

Interview: Martin Stephan, Directeur Général délégué, CARBIOS

[NADÈGE RIGHI](#) 6 avril 2021



Nous avons tous porté un jour un pull en « laine polaire », fabriqué à partir de bouteilles en polyester recyclées.

Les frontières entre le monde du textile, de la chimie, et du plastique sont depuis longtemps devenues extrêmement poreuses. Au cœur des préoccupations, la compréhension de la matière synthétique souvent source de pollution de notre environnement. Et à la croisée de ces mondes, l'innovation qui permet de trouver

de nouvelles voies nécessairement plus vertueuses de fabrication, d'usage, et de gestion de la fin de vie et de recyclage de cette matière.

Imaginez alors une technologie qui permettrait, à l'inverse, de recycler vos vêtements en polyester (PET) usagés directement en bouteilles transparentes, et peut-être même en fil textile pour fabriquer de nouveaux vêtements... C'est ce qu'a récemment réussi à faire **CARBIOS**, société technologique française pionnière dans le développement de procédés enzymatiques repensant la fin de vie des polymères plastiques et textiles. Une innovation de rupture, une première mondiale qui ouvre la voie à l'industrialisation d'une solution durable et circulaire pour lutter contre la pollution plastique mondiale.

CARBIOS a fait de cette innovation durable et de l'engagement pour l'économie circulaire son ADN. Forte de son savoir-faire technologique, elle a donc produit les premières bouteilles contenant 100 % d'Acide Téréphtalique Purifié recyclé (rPTA) à partir de déchets textiles à haute teneur en PET. Cette technologie novatrice de recyclage enzymatique des déchets s'inscrit totalement dans les objectifs européens d'économie circulaire et de protection de l'environnement.

Des objectifs que doit impérativement intégrer la filière textile, pour répondre aux nouvelles exigences des réglementations, des consommateurs, et plus largement de notre planète. **Martin Stephan**, Directeur Général délégué de CARBIOS, a accepté de nous présenter ce procédé pionnier, permettant la valorisation à l'infini de déchets à faible valeur et leur redonne une nouvelle vie dans des applications plus exigeantes, mais également de nous parler des enjeux du biorecyclage pour l'avenir du secteur textile-habillement.

Pourriez-vous nous expliquer en quelques mots le principe du biorecyclage du polyester proposé par CARBIOS ?

CARBIOS est la première et la seule société au monde à développer des technologies biologiques pour la fin de vie des plastiques et des textiles. Notre concept repose sur le fait d'utiliser les enzymes non pas pour déclencher des réactions biologiques, comme cela se passe dans notre propre corps par exemple lors de la digestion, mais pour déclencher une réaction chimique.

Cette réaction est appelée dépolymérisation car elle permet de déconstruire des chaînes de polymères. En d'autres termes, la réaction enzymatique va venir casser une chaîne constituée de plusieurs molécules (les monomères), ce qui est le cas du polyester. La

dépolymérisation du polyester permet de décomposer chimiquement le PET en ses deux monomères de base : l'acide téréphtalique et le monoéthylène glycol. Ce procédé enzymatique est suivi d'une étape de purification des monomères, par génie chimique plus classique, qui nous permet de récupérer ces monomères qui pourront être repolymérisés en un polyester équivalent au PET vierge. Et le cycle peut se répéter à l'infini !



Il s'agit de la première approche biologique permettant de recycler à l'infini les plastiques PET. L'enzyme d'origine a été découverte dans la nature mais sous cette forme, sa stabilité thermique et son activité de dépolymérisation du PET n'étaient pas suffisantes pour un cycle industriel. Les deux propriétés ont été fortement améliorées par CARBIOS et ses

partenaires académiques.

Ce procédé de biorecyclage entre en concurrence avec le recyclage mécanique et d'autres types de procédés de recyclage chimique. Comment vous positionnez-vous par rapport à ces technologies ?

Actuellement, les technologies de recyclage mécanique ne permettent pas aux déchets textiles d'être véritablement recyclés en boucle fermée. Ce recyclage mécanique est en fait très souvent plus proche d'une réutilisation que d'un recyclage réel de la matière, car il ne recrée pas de matière textile vierge à partir de matériaux textiles usagés. Ils sont simplement réutilisés après effilochage dans des applications de type rembourrage, isolants ou chiffons. C'est ce que nous appelons le « down-cycling ».

D'autres types de recyclage existent comme la filature de coton recyclé, mais qui nécessite l'intégration d'une part de polyester vierge pour atteindre un niveau de qualité textile suffisante, ou la fabrication de la fameuse « laine polaire » en polyester issu du recyclage de bouteilles plastiques. Ces process-là pose la question de la fin de vie du produit, puisque le cycle n'est pas infini, la qualité du produit recyclé se dégradant à chaque nouvelle phase de recyclage. Il y a également des problématiques de coloris, car toutes les bouteilles ne peuvent être recyclées en matière textile. Il ne s'agit donc pas de boucles fermées.

Concernant le recyclage chimique, les procédés de glycolyse ou de métabolisme existent depuis plusieurs années, mais ne donnent visiblement pas de résultats assez satisfaisants pour s'imposer véritablement sur le marché. Je ne suis pas spécialiste des autres procédés enzymatiques développés en laboratoires de recherche appliquée sur fibres textiles de type laine ou cellulose, mais la tendance au développement de ces technologies est plutôt encourageante.

Pour parler réellement de recyclage du polyester, il est nécessaire d'arriver à un cycle « fiber to fiber » et non plus de rester sur un process « bottle to fiber ». Un procédé comme celui de Carbios est très tolérant sur la matière de base, notamment sur les couleurs, et donne un éventail de qualités étonnant. Nous fonctionnons avec des enzymes spécifiques au PET, à basse température et avec des procédés à base aqueuse, contrairement à la glycolyse qui nécessite de plus hautes températures et l'utilisation de solvants.

Un volume très important de textiles utilisés dans le monde est fabriqué à partir de mélange de matières, en particulier coton et polyester, le fameux « polycoton », qui pose problème lors des étapes de tri avant recyclage. Est-il possible de travailler avec votre procédé sur ce type d'étoffe multi-matières ?

Effectivement, il est possible de recycler le polyester d'un mélange de polycoton, et de produire du polyester recyclé de très bonne qualité. Les déchets de coton quant à eux ne pourront pas être recyclés tels quels par notre procédé. Cependant, le coton reste une matière organique qui génère moins de pollution finale que le PET.



Il nous est souvent demandé quand nous pourrions recycler l'ensemble des matières mélangées. Nous ne pouvons que répondre qu'il est nécessaire d'avancer pas à pas. L'innovation développée par Carbios permet un « up-cycling » de la matière en permettant, à partir de fibres textiles de

produire un grade de PET recyclé adapté aux applications bouteille. En recyclant déjà le PET, nous nous adressons à un marché qui représente plus de la moitié des fibres textiles utilisées dans le monde.

Justement, avez-vous déjà commencé à travailler directement avec des acteurs de la filière textile habillement ?

Je discutais encore récemment avec de grandes marques, notamment du sportswear. Si la plupart de leurs actions environnementales restent intéressantes, elles ne sont pas suffisantes au regard du problème de la pollution plastique dans le monde. Il est grand temps de passer aux actions de grande ampleur, ayant un réel impact sur la chaîne de valeur des produits et sur l'environnement. Toutes les initiatives prises depuis quelques années, comme le Fashion for Good ou le Fashion Pact, sont bien évidemment essentielles, car elles permettent de communiquer, de mobiliser, et de soutenir de nombreux petits projets d'innovation, mais cela manque encore à mon sens de concrétisation. Et le temps commence à manquer en matière de diminution des impacts. Mais restons optimistes car les lignes commencent à bouger, comme avec l'annonce en mars dernier d'un projet de recyclage des plastiques entre Technip Energies (ex Technip FMC), spécialiste du PET, et l'équipementier sportif Under Armour.

Nous mettons au service des marques et de l'industrie textile-habillement un procédé qui, nous le pensons, est capable de révolutionner la fin de vie de leurs produits. Il est absolument crucial que ces acteurs soient proactifs en la matière, car il est de leur responsabilité de gérer cette étape, aux yeux d'un consommateur de plus en plus exigeant et de plus en plus informés. N'attendons pas des médias et des ONG qu'ils mettent la pression sur les entreprises, l'innovation permet aujourd'hui de répondre aux besoins ! La révélation récente du traitement des stocks de vêtements invendus, qui sont incinérés, a choqué bon nombre de concitoyens. La loi contre le gaspillage est une nouvelle étape réglementaire sur le chemin du recyclage et de l'économie circulaire, mais la prise de conscience est déjà bien réelle. Plus la filière se mobilisera, plus les volumes traités seront importants, et plus nous limiteront l'impact de notre consommation sur la planète.

Quels sont selon vous les principaux freins à lever aujourd'hui pour passer ce cap du biorecyclage dans l'industrie textile habillement ?

La principale difficulté que nous rencontrons aujourd'hui pour intégrer les acteurs du textile habillement à nos projets d'innovation est la différence de rythme, de temporalité. Il est souvent difficile pour une marque d'imaginer investir dans un projet de R&D d'au moins trois ans alors qu'elle sort aux moins deux collections par an. Elle

peut également faire face à un manque de moyens financiers mobilisables, mais aussi de ressources internes en R&D.

Sans ingénieurs chimistes ou matériaux, nos technologies peuvent sembler compliquées à appréhender. Certaines PME industrielles textiles sont bien entendu en capacité d'innover, seules ou à plusieurs, mais n'oublions pas qu'en terme d'habillement ce sont les marques les véritables donneurs d'ordres, c'est donc à elles de donner les moyens de faire bouger les choses. Une innovation de rupture nécessite du temps et un investissement important. Or innover aujourd'hui est une condition nécessaire pour survivre au sein d'un environnement économique compliqué.



Adidas a annoncé vouloir atteindre l'utilisation à 100 % de PET recyclé en 2024. Il me semble qu'il sera très difficile de les atteindre, il n'y aura pas assez de PET recyclé pour répondre à cet objectif. Si toutes les grandes marques veulent faire la même chose, il n'y en aura pas pour tout le monde. De plus, si l'on regarde l'univers du

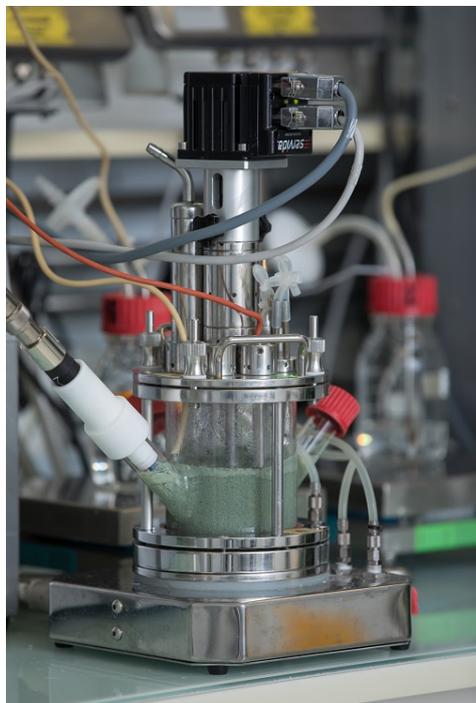
packaging, le PET recyclé coûte 50 % de plus que le PET vierge. Des fournisseurs peu scrupuleux proposent donc du PET vierge sous une fausse appellation PET recyclé, et accroissent leurs marges ! Et ce problème existe également dans le domaine de la fibre textile en matière recyclée. Il y a un cruel besoin de traçabilité, de certification, pour le marché soit enfin normalisé.

Nous avons commencé à solliciter le secteur textile en 2018-2019, lorsque nous avons formé un consortium intégrant notamment L'Oréal, pour travailler de façon large sur le packaging et la fibre textile. Mais à cette époque, aucun industriel textile ou autre marque de vêtement n'a souhaité s'investir dans ce projet, seuls les industriels d'autres secteurs tels PepsiCo, Nestlé Waters et Suntory Beverage and Food Europe (Orangina Schweppes en France) se sont portés volontaires. Heureusement, la prise de conscience commence chez certaines marques du sportswear, de l'outdoor, qui reprennent spontanément contact avec nous depuis quelques dernières semaines.

En Europe, l'obligation de construire des filières de collecte des vêtements en 2025 va forcément accélérer la réflexion sur le recyclage ! Que faire des tonnes de textiles qui

vont être récupérées ? Les brûler ou les enfouir ne sont envisageables comme des solutions durables, l'impact sur l'environnement n'est plus acceptable. Il est nécessaire de faire ce pas vers le recyclage en boucle fermée. Tout cela est en train de se mettre doucement en place. Je cite souvent des termes d'un article paru dans la revue Science sur cette problématique, selon lesquels l'effort doit être collectif, global et coordonné ; qu'il est nécessaire d'augmenter les capacités des filières de collecte ; et enfin il faut investir dans plus de technologies.

Une nouvelle étape cruciale s'annonce pour CARBIOS, avec la construction du démonstrateur industriel de cette technologie de rupture, en Auvergne Rhône-Alpes. Où en est le projet ?



Le démonstrateur va démarrer à la rentrée de septembre-octobre 2021, comme prévu. Son rôle comme son nom l'indique est de démontrer que la technologie est exploitable à l'échelle industrielle. Des données et retours d'expériences seront dans ce but recueillis durant 12 à 18 mois, qui nous permettront d'écrire le « process design package », un document décrivant très précisément tout le procédé, une « bible » nécessaire lorsque l'on souhaite vendre une licence sur une technologie.

Avec ce document, les premiers licenciés devraient, d'après nos prévisions, être capables de construire une ligne industrielle de traitement jusqu'à 50 000 tonnes/an. A terme, nous souhaitons vendre des licences pour des capacités de production jusqu'à 200 000 tonnes. Nous avons demandé à Technip Energies, notre partenaire pour l'ingénierie du projet, de construire la ligne de façon à pouvoir garantir, sur la base des facteurs habituels d'extrapolation, de passer facilement du démonstrateur à une usine de 150 000 tonnes. Le modèle économique de Carbios repose sur ces ventes prévisionnelles de licences d'exploitation à l'horizon 2023, mais également sur la vente des enzymes, les véritables catalyseurs de la réaction.

Nous sommes propriétaires de l'enzyme spécifiquement développée et utilisée dans notre technologie, mais c'est la société spécialiste des enzymes Novozymes qui est chargée de sa production. Novozymes, qui est leader du secteur avec 50 ans

d'expérience et 50 % de part de marché, a accepté de signer un contrat de développement, un « joint development agreement » avec CARBIOS, dans lequel la société s'engage à développer le micro-organisme nécessaire et spécifique à la production de notre enzyme.

Le passage par la propriété industrielle et le dépôt de brevet sont-ils essentiels dans votre secteur ?

Le brevet est indispensable dans notre domaine d'activité, car le potentiel est énorme et c'est le seul moyen de se protéger efficacement. Nos forces aujourd'hui sont nos 38 familles de brevets et notre équipe. Nous mettons donc tout en œuvre pour fidéliser nos collaborateurs, une quarantaine aujourd'hui et probablement une cinquantaine fin 2021.

Le brevet crédibilise la technologie, comme a pu également le faire notre article paru dans la prestigieuse revue scientifique Nature, et nous aide également à lever les fonds nécessaires à notre développement. Les brevets sont non seulement déposés, mais délivrés dans les pays cibles. Et l'équipe est crédible elle aussi aux yeux des investisseurs et des partenaires grâce notamment à une longue expérience, souvent plus d'une trentaine d'années, de plusieurs collaborateurs et managers dans le secteur de la chimie.

Avant sa technologie de biorecyclage, CARBIOS a breveté et industrialisé une technologie de biodégradation de l'acide polylactique (PLA), aujourd'hui gérée par une entreprise baptisée Carbiolice. Le PLA commence à être également utilisé dans le secteur textile, bien que ce soit de façon plus marginale que les autres matières. Peut-on envisager à terme de proposer des solutions de fin de vie du PLA au secteur textile également ?

Aujourd'hui, notre technologie concernant le PLA, principalement utilisé comme alternative plus durable dans le secteur du packaging, a pour objectif de d'améliorer sa biodégradabilité en conditions domestiques, de s'affranchir des conditions contraignantes du compostage industriel. La technologie est d'ailleurs un peu différente, puisqu'il s'agit d'intégrer une enzyme spécifique à l'intérieur même du PLA lors de sa fabrication, plus précisément au dernier stade de transformation du PLA, qui lui permettra de mieux se dégrader lors du compostage. Carbiolice propose un masterbatch, un mélange-maître, contenant l'enzyme qui est à mélanger au PLA.

Aujourd'hui, Carbiolice est focalisée sur les films et les emballages, mais il n'est pas impossible d'envisager de travailler sur la fibre textile en PLA dans les années à venir,

selon les besoins du marché. Des acteurs des biopolymères comme Natureworks ou Total Corbion proposent du PLA pour l'industrie textile, pour le secteur des nontissés. Et ce marché du PLA est extrêmement tendu, la demande est forte en biopolymères, des nouvelles capacités de production voient le jour pour répondre aux besoins.

Comment envisagez-vous l'avenir de Carbios et plus largement du biorecyclage?



Un avenir brillant sans aucun doute ! Nous continuons à développer les technologies pour le PET, plus largement les technologies de fin de vie pour les plastiques et les textiles. A terme nous espérons avoir plusieurs millions de tonnes de PET traitées dans le monde sous licence Carbios. Aujourd'hui, plus de 79

millions de tonnes de PET sont produites chaque année, c'est colossal ! Peut-être qu'à terme, à peut-être vingt, trente ans, ou plus, nous pourrions imaginer un monde où le PET consommé dans le monde ne serait plus issu de la pétrochimie mais serait généré en boucle fermée à partir de déchets de PET...c'est une vision optimiste mais extrêmement motivante ! Ne dit-on pas que « vouloir c'est pouvoir », ayons déjà cette volonté de viser cet objectif ultime pour espérer l'atteindre un jour.

Et donc lorsque l'industrialisation du PET sera avancée, il nous faudra imaginer le prochain projet de recherche sur un nouveau polymère. Est-ce que ce sera le polyamide, le polyuréthane...toutes les pistes sont envisageables.

Propos recueillis par N. Righi – Avril 2021

Crédit photos ©: Jérôme Pallé / Carbios