionnalisé à tous les stades de sa transformation, en particulier en amont par les chimistes au niveau de la synthèse du polymère et de son filage, et en aval par les ennoblisseurs avec divers traitements de surface des étoffes [1].

La fonctionnalisation de la fibre

De nombreuses fonctions peuvent déjà être apportées lors de la fabrication des fibres chimiques. À ce stade, on obtient une bonne durabilité de l'effet recherché dans le temps, à savoir une capacité à conserver les propriétés initiales après plusieurs lavages ou nettoyages à sec. La fibre peut être fonctionnalisée par divers procédés :

- Par **association de monomères spécifiques** : les fibres modacryliques présentent un très bon comportement à la flamme, contrairement aux fibres acryliques. Ce sont pourtant dans les deux cas des copolymères acrylonitrile-vinyle mais les modacryliques ont une proportion de vinyliques chlorés très supérieure. Certaines fibres polyesters peuvent être teintées avec des colorants cationiques, ce qui n'est pas le cas d'un polyester standard. Cette affinité différentielle est possible par l'apport de monomères anioniques dans la structure.

- Par **incorporation en masse d'additifs spécifiques à l'extrusion** : de nombreuses fibres sont commercialisées avec la fonction antibactérienne par exemple. Les principes actifs sont alors soit des agents organiques comme le triclosan (chlorofibre Rhovyl[®]AS, acétate Silfresh[®], acrylique Amicor[®]...), soit des agents d'origine minérale, zéolithes avec ions cuivre, argent ou zinc (polyamide Meryl Skinlife[®], polyester Trévira Bioactive[®]...). D'autres fonctions peuvent être apportées comme la protection UV et la matité par



Figure 1 - La fonctionnalisation de textiles apporte des propriétés nouvelles pour notre quotidien : douceur, résistance, thermorégulation, imper-respiration, anti-acarien...

Photos sport (de gauche à droite) : © Fotolia - benuch, BoL et Rémy Massegli.

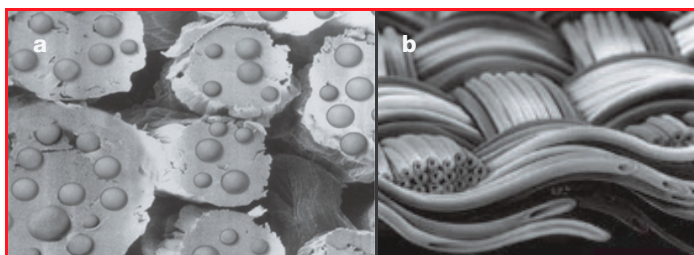


Figure 2 - Fibres Outlast® (Outlast, DR) (a) et Meryl Nexten® (Meryl Fiber, DR) (b).

incorporation de TiO_2 , la coloration en masse avec des pigments, la thermorégulation avec des microcapsules de paraffine dans les fibres Outlast® (figure 2a)... [2].

• En choisissant une **filère particulière lors du filage** : l'utilisation de fibres très fines et très légères appelées microfibrilles (fibres de titre < 1 dtex, c'est-à-dire de poids < 1 g/10 km) permet d'obtenir des textiles ayant une très grande douceur ou une qualité d'essuyage supérieure (pour lingettes...). La géométrie de section spéciale d'une fibre lui confère des propriétés souvent très intéressantes. Par exemple, la section creuse du polyester Hollofil® ou du polyamide Meryl Nexten® (figure 2b) procure de la légèreté et une isolation thermique renforcée. La section à canaux longitudinaux du polyester Coolmax® facilite l'évacuation de la transpiration et le séchage rapide du textile [3].

Les technologies d'ennoblissement traditionnelles

Les traitements d'ennoblissement fonctionnalisent également le textile et sont réalisés sur les fibres, fils, pièces de tissu ou de tricot, non-tissés et articles assemblés. En effet par définition, l'ennoblissement regroupe l'ensemble des opérations mécaniques et chimiques qui apportent au textile son aspect final (apparence et toucher) et lui confère des propriétés qu'il n'avait pas au départ. La fonctionnalisation par ce type de traitement est beaucoup moins coûteuse que par l'utilisation de fibres fonctionnalisées.

Les procédés d'ennoblissement se classent en trois groupes :

- les traitements de préparation et de blanchiment,
- les traitements de coloration (teinture et impression),
- les traitements de finition (apprêts mécaniques et chimiques, enductions).

La fonctionnalisation du textile est surtout obtenue par les traitements de finition. Un traitement peut apporter plusieurs fonctions : par exemple l'application de certains silicones confère à la fois au textile une grande douceur et un effet hydrofuge. Un traitement peut aussi selon le domaine d'application être utilisé pour obtenir une fonction différente,

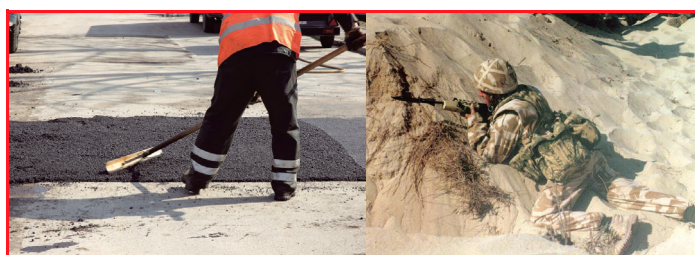


Figure 3 - La coloration des textiles est un traitement d'ennoblissement d'utilités diverses : gilets haute visibilité pour les chantiers, tenues militaires de camouflage...

Gilet de chantier : © Fotolia/Chaoos.

voire opposée : par exemple la coloration d'un vêtement de protection (EPI : équipement de protection individuelle) sert aussi bien à se rendre « invisible » (tenues militaires de camouflage) qu'à être facilement vu (gilets de haute visibilité utilisés sur les chantiers) (figure 3).

Ces traitements sont soit chimiques, par application de différents produits, soit mécaniques, par modification de l'état de surface des tissus.

Les apprêts mécaniques

Les apprêts mécaniques sont réalisés sur des machines spécifiques. Par exemple, les textiles appelés « polaires » sont en fait des tricots grattés sur une gratteuse, où les fibres sont ébouriffées en surface par l'action de brosses métalliques (figure 4), conduisant à un textile plus épais et plus doux, ayant une très bonne rétention calorifique. Les principaux apprêts mécaniques et les propriétés apportées au textile sont donnés dans le tableau I [4-5].

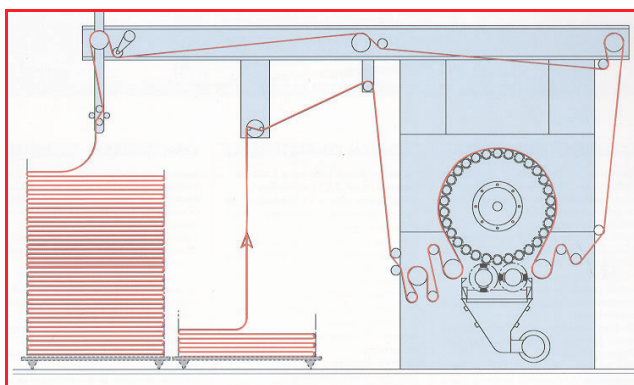


Figure 4 - Une gratteuse permet de réaliser par exemple des textiles polaires en grattant des tricots (Unitech, DR).

Tableau I - Principaux apprêts mécaniques.

Apprêts mécaniques	Actions	Propriétés
Calandrage	Pression, friction, température	Toucher, brillant, lustre, réduction de la perméabilité à l'air
Grattage, lainage	Cardage (aiguilles)	Confort, douceur, accroissement du pouvoir de rétention calorifique
Foulage	Feutrage de la laine	Isolation thermique, aspect feutre
Émerisage	Frottement avec toile émeri	Toucher et aspect peau de pêche, qualité d'essuyage, adhésion
Flambage	Carbonisation des fibrilles	Surface lisse, réduction de la pilosité
Dérompage	Brassage mécanique avec ventilation d'air	Toucher plus souple

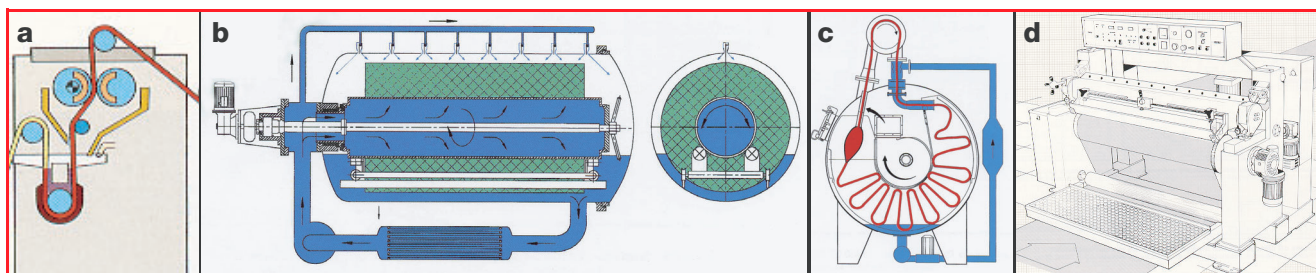


Figure 5 - Différentes machines pour les traitements chimiques. a) Foulard pour l'application de produits chimiques par imprégnation et exprimage entre deux rouleaux (Küsters, DR) ; b) Autoclave horizontal pour les traitements en plein bain de pièces textiles au large (Alliance MT, DR) ; c) Overflow pour les applications en plein bain sur pièces en boyau (Alliance MT, DR) ; d) Machine pour enduction à la racle (Isotex, DR).

Les traitements chimiques

Les traitements chimiques sont appliqués par les techniques de foulardage, plein bain, enduction et pulvérisation.

Le foulardage

Le foulardage est de très loin la technique la plus utilisée car elle est relativement simple et permet l'application de nombreux produits chimiques. Il faut tout de même veiller à la stabilité des bains si l'on combine plusieurs produits. Le principe est d'imprégner le tissu d'un bain contenant une formulation de produits chimiques en solution ou en dispersion, et de l'exprimer, c'est-à-dire de faire pénétrer le produit puis d'enlever le surplus de bain du tissu en exerçant une pression entre deux rouleaux recouverts d'élastomères (figure 5a). Ce procédé permet de maîtriser la quantité de bain déposé ; on parle du taux d'exprimage ou taux d'emport. La matière est traitée à cœur et sur les deux faces et garde son aspect textile. Reste ensuite à la passer dans un séchoir ou une rame pour éliminer l'eau.

Certains produits nécessitent un traitement thermique supplémentaire de fixation. On parle communément de « polymérisation » : cela peut être par exemple une réticulation de liant, une polycondensation de résine, une formation de liaisons chimiques entre le produit et certains groupements de la fibre (par exemple les -OH des fibres cellulosiques). La durabilité du traitement dépend des liaisons fibres-produits (liaisons physiques et/ou chimiques) et est généralement plus ou moins limitée ; la propriété peut être non permanente et n'avoir donc aucune tenue même à un simple trempage, ou être permanente à un nombre donné de lavages sous certaines conditions.

Les principaux apprêts chimiques sont donnés dans le tableau II [4-6].

Le plein bain

La technique en plein bain a pour principe de mettre en contact le textile et le bain contenant les produits utiles dans différents types de machines adaptées pour travailler la matière en fils, pièces, articles... Ces machines fonctionnent par circulation du bain au travers du textile, du textile dans le bain, ou les deux en même temps. Par exemple, on utilise des appareils à circulation de bain, communément appelés « autoclaves », qui peuvent traiter des pièces au large ou des bobines de fils (figure 5b). On peut travailler les pièces aussi en boyau sur des machines de type overflow (figure 5c). Dans ce cas, les produits chimiques utilisés doivent avoir de l'affinité pour la matière textile afin d'être adsorbés, puis

Tableau II - Principaux apprêts chimiques.

Apprêts chimiques	Fonctions
Apprêts « infroissables » (résines thermodurcissables : composés N-méthylolés)	Défroissabilité, raideur, « easy care », « wash and wear », stabilité dimensionnelle
Hydrofuges (silicones, mélamines chaîne grasse, fluorés)	Protection eau, déperlance, antitache (taches aqueuses)
Oléofuges (fluorés)	Protection huile, antitache
Ignifuges (composés phosphorés, azotés, halogénés..., traitements Proban® et Pyrovatex®)	Protection feu : rendre le textile difficilement inflammable
Adoucissants (produits condensation acides gras, dispersions de polymères - PE, PU..., silicones)	Confort : adoucissage Résistance abrasion, repassage facile : par effet lubrifiant
Enzymes (cellulases, protéases)	Confort : adoucissage par biopolissage
Antifeutnants (silicones, polyuréthanes...)	Antifeutrage, adoucissage et stabilité dimensionnelle de la laine
Antistatiques (silicones hydrophiles, dérivés aminés d'acide phosphorique...)	Confort, antipoussière par augmentation de la conductivité électrique du textile
Antibactériens/antifongiques (argent, triclosan, chitosane, ammonium quaternaire...)	Confort : anti-odeur Protection, santé en milieu médical : empêcher le développement de micro-organismes (bactéries/champignons)
Anti-acariens (perméthrine)	Protection, santé : empêcher le développement d'acariens pour lutter contre les allergies
Antimites (perméthrine)	Protection laine : fibre rendue non comestible pour les larves de mites
Absorbeurs UV (oxalanilide, triazine...)	Protection solaire (UV) contre les effets néfastes pour la peau

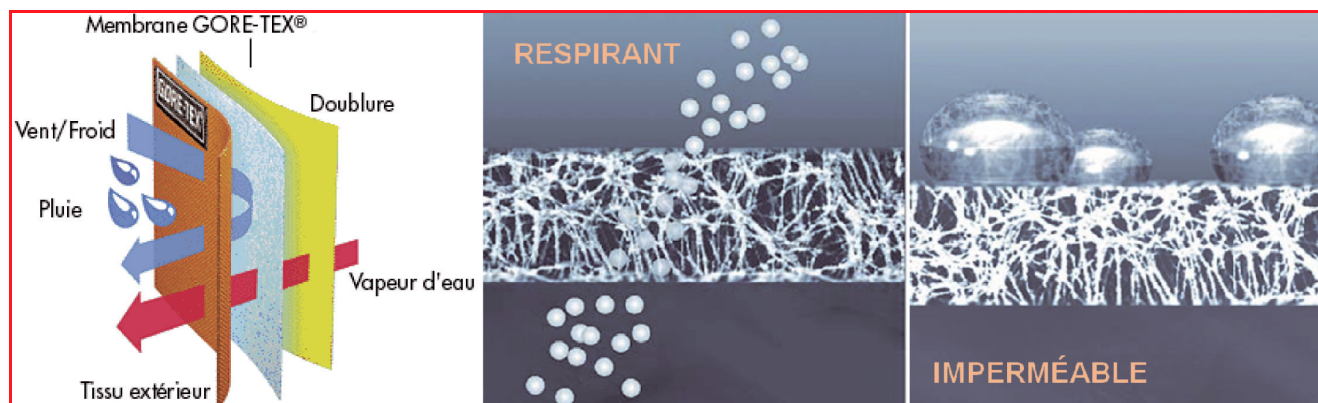


Figure 6 - Action d'une membrane Gore-Tex® (WL Gore & Associés, DR).

diffuser et se fixer. Cette technique est très utilisée pour la coloration des textiles. On l'emploie aussi par exemple pour l'application d'adoucissants cationiques ou de certains absorbeurs d'UV, pour le procédé « zirpro » d'ignifugation de la laine (avec sels de zirconium), mais elle ne fonctionne pas pour tous les apprêts chimiques fonctionnels.

L'enduction

On peut aussi souhaiter réaliser un traitement sur une seule face du tissu ou avoir des fonctionnalités différentes sur chacune des deux faces. Les produits peuvent alors être incorporés dans des pâtes plus ou moins visqueuses et appliqués par les techniques d'enduction. En fonction de l'épaisseur déposée, la matière peut garder ou non son aspect textile. Dans le premier cas, on parlera de traitements d'apprêts appliqués par enduction ; dans le second, nous réalisons un composite souple et le textile joue le rôle du matériau de renfort, on parlera d'enduction (« coating ») proprement dite. Les principales techniques d'enduction sur textile sont :

- l'enduction à la *racle* : en l'air, sur bande transporteuse ou sur cylindre (figure 5d) ;
- l'enduction au *cadre rotatif* (sérigraphie) ;
- l'enduction *par cylindres* : reverse roll ou cylindre « kiss-coating » ;
- l'enduction *par transfert* : application sur papier siliconé puis transfert sur textile par calandrage (pression entre deux cylindres chauffants).

Les grandes familles de produits chimiques appliqués par enduction sont des formulations de plastisols (PVC), d'acryliques, de polyuréthanes, d'élastomères caoutchoutiques, de silicones et de fluorés. Pour des raisons environnementales, l'industrie textile utilise de plus en plus des enductions en phase aqueuse et peu en phase solvant [4-5, 7-8].

Autres méthodes

La méthode par pulvérisation de fines gouttelettes d'apprêts sur le tissu peut aussi être employée mais elle est surtout utilisée pour l'humidification des textiles. Nous pouvons par contre citer la technologie Fibroline™, un nouveau procédé d'imprégnation directe de poudres sèches à l'aide d'un champ électrique, en particulier pour les structures de non-tissés.

Le complexage

La structuration du textile par assemblage de pièces, contre-collage de plusieurs couches ou laminage d'une membrane imper-respirante, permet aussi de conférer des

propriétés que n'aurait pas une surface textile simple. Nous raisonnons de plus en plus en systèmes multicouches. Dans les vêtements, on recherchera une facilité d'évacuation de la transpiration et un toucher doux pour la couche en contact direct avec la peau, une forte capacité d'isolation thermique pour la couche intermédiaire et une protection face aux intempéries pour la couche extérieure (pluie, vent...). La membrane imper-respirante (type Gore-Tex® (figure 6), Sympatex®, Proline®...) dans les parkas ou les chaussures aura pour fonction d'empêcher la traversée de l'eau (pluie), tout en laissant s'évacuer la vapeur d'eau (transpiration) [4, 9].

Les technologies dites nouvelles ou émergentes

Des technologies permettant d'obtenir des textiles aux caractéristiques nouvelles et plus respectueuses de l'environnement, qui utilisent des produits moins polluants et consomment moins d'eau et d'énergie, sont à l'étude. Elles se développent d'abord sur des marchés de niches à haute valeur ajoutée et certaines sont encore pour l'instant peu développées industriellement. Elles peuvent nécessiter des investissements en matériels nouveaux non négligeables et engendrer des coûts de traitements qui restent chers. Parmi celles-ci, voici les principales que l'on se doit de citer :

- **La microencapsulation** : cette technique permet d'isoler une substance active du milieu extérieur et éventuellement de la libérer progressivement par diffusion à travers la paroi microporeuse ou par destruction de cette paroi ; citons par exemple les textiles thermorégulants avec microcapsules de matériaux à changement de phase (PCM) et les cosméto-textiles parfumants, hydratants, amincissants... [10-11].
- **La technique plasma** : un gaz ionisé par des décharges électriques ou des ondes électromagnétiques de haute fréquence peut modifier la chimie de surface des fibres en conservant leur apparence et leurs propriétés intrinsèques. Par exemple, l'amélioration de la mouillabilité et de l'adhésion des surfaces en polypropylène par plasma facilite les traitements ultérieurs de ces types de textiles (impression, enduction)... Il existe plusieurs catégories de traitements plasma : décharge couronne (corona), plasma atmosphérique et plasma basse pression [12-14].
- **Les traitements sol-gel**, pour obtenir des surfaces enduites inorganiques ; le sol est une solution colloïdale d'oxyde métallique et le gel est la phase produite après évaporation du solvant. Les sol-gel étudiés actuellement sont surtout à base d'oxyde de silicium pour des propriétés de résistance à l'abrasion, hydrophobe et oléophobe, antimicrobienne... [14-16].

• **Les nanotechnologies** [17] : de façon générale, ces procédés permettent de travailler la matière à l'échelle nanométrique, c'est-à-dire en dessous de 100 nanomètres. L'échelle nanométrique dans les matériaux textiles se présente sous différentes formes : nanofibres, nanoparticules ou nanotubes incorporés, nanocouches déposées et surfaces nanostructurées. Les propriétés que l'on peut obtenir sont là aussi multiples : mécaniques, thermiques, optiques, électriques... Grâce à la miniaturisation, il est aussi possible d'incorporer dans les textiles des systèmes chimiques, physiques, biologiques ou électroniques, les rendant interactifs et adaptatifs : on parle alors de « textiles intelligents » ou « smart textiles » [14].

Conclusion

Il existe de nombreux traitements et techniques associées pour fonctionnaliser un textile. Ces propriétés sont apportées lors de la fabrication des fibres ou lors de l'ennoblissement des textiles. Dans le premier cas, le point fort est principalement la permanence de l'effet réalisé et dans le second, la simplicité du traitement et son relatif faible coût. Certaines technologies utilisées dans d'autres secteurs d'application comme les plasmas, les sol-gels, les nanotechnologies... sont en développement pour les textiles. Elles sont encore peu utilisées comparativement aux traitements traditionnels, et souvent réservées à des marchés de niches ou de haute valeur ajoutée. Les raisons sont surtout liées au coût en investissement machine et/ou au surcoût du traitement, ou à des difficultés d'industrialisation (reproductibilité à grande échelle). On peut penser que l'évolution de ces technologies fera que ces freins n'en seront plus et qu'elles auront dans un avenir plus ou moins proche une place prépondérante dans la fonctionnalisation des textiles.

Références

- [1] Ungidos A., Les textiles modernes, l'innovation par la fonctionnalisation, *Chimie Magazine*, **2003**, 452, p. 31.
- [2] *Intelligent textiles and clothing*, H.R. Mattila (ed.), Woodhead Publ./CRC, **2006**.
- [3] Hongu T., Phillips G.O., *New fibers*, Woodhead Publ., **1997**.
- [4] *Handbook of technical textiles*, A.R. Horrocks, S.C. Anand (eds), Woodhead Publ./CRC, **2000**.
- [5] *Textile finishing*, D. Heywood (ed.), Woodhead Publ., **2003**.
- [6] Schindler W.D., Hauser P.J., *Chemical finishing of textiles*, Woodhead Publ./CRC, **2004**.
- [7] Fung W., *Coated and laminated textiles*, Woodhead Publ./CRC, **2002**.
- [8] Sen A.K., *Coated Textiles: Principles and Applications*, Technomic Publ./CRC, **2001**.
- [9] Dhennin J.-F., Membranes imper-respirantes, *L'Industrie Textile*, **1997**, 1292, p. 71.
- [10] Roques-Carmes C., Millot C., La microencapsulation, *Nanomatériaux, Traitement et Fonctionnalisation des Surfaces*, J. Takadoum (ed.), Hermès/Lavoisier, **2008**.
- [11] Delaye E., La microencapsulation appliquée aux textiles, *L'Industrie Textile*, **2004**, 1363, p. 60.
- [12] *Plasma technologies for textiles*, R. Shishoo (ed.), Woodhead Publ./CRC, **2007**.
- [13] Severich B., Atmospheric pressure plasma: a new technology for modifying textile fabrics, *Melliand International*, **2008**, 14(2), p. 60.
- [14] *Surface modification of textiles*, Q. Wei (ed.), Woodhead Publ./CRC, **2009**.
- [15] Stevens K., Applications sol-gel sur textile, *L'Industrie Textile*, **2010**, 1402 p. 37.
- [16] Mahltig B., Textor T., *Nanosols and Textiles*, World Scientific, **2008**.
- [17] Roland F., L'apport des nanotechnologies au textile, *L'Act. Chim.*, **2012**, 360-361, p. 28.



Fabien Roland

est enseignant-chercheur en chimie-textile à l'ITECH (Institut Textile Et CHimique de Lyon)*.

* ITECH Lyon, 87 chemin des Mouilles, F-69134 Écully Cedex.
Courriel : fabien.roland@itech.fr

les éditions d'île de france

102 avenue Georges Clemenceau - 94700 MAISONS ALFORT

Tél. : 01 43 53 64 00 - Fax : 01 43 53 48 00

edition@edif.fr - www.edif.fr