

Arkema et ses biomatériaux au service des athlètes

Danièle Olivier, Vice-Présidente de la Fondation de la Maison de la Chimie, d'après la conférence de :

- Jérôme Allanic, ingénieur en plasturgie, Directeur du marché mondial Sport de Arkema ;

- Jun Mougner, docteur en chimie des polymères, responsable Innovation du marché mondial Sport de Arkema.

Introduction

Dans le domaine des matériaux, Arkema propose à ses clients des solutions réparties en trois segments (**Figure 1**) :

- Solutions adhésives : tout ce qui concerne le collage et l'assemblage, qui sont très utilisés au niveau industriel comme au niveau du grand public.
- Solutions de revêtement : elles englobent les vernis et tous les produits proposés pour la protection et le revêtement des bâtiments industriels, la résistance thermique¹

1. Capacité d'un matériau d'isolation à résister à un flux de chaleur qui le traverse.

et la résistance aux rayonnements UV.

- Matériaux avancés : pour trouver de nouveaux matériaux haute performance, plus légers, recyclables et biosourcés.

Ce chapitre a pour but de présenter des exemples de biomatériaux qui peuvent améliorer les performances des sportifs.

1 Les matériaux biosourcés : l'exemple des polyamides

Dans le domaine des textiles, on recherche des matériaux



Figure 1

Les matériaux chez Arkema.



Figure 2

Les polymères biosourcés de haute performance de Arkema.

légers, résistants dans la durée et efficaces à des températures très basses jusqu'à -20° , -30° et même -40°C .

Arkema a une expérience de plus de 75 ans dans la fabrication des biomatériaux et fabrique des polyamides² de spécialité qui possèdent ces performances, et ce à partir de l'huile de ricin, une matière première remarquable (Figure 2).

2. Famille de polymères de synthèse.

Ces polymères³ de haute performance sont rassemblés sous l'appellation « ABC » : « A » pour le niveau « Avancé » de leur performance, « B » pour « Biosourcé » et « C » pour « Circularité », car ils sont recyclables.

Leur recyclage est également un point important : Arkema a lancé en 2019 Virtucycle®, un programme de régénération de polymères haute performance, et a intégré depuis 2021 une société de recyclage en Italie, pour créer des boucles de recyclage vertueuses avec ses clients.

L'huile de ricin : de la plante au polymère

L'huile de ricin est extraite d'une plante qui grandit en Inde, dans le Gujarat, mais aussi à Madagascar et en Afrique du Sud. Environ 700 000 fermes indiennes cultivent cette plante, dans une région dont la surface avoisine celle de l'Allemagne et de la France réunies. La plante de ricin produit des graines qui, broyées, fournissent 45 % d'huile (Figure 3), le reste (appelé « résidu sec ») peut être réutilisé comme engrais naturel.

Ces plantes de ricin sont cultivées dans des régions arides et chaudes (au moins 20°C) ou rien d'autre ne pousse réellement.

Depuis 2016, dans le cadre du programme « Pragati » (« progrès » en hindi), Arkema travaille en partenariat avec

3. Un polymère est une longue chaîne moléculaire issue de la répétition d'un ou plusieurs motifs élémentaires, le(s) monomère(s).

les agriculteurs de la région du Gujarat pour les aider à améliorer les rendements et la rentabilité de leurs plantations. Un des atouts de cette matière première naturelle est qu'elle n'entre pas en compétition avec la chaîne alimentaire (**Figure 4**).

Le savoir-faire unique d'Arkema réside dans la production du monomère «amino 11» (l'acide 11-aminoundécanoïque) à partir de l'huile de ricin. Pour cela, Arkema possède deux unités : l'huile est acheminée à Marseille et Singapour où Arkema produit ce monomère qui est ensuite envoyé dans d'autres usines (en France, aux États-Unis, en Chine, à Singapour) pour être polymérisé en polyamide 11 (**Figure 5**) connu commercialement sous le nom de RILSAN®.

Ce monomère est la brique de construction élémentaire à la base des différents matériaux de la famille du polyamide 11.

Les matériaux biosourcés avancés de la famille du polyamide 11 sont très légers, très solides, durables et recyclables. Ils peuvent non seulement être injectés et extrudés, mais aussi transformés pour faire à peu près tout : films, filaments, revêtements, poudre, voire être imprimés en 3D.

La famille des polyamides est très large et comprend de nombreux types de polymères différents. Le polyamide 11 entre dans la catégorie des polyamides dits «à longue chaîne» en opposition aux polyamides «à courte chaîne» comme le polyamide 6. Cette différence dans la structure de la chaîne polymère apporte

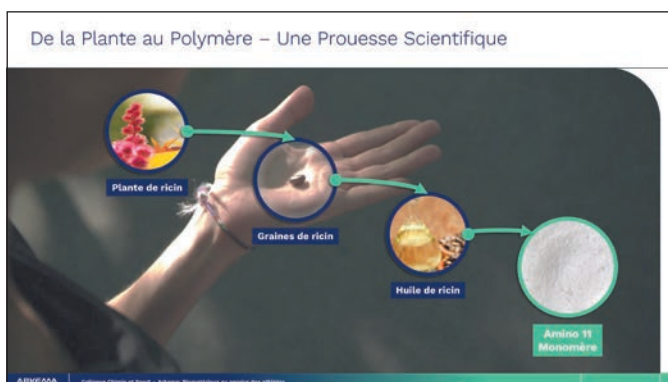


Figure 3

Schéma de la transformation de l'huile de ricin en monomère.



Figure 4

Avantages de la graine de ricin.

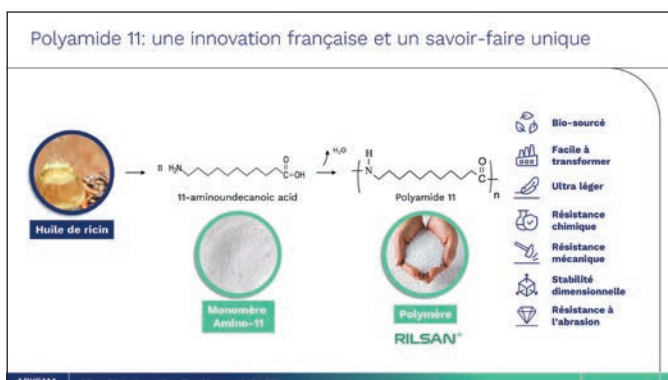


Figure 5

Schéma de la fabrication du polyamide 11 RILSAN®.

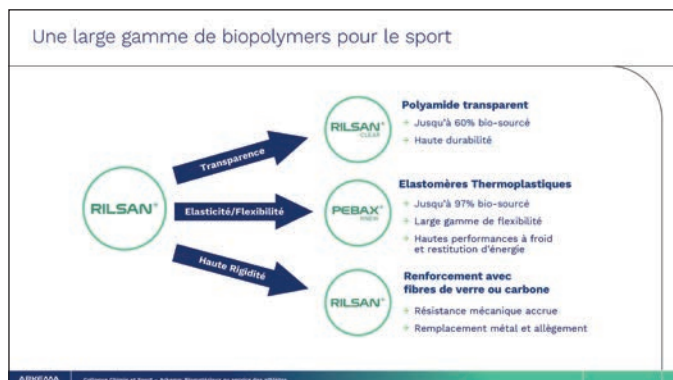


Figure 6

Gamme de polyamides proposés par Arkema dérivés du polyamide 11 RILSAN®.

légèreté et performance, ce dont les athlètes ont besoin pour leurs vêtements, leurs chaussures et tous leurs équipements.

Ainsi, le polyamide 11 est 20 % plus léger que le polyester pour les fibres textiles.

La résistance mécanique ainsi que la résistance à l'abrasion sont excellentes.

Ce polyamide 11 est semi-cristallin⁴, mais à partir de ce matériau semi-cristallin, d'autres déclinaisons de matériaux sont possibles (Figure 6) :

- Le polyamide amorphe⁵ RILSAN® Clear est un polyamide 11 transparent très utilisé dans la lunetterie (lunettes de sport, vélo...).
- Les élastomères thermo-plastiques⁶ PEBAX® sont comparables au TPU (polyuréthane thermo-plastique). Le problème

4. Se dit du matériau possédant des zones cristallines et des zones amorphes.

5. Qui n'a pas de forme cristallisée.

6. Matériau caoutchouteux malléable à la chaleur. Nom générique : TPE.

du TPU est qu'il est lourd et qu'il absorbe beaucoup d'eau, alors que nos matériaux ne requièrent pas beaucoup d'eau, qu'ils sont biosourcés et beaucoup plus légers.

La matière PEBAX® sera très probablement championne olympique grâce à ses performances au niveau des chaussures.

Les applications du polyamide 11 RILSAN® peuvent être augmentées par renforcement avec des fibres de carbone ou de verre. Arkema travaille également sur le recyclage de ce type de matériau.

2 Les matériaux au service de l'innovation pour le sport

Les chercheurs d'Arkema « jouent » avec la chimie pour modifier les polymères comme le polyamide 11 pour obtenir de la transparence, des polymères plus élastiques ou les transformer en insérant des fibres de carbone ou de verre pour les renforcer. Tout cela permet de répondre à plusieurs types de besoins :

- besoins spécifiques dans le sport ;
- besoins concernant les procédés qui consistent à transformer la matière ;
- besoins au niveau des applications.

2.1. Les applications du polyamide 11

Une large gamme d'équipements de performance pour le sport est fabriquée à partir du polyamide 11 biosourcé (Figure 7).

Le dessus des skis est fait en polyamide 11 pour apporter de la résistance au froid, aux impacts et aux rayures, ce qui permet d'augmenter la durabilité des skis. Le polyamide 11 peut aussi être utilisé en impression 3D pour fabriquer, par exemple, un casque en structure «nid d'abeille» (Figure 7, à gauche). Des procédés plus classiques comme l'injection peuvent être utilisés pour fabriquer des semelles de foot, de rugby ou de baseball qui sont renforcées avec le polymère qui, lui-même, peut être renforcé avec des fibres de verre ou de carbone. Le polyamide 11 RILSAN® est aussi très présent dans le domaine du vélo que ce soit pour les chaussures ou pour les pièces ou accessoires (Figure 7, au centre). Tout cela répond à un besoin spécifique de performance et, selon les applications, on va rechercher de la légèreté, de la durabilité ou du dynamisme, et c'est ce qui fait la spécialité de ces matériaux.

2.2. Les applications des élastomères thermoplastiques PEBAX®

Le matériau PEBAX® est connu pour son retour d'énergie exceptionnel. Cette propriété est mise à profit dans les chaussures de sport (Figure 8) : à chaque foulée sur le sol, une partie de l'énergie apportée par le coureur sur la chaussure est perdue et une autre partie est restituée vers l'athlète. Avec le matériau PEBAX®, 80 %, voire plus, de l'énergie est restituée à l'athlète, là où les matériaux que l'on trouve dans



Figure 7

Les différentes applications dans le domaine du sport du polyamide 11, aussi appelé «RILSAN®».



Figure 8

Exemples d'applications des élastomères thermoplastiques PEBAX® pour les chaussures de sport.

les chaussures de ville, par exemple, n'en restituent que 40 à 50 %. Cette différence intéresse particulièrement les athlètes car elle leur permet d'améliorer leurs performances. Le PEBAX® est utilisé par la marque Décathlon notamment sous forme de mousse dans son modèle Kiprun KD900X : la chaussure restitue un maximum d'énergie tout en étant plus légère.



Figure 9

Chaussures de ski de randonnée de la marque Scarpa utilisant la matière PEBA^X.



Figure 10

Utilisation des polyamides transparents dans le domaine du ski.

Dans le domaine du ski, le PEBA^X apporte de la légèreté, ce qui est essentiel pour des chaussures de randonnée, comme le montre l'exemple de la marque Scarpa (Figure 9).

On observe une différence de 500 g entre une chaussure faite en thermoplastique élastomère et une autre faite à partir de PEBA^X. Cette différence, selon la distance parcourue dans la neige, est considérable pour l'utilisateur.

Une autre caractéristique notable avec le PEBA^X est la stabilité dans les performances, que l'on coure à température ambiante ou dans la neige.

2.3. Les polyamides transparents appliqués au ski

Le polyamide transparent RILSAN[®] Clear est utilisé, par exemple, dans les lunettes et masques de ski de la marque Vuarnet (Figure 10).

2.4. L'avenir de l'innovation dans le domaine de la chimie

Fabriquer des matériaux performants, trouver de nouveaux matériaux biosourcés pour avoir une empreinte carbone très basse, cela n'est pas suffisant. L'innovation en chimie, c'est comme dans le sport : on cherche toujours à faire mieux que l'on a déjà fait, mais aussi par rapport à ses concurrents.

L'une des problématiques actuelles est la fin de vie des produits et ce que l'on en fait après utilisation. Avec la marque suisse On Running, Arkema a développé une chaussure de performance totalement recyclable. Arkema va recycler ces chaussures, entièrement réalisées à partir de ses matériaux «ABC» (Figure 11), que ce soit la tige, le dessus de la chaussure, les lacets, la languette, la mousse, les plaques de renfort ou les semelles d'usure. Tout étant fait dans la même famille de matériaux, la chaussure peut être entièrement recyclée.

Dans la vidéo <https://www.youtube.com/watch?v=9P-EK--woMA>, l'entreprise suisse On Running, fondée en 2010, spécialisée dans les chaussures de sport, explique comment faire des chaussures à partir de graines de ricin.



Figure 11

Une chaussure entièrement recyclable conçue avec des matériaux Arkema par la marque On Running.

Conclusion : l'avenir des chaussures biosourcées

Aujourd'hui, des plastiques sont encore, dans leur grande majorité, fabriqués à partir de ressources fossiles bon marché. Il y a quelques années, Arkema a présenté la famille des matériaux PEBAX® à On Running, et plus particulièrement le polyamide 11 RILSAN®. Existant depuis de nombreuses années, c'est un polymère de haute qualité, à de nombreux égards. Ce qui le rend unique, c'est le fait qu'il soit fabriqué à partir d'huile de ricin. D'un point de vue chimique, cette huile sert de matière première pour fabriquer le monomère, élément de base du plastique. Ce monomère est ensuite polymérisé en un polymère, qui est le matériau final, utilisable dans les chaussures. On Running utilise depuis plusieurs années le polyamide 11 dans les «*speedboards*», par exemple. Une «*speedboard*» est une plaque insérée dans la semelle intermédiaire, qui capture l'énergie pendant l'amorti pour la restituer pendant la relance, ce qui procure une sensation de course explosive. Désormais, On Running veut montrer que ce matériau peut être utilisé de manières

différentes, en utilisant d'autres propriétés. Les techniciens de l'entreprise ont réussi à le transformer en un fil très fin et résistant, qui a été tissé en un tissu extrêmement léger et respirant. Cloudneo est la première chaussure de course de performance entièrement fabriquée à partir de matériaux biosourcés et complètement recyclable. C'est-à-dire que la chaussure peut être recyclée d'un seul tenant et redevenir un matériau utilisable dans de nouvelles chaussures.

Plus de la moitié des 24 milliards de chaussures fabriquées chaque année contiennent du plastique ou du caoutchouc. Pour que l'industrie change, il faut que les consommateurs demandent aux marques plus de matériaux biosourcés. Une demande croissante fera baisser les prix et les produits seront accessibles à un plus grand nombre de personnes.