Bioplastique: quand le carbone devient vert

Il est lauréat du Prix De Leeuw-Damry-Bourlart pour les Sciences exactes appliquées 2011-2015, un des Prix scientifiques quinquennaux décernés par le Fonds de la Recherche Scientifique F.R.S.-FNRS. Le Professeur Philippe Dubois, Vice-Recteur de l'Université de Mons, est chercheur en chimie et ingénierie des matériaux polymères et composites. Nous avons rencontré pour vous ce personnage clé dans un domaine plein d'avenir...

Texte : **Paul Devuyst**
Photos : **Prof. Ph. Dubois** (p.29), **Focus Rush** (p.29), **NOAA** (p.30)

Qu'est-ce que la chimie, sinon la maîtrise et l'invention perpétuelle de nouvelles substances, de nouveaux matériaux au service de la vie humaine et ce faisant, l'homme ne fait que prolonger et perfectionner l'œuvre de la nature. Ces matériaux constituent la base même des autres industries. Comment s'habiller sans l'utilisation de fibres synthétiques ? Comment assurer la sécurité de nos véhicules sans avoir recours à des pare-chocs en acier ? Comment les rendre plus légers, plus économes en carburants, sans l'apport indispensable de la chimie ?

Et ce n'est pas le professeur Philippe Dubois, classé à la 18e place au Top 100 mondial de *Thomson Reuters* (5e européen et 1er belge parmi 500 000 confrères) des scientifiques spécialisés dans les matériaux, qui nous démentira.

Double casquette

«Dans ma vie professionnelle, j'ai 2 casquettes: d'une part l'enseignement car je suis professeur à l'UMONS, essentiellement à la Faculté des sciences exactes mais également à la Faculté des sciences appliquées et d'autre part, je suis chercheur. Je ne conçois pas l'un sans l'autre car au niveau universitaire et dans une discipline telle que la science des matériaux, il y a une relation permanente entre enseignement, formation par la recherche et innovation», déclare-t-il. L'activité scientifique du professeur Dubois est

précisément centrée sur les polymères et plus particulièrement, sur les «bioplastiques», des matériaux polymères qui trouvent leur origine dans des ressources de carbone renouvelable, contrairement aux plastiques «classiques» issus du pétrole.

Il y a 18 ans, il a rejoint l'Université de Mons pour y ouvrir le Service des Matériaux Polymères et Composites. Près de 10 ans plus tard, avec quelques collègues, il crée et dirige un *Centre d'Innovation et de Recherche en Matériaux Polymères (CIRMAP)*, dont la mission est de mener la recherche au sein de l'Université de Mons à l'échelon laboratoire. Le Centre compte environ 160 personnes qui gravitent autour de la chimie, de la physico-chimie et de l'ingénierie des matériaux à base de carbone.

Du laboratoire au terrain

Le professeur Philippe Dubois a par ailleurs participé à la création, d'abord dans le cadre de l'Université mais ensuite comme structure indépendante, du centre de recherche agréé *Materia Nova*, une asbl qui compte une petite centaine de collaborateurs. En tant que directeur scientifique, son rôle consiste à «ponter» les activités de recherche de l'Université dans le domaine des polymères, des matériaux composites et des bioplastiques et l'industrie.

«Depuis 10 ans, je suis responsable de la recherche au sein de l'Université de Mons en tant que vice-recteur et je pense que s'il est important de faire de la recherche, il importe également de gérer au mieux son financement et sa répartition au sein de notre institution universitaire. Grâce à cette double fonction, je peux voir par moi-même si quelque chose ne va pas et impulser éventuellement des changements en termes de gestion et de valorisation de la recherche. De plus, j'ai développé un réseau de relations dans le cadre de mes recherches sur les matériaux avec toutes les Universités belges actives dans ce domaine et de nombreuses Universités et Centres de recherche étrangers, poursuit-il. *Même à l'heure du numérique, il faut se déplacer, avoir des contacts visuels et des conversations avec des collègues académiques ou des partenaires industriels pour mieux se faire connaitre. Il est indispensable de se "vendre" au sens noble du terme, c'est-à-dire pouvoir faire état de la qualité et des atouts de nos laboratoires de recherche !».*

En 2012, Philippe Dubois, en collaboration avec l'UMONS et *Materia Nova*, a également créé la spin-off *Nano4*, une société active dans la production, la fonctionnalisation, la caractérisation de nanoparticules ainsi que leur valorisation en tant que nano-charges dans des matériaux nanocomposites polymères et de type «sol-gel». Ainsi, en partenariat avec l'industrie des matières plastiques, *Nano4* développe et commercialise des mélanges-maîtres contenant des nanoparticules aussi variées que des nanotubes de carbone, nanopoudres métalliques ou encore des nano-renforts cellulosiques d'origine biosourcée.

Les «bioplastiques», c'est quoi ?

Pendant près d'un siècle, toutes les macromolécules qui constituent les polymères de synthèse ont été (et sont encore) basées sur du carbone fossile extrait de notre sous-sol. Le principe est simple: on extrait ce carbone du pétrole ou du gaz naturel et on en fait des matériaux. Après usage, il est jeté à la décharge ou au mieux, incinéré... et il s'accumule alors dans l'atmosphère sous forme de gaz carbonique ! Dans quelques rares cas, on essaye de le recycler. *«Ce procédé m'a toujours interpellé car ce n'est pas un cycle biologique admissible à court terme et donc une grande partie de mes recherches se sont orientées non pas à vouloir remplacer TOUS les matériaux constitués au départ de ce carbone fossile mais bien d'utiliser autant que possible du carbone contemporain, renouvelable avec une fréquence acceptable, c'est-à-dire à l'échelle humaine»,* explique le professeur.

Une grande partie des activités du *CIRMAP* vise dès lors à exploiter le carbone disponible à la surface (et non plus en sous-sol) de la Terre - ce que l'on appelle communément la biomasse (déchets végétaux ou agricoles, algues marines, etc.) - et à en extraire le carbone pour en faire des matériaux présentant les mêmes caractéristiques physico-

Bio express

Nom : Dubois
Prénom : Philippe

Formations :

Chimiste diplômé des Facultés universitaires Notre Dame de la Paix à Namur en 1987; Doctorat en Sciences à l'Université de Liège en 1991; Post-doctorat industriel avec la société *Dow Chemical*; Post-doctorat en *Chemical Engineering* à la *Michigan State University* (USA); Chercheur qualifié du *F.R.S.-FNRS* et rejoint l'UMONS en 1997.

Fonctions :

Crée le Service des Matériaux Polymères et Composites à l'UMONS;

Crée et dirige le *Centre d'Innovation et de Recherche en Matériaux Polymères (CIRMAP)* qui compte 160 chercheurs;

Vice-recteur à la recherche de l'UMONS;

Professeur invité à l'Université de Zheijang (Chine), à la *Michigan State University* (USA) et à l'Université KAUST (Arabie Saoudite);

Académicien-membre permanent de l'*Académie Royale de Belgique* (classe des Sciences) depuis 2010.

Adresse :
Université de Mons-UMONS
Place du Parc, 20 à 7000 Mons
Tél. : 065 37 34 80
E-mail : *philippe.dubois@umons.ac.be*

chimiques, mécaniques et thermiques que ce que nous utilisons aujourd'hui pour confectionner des ordinateurs, des pare-chocs de voitures ou près de 50% des avions modernes. Le CO_2 émis par la biodégradation ou l'incinération du matériau n'est autre que la ressource nécessaire pour produire des végétaux (via le mécanisme de photosynthèse) qui permettront à leur tour la production des bioplastiques. *«Il y a seulement 20 ans, cette innovation était considérée par la plupart des industriels comme un rêve fou,* continue Philippe Dubois. *Leur grande erreur était d'imaginer que le seul intérêt du carbone renouvelable résidait dans des applications à durée limitée dans le temps, comme de l'emballage ou des bouteilles par exemple. Ce raisonnement a provoqué un effet très négatif et freiné le développement de ce qu'on appelle aujourd'hui le bioplastique. Depuis quelques années, nous avons démontré au contraire que l'on peut très bien exploiter cette nouvelle ressource (qui, en réalité, était disponible depuis que l'homme est sur la planète et nouvelle dans le sens qu'elle n'est exploitée qu'aujourd'hui) pour façonner des matériaux, des objets, des outils à très haute valeur ajoutée»,* ajoute-t-il.

Restait un bémol: le prix. Au départ, il était plus élevé que celui d'un polymère «classique» fabriqué à partir de pétrole et installé dans notre société depuis plus d'un demi-siècle mais aujourd'hui, il a son équivalent «biosourcé» (l'acide polylactide ou PLA), totalement compétitif.

QUEL AVENIR POUR LES POLYMÈRES ?

«L'avenir des polymères dépend des ressources de carbone. Il y a le carbone fossile, donc le pétrole et il y a le carbone renouvelable, la biomasse, mais on oublie souvent la troisième source, celle disponible dans notre atmosphère. C'est probablement la plus importante, la plus intéressante comme ressource "matériaux polymères" et on ne s'y intéresse que depuis quelques années. C'est tout simplement le dioxyde de carbone, ce CO_2 dont on parle tant», indique Philippe Dubois.

Aujourd'hui, pour respecter des quotas CO_2, on essaye de l'enfouir sous terre, ou encore de le séquestrer dans d'anciennes mines. Le raisonnement est donc simple: plutôt que d'extraire le carbone du sous-sol sous forme de pétrole ou de gaz naturel, plutôt que rechercher le carbone disponible à la surface de la Terre, celui de la biomasse, pourquoi ne pas utiliser le carbone qui n'est pas encore sous forme de matière organique mais sous forme de dioxyde de carbone gazeux ? *«J'ai toujours trouvé cette approche très porteuse et depuis des années, différents laboratoires proposent de transformer, par une réaction de catalyse, ce «carbone gazeux» en un carbone organique et solide, c'est-à-dire en un matériau. Cette possibilité fait l'objet de nombreuses études de par le monde et je pense qu'elle a un réel et bel avenir. Ce qui fait la beauté des polymères, c'est que comme dans une mosaïque, les pièces (ici les molécules) n'ont pas de destination précise et peuvent se placer n'importe où. Le monomère, la brique de construction de cette chimie des polymères, peut se retrouver à différents emplacements et conduire ainsi à un autre matériau et à un autre domaine d'application»,* s'enthousiasme Philippe Dubois.

Ce ne sont évidemment pas les plastiques biosourcés qui vont remplacer les polymères issus du pétrole. On n'en est pas encore à la même échelle: moins d'1 million de tonnes par an pour les premiers contre 300 millions pour les derniers. Cela dit, dans les décennies (assez proches) à venir, on devrait arriver à un mariage harmonieux entre ces 3 familles de polymères: celles issues du pétrole, de la biomasse et du dioxyde de carbone atmosphérique.

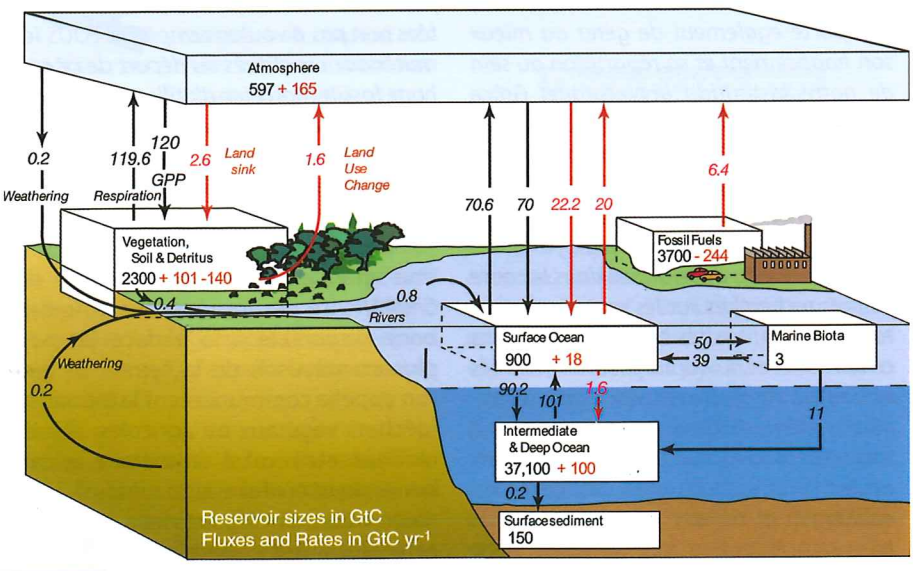
UN OBJECTIF: PRÉSERVER L'ENVIRONNEMENT

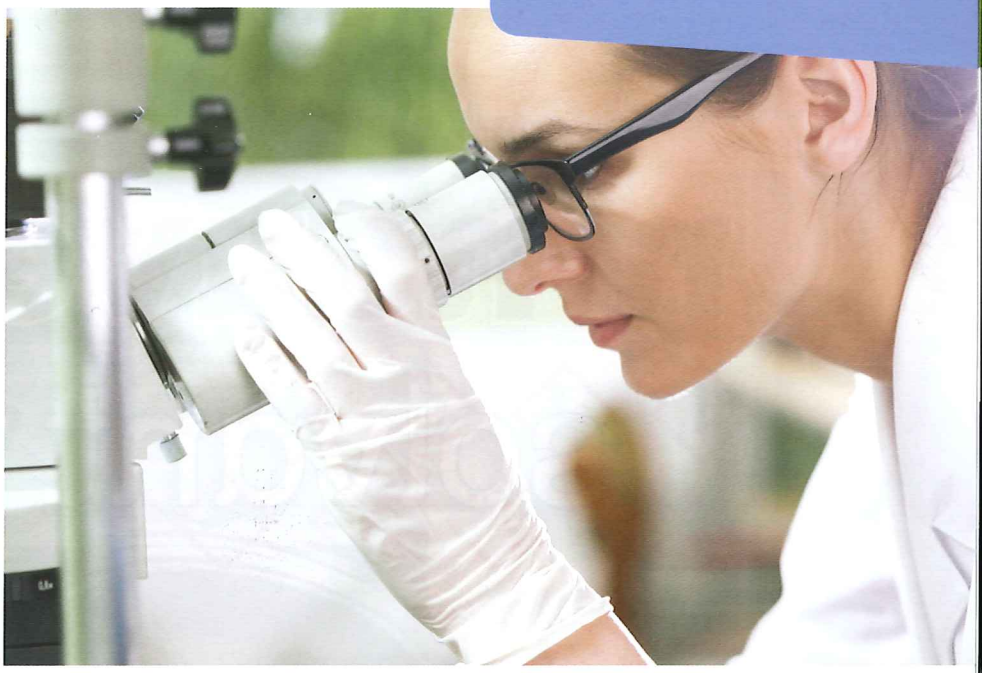
Pour rehausser les propriétés de ce matériau, les chimistes lui ajoutent des «partenaires», des additifs multiples et variés et récemment, des nanoparticules. *«C'est mon dada,* avoue Philippe Dubois *Et je suis très actif dans le domaine des nanocomposites, c'est à dire du mariage d'un polymère avec des nanoparticules de carbone, des nanoplaquettes d'argile, de nanocellulose cristalline, etc. Et force est de constater que l'on améliore les propriétés du matériau de manière totalement inattendue. C'est ce que l'on appelle l'effet nano»,* ajoute-t-il.

Le cycle du carbone de la Terre est complexe de par l'existence d'importantes masses d'eau océaniques et par le fait que la vie (et donc les composés carbonés organiques qui en sont le substrat) y tient une place importante.

*Il existe 4 réservoirs de carbone: l'**hydrosphère** (totalité des eaux de la planète), la **lithosphère** (croûte et partie du manteau terrestre), la **biosphère** (plantes, sols, animaux) et l'**atmosphère** (couche d'air qui entoure le globe terrestre).*

Le plus grand se situe dans les sédiments et roches sédimentaires de l'océan profond. Mais l'essentiel du cycle se fait entre l'atmosphère, les couches superficielles du sol et des océans et la biosphère. Les échanges de carbone s'expriment en gigatonnes par an (Gt/an).





De petites quantités de nanoparticules correctement distribuées, dispersées, voire orientées dans une matrice polymère permettent d'en accroître les propriétés d'une manière jamais imaginée par le passé. C'est ainsi que 3 à 4% de nanoparticules peuvent grandement contribuer à l'ignifugation d'un matériau, augmenter sa résistance mécanique ou encore, doubler sa rigidité tout en diminuant de moitié son épaisseur mais avec les mêmes performances. On réalise ainsi un gain de poids qui, dans le domaine des transports, se traduit par un gain d'énergie, de carburant, de frottement sur la route, de pollution, etc.

«On contribue ainsi à la protection de notre environnement. Je pense qu'associer sciences des matériaux, chimie verte et plus particulièrement, chimie du renouvelable et nanotechnologies peut se révéler extrêmement intéressant d'un point de vue innovations. Les premières sont arrivées mais ce n'est encore rien par rapport à ce qui va s'offrir à nous dans les prochaines décennies. J'en suis intimement convaincu», conclut le professeur Philippe Dubois. ■

Prix scientifiques quinquennaux

du F.R.S.-FNRS pour la période 2011-2015

C'est en 1960 que le premier Prix quinquennal fut remis. L'initiative d'attribuer un Prix à un chercheur méritant revient au Docteur Alphonse De Leeuw, conservateur des collections cliniques de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de l'Université libre de Bruxelles. Celui-ci avait prévu dans son testament de léguer 4 millions de francs au Fonds National de la Recherche Scientifique, à charge pour lui d'attribuer tous les 5 ans un prix à un chercheur méritant. Le montant des Prix (75 000 euros) provient aujourd'hui des revenus de legs et de donations.

Ces prix sont aujourd'hui au nombre de 5 mais leur objectif reste toujours le même: **récompenser des chercheurs de la Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB) à la carrière particulièrement exceptionnelle**. Attribués tous les 5 ans donc, ces prix prestigieux confirment la reconnaissance internationale de chercheurs de la Fédération Wallonie-Bruxelles dans toutes les disciplines scientifiques (sciences humaines et sociales, biomédicales fondamentales, biomédicales cliniques, exactes fondamentales et exactes appliquées) et marquent souvent le couronnement d'une carrière. Les candidats sont parrainés par des scientifiques de renom et évalués par des jurys d'experts étrangers.

Les 5 lauréats de cette dernière édition illustrent une fois de plus l'excellence de la recherche dans notre communauté. Aidés de leur équipe de recherche, ils ont, chacun dans leur domaine, permis de reculer les frontières du savoir et contribuent ainsi au rayonnement de la recherche belge. Bien que chacun de leur parcours soit unique, un désir commun les anime: faire avancer et partager les connaissances. Ce qui démontre qu'excellence est indissociable de générosité. Ces éminents chercheurs sont au service de la science et des autres, ancrés dans notre époque, et résolument tournés vers les problématiques de notre époque. Qui sont-ils ?

- **Sciences exactes appliquées:** Phillipe Dubois pour ses recherches sur les procédés réactionnels et leur contribution fondamentale aux avancées de la «chimie verte» et à la société en général.
- **Sciences exactes fondamentales:** Marc Henneaux (ULB), pour son rôle majeur dans la compréhension des symétries en théorie quantique des champs et en gravitation.
- **Sciences humaines et sociales:** Axel Cleeremans (ULB), pour ses travaux relatifs à notre compréhension des mécanismes de la conscience et internationalement, au développement méthodologique de la psychologie expérimentale.
- **Sciences biomédicales fondamentales:** Cédric Blanpain (ULB) pour ses travaux mondialement reconnus dans le domaine de la biologie des cellules souches, tant épidermiques que cancéreuses.
- **Sciences biomédicales cliniques:** Christos Sotiriou (ULB), pour ses travaux à l'origine de l'imagerie moléculaire du cancer du sein et qui ont permis aux patientes de bénéficier de traitements à la fois moins agressifs et plus efficaces en fonction des tumeurs diagnostiquées.