

milieu de culture préalablement commencé 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.

Pour un mohair de qualité

DANIEL ALLAIN

Grâce à des analyses génétiques des chèvres angoras, les éleveurs sélectionnent des reproducteurs dont la laine est de qualité supérieure.

Selon des tablettes de l'ancienne civilisation de Sumer, la chèvre angora existe au moins depuis 1400 ans en Asie. Des témoignages grecs indiquent que l'élevage de cette race de chèvres à la toison longue et blanche s'est développé au III^e siècle avant notre ère : d'abord en Turquie, sur les plateaux d'Anatolie, dans la région d'Ankara, d'où dérive le nom angora, puis dans le monde occidental. Au XV^e siècle, la famine a fait échouer la tentative d'introduction en France. Enfin, depuis 1980, l'espèce s'est acclimatée et, aujourd'hui, environ 7 500 animaux répartis sur tout le territoire, dans 180 élevages, produisent chaque année 30 tonnes de poils nommés mohair. Des coopératives d'éleveurs gèrent la totalité de cette production jusqu'à la commercialisation de produits finis identifiés par un label : «Le Mohair des Fermes de France», qui garantit la qualité et l'origine de la production. Nous avons identifié les caractères déterminants de la qualité du mohair et mis au point un programme de sélection des futurs reproducteurs, afin d'améliorer la qualité des fibres.

La chèvre angora femelle pèse environ 40 kilogrammes, tandis que le bouc atteint 65 kilogrammes. Les jeunes naissent au printemps et sont tondus pour la première fois vers l'âge de six mois, puis deux fois par an, à la fin de l'hiver et à la fin de l'été, lorsque les fibres atteignent 8 à 12 centimètres de longueur. Chaque année, un mâle produit cinq à six kilogrammes de mohair brut, contre quatre à cinq kilogrammes pour la femelle. Les élevages français sont beaucoup moins extensifs que ceux des grands pays producteurs, telles l'Afrique du Sud (qui fournit 50 pour cent de la production mondiale), la Turquie, l'Argentine et l'Australie : les éleveurs français utilisent des aliments complémentaires pendant

la phase de reproduction, la lactation et la croissance des jeunes. Les animaux sont ainsi plus corpulents, ils se reproduisent mieux et donnent un mohair de meilleure qualité.

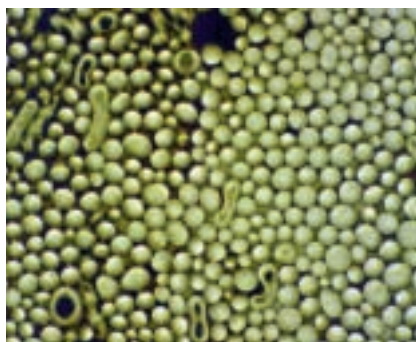
Le mohair est une fibre longue et blanche, très appréciée par l'industrie textile pour sa solidité, sa résistance à la rupture, sa douceur, son lustre, son élasticité et sa faible aptitude au feutrage : les fibres ne s'emmêlent pas, ni ne s'agglutinent. La toison de la chèvre angora est normalement composée d'un seul type de fibres, de 25 à 40 micromètres (millièmes de millimètres) de diamètre, composées d'une

protéine pure, la kératine (comme nos cheveux et nos ongles).

Cependant, la toison peut également contenir jusqu'à cinq pour cent de fibres médullées : ces fibres creuses ont une cavité centrale qui contient une moelle. Celles dont le canal médullaire est large sont nommées jarres, celles dont le canal est étroit et parfois discontinue sont dites hétérotypiques. Souvent grossières et épaisses, elles sont indésirables. Pour éviter ces fibres, on a d'abord cherché à comprendre pourquoi elles apparaissent.

Bien que permanente, la croissance du mohair subit de fortes variations saisonnières : la vitesse de croissance est maximale en été, quand l'alimentation et les sécrétions d'hormones, telles la prolactine et les hormones thyroïdiennes, sont plus importantes, et minimale en hiver. Chez la chèvre, mais aussi chez les chats ou les lapins, le caractère angora, qui résulte de l'expression de plusieurs gènes, correspond à un allongement de la durée d'activité des follicules pileux, qui synthétisent ainsi des poils longs.

La finesse, qui est le principal paramètre de la qualité du mohair, dépend de l'âge de l'animal : les fibres des chevreaux ont moins de 30 micromètres de diamètre, celles des jeunes chèvres, entre 30 et 34 micromètres, et les fibres des animaux adultes, plus de 34 micromètres. La finesse du mohair des chevreaux lui vaut une appellation particulière : «kid». Des fibres d'une longueur inférieure à sept centimètres ou des fibres de longueurs variables réduisent la quantité de fil obtenu après le filage (l'opération qui assemble les fibres en un fil). La qualité du mohair et, donc sa valeur marchande dépendent également de son rendement en lavé de fond, c'est-à-dire la proportion de mohair pur dans la toison brute lorsque le sébum, la sueur, les débris végétaux, les



1. LA SECTION TRANSVERSALE d'un faisceau de fibres de mohair commun montre, d'une part, la présence de fibres médullées indésirables et, d'autre part, l'hétérogénéité des dimensions des fibres (en bas). En revanche, la section transversale d'un mohair de haute qualité se caractérise par la présence de peu de fibres médullées et par l'homogénéité des dimensions des fibres (en haut).

fibres colorées, les fibres médullées et les poussières ont été éliminées.

Le mohair le plus pur et le plus fin est réservé à la fabrication de produits haut de gamme, tels les vêtements, les tissus d'ameublement et les fils à tricoter, tandis que les mohairs de qualité inférieure sont réservés à la production de couvertures.

En partenariat avec une cinquantaine d'éleveurs, nous cherchons à produire en quantité un mohair de haute qualité, fin et exempt de fibres médullées, chez des animaux adultes âgés de 18 mois, en sélectionnant les animaux en fonction du poids et l'homogénéité de leur toison, de la finesse des fibres. Depuis 1988, à l'Institut national de la recherche agronomique, à Toulouse, nous avons ainsi mis au point un programme d'amélioration génétique de la chèvre angora.

Dans les fermes et en station de contrôle, où les futurs boucs reproducteurs sont sélectionnés, nous effectuons un contrôle de filiation qui inclut le suivi de la reproduction et des généalogies, et un contrôle des performances. Pour chaque animal, nous enregistrons les poids de laine à chaque tonte. À chaque animal âgé de 18 mois, nous prélevons un échantillon de toison pour évaluer la qualité des fibres. Nous déterminons le rendement au lavage, la finesse moyenne, l'homogénéité du diamètre des fibres et la quantité de fibres médullées. Le diamètre des fibres et la quantité de fibres médullées sont mesurés à l'aide d'un microscope piloté par un ordinateur qui, à l'aide d'un logiciel d'analyse d'images reconnaît et identifie les différents types de fibres. Cet appareil mesure le diamètre de quelques milliers de fibres en deux à trois minutes. Les autres caractéristiques de la toison sont recueillies et notées selon un barème établi par un expert. Toutes ces données sont ensuite gérées et analysées régulièrement au sein d'un fichier national que les éleveurs consultent et exploitent.

Nous avons montré que le sexe, l'âge et le statut physiologique de la femelle (allaitante ou non), ainsi que l'année et l'élevage de production déterminent la quantité et la qualité du mohair produit. À chaque tonte, les mâles produisent plus de mohair que les femelles, mais avec une fibre plus grossière. Le mohair le plus fin est produit par les jeunes animaux. La production quantitative augmente



2. LES CHÈVRES ANGORAS ont une longue toison, dont les fibres sont très appréciées par l'industrie textile. Ce caractère résulte d'une activité prolongée des follicules pileux.

avec l'âge de l'animal. Le poids de toison récoltée en été est plus élevé qu'en hiver. En revanche, chez les femelles, la chèvre produit moins de laine pendant l'allaitement.

L'analyse des données permettent, à l'aide de modèles statistiques appropriés, d'évaluer périodiquement la valeur génétique d'un animal à partir de sa performance, que l'on décompose en une somme des effets de l'environnement de production (âge, sexe, année, saison...) et des effets génétiques des caractères transmissibles. Ainsi, les éleveurs sont aidés dans le choix et la diffusion des futurs reproducteurs.

Nos résultats montrent qu'une partie des améliorations obtenues (entre 20 et 35 pour cent, selon les caractères de la toison) sont transmissibles génétiquement à la descendance ; l'autre partie dépend des aléas des conditions de production. La chèvre angora se

prête donc bien au travail d'amélioration génétique : par exemple, depuis dix ans, nous avons observé une augmentation transmissible à la descendance de 250 grammes du poids moyen de la toison et une réduction de cinq micromètres du diamètre des fibres résultant aussi bien de l'expression génétique que des conditions de production.

L'application du programme de sélection à la production de poils utilisés par l'industrie textile rend ce programme d'amélioration unique. Il concerne une petite filière d'éleveurs qui produisent un mohair de qualité croissante en contrôlant toutes les étapes, de la production à la commercialisation de produits finis.

Daniel ALLAIN travaille à la station d'amélioration génétique des animaux, à l'INRA, à Toulouse.

De l'étoffe à la main

MARIE-ANGE BIGUÉ-BUENO • MARC RENNER

Une meilleure connaissance théorique du toucher conduirait à des améliorations de la qualité et de la douceur des étoffes. Les fabricants satisferaient alors mieux les consommateurs.

Le toucher d'une étoffe, gage de confort et de qualité, est un des principaux arguments de vente d'un vêtement. Pourtant, l'amélioration du toucher est encore empirique : les professionnels le modifient en se fondant sur leurs connaissances de la nature des fibres, de la fabrication du fil, du tissage ou du tricotage, des traitements chimiques et mécaniques d'ennoblissement, tels la teinture, l'impression et l'abrasion par un papier d'émeri. Ils savent, par exemple, que les adoucissants réduisent le coefficient de frottement entre la surface et les doigts, rendant ainsi les étoffes plus douces au toucher.

Toutefois, de telles connaissances ne permettent pas d'optimiser le toucher d'une étoffe. Dans notre laboratoire, nous avons étudié, d'une part, la perception de la peau au contact d'un tissu et, d'autre part, comment varie le toucher d'une étoffe en fonction de sa structure. Nous pensons qu'une meilleure connaissance théorique et une maîtrise des paramètres

de fabrication seraient des atouts importants pour atteindre la douceur idéale. La première étape est une analyse de la sensation tactile procurée par les étoffes.

Le sens du toucher

Pourquoi certains touchers, tel le célèbre «peau de pêche», sont-ils si doux? Comment quantifier objectivement la douceur d'une étoffe? Quelle est l'influence de la surface (rugosité, comportement au frottement...)? Quels phénomènes sont en jeu lorsque la main touche une surface?

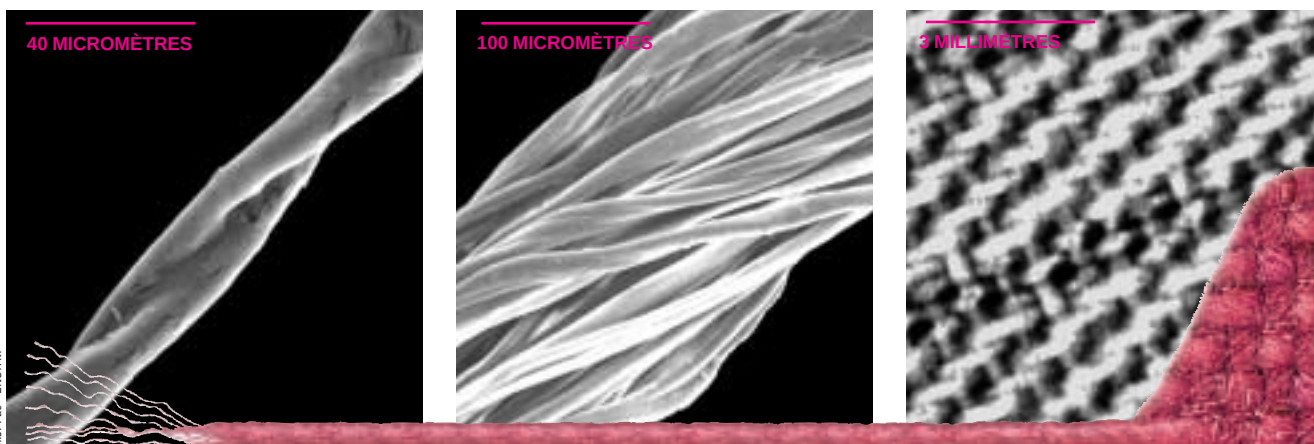
La peau contient des récepteurs du toucher que l'on trouve également sur tout le corps, mais nous n'avons étudié que la pulpe des doigts, où ils sont plus nombreux et plus souvent sollicités. La plupart des récepteurs sensoriels sont formés par l'extrémité d'une ramification d'un neurone, enveloppée dans une capsule de tissu conjonctif : c'est le cas des corpuscules de Pacini, de Meissner et de Ruffini.

Les récepteurs de Merkel sont composés d'une terminaison nerveuse nue en forme de disque, adjacente à une cellule, nommée cellule de Merkel, de la base de l'épiderme (voir la figure 2).

Les corpuscules de Pacini et de Meissner sont sensibles aux fréquences vibratoires, c'est-à-dire, pendant un mouvement de la main, au nombre de collisions par seconde entre la peau et les aspérités de la surface de l'étoffe. Les corpuscules de Ruffini et les récepteurs de Merkel, eux, perçoivent les déformations durables de la peau.

Outre leur profondeur dans la peau, leur taille, la superficie de leur zone de réception, etc., ces quatre types de récepteurs se distinguent par leur temps d'adaptation, c'est-à-dire leur temps de réaction aux stimulus.

Les corpuscules de Pacini et de Meissner sont à adaptation rapide : ils réagissent vite aux vibrations de la peau lors d'un mouvement, mais cessent rapidement d'être excités. En revanche, les corpuscules de Ruffini et les récepteurs de Merkel sont à



1. DES FIBRES SYNTHÉTIQUES OU NATURELLES, telles celles de coton (à gauche) sont solidarisées par une torsion pour former un fil (au centre). Celui-ci est l'élément de base d'un tissu (à droite) qui résulte

de l'entrecroisement de fils dans deux directions perpendiculaires, selon un schéma d'organisation nommé armure. Les fils de trame sont passés entre les fils de chaîne tendus sur un métier à tisser.