

au plafond, mais ce qui reste contient le produit désiré. Sans cet heureux accident, Caro aurait été sans doute bloqué encore longtemps : la réaction qu'il cherchait à faire ne se déclenche qu'à une température très élevée, qu'aucun chimiste raisonnable n'aurait employée de peur de détruire l'antraquinone, l'acide sulfurique étant un agent très corrosif (versez quelques gouttes d'acide sulfurique sur un morceau de sucre et vous verrez ce qui se passe déjà à température ordinaire). Sans parler des risques pour l'expérimentateur.

Des colorants à la chimiothérapie

Notons toutefois que ce n'est pas toujours le hasard qui gouverne les expérimentateurs. La naissance de la chimiothérapie, qui résulte de la recherche sur les colorants synthétiques, montre comment l'exploitation patiente d'une idée, logique et simple, a permis de sauver des millions de vies.

Le médecin allemand Paul Ehrlich (1854-1915) a nommé chimiothérapie la destruction des germes pathogènes du malade par des produits chimiques. Comment a-t-on trouvé ces produits ?

Jeune étudiant en médecine, Ehrlich s'intéresse beaucoup à la coloration des coupes de tissus et des cultures de microbes, en vue de leur examen sous microscope. Sa thèse de doctorat portant sur les colorants histologiques, il remarque que la teinture de bacilles et de bactéries revient à les attaquer sélectivement par les colorants et il a alors l'idée de chercher des agents bactéricides dans cette famille de composés. Il utilise ainsi le bleu de méthylène (1891) pour traiter deux malades atteints d'une forme bénigne de malaria, avec d'excellents résultats.

En 1904, il utilise le rouge trypan pour traiter la maladie du sommeil. Attribuant l'efficacité du rouge trypan au groupement d'atomes d'azote doublement liés ($-N=N-$), Ehrlich prépare de nombreux composés contenant le groupement analogue, mais avec de l'arsenic ($-As=As-$). Il synthétise ainsi l'arsphénamine et prouve, en 1909, que le composé est actif contre les trypanosomes et les spirochètes, des bactéries responsables respectivement de la maladie du sommeil et de

Johann Friedrich Wilhelm Adolf von BAEYER (1835-1917)



En 1858, à Berlin, Baeyer soutient sa thèse de doctorat, puis occupe dans cette ville de modestes fonctions d'enseignant, jusqu'en 1872. Après l'annexion de l'Alsace par l'Allemagne, il est nommé professeur à Strasbourg. Son œuvre est importante et variée. En plus de l'indigo, il synthétise de nombreux colorants dans les séries des fluorescéines et des phtaléines. En 1864, il prépare l'acide barbiturique, dont les propriétés hypnotiques ne sont établies qu'en 1903. Deux origines du nom ont été proposées : pour certains, l'acide barbiturique aurait été préparé le jour de la Sainte Barbara ; pour d'autres, il rappellerait le prénom d'une amie du savant. Le nom de Baeyer reste également attaché à la «théorie des tensions», qu'il propose en 1885 pour interpréter les différences de stabilité des molécules cycliques selon leur taille. Baeyer reçoit le prix Nobel de chimie en 1905.

la syphilis. À l'époque, la seule méthode d'analyse des produits est l'analyse centésimale, qui donne uniquement la formule brute du produit à un facteur multiplicatif près. Aussi, persuadé que le produit final comprenait une double liaison d'arsenic, il attribue à ce produit la structure A (voir la figure 5), celle d'un monomère avec une double liaison d'arsenic. Le produit est commercialisé l'année suivante sous le nom de *Salvarsan* (littéralement : l'arsenic qui sauve). Le *Salvarsan* a un succès thérapeutique et médiatique considérable, car c'est le premier médicament réellement efficace contre la syphilis. En 1961, on montre que le *Salvarsan* ne contient pas de groupement d'atomes d'arsenic en double liaison et que sa structure est différente ; c'est un trimère, c'est-à-dire que sa structure comprend trois fois plus d'atome que la formule brute de base. Partant d'une hypothèse erronée, Ehrlich avait fait une belle découverte.

Ces succès d'Ehrlich sont précurseurs de la découverte de la quasi-totalité des médicaments au cours de la première moitié du XX^e siècle. L'une des découvertes les plus fertiles concernait les infections bactériennes, contre lesquelles aucun médicament efficace n'existe encore au début des années 1930. L'attention est portée sur les colorants ayant une forte affinité pour les protéines.

En 1934, Gerhard Domagk (1895-1964) annonce que le produit commercialisé par la Société I. G. Farben sous le nom de *Prontosil* guérit des staphylococcies et des streptococcies aiguës. L'année suivante, Jacques Tré-

fouël (1897-1977) et ses collaborateurs de l'équipe d'Ernest Fourneau (1872-1949), à l'Institut Pasteur, montrent, que ce composé est métabolisé en sulfanilamide, qui en était la forme active. *In vivo*, il est aussi efficace que le *Prontosil* et, contrairement à ce dernier, il reste actif *in vitro*. Ces découvertes marquent la naissance des sulfamides, les médicaments les plus efficaces avant l'arrivée des antibiotiques.

Ainsi, cette symbiose entre industrie et recherche a permis l'éclosion de nombreuses découvertes – nouveaux colorants, nouveaux médicaments... –, et aussi le développement d'une industrie qui préfigure l'industrie chimique actuelle. Dommage que l'acceptation tardive de la théorie atomique ait obéré l'essor de cette industrie en France.

Georges BRAM est professeur de chimie et d'histoire de la chimie à l'Université de Paris-Sud (Orsay). NGUYEN Trong Anh, directeur de recherche au CNRS, est professeur de chimie à l'École polytechnique.

Anthony S. TRAVIS, *The rainbow makers: the origins of the synthetic dyestuffs industry in Western Europe*, Associate University Press, 1993.

Dominique CARDON et Gaëtan du CHATENET, *Guide des teintures naturelles*, Delachaux et Niestlé, 1990.

Danielle FAUQUE, *Regards sur l'histoire des colorants artificiels au XIX^e siècle*, in *Bulletin de l'Union des physiciens*, vol. 88, n° 769, pp. 1753-1174, décembre 1994.

Jan ALTMANN et Karin ELBL-WEISER, *That old mood indigo*, in *Chemistry and Industry*, vol. 16, p. 654, 1997.

Du coton naturellement coloré

JAMES VREELAND

Pendant 5 000 ans, des Indiens d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud ont cultivé du coton naturellement coloré. La demande de produits écologiques a relancé cette production.

Un après-midi de 1977, au Musée d'archéologie et d'anthropologie de Lima, j'examinais à la loupe binoculaire un tissu précolombien afin de mettre au point une méthode de conservation. Soudain, je vis, dans les parois des fibres du coton, des masses sombres qui donnaient sa couleur au tissu. Ces taches brunes ne semblaient pas provenir d'une teinture : ce coton était-il naturellement coloré ? Interrogeant quelques collègues, je reçus un « non » catégorique, et souvent ironique : le coton est blanc, et la coloration que j'avais observée devait être due à une oxydation ou à une décoloration associée au vieillissement du tissu.

Quelque temps après, je me rendis à Trujillo, plus au Nord. Là, l'anthropologue Victor Antonio Rodriguez Suy Suy me confirma l'existence de coton naturellement coloré : dans des champs aménagés et cultivés à l'époque précolombienne, en contrebas d'une route qui longeait l'aéroport, il me montra des plants de coton rustique cramponnés au sol sablonneux : ils portaient des capsules contenant des fibres rougeâtres ! Pendant quelques mois, j'ai alors sillonné la région à la recherche de plantes et de tissus dont les fibres étaient naturellement colorées en écru, en chocolat foncé, en d'autres nuances de brun et, même, en mauve. Ce n'était pas toujours facile, car les descendants des Indiens Mochica de la côte Nord conservent jalousement des plants hérités de leurs ancêtres depuis plus de 2 000 ans. Toutefois, je me suis acharné et, depuis 20 ans, je parcours les musées, les bibliothèques et les sites archéologiques à la recherche d'informations sur le coton naturellement coloré.

Il y a plusieurs siècles, on cultivait des cotons de couleurs variées. La couleur blanche ne s'est imposée qu'avec l'apparition des égreneuses à coton et de teintures industrielles bon marché. Les plants de couleur ont alors été relégués dans les banques de graines de quelques instituts agricoles et dans quelques petites communautés traditionnelles au Mexique, au Guatemala et au Pérou. Ces cotons naturellement colorés, qui ne nécessitent pas de teintures polluantes, ont récemment suscité un nouvel intérêt, en même temps que la culture biologique du coton, et ils sont de plus en plus utilisés dans l'industrie textile.

Un passé haut en couleur

L'histoire du coton naturellement coloré commence dans les Andes il y a 5 000 ans : presque tous les plants de coton coloré qui sont croisés et commercialisés aujourd'hui proviennent de souches créées à cette époque par des populations d'Amérique latine. Ces populations avaient elles-mêmes sélectionné et amélioré deux espèces locales : *Gossypium hirsutum* et *Gossypium barbadense*. La première était cultivée dans le Nord de l'Amérique centrale et aux Caraïbes ; la seconde, qui a des fibres plus longues et plus belles, était cultivée dans l'Ouest de l'Amérique du Sud.

Les plus anciennes fibres de coton que nous connaissions dans cette région proviennent de Tehuacán, près d'Oaxaca, au Mexique : elles ont été produites vers 2300 avant notre ère. Des fibres de couleur chocolat, caractéristiques de l'espèce *Gossypium barbadense*, ont été trouvées dans le plus ancien niveau de Huaca Prieta, un site de la côte Nord du Pérou, qui était occupé

entre 3100 et 1300 avant notre ère. Les tissus qui contiennent ces fibres colorées ont été préservés par l'aridité des sols et la sécheresse de l'air ; dans un milieu humide, ils auraient été endommagés ou détruits.

Ces couleurs auraient été délibérément sélectionnées et cultivées par les anciens pêcheurs péruviens, qui fabriquaient leurs lignes et leurs filets dans des teintes sombres, moins visibles des poissons (cette tradition s'est poursuivie jusqu'à aujourd'hui). Le coton naturellement coloré n'a toutefois pas atteint le Nord du Mexique à cette époque : le coton « hopi » (la race *punctatum* de *Gossypium hirsutum*) du Sud-Ouest des États-Unis était blanc, ou blanc cassé, à moins que le vieillissement n'ait décoloré les échantillons qui nous sont parvenus.

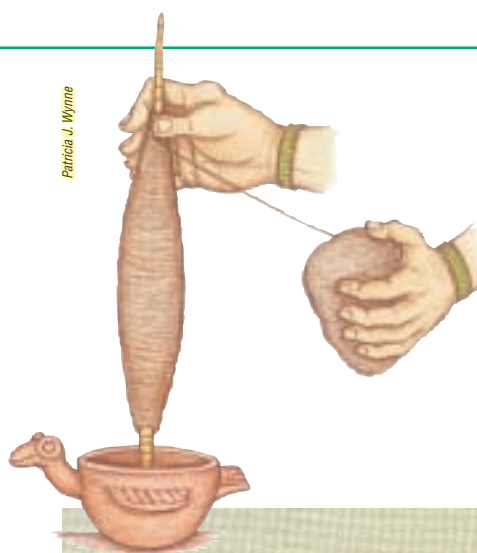
Plus récemment, au XVI^e siècle, le coton naturellement coloré était utilisé comme moyen de paiement, pour



James M. Vreeland Jr.

1. DU COTON NATURELLEMENT MAUVE a été découvert sur la côte Nord du Pérou (à droite). La plante, cultivée et conservée soigneusement pendant des millénaires, est aujourd'hui exploitée commercialement. Les échantillons ci-dessus présentent quelques autres couleurs naturelles du coton.





les impôts versés à l'empire aztèque par exemple. En 1531, lorsque les Espagnols ont traversé le désert péruvien, ils se sont émerveillés devant les vastes champs de coton, qui présentaient une variété de couleurs qu'ils n'avaient jamais vues. Les tissus en coton naturellement coloré ont été parmi les premières prises de guerre des Espagnols ; ils arrivèrent rapidement à la cour d'Espagne, où

l'on reconnut que la qualité technique de leur tissage était bien supérieure à celle des tissus fabriqués sur les métiers européens de cette époque.

Les espèces dans le monde entier

Le coton a aussi une longue histoire en Afrique et en Asie : des fibres de 2200 avant notre ère ont été découvertes dans la vallée de l'Indus, et de 2250 avant notre ère en Nubie. On trouve, dans cette partie du monde, quelques espèces naturellement colorées, parmi lesquels *Gossypium herbaceum* et *Gossypium arboreum*. Ces espèces ont toutefois des fibres courtes, ce qui les rend plus difficiles à filer et à tisser ; elles ont été remplacées en grande partie par les cotons américains à fibres moyennes ou longues.

Aujourd'hui, les cotons égyptiens dérivent d'un ancêtre d'Amérique du Sud (*Gossypium barbadense*), apparemment importé en Afrique par des marchands d'esclaves. Décrite pour la première fois vers 1820, cette variété produisait des fibres longues et solides, de couleur brun doré. Elle a été croisée avec des plants locaux pour produire des variétés commerciales : ashmouni, une souche brune ; mitafifi, d'un brun plus sombre et aux soies plus longues, qui a donné naissance au coton yuma américano-égyptien en 1908 ; et, enfin, une variété de *Gossypium barbadense* à soies très longues, ou coton pima, du nom d'une tribu amérindienne.

En Chine, les espèces indigènes naturellement colorées, les variétés nankin, ont aussi des fibres courtes, et leur couleur n'est que blanc cassé. Bien que les sources écrites soient confuses sur ce point, il semble que des descriptions du coton nankin du XIX^e siècle concernent une variété introduite d'Amérique centrale ou d'Amérique du Sud. Il est en tout cas attesté que des plants de *Gossypium hirsutum*, originaires des Caraïbes, sont arrivés en Chine.

Aux États-Unis, des plants de coton coloré de l'Est méditerranéen et d'Asie ont rejoint les espèces latino-américaines pendant la période coloniale. Le coton coloré était filé et tissé à la main, parfois à la machine, dans plusieurs États du Sud. Ainsi, pendant



2. UNE TAPISSERIE PÉRUVIENNE en coton naturellement coloré, de l'an 1000, représente un plant de coton avec ses racines, ses feuilles, ses tiges, ses fleurs et ses capsules mûres qui se répandent. Certaines indiennes des Andes, probablement incas, utilisaient un bol pour filer afin de maintenir le fuseau pendant qu'elles maniaient la pelote de coton (en haut).