

LES TEXTILES ANTIBACTÉRIENS

Les textiles antibactériens ont fait leur apparition sur les marchés destinés au « grand public » sous la forme de chaussettes, de sous-vêtements, de linge de toilette, de couettes et autres vêtements de sport. S'ils apportent très certainement « un plus » dans le domaine général de l'hygiène, il semble qu'on puisse leur trouver d'autres applications. En milieu hospitalier, par exemple, ils peuvent donner de nouvelles propriétés au linge afin que ce dernier ne joue pas le rôle de réservoir à bactéries et limiter ainsi les infections croisées. Cependant, ces tissus qui revendiquent la propriété d'inhiber le développement des bactéries contiennent des agents chimiques actifs qui ne sont pas théoriquement sans conséquences en termes de toxicité, de développement de bactéries résistantes ou de sélection de flore. Cet article a pour but de faire le point sur ces textiles à activité biologique et leur utilisation par le grand public ou par les professionnels : milieu hospitalier, industrie alimentaire.

Propriétés antibactériennes des tissus

Quel est le rôle des antibactériens inclus dans les textiles ?

1- Assurer la protection du tissu lui-même contre les dégradations occasionnées par les micro-organismes (apparition d'odeurs de type « moisi », modification de la texture de la fibre, diminution des propriétés mécaniques, taches pigmentées), avec comme corollaire une dévaluation commerciale du produit (toile de tente, liner de piscine, stores extérieurs...). Ces dégradations peuvent être dues à des champignons microscopiques, on parle alors d'antifongique.

2- Empêcher les bactéries qui se déposent sur le tissu de proliférer. On supprime ainsi les inconvénients liés à cette multiplication. On obtient donc des textiles qui :

- agissent contre les odeurs : en effet, les odeurs corporelles proviennent fréquemment de la multiplication de certaines espèces bactériennes ou fongiques sur le textile (sous-vêtements, draps, oreillers, linge de toilette...);
- apportent plus d'hygiène et de confort : la diminution de la prolifération microbienne est associée

à la notion d'hygiène et de confort, et constitue à l'heure actuelle la principale application de la majorité des produits disponibles sur le marché grand public ;

- peuvent participer à la prévention des infections croisées dans des environnements sensibles (hôpitaux, industrie alimentaire, industrie pharmaceutique...).

Préparation des textiles

Il y a plusieurs manières d'incorporer les facteurs antibactériens au textile.

1- Par dépôt. Les molécules antibactériennes sont juste déposées sur les fibres sans qu'aucun liant ne soit ajouté. Le textile est plongé dans une solution aqueuse contenant le principe actif et un tensio-actif servant d'agent mouillant. Cette méthode simple et efficace est d'usage limité car les textiles ainsi préparés ne résistent pas au lavage. Elle convient donc généralement aux tissus à usage unique.

2- Par apprêtage. Le textile est plongé dans la même solution que précédemment mais contenant un liant permettant au principe actif de rester collé au textile. L'activité biologique résiste donc un peu mieux

aux lavages (pas plus de 20 lavages). Ces textiles sont connus sous le nom de « textiles traités antibactériens ».

3- Par dissolution. L'antibactérien est mis en solution avec des granulés de polymère textile avant le filage et tissage d'un textile qui peut supporter environ 40 lavages.

4- Par fusion. L'antibactérien est mélangé au polymère textile fondu à 240°C. La pâte obtenue est filtrée sous pression et filée. Dans ces conditions, l'agent actif étant intimement mêlé à la fibre, le textile peut être lavé un très grand nombre de fois (jusqu'à 100 fois) sans perdre ses propriétés. C'est le cas des zéolithes (figure 1).

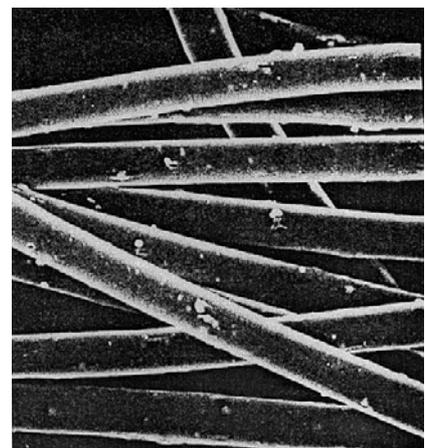


Figure 1 : Boules de zéolithes incluses dans la profondeur d'une fibre de polyester.

Principaux antibactériens utilisés dans les textiles
Triclosan et dérivés
Zéolithes (aluminosilicates) Ag+ Cu, Ag + Zn
Ammoniums quaternaires
Poudres minérales Ag et Cu
Dérivés de l'arsenic
Phénols
Phénylphénol
Sulfure de Cu
Peroxyde de magnésium
Chitosan
Chloramine
Oxyde de zinc
Ions Ag (support céramique)
Polyéthylène glycol
2-pyridineethiol

Tableau I

5- Par micro-encapsulation. L'antibactérien est stocké dans des microcapsules elles-mêmes fixées au textile par dépôt ou apprêtage. Les capsules éclatent sous une action mécanique et libèrent le principe actif. Lorsque toutes les microcapsules sont vides, le textile n'a plus de propriétés antibactériennes.

6- Par greffage radiochimique. Un faisceau d'électron crée des radicaux libres à la surface des polymères activés permettant de greffer des molécules organiques actives. Cette méthode reste encore au stade expérimental.

7- Par greffage chimique. Des systèmes d'oxydation créent des liaisons covalentes entre les groupements réactifs du textile et les molécules actives (on peut ainsi greffer des textiles naturels comme le coton, le lin...). Cette méthode est elle aussi en expérimentation.

Toutes les molécules actives ne peuvent pas être déposées sur tous les types de tissus, naturels (coton, lin...) ou polymères (polyesters, polyamides...).

Les molécules antibactériennes capables d'être intégrées à des textiles sont maintenant très nombreuses : le tableau I montre les molécules les plus utilisées dans ce domaine. Il existe aussi des textiles

anti-acariens (textiles destinés à lutter contre certains types d'allergies) et des textiles revendiquant des propriétés antifongiques.

Évaluation du pouvoir antibactérien

Il existe deux grands types de méthodes permettant de mettre en évidence l'activité antibactérienne des textiles : les méthodes *in vitro* (le textile est testé au laboratoire dans des conditions standardisées) et les méthodes « au porter » ou *in situ* (qui mesurent l'activité en situation réelle d'utilisation). Ces deux types de méthodes ne mesurent pas les mêmes propriétés et peuvent donc être considérées comme complémentaires : un textile n'ayant aucune activité *in vitro* ne sera pas actif *in situ*.

Méthodes *in vitro*

Ces méthodes sont longues à réaliser car un grand nombre de facteurs doivent être contrôlés. Les principales méthodes utilisées jusqu'à présent ont été regroupées au sein d'une seule dont la normalisation ISO doit aboutir très prochainement. Cette méthode permet d'inoculer le textile selon deux protocoles différents :

Méthode par transfert

(ex. XPG 39 010 : méthode expérimentale française)

L'inoculation des éprouvettes est réalisée par transfert de bactéries sur le textile à partir d'un milieu solide sur lequel a été répandue une suspension bactérienne. Après incubation, 18 h à 37°C dans une chambre humide, les bactéries extraites du textile par agitation dans un milieu liquide sont dénombrées par la méthode des dilutions en milieu solide. Un textile témoin non actif comme un simple coton est testé parallèlement.

Méthode par absorption

Cette méthode diffère de la précédente car l'inoculum bactérien est déposé à l'intérieur même d'une

éprouvette de textile (ex. JIS L 1902 *Japanese Industrial Standard*). Elle repose sur l'ensemencement d'un volume donné d'inoculum standardisé à l'intérieur d'une éprouvette d'un poids déterminé. Après incubation à 37°C, on mesure le nombre de bactéries qui se sont développées sur les tissus de la même façon que précédemment. Il existe d'autres méthodes, mais elles n'ont pas été prises en compte au niveau international.

Dans la pratique, on utilise l'une ou l'autre méthode d'ensemencement en fonction de l'hydrophobicité du textile (un tissu très hydrophobe devra êtreensemencé avec la méthode par transfert) ou de son utilisation (si on veut par exemple différencier l'activité antibactérienne des deux faces différentes d'un même textile).

Le calcul de l'activité est réalisé comme suit (voir figure 2) :

$$A = (\log C_t - \log C_o) - (\log T_t - \log T_o)$$

C_t : Nombre de bactéries après 18 h d'incubation sur le coton témoin

C_o : Nombre de bactéries sur le coton témoin à $t=0$ c'est-à-dire immédiatement après l'inoculation

T_t : Nombre de bactéries après 18 h d'incubation sur le textile traité antibactérien

T_o : Nombre de bactéries sur le textile traité à $t=0$ c'est-à-dire immédiatement après l'inoculation

Lorsque le nombre de bactéries après incubation sur le textile actif est égal à 0, le textile est dit bactéricide. Dans le cas contraire, l'activité est dite bactériostatique à condition que le coefficient A soit ≥ 1 .

Deux types de souches bactériennes différentes sont régulièrement testées : *Staphylococcus aureus* et *Klebsiella pneumoniae*. Ces bactéries aux propriétés différentes (un coque à Gram positif et un bacille à Gram négatif), représentent la majorité de celles rencontrées dans l'environnement ou en bactériologie

médicale. Néanmoins, dans certains cas il est possible de tester des souches plus spécifiques comme *Pseudomonas aeruginosa* pour les textiles ayant des applications en milieu aqueux (chiffonnettes...), *Salmonella* pour ceux qui sont destinés au milieu hospitalier, *Listeria* en industrie alimentaire, *Corynebacterium* sp. pour les textiles anti-odeur, etc.

Méthodes in situ

La méthode *in vitro* a l'avantage d'être réalisée dans des conditions standardisées. La transposition dans des conditions de « porter » peut ne pas correspondre aux résultats attendus du fait des conditions expérimentales totalement différentes (humidité, pH, flore bactérienne complexe, présence de matières organiques telles que sueur, urines, selles...). Pour une application dans les milieux professionnels de l'hôpital, de l'industrie alimentaire ou de la pharmacie par exemple, il apparaît important de confirmer les résultats obtenus en laboratoire par des évaluations dans les conditions réelles d'utilisation. Deux études de ce type ont été menées : l'une sur des serviettes de toilette utilisée par des curistes, l'autre sur des tenues de personnels dans un service hospitalier. Dans les deux cas, il a été démontré que l'inhibition de la flore totale complexe n'était pas aussi importante que celle qui était obtenue *in vitro* sur des souches référencées puisqu'elle atteignait généralement 60% d'inhibition contre plus de 99% dans la méthode *in vitro*.

Inconvénients éventuels

Toxicité

Les textiles antimicrobiens en contact permanent avec la peau ne doivent pas présenter de propriétés toxiques. Un certain nombre d'essais *in vitro* comme la détection de la cytotoxicité (norme ISO 10993-5) et de la génotoxicité (ISO 10993-3) et des tests *in vivo* comme la mise en

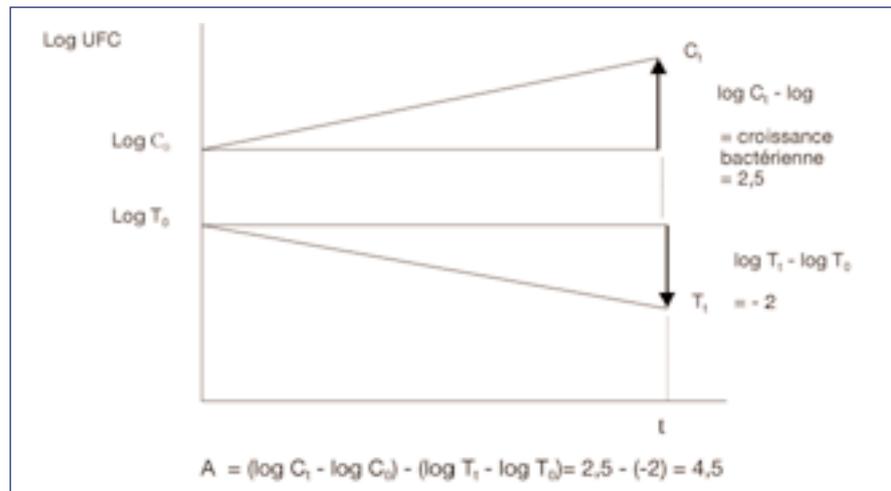


Figure 2 : Représentation schématique du calcul du coefficient mesurant l'activité bactériostatique d'un textile.

évidence de l'irritation et de la sensibilisation (ISO 10993-10) doivent être réalisés.

Il est important que le produit diffuse le moins possible en dehors du textile. En effet, le produit actif pénétrant dans l'organisme par la voie cutanée risque d'exprimer une toxicité *in vivo*. De plus, le contact permanent du produit antimicrobien avec la flore cutanée risque de perturber l'équilibre fragile de cette dernière dont l'intégrité constitue un élément essentiel de la protection cutanée de l'individu contre les agressions par des micro-organismes pathogènes.

La méthode la plus simple de mise en évidence de cette diffusion consiste à déposer une éprouvette de tissu à la surface d'un milieu gélosé ensemencé à la manière d'un antibiogramme. Cette méthode non rigoureuse ne tient pas compte de la solubilité du produit dans l'eau. De plus, la zone d'inhibition bactérienne obtenue ne correspond pas à une réalité quantifiable ni standardisable. Pour tester la diffusion réelle, le textile actif est immergé dans plusieurs sueurs artificielles, acide, basique et grasse pendant des temps donnés. Le principe actif solubilisé est alors dosé et les quantités obtenues sont comparées aux seuils toxiques.

Résistance des bactéries

Il est bien connu que les bactéries s'adaptent très rapidement à l'environnement hostile dans lequel elles

vivent et, en particulier, qu'elles sont capables de devenir très vite résistantes aux antibiotiques. Il est donc légitime de se poser la question de la résistance des bactéries fréquemment en contact avec les biocides constituant, en partie, les textiles antibactériens. Il semble cependant que le problème de la résistance ne se pose pas de la même façon selon que la bactérie se trouve en contact avec un antibiotique ou un biocide : les antibiotiques agissent généralement sur une cible particulière de la bactérie, donc une modification de la cible donne à la bactérie la capacité de résister. En revanche, mis à part le triclosan, les autres biocides agissent sur la bactérie par l'intermédiaire de plusieurs cibles différentes. Ce serait une des raisons pour laquelle les bactéries ne développent apparemment pas, naturellement, de résistances aux biocides. En revanche, lorsqu'en laboratoire, on met en présence des bactéries en contact d'une concentration sub-inhibitrice d'un biocide (cette concentration un peu inférieure à la concentration qui inhibe le développement de la bactérie est bien connue pour induire rapidement des résistances vis-à-vis des antibiotiques), on observe une évolution rapide vers une tolérance accrue de la bactérie. Cependant, cette tolérance ne se stabilise apparemment pas et disparaît avec le biocide. Ceci est important car ces doses sub-inhibitrices pourraient être celles

que les bactéries pourraient rencontrer sur les textiles. Beaucoup plus rassurant est le fait que, lorsqu'on emploie ces mêmes biocides (antiseptiques ou désinfectants) dans les conditions normales d'utilisation à la maison ou à l'hôpital, on utilise des doses très importantes de telle sorte que le produit est actif même sur des bactéries qui ont modifié leur sensibilité. C'est pourquoi il semble que, même si rien ne semble indiquer pour l'instant une évolution des bactéries vers la résistance, l'on doit malgré tout rester prudent et exercer une surveillance de la relation entre les bactéries et les principaux biocides utilisés pour ces applications.

Applications

Textiles destinés au grand public

Les antibactériens incorporés dans les vêtements sont surtout recherchés pour leurs applications hygiène ou anti-odeur. Ce sont principalement des chaussettes et des sous-vêtements particulièrement adaptés aux sportifs. Malgré leurs propriétés antibactériennes, ils ne résolvent pas les problèmes d'hygiène personnelle et ne sont en aucun cas des médicaments destinés à guérir une quelconque infection de la peau ou des muqueuses. On peut aussi trouver des applications dans la literie (oreillers, couettes...), le linge de toilette (serviette, gants...) les textiles d'ameublement intérieur, les articles de nettoyage...

Il faut toujours se rappeler que ces différents articles possèdent des propriétés biologiques et qu'il est indispensable que les entreprises qui les distribuent assurent un « suivi qualité » montrant que le produit est bien actif et non toxique.

Pour cela, un label de qualité « textiles antibactériens » vient d'être mis en place par l'Asqual (Association qualité textile habillement) qui est un

organisme accrédité par le Comité français d'accréditation (Cofrac). La certification garantit à l'acheteur que le produit qu'il vient de se procurer est fiable et qu'il répond à des exigences inscrites dans le référentiel technique : les performances annoncées ont été vérifiées par les techniques décrites plus haut, le dossier toxicologique a été expertisé et le seuil de diffusion du produit hors du textile a été vérifié (figure 3). De plus, l'entreprise s'est dotée d'un système qualité qui lui permet entre autres de bien maîtriser la traçabilité des produits.



Figure 3 : Logo Asqual déposé sur les textiles certifiés antibactériens

Textiles professionnels

Il est tout à fait concevable que ces textiles actifs aient des applications plus strictement professionnelles dans des environnements qui doivent rester propres : comme les milieux hospitalier ou ceux de l'industrie alimentaire. En milieu hospitalier, par exemple, grâce à leurs propriétés particulières ces textiles pourront participer à assainir l'environnement du patient. On pourra les retrouver comme linge de toilette, comme pyjama, dans le matelas du patient, ses draps, sa couverture ou bien comme constituant des tenues du personnel médical. En empêchant les bactéries de se multiplier à leur niveau, ils ne joueront plus le rôle de réservoir à microbes parfois responsables d'infections croisées.

Ces textiles ne doivent pas être considérés comme appartenant à la partie « hôtelière » de l'hôpital. Ils doivent être certifiés « dispositifs médicaux » afin qu'ils suivent les circuits de contrôle de l'activité, de la non toxicité et de la traçabilité qu'exige l'environnement dans lequel ils seront placés.

Les textiles ne sont pas les seuls matériaux à contenir des antibactériens. Il existe sur le marché toutes sortes d'objets tels que des manches de brosse à dents et autres articles de toilette, des téléphones, des planches à découper, des tables de chevet à l'hôpital ou des sièges des toilettes à propriétés antibactériennes. Il existe aussi des méthodes de laboratoire permettant de tester leur efficacité.

Conclusion

Les textiles antibactériens destinés au grand public ou aux marchés professionnels présentent des propriétés biologiques qui sont d'un intérêt évident. Grâce aux cadres légaux tels que le « label antibactérien » ou la certification « dispositif médical » on ne devrait plus voir sur le marché des textiles revendiquant des propriétés antibactériennes et néanmoins inactifs.

François NR Renaud, maître de conférences

*Jeanne Doré, technicienne
Hugues Arnaud Mayer, Dr. en pharmacie*

Jean Freney, professeur des universités, praticien hospitalier

Nosoco.tech®, laboratoire et correspondance :

*ISPB, faculté de pharmacie -
laboratoire de microbiologie*

*8 avenue Rockefeller
69373 Lyon cedex 08*

Tél-fax : 04 78 77 75 85

renaud@laennec.univ-lyon1.fr