



InterSections

Les enjeux des nouveaux matériaux textiles

Christine Browaeys

Préface de Clément Sanchez

Les enjeux des nouveaux matériaux textiles

**Le substrat textile au cœur
de la compétition des matériaux
pour l'innovation technologique**

Christine Browaeys

Illustrations de couverture :
« Reconstruction IV », œuvre de Deidre C. Adams,
photo reproduite avec l'autorisation de l'auteur, <http://deidreadams.com> ;
Corde détoronnée, photo T3Nel

Imprimé en France
ISBN : 978-2-7598-1135-9

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2014

Sommaire

Remerciements	5
Préface	7
Avant-propos	9
Chapitre 1 • Introduction. Les révolutions du textile.....	11
1.1 XIX ^e siècle – Industrialisation (mécanisation)	13
1.2 XX ^e siècle – Fibres artificielles et synthétiques (chimie).....	15
1.3 XXI ^e siècle – Les nouveaux textiles, fonctionnels ou techniques (à la croisée des technologies).....	19
Chapitre 2 • Les textiles techniques ou fonctionnels.....	23
2.1 Le champ sectoriel, technologique et économique des textiles techniques	25
2.2 Le textile considéré comme un matériau souple : les tissés, les « non-tissés », les composites à base textile	28
2.3 L'innovation sur les matériaux, les procédés et les produits.....	36
2.4 L'évolution des marchés avec le développement de la population mondiale	47

Chapitre 3	• Les non-tissés	55
3.1	Dans la mouvance du papier et du plastique	55
3.2	La consommation de non-tissés, sa corrélation à l'évolution du PIB	59
3.3	Les fibres utilisées pour les non-tissés	68
3.4	La recherche et le développement durable.....	74
3.5	Vers une nouvelle génération de textiles destinés à des applications critiques.....	82
Chapitre 4	• Les matériaux composites à base de fibres.....	85
4.1	Quoi de neuf depuis l'os et le bois	86
4.2	Structures composites et développement durable	94
4.3	Le textile permettant de fonctionnaliser la matière (de nouvelles performances grâce à la présence du textile)	100
4.4	Des modèles de matériaux adaptés aux propriétés désirées (ou sur mesure).....	106
Chapitre 5	• La lutte des classes de matériaux.....	119
5.1	Le monde des matériaux d'aujourd'hui	119
5.2	Faire le meilleur usage de la matière pour remplir une fonction	125
5.3	Une industrie agile et réactive pour fabriquer les matériaux.....	132
Chapitre 6	• La nécessité d'une nouvelle industrie pour les matériaux textiles.....	139
6.1	Les enjeux dans un contexte de compétition entre matériaux.....	140
6.2	Quelle stratégie de développement des matériaux hautes performances au XXI ^e siècle ?.....	150
6.3	Les plans stratégiques dans l'industrie mondiale des textiles techniques..	165
6.4	Les paradoxes et la complexité de l'industrie des matériaux textiles	173
Chapitre 7	• Conclusion. Le textile moteur d'innovation pour les technologies high-tech	181
7.1	Le textile catalyseur de nouvelles technologies high-tech.....	181
7.2	Le matériau textile est par nature ubiquiste.....	183
7.3	La nécessaire identification d'une nouvelle filière, la « texturgie ».....	187
Annexes		189
Glossaire des acronymes utilisés dans cet ouvrage		201
Index		205
Références bibliographiques		209

Remerciements

Dans cet ouvrage, j'essaie de faire la synthèse de mon cheminement dans le domaine des textiles, où je suis venue après une longue expérience dans le domaine des TIC. Cette passion textile tient certainement au fait que je suis originaire du Nord de la France, où mes grands-pères étaient industriels dans cette filière alors florissante (dès 1842, mon ancêtre Jean-Baptiste Browaeyts fonda une usine de teinture textile à Roubaix).

Je voudrais remercier collectivement ou nommément certaines des personnes qui m'ont guidée et accompagnée sur ce chemin captivant, mais aussi plein de détours complexes. J'ai tenté de restituer tous les témoignages reçus avec leur vraie valeur :

- André Beirnaert, fondateur du Centre européen des textiles innovants et textilien de toujours ;
- Guy Nemoz, professeur de chimie à l'ITECH, consultant précurseur des textiles à usages techniques (TUT), et longtemps rédacteur de la revue *TUT* ;
- Xavier Flambard, très tôt contacté quand il était directeur de l'ENSAIT à laquelle il a su redonner une dimension internationale ;
- Dominique Jacomet, directeur général de l'IFM, qui m'a missionnée pour réaliser une étude d'opportunité avant la création de l'Observatoire des textiles techniques (OTT) à l'IFM ;

- Évelyne Chaballier, professeur associé à l'IFM, pour tous les projets menés ensemble dans le cadre de l'OTT ;
- Serge Piolat, PDG de Schappe et vice-président de l'UIT et d'Euratex, qui m'a encouragée à écrire cet ouvrage pour sa contribution à la notoriété et à la modernisation de l'image de l'industrie textile ;
- Jean-François Bracq, dynamique secrétaire général de Clubtex, association professionnelle qui porte et promeut depuis plus de vingt ans la filière française des textiles techniques ;
- Jean-Yves Dréan, directeur du Laboratoire de physique et mécanique textiles à l'ENSISA Mulhouse, qui a su éveiller ma curiosité pour toutes les fibres textiles ;
- Markus Schwyn, PDG de Kermel, qui a vécu l'aventure industrielle de Rhône-Poulenc et de Rhodia.

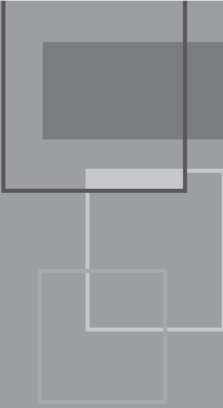
À titre amical,

- Sandrine Pessé, directrice de la communication à l'ENSAIT ;
- Édith Degans, ingénieur R&D au pôle Up-tex ;
- Catherine Schmidt, directrice du Club Textile Intégral ;
- Jérôme Chauveau, chercheur au Cerdato (Arkema) ;
- Gilles Muller, directeur de l'agence Re-active RP ;
- Dieter Veit, directeur des études à l'ITA de l'université technologique d'Aix-la-Chapelle ;

et Clément Sanchez, directeur du Laboratoire de chimie de la matière condensée au Collège de France, qui m'a fait l'honneur de contribuer à la préface avec son regard de chimiste.

À tous ceux qui m'ont consacré de leur temps, je veux dire ici mes plus sincères remerciements,

et surtout, à Jean-Pierre Aulas, mon mari, qui m'a incité à rédiger cet ouvrage, partageant mes enthousiasmes nombreux, et me soutenant dans toutes les phases de doute et d'incertitude.



Préface

Le livre écrit par Christine Browaeys est une œuvre originale et complète, consacrée aux matériaux textiles dans tous leurs états.

Cette ode argumentée aux textiles modernes et innovants est agréablement illustrée. Elle décrit et analyse ces matériaux indispensables à l'homme, mariant harmonieusement structures et fonctions. Cet ouvrage décrit leur histoire, les différentes classes et grandes catégories de textiles, leurs évolutions, leur intégration dans des systèmes polyfonctionnels de plus en plus complexes. Cet état de l'art démontre la place centrale occupée par ces matériaux qui aujourd'hui concernent la plupart sinon tous les grands secteurs industriels.

L'approche développée par l'auteur dépasse largement une description des textiles modernes. Elle aboutit, *via* une analyse scientifique, technique, sociologique, économique, à une vision optimiste mais réaliste de ce que seront les matériaux textiles du futur. Une approche éclectique de la conception et de l'élaboration des textiles avancés embrasse obligatoirement les nouvelles technologies et la biologie car l'une des particularités remarquables de ces systèmes est leur capacité d'intégration, de communication et d'adaptation. Christine Browaeys nous démontre que l'irruption des « supra-textiles » (textiles adaptatifs faisant preuve d'un certain degré d'autonomie, matériaux à performances physico-chimiques et dynamiques, nanocomposites bioinspirés et bioactifs, matériaux compatibles avec les contraintes écologiques,

biocompatibles, recyclables, textiles communicants, etc.) dans les technologies avancées au sens large est déjà déclarée et que son expansion paraît inéluctable, compte tenu des limitations techniques, économiques ou écologiques auxquelles se heurtent les solutions existantes.

Ce livre met en évidence la naissance d'un nouveau champ de recherche et de développements technologiques dont de nombreux domaines d'applications pourront sans doute tirer bénéfice, en particulier si une démarche pluridisciplinaire et intégrative est appliquée : démarche intégrant la chimie dans tous ses états, les nouveaux procédés d'élaboration, la biologie et ses concepts, la physique... Ce thème à la jonction entre les nouvelles technologies et les nouveaux matériaux est de première importance dans la compétition internationale car les secteurs technologiques qui vont dominer le XXI^e siècle sont les nouveaux matériaux, l'électronique, les sciences de la communication et les biotechnologies. Ces technologies et leurs interfaces doivent être développées par tout pays désireux d'être dans le peloton de tête des pays industrialisés et à fonctionnement durable. La nécessité d'entreprendre ou de renforcer des actions réellement interdisciplinaires semble évidente si l'on veut promouvoir ce domaine et il convient donc de se préparer dès aujourd'hui à affronter les défis qui s'imposent. Plusieurs types d'actions conditionnent l'essor de ce domaine innovant et prometteur aussi bien au niveau fondamental qu'appliqué :

- le lancement d'un programme robuste international impliquant encore plus les communautés académique et industrielle autour de pôles de compétitivité ;
- la mise en place d'un programme de formation pour ingénieurs, chercheurs et universitaires, soutenu pendant plusieurs années, qui aurait pour vocation de fédérer les différents acteurs concernés autour d'objectifs mobilisateurs tels que ceux décrits par Christine Browaeys dans ses conclusions ;
- la définition de filières d'enseignement assurant une formation de base réellement pluridisciplinaire aux acteurs du domaine.

La lecture du livre de Christine Browaeys finira par vous convaincre : des « percées » stratégiques vont très certainement se produire dans le domaine très prometteur qui concerne les matériaux textiles intelligents bioinspirés.

Clément Sanchez
*Professeur au Collège de France,
chaire de Chimie des matériaux hybrides
4 janvier 2014*

Avant-propos

*« Ah ! esprits ! soyez utiles ! servez à quelque chose.
Ne faites pas les dégoûtés quand il s'agit d'être efficaces et bons.
L'art pour l'art peut être beau
mais l'art pour le progrès est plus beau encore. »*

Victor Hugo, William Shakespeare, 1864

Le matériau textile connaît une révolution extrêmement rapide qui n'est pas sans rappeler la formidable évolution des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) vécue ces dernières décennies. Aujourd'hui, le textile concerne tous les secteurs industriels, car il est utilisé pour ses performances techniques et ses propriétés fonctionnelles avec le concours de plusieurs disciplines, comme la chimie pour concevoir de nouvelles fibres ou greffer toutes sortes de molécules sur la surface d'une étoffe, la physique et la mécanique pour étudier les propriétés des fibres, les mathématiques et l'informatique pour imaginer et simuler de nouveaux entrelacements, la biologie afin d'optimiser génétiquement les fibres naturelles, voire de les imiter. Il est urgent de dresser un état des lieux de ce phénomène, sous tous ses aspects, qu'ils soient techniques, économiques ou sociologiques.

Le textile inspire le monde de la mode, et contribue à afficher les réussites sociales. Il génère des investissements en sciences et technologies, détermine des stratégies

d'arbitrage en matière de ressources agricoles (alimentation/matière/énergie), et mêle développement durable et politique d'utilisation de la main-d'œuvre. Son rôle véritable n'est pas évident à appréhender, tant nous le considérons souvent comme banal, ordinaire, tant il nous est familier. Pourtant, le textile est un matériau polyvalent qui n'a pas fini de nous surprendre. Selon l'échelle et la distance d'observation, sa texture domine ou disparaît. Omniprésent, le textile s'adapte à son milieu, se fait caméléon.

Au-delà de cet état des lieux, cet ouvrage est destiné à attirer l'attention des concepteurs de matériaux, fabricants ou chercheurs, sur les possibilités d'innovation offertes par les nouveaux substrats textiles. Le textile sort des sentiers battus auxquels on l'a longtemps associé. Il ne demande qu'à se confronter aux autres matériaux, qu'à tisser des passerelles vers les acteurs des technologies connexes pour être valorisé. Dans ce contexte de mutation du textile, les acteurs de ce secteur ont besoin de définir de nouvelles stratégies industrielles pour se réorienter vers des produits à forte valeur ajoutée, à haute performance, en plus petits volumes. Pour faire face à ces nouveaux marchés, notre industrie doit opérer une mutation profonde pour être agile et réactive, avec de nouveaux modèles de production. Déjà dans son rapport pour préparer la première exposition internationale des temps modernes, à Londres, en 1851, le comte Léon de Laborde écrivait : « *L'avenir des arts, des sciences et de l'industrie est dans leur association.* » C'est on ne peut plus d'actualité pour l'art textile.

Introduction

Les révolutions du textile

Le textile véhicule un imaginaire qui lui est propre

Peut-être avons-nous un peu oublié la valeur immense que l'on accordait autrefois aux beaux tissus. Valeur des matières précieuses comme la soie, valeur des savoirs technologiques complexes qui les mettaient en œuvre, mais aussi valeur d'art. Les plus merveilleux tissus d'Orient et du Moyen-Orient étaient convoités dans le monde entier, servant de valeur d'échange dans les tractations commerciales. Le textile est un signe de la société à laquelle il appartient, qui en a une représentation donnée, induite aussi par les développements techniques qu'il génère. Cependant, au-delà des avatars et des diversifications de leurs matières, les caractères premiers des textiles demeurent inchangés. Ils sont appréciés pour leur souplesse et leur légèreté, leur aptitude à protéger, à envelopper, à couvrir, à suivre le mouvement. Caractères qui font que nous avons tous un lien très personnel avec le textile. Il nous est familier et accompagne notre quotidien depuis des millénaires.

L'industrie textile archaïque a longtemps imprégné la vie quotidienne. À côté des ateliers de production, véritables usines dont nous avons déjà des descriptions en Égypte ancienne, la confection du fil, le tissage de la toile, étaient des occupations majeures à l'intérieur du groupe social, ou au sein de la cellule familiale. Au XV^e siècle, en France, la division du travail dans les statuts des métiers textiles

était extrêmement contraignante, avec une forte tradition techno-rituelle. Ainsi, un même teinturier ne pouvait teindre indifféremment les soies ou les laines, les fils, les toiles ou les draps. Aux productions textiles sont aussi liées toutes sortes d'oppositions fondamentales et, au même titre que le rythme engendre la continuité, le jeu des contraires – de la chaîne et de la trame – engendre la cohérence et l'équilibre [1].

La longue aventure textile de l'humanité se poursuit aujourd'hui. Avec la prolifération de nouvelles fibres artificielles et synthétiques, le rapport traditionnellement entretenu par le textile avec l'espace et le volume s'exprime dans un esprit renouvelé. Le textile permet une profusion de matériaux et de calibres, désormais emmêlés sans réserve, et répartis dans les trois dimensions. Toute activité, toute profession, toute industrie, véhicule un imaginaire qui lui est propre, gage d'identité, de cohérence, de vitalité pour tous les acteurs qui y contribuent. Or, les activités textiles contemporaines connaissent une formidable révolution, source de nouvelles réalités sociales et économiques, les nouveaux matériaux textiles contribuant aux applications les plus diverses. Et ces bouleversements d'un art millénaire ne sont pas sans effet sur la conscience que les gens du textile peuvent avoir d'eux-mêmes, jusque dans l'appréhension de leur identité propre.

Mais quelle rénovation symbolique comportera le fait textile de notre XXI^e siècle ?

La force musculaire comme seule énergie disponible

L'homme a longtemps utilisé sa propre énergie pour fabriquer des étoffes car le recours à la force animale ne se prêtait pas vraiment aux activités textiles. Il a fabriqué des outils, des dispositifs simples, puis de plus en plus perfectionnés qui lui ont permis d'utiliser sa force avec plus d'efficacité. En Europe occidentale, jusqu'au XIV^e siècle, le textile était surtout l'affaire des artisans et des paysans qui utilisaient des méthodes traditionnelles dont certaines n'avaient guère changé depuis l'Antiquité. Le fuseau et la quenouille furent les premiers instruments utilisés pour la filature de la laine et du lin. Cette pratique, souvent réservée aux femmes, perdura jusqu'au XVIII^e siècle en milieu rural. Elle offrait le double avantage de nécessiter peu de capitaux et d'occuper une main-d'œuvre nombreuse, disponible pendant l'hiver, puis un peu soulagée l'été par la mécanisation de l'industrie agricole.

Dès l'Antiquité, on savait entrelacer des fils pour en faire des étoffes. On utilisait un métier vertical composé d'une barre en bois, à laquelle étaient attachés des fils tendus vers le bas par des pierres, et à l'aide d'une grosse aiguille, on entrelaçait les fils de trame. Si le tissage s'est développé sur le modèle de la vannerie et du tressage, le tricot prend modèle de la maille des filets (figure 1), déjà utilisée vers 1500 avant notre ère. Les premières techniques de tricotage sont probablement issues d'Égypte [2], et les premiers articles tricotés seraient apparus en Europe occidentale au XIII^e siècle.

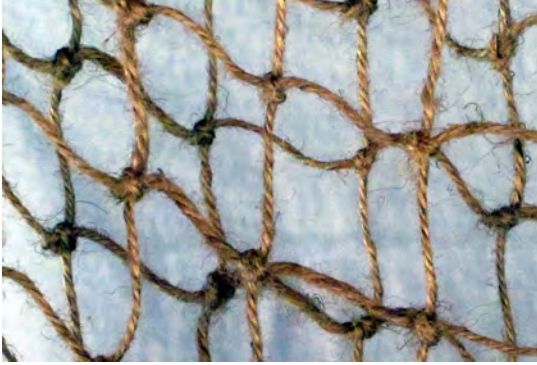


Figure 1 *Mailles de filet de pêche (photo J.P. Aulas).*

Jusqu'au XVIII^e siècle, on distingue deux types de fabrication textile en France :

- les paysans-tisserands, qui produisent des textiles de façon artisanale, souvent pour leur propre consommation. Ce sont surtout des femmes qui, après leur journée de travail agricole, filent et tissent sur des métiers traditionnels afin de subvenir aux besoins de la famille. Ainsi, 20 % de la laine produite sont directement utilisés dans les campagnes ;
- les premières fabriques, situées dans les villes, où les toiles de lin et de chanvre, les draps de laine, les étoffes de soie et les cotonnades dominent l'activité industrielle de l'ancien régime. La ville est le lieu principal de la production marchande de textiles, notamment en France, où le textile concourt à la moitié du produit manufacturier national et occupe l'essentiel de la main-d'œuvre non agricole. On compte déjà plusieurs villes à forte activité textile, comme Lyon pour la passementerie et la rubannerie, Nîmes pour la soie, ainsi que d'autres villes plus modestes comme Tourcoing ou Roubaix, grands centres de peignage de la laine, dans l'ombre de Lille.

Les textiles de qualité étaient essentiellement produits à la ville, vu l'importance de l'investissement à consentir pour l'achat du métier, et la nécessité de disposer d'un savoir-faire. Par exemple, le métier d'un toilier, coûtant deux fois moins cher que le métier d'un canut, restait à la portée des paysans.

1.1 XIX^e siècle – Industrialisation (mécanisation)

Au XIX^e siècle, le textile a connu sa première révolution avec le développement de l'industrialisation et de la mécanisation. En effet, toutes les machines textiles, primitivement réalisées en bois, ont pu fortement progresser grâce au développement de l'industrie métallurgique. Les interactions entre le textile et la sidérurgie ont été à la base de la mécanisation, avec de nombreuses innovations dans le domaine de l'outillage, et ont ainsi permis le passage de l'artisanat à l'économie industrielle.

En même temps, les réseaux ferroviaires se développèrent, en particulier en Grande-Bretagne, première puissance textile de l'époque. Le charbon est aussi au cœur de la première révolution industrielle. Au XIX^e siècle, la machine à vapeur incita à concevoir de grandes usines, avec une forte concentration de main-d'œuvre pour utiliser au mieux les sources d'énergie issues du charbon, imposant une nouvelle organisation dans le cadre de l'usine. Ce fut une étape très importante pour le secteur des textiles qui fut le premier à connaître un développement significatif au cours de la révolution industrielle.

Née en 1800 avec la pile chimique de Volta, l'électricité mit près d'un siècle avant d'être utilisée dans l'industrie. Autour de l'électricité, c'est l'ensemble du système technique qui évolua. La vieille industrie de la machine à vapeur évolua fortement pour fournir la puissance nécessaire aux nouvelles centrales. Pour un industriel, la transmissibilité de l'électricité était un atout fondamental par rapport aux autres énergies. Sous cette forme, l'énergie pouvait être transportée et alimenter un espace distinct du lieu de sa production. L'énergie électrique a permis d'augmenter la productivité, non pas en améliorant les mécanismes de production des machines, mais en rendant autonomes les machines existantes, avec la naissance de l'automatisation.



Figure 2 L'ourdissage au bâtiment de l'Echarenne, usine Naef à Saillans, en 1884 (Mémoires de soie, avec l'aimable permission des éditions Vivre à Saillans).

Élément moteur de la croissance industrielle, l'industrie textile européenne vit l'émergence de nouveaux pays comme les États-Unis et le Japon. Elle dut rapidement se moderniser, sous la pression de la concurrence, en particulier pour le coton et la filature de laine en France. L'industrie lainière, surtout implantée dans les usines bien mécanisées du Nord, dominait l'industrie textile en France, et c'est

grâce à l'exportation de ses productions textiles que la France a pu atteindre alors le 3^e rang mondial. Quant à l'industrie cotonnière, elle fut longuement marquée par la perte de l'Alsace et de la Lorraine. Bien que l'importance relative de l'industrie textile ait diminué au profit des industries nouvelles, comme l'automobile, l'aéronautique ou les télécommunications, c'était encore un secteur important pour les pays anciennement industrialisés à la fin du XIX^e siècle (figure 2).

1.2 xx^e siècle – Fibres artificielles et synthétiques (chimie)

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, les innovations concernaient surtout les technologies des machines. L'homme ne disposait que de fibres naturelles, d'origine animale, végétale, voire minérale. La deuxième révolution textile remonte aux années 1930, où les avancées dans le domaine de la chimie ont permis la mise au point de procédés pour produire des fibres synthétiques à l'échelle industrielle. La production de fibres artificielles, puis de fibres chimiques, s'est surtout développée dans la première moitié du XX^e siècle, la fabrication de textiles à partir de matières d'origine naturelle ne suffisant plus aux besoins. Pour ces nouveaux textiles, il fallut concevoir un matériel hautement automatisé et très flexible dans son utilisation.

Histoire des fibres de verre et de carbone

La fibre de verre fut inventée dès 1836 par un Lillois, Ignace Dubus-Bonnel. Il déposa une demande de brevet portant sur le « *tissage du verre rendu malléable par la vapeur, pur ou mélangé avec la soie, laine, coton ou lin* [3] ». Les tissus de Dubus-Bonnel ont été primés à l'Exposition de 1839, mais, malgré son succès, cette nouvelle fibre est ensuite tombée dans l'oubli en raison de son coût de fabrication élevé. Il faudra attendre près de 140 ans pour voir son utilisation réelle, seule ou en mélange.

La fibre de carbone fut mise au point en 1880 par Edison qui cherchait comment fabriquer sa première ampoule électrique. Mais il faudra attendre les années 1970 pour assister à l'essor industriel de ce qui n'était qu'une curiosité de laboratoire. Cette fibre allie la résistance de l'acier à une exceptionnelle élasticité sans oublier sa grande légèreté, et ses excellentes conductivités thermiques et électriques.

Imiter la filière du ver à soie

L'idée de copier la nature pour obtenir des fibres artificielles et synthétiques devança de loin la mise au point du procédé industriel de leur production. D'abord l'Anglais Robert Hooke, en 1667, s'intéressa à la soie, puis le Français René-Antoine Ferchault de Réaumur, qui explique dans son grand ouvrage *Mémoire pour servir à l'histoire des insectes* : « *La soie n'étant qu'une gomme liquide qui se dessèche, ne pourrions-nous pas, nous-mêmes, faire de la soie avec nos gommés et nos résines ? ... Nous sommes déjà parvenus à faire des vernis qui ont les qualités essentielles de la soie* ».

Ami de Pasteur, et passionné par ses travaux sur le ver à soie, Chardonnet étudia toutes les phases de transformation du fil pendant la sécrétion de l'insecte : « *Il a, immédiatement au-dessous de sa tête, deux réservoirs destinés à recevoir la matière soyeuse, et unis par une filière ou petit trou, par lequel il les vide, en y faisant passer sa soie, quand il veut bâtir son cocon.* [4] » À l'Exposition universelle de 1889, le comte Hilaire de Chardonnet présenta un procédé nouveau permettant d'obtenir de la soie artificielle à partir de la cellulose du mûrier. Ce procédé consistait à faire passer en force un fluide visqueux à base de nitrate de cellulose à travers de petits tuyaux en forme de dé à coudre appelés filières, et à durcir ce fluide en fils par coagulation dans un bain chimique.

Il est remarquable de constater que le procédé de filage de toutes les fibres synthétiques modernes découle de l'imitation de la filière du ver à soie.

Fibres artificielles et synthétiques

Cette fibre nommée viscosse, en fait de la cellulose modifiée chimiquement, présente de nombreux avantages. Elle a un touché très proche de la soie tout en étant beaucoup moins onéreuse. Le développement industriel de la viscosse ouvre de nombreuses perspectives, aussi Chardonnet crée-t-il alors sa première usine à Besançon, en 1890. Cette fibre prendra ensuite le nom de rayonne à partir de 1924. En 1926, est créée la Société nationale de la viscosse à Échirolles, à côté de Grenoble. Elle profite de la puissance hydroélectrique de l'eau du Drac et de l'abondance du bois dont elle tire la cellulose. En 1936, l'usine couvre un site de 13 hectares et emploie un millier d'ouvriers. La viscosse vivra son heure de gloire entre les deux guerres avant de céder la place aux fibres entièrement synthétiques.

On distingue les fibres artificielles des fibres synthétiques par leur procédé de mise en œuvre chimique. Les fils et les fibres textiles artificiels sont obtenus par filage de substances macromoléculaires naturelles transformées ou solubilisées par l'action d'agents chimiques. En 1928, les entreprises chimiques Poulenc Frères et la SCUR (Société chimique des usines du Rhône) fusionnent et créent Rhône-Poulenc qui se tourne vers la production de fibres synthétiques.

En 1928, le chimiste allemand Herman Staudinger découvre les polymères, composés de molécules géantes capables de former des chaînes complexes et de générer une multitude de matières artificielles produites par synthèse chimique. Ce nouveau matériau va donner un essor irrésistible à la société de consommation de masse. L'enjeu industriel et commercial est de taille, aussi le géant chimique américain DuPont de Nemours va-t-il recruter un génie de la chimie organique, Wallace Carothers. En 1935, le chimiste synthétise le polyamide 6-6¹. D'abord nommée le Norun (pour « *no run* »), puis le Nolen, le Nolon et enfin le Nylon, cette fibre

1. Le brevet du polyamide 6-6 fut déposé en 1935 avec le n° 207250, puis commercialisé ensuite sous le nom de nylon.

tenace, élastique, résistante à l'abrasion apparaît dans les parachutes et les cordes de l'armée dès la Seconde Guerre mondiale. À la libération, les fameux bas Nylon[®] enthousiasment les femmes françaises.

En France, l'armée de l'air commença réellement à donner une place importante au parachutisme à partir de 1937 (figure 3).

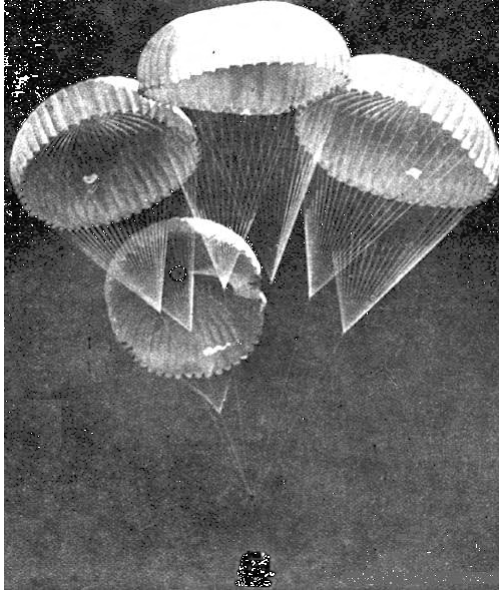


Figure 3 *Parachutage de matériel militaire (photo reproduite avec la permission de Défi Raider parachutisme).*

Avec la découverte de nouvelles matières textiles pour l'habillement et l'ameublement, les pays très industrialisés, qui étaient auparavant contraints d'importer le coton et la laine sous forme de matières premières textiles et donc dépendant des pays fournisseurs, ont pu progressivement fabriquer leurs propres fibres à partir de ressources déjà disponibles comme le charbon, le pétrole et la cellulose. Ensuite, de nombreuses autres fibres firent leur apparition dans l'industrie textile, parmi lesquelles :

- 1939, les polyuréthanes (produits de type Lycra) ;
- 1941, le polychlorure de vinyle (filage des chlorofibres Rhovyl[®]) ;
- 1943, les polyacryliques ;
- 1950, les fibres organiques de haute ténacité, comme le polyester Dacron[®] ;
- 1960, les fibres thermostables de type Nomex[®].

Fer de lance industriel, la société Rhodiacéta fabrique, dès le milieu des années 1950, les quatre classes de la famille des synthétiques, un polyamide Nylon[®], un polyester Tergal[®], un polyvinyle Rhovyl[®] et un polyacrylique Crylor[®].

À partir de 1960, la fabrication de fibres textiles de synthèse concerne soit la mise en œuvre de fibres bicomposées, à base de copolymères ou d'alliages de polymères, soit le développement de nouveaux dérivés dans les familles chimiques déjà exploitées. On peut citer les fibres suivantes, par ordre chronologique :

- 1970, la fibre para-aramide (le Kevlar ou polyamide aromatique) ;
- 1980, la fibre de carbure de silicium ;
- 1990, la fibre de polyéthylène de haute ténacité.

En août 1973, est édictée une norme textile portant sur la dénomination des fibres textiles. Cette norme prévoit une période de résorption pour permettre le remplacement, et l'oubli, de désignations dont la connotation reste négative, comme certaines fibres artificielles de type viscosé².

La chimie au service du contrôle textile industriel

La Condition publique de Roubaix, créée au XIX^e siècle pour le conditionnement des soies et laines, a largement contribué à l'innovation sur les fibres. En 1926, un laboratoire de chimie industrielle y est installé au service du contrôle industriel, sans recherche de bénéfices. Il dispose d'un matériel très performant pour l'époque, avec notamment la première salle climatisée et un centre de documentation comprenant une « fibrothèque ». Ce laboratoire a notamment permis de définir les taux de reprise acceptables des différentes matières textiles, préfigurant le règlement international des Conditionnements de toutes les matières textiles établi en 1933.

En 1946, la recherche fondamentale est affiliée au tout nouvel Institut textile de France (ITF) qui vient d'être créé. Le Centre textile de contrôle et de recherche scientifique s'étend alors sur 2 000 m², comprenant une trentaine de salles techniques équipées des matériels les plus modernes permettant de réaliser tous types de tests sur les matières textiles : résistance à la traction, force d'éclatement des tissus, résistance à l'usure, résistance des couleurs à la lumière. Après la fermeture de la Condition publique en 1972, ce centre déménagera à l'ITF, qui deviendra ensuite l'IFTH.

L'essor de la maille

Le moulinage consiste à tordre ou à assembler un ou plusieurs fils, avant de les utiliser pour le tissage ou le tricotage. La texturation permet de modifier les propriétés élastiques ou le volume du fil, et concerne essentiellement les fils synthétiques. Les fils texturés peuvent être réalisés par torsion, fixation et détorsion. L'amélioration des procédés de texturation, en particulier celle des fils polyamides, est à l'origine d'une véritable mutation industrielle qui voit la production de la maille, ou du tricot, l'emporter sur la production de la chaîne et trame, ou tissu. En 1964, l'industrie de la bonneterie devient, par ses effectifs, le premier secteur textile en France.

2. Norme NF 600 004. Depuis 1976, les appellations fibranne et rayonne sont prohibées. L'appellation viscosé s'applique désormais simultanément aux deux procédés de filage.

1.3 **xxi^e siècle – Les nouveaux textiles, fonctionnels ou techniques (à la croisée des technologies)**

Au début des années 1960, la consommation croît à tel point que plus du quart des principales fibres consommées par l'industrie textile mondiale sont des fibres chimiques. La concurrence entre les producteurs de fibres naturelles et de fibres chimiques est amplifiée par le phénomène de substitution des matériaux. Cette compétition est aussi exacerbée par un transfert de technologies plus en aval de la chaîne textile. L'activité intense de recherche conduit à faire évoluer les caractéristiques de certaines fibres qui vont trouver leur application dans de nouveaux secteurs. Progressivement, non seulement ces fibres vont envahir les marchés traditionnels du textile, mais elles vont entrer sur de nouveaux marchés et en permettre le développement.

Le textile identifié comme un matériau

Depuis la découverte des matières synthétiques dans les laboratoires de l'industrie chimique, le textile contemporain ne se laisse plus seulement identifier au toucher. Le 25 octobre 1963, un décret du ministère de l'Agriculture régit pour la première fois l'étiquetage des matières entrant dans la composition des produits textiles [5]. Ce décret entérine la bipartition traditionnelle des matériaux, d'origine naturelle (végétale, minérale et animale) et d'origine chimique. L'étiquetage de composition touche l'ensemble de la filière industrielle textile.

Ainsi, le matériau textile révèle son identité avec une étiquette de composition et un label de qualité, complétant près d'un siècle après la marque et la griffe de l'auteur ou du fabricant du modèle.

Les grands groupes chimiques américains, européens et japonais se livrent alors à une compétition commerciale féroce. On assiste à une surenchère sur les dénominations génériques des fibres synthétiques, avec une inflation d'appellations et de marques. L'étiquetage de composition préserve l'information sur la matière première, alors que la famille des fibres s'est considérablement élargie.

La création du Comité interprofessionnel de la rénovation des industries textiles

En 1966, est mis en place en France un Comité interprofessionnel de la rénovation des industries textiles (CIRIT), auquel succédera le CIRTH en 1981. L'industrie textile dresse une liste des fonctionnalités textiles : la lavabilité, l'infroissabilité, l'indéformabilité, la solidité des coloris, la légèreté, l'élasticité, la résistance au boulochage, le toucher, l'imperméabilité. La versatilité intrinsèque des fibres synthétiques, tant au niveau des polymères que des fibres, et la vitesse élevée des processus de production, étaient des atouts majeurs pour leur faire pénétrer les marchés textiles. Cependant, la mise au point des nouvelles fibres synthétiques s'opérait souvent dans l'univers de la pétrochimie, et non dans l'industrie textile, ce qui retardait