

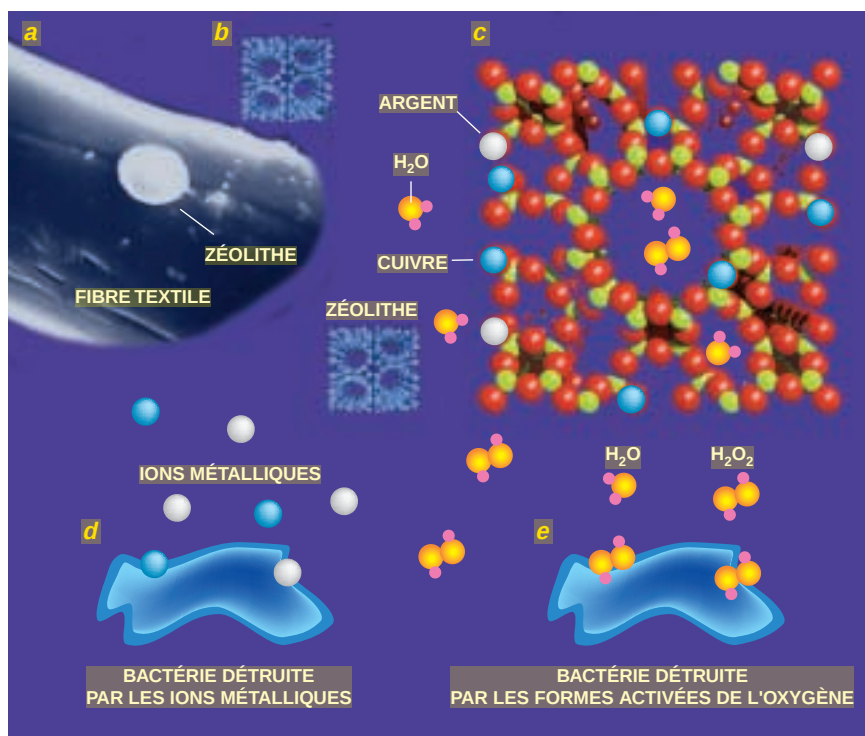
certaines souches cliniques d'*Escherichia coli*, résistent à l'antiseptique. En 1998, Herbert Schweizer et ses collègues de l'Université de Fort Collins, dans le Colorado, ont montré que les bactéries de l'espèce *Pseudomonas aeruginosa* sont pourvues de telles pompes, qui les protègent du triclosan.

Le triclosan étant très utilisé dans les produits destinés au grand public et en milieu hospitalier, des risques de multiplication des souches résistantes existent. À force d'être confrontées à la molécule, les souches qui, par exemple, acquièrent une mutation génétique associée à une surexpression de la pompe de purification risquent d'être sélectionnées : elles seront résistantes au triclosan, et peut-être aussi à d'autres molécules antiseptiques et antibiotiques transportées par cette même pompe.

Les zéolithes antibactériennes

L'autre grande famille des substances antibactériennes que l'on introduit dans les textiles à activité biologique est celle des zéolithes. Ce sont des aluminosilicates alcalins liés à des ions argent et cuivre, ou argent et zinc. Ils ont pour formule chimique générale $(MO)_xAl_2O_3 \cdot (SiO_2)_y \cdot (H_2O)_z$, où M représente les ions métalliques argent et cuivre, ou argent et zinc, x la proportion d'oxyde métallique, y celle de silice SiO_2 et z celle d'eau. La structure cristallographique de ces minéraux diffère selon les composés, mais ils ont une caractéristique commune : ils sont sillonnés de nombreux petits canaux qui, généralement, contiennent de l'eau. Ce n'est pas une eau de constitution, puisque, quand on chauffe une zéolithe, la perte d'eau ne perturbe pas la structure. Après une déshydratation, les canaux peuvent à nouveau être remplis par de l'eau ou par d'autres molécules.

En vertu de cette propriété, on utilise les zéolithes comme filtres moléculaires : les molécules dont le diamètre est compatible avec celui des pores peuvent y pénétrer, contrairement aux molécules de diamètre supérieur. Les zéolithes ont également la propriété d'échanger leurs ions avec d'autres entités chimiques en présence. On utilise des zéolithes synthétiques comme dessiccateurs ou dans les adoucisseurs d'eau.



5. LES ZÉOLITHES incorporées dans les fibres biotextiles sont présentes au cœur des fibres, mais aussi en surface (a). Ce sont des minéraux, des aluminosilicates alcalins naturels ou synthétiques, qui ont une structure très poreuse (deux représentations en b et c). Les molécules d'eau s'infiltrèrent facilement dans les microcanaux. Des ions cuivre et argent sont introduits dans les zéolithes antibactériennes. Elles détruisent les bactéries par deux mécanismes. D'une part, des ions métalliques (cuivre et argent) se détachent des cristaux et migrent au contact de la peau ; comme de nombreux métaux, ils ont une action destructrice directe. D'autre part, les zéolithes créent, au sein du réseau cristallin, des micropiles, des différences de potentiel qui, localement, sont suffisantes pour qu'une électrolyse de l'eau ait lieu. Des formes actives de l'oxygène (H_2O_2 , par exemple) sont produites : elles oxydent et détruisent les membranes bactériennes.

Les ions argent et cuivre ou argent et zinc ont une action antiseptique sur la membrane des bactéries en bloquant les groupes thiol des protéines. Toutefois, le principal mécanisme d'action de ces substances semble être la formation de radicaux oxygène en présence d'eau. Les ions métalliques créent des différences de potentiel qui, localement, sont suffisantes pour réaliser des micro-électrolyses de l'eau et libérer de l'oxygène, lequel se combine à l'eau et produit du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). Dominique Champiat, à Montpellier, a montré, par une méthode de biochimiluminescence, que des fibres contenant des zéolithes libèrent de l'oxygène actif en milieu aqueux pendant près de 14 heures. L'oxygène libéré oxyde et peut détériorer les différents éléments constitutifs des bactéries.

Ce mécanisme d'action ne nécessite pas de contact direct entre les molécules actives et leurs cibles bactériennes, puisque l'oxygène libéré

au sein des fibres diffuse partout, notamment, vers la surface. Les bactéries ne sont pas exposées en permanence à l'oxygène et elles ne semblent pas disposer de mécanismes leur permettant d'échapper à l'action de l'oxygène : dans ces conditions, l'usage des zéolithes ne semble pas risquer de faciliter la sélection de souches bactériennes résistantes. Aux concentrations habituelles d'utilisation, les zéolithes ne sont pas toxiques. Par ailleurs, elles résistent aux lavages à haute température, de sorte que les propriétés antibactériennes persistent longtemps.

Évaluation du pouvoir antibactérien

Diverses méthodes d'évaluation de l'activité biologique de ces textiles ont été validées. Pour étudier la capacité d'inhibition microbienne des produits diffusants, par exemple, on place un fragment de tissu à la surface d'un

milieu de culture préalablement ensemencé par une suspension bactérienne bien caractérisée ; quand le textile a une activité antimicrobienne, on observe, autour du disque de tissu, une zone où la croissance bactérienne est inhibée. Les diverses méthodes d'évaluation de l'activité bactéricide et bactériostatique des biotextiles sont rigoureusement standardisées, et des normes ont été proposées.

Toutefois, quand on démontre qu'un textile possède une activité sur des cultures de bactéries, en laboratoire, il faut encore prouver qu'il est actif dans des conditions normales d'utilisation. Deux études ont validé leur efficacité. Une des études a mis en évidence l'activité antibactérienne de sous-vêtements féminins dont le fond était composé d'un mélange de coton et de fibres contenant des zéolithes à l'argent et au cuivre. Le développement bactérien sur le tissu est réduit de près de 50 pour cent (entre 25 et 80 pour cent) par rapport au tissu témoin. L'effet antimicrobien persiste après 40 lavages. Toutes les souches bactériennes étudiées subissent la même inhibition, de sorte que l'expérience montre aussi que ces tissus ne semblent pas modifier la flore naturelle.

La lutte contre les infections nosocomiales ?

La seconde étude qui a confirmé l'efficacité des biotextiles a été conduite à l'hôpital du Val-de-Grâce, à Paris. Les draps utilisés dans les services de réanimation et de néphrologie contenaient un mélange de coton et de

polyester incorporant des zéolithes à l'argent et au cuivre. On a constaté que la densité des bactéries sur les draps, les taies d'oreiller et les alèses était réduite de près de 60 pour cent (entre 40 et 70 pour cent). Ce linge ne semble pas perdre son activité lors de son passage dans les circuits de lavage habituels dans les hôpitaux et qui comportent : un prélavage à 40 °C, un lavage de 40 minutes à 90 °C et un repassage à haute température. En revanche, ces textiles représentent un surcoût de près de 20 pour cent par rapport aux tissus classiques.

L'étude réalisée au Val-de-Grâce a mis en évidence la prédominance de certaines bactéries, notamment de *Staphylococcus aureus* et *Acinetobacter*, qui sont, avec les entérobactéries, souvent incriminées dans les infections contractées au cours d'une hospitalisation. Ainsi, même s'ils coûtent plus cher que les tissus classiques, les textiles qui inhibent notablement la multiplication des bactéries pourraient avoir un intérêt, au moment où la lutte contre les bactéries résistantes s'intensifie dans les hôpitaux.

L'étude du Val-de-Grâce a montré que les bactéries ne commencent à se multiplier sur le linge traité par des zéolithes qu'après six heures. Or, dans les unités de soins intensifs, les patients affaiblis ont davantage de risques de développer une infection nosocomiale que ceux d'autres services. On peut donc supposer qu'un changement de draps toutes les six heures, dans ces unités de soins intensifs, pourrait réduire en partie le risque de contamination par le linge.

François RENAUD, maître de conférences au département de génie biologique de l'IUT A, mène ses recherches à la Faculté de Pharmacie Rockefeller (DM3), à Lyon. Jean FRENEY est professeur de microbiologie à l'hôpital Édouard-Herriot, à Lyon.

J. FRENEY, *Composés phénoliques, in Antisepsie et désinfection*, J. Fleurette, J. Freney et M.E. Reverdy, éditions Eska, pp. 90-134, 1995.

S. GAILLON et al., *Le linge de lit peut-il avoir des propriétés antibactériennes ? Évaluation d'un nouveau procédé*, in *Hygiènes*, vol. 14, pp. 50-54, 1996.

M. DUTAUD et al., *Étude in vitro et in situ d'un textile antimicrobien*, Congrès

de la Société française de microbiologie, Lille, 1998.

H.P. SCHWEIZER, *Intrinsic resistance to inhibitors of fatty acid biosynthesis in Pseudomonas aeruginosa is due to efflux: application of a novel technique for generation of unmarked chromosomal mutations for the study of efflux systems*, in *Antimicrob. Agents Chemother.*, vol. 42, pp. 394-398, 1998.

L.M. McMURRY et al., *Triclosan targets lipid synthesis*, in *Nature*, vol. 394, pp. 531-532, 1998.

R.J. HEATH et al., *Mechanisms of triclosan inhibition of bacterial fatty acid synthesis*, in *J. Biol. Chem.*, vol. 274, pp. 11110-11114, 1999.