

La chimie du végétal : du biosourcé au quotidien

Minh-Thu Dinh-Audouin

Résumé

La chimie du végétal est une filière dont le développement s'est considérablement accéléré depuis une dizaine d'années, et une nouvelle impulsion a été donnée avec la loi de transition énergétique pour la croissance verte promulguée en août 2015. Avec une agriculture, une industrie chimique et une recherche fortes, la France a su ancrer cette nouvelle filière sur son territoire et s'affirmer sur les marchés, prévoyant de doubler son approvisionnement en matière biosourcée d'ici 2020. Les matériaux biosourcés font maintenant partie de notre quotidien, et les citoyens commencent à mesurer les bénéfices environnementaux de ces nouveaux produits de consommation, avec par exemple les sacs en bioplastique biodégradable, désormais compostables dans nos jardins.

Mots-clés

Chimie du végétal, biomasse, produits biosourcés, agro-industrie, bioraffinerie, bioplastique.

Abstract

Plant-based chemistry: biobased materials in everyday life

Plant-based chemistry is a sector whose development has accelerated dramatically since the last decade, and a new impetus was given with the French « loi de transition énergétique pour la croissance verte » promulgated on August 2015. With a strong agriculture, chemical industry and research, France has been able to anchor this new industry on its territory and take a major part on the market, planning to double its supply in bio-based by 2020. Bio-based materials are now part of our daily, and citizens begin to measure the environmental benefits of these new consumer products, with for example bags in bioplastic biodegradable and compostable in our gardens.

Keywords

Plant-based chemistry, biomass, biobased products, agro-industry, biorefinery, bioplastic.

L'idée d'utiliser la biomasse (végétaux, bois, microalgues...) comme ressource renouvelable pour synthétiser des intermédiaires chimiques (dits produits biosourcés) n'est pas nouvelle. Mais c'est depuis une dizaine d'années que revient en force la filière « chimie du végétal », en s'installant dans nos laboratoires et notre économie [1], et son développement n'a fait que s'accélérer, porté notamment en France par l'Association Chimie du Végétal (ACDV) [2].

Quels sont les moteurs de cette nouvelle dynamique ? Il est question de développer une chimie complémentaire, voire alternative, à celle basée sur le pétrole, pour diminuer la dépendance à cette ressource fossile. La dynamique s'inscrit plus globalement dans une urgence de développer une chimie durable, avec les enjeux suivants : diminuer les émissions de gaz à effet de serre ainsi que les déchets polluants, et développer une économie circulaire avec des produits recyclables, éventuellement biodégradables. Une impulsion décisive a été donnée avec la loi de transition énergétique pour la croissance verte [3] promulguée le 17 août 2015, qui renforce les « 34 plans de la nouvelle France industrielle » et les « sept ambitions pour la France de l'innovation à l'horizon 2025 » [4], lancés en 2013.

Face à des besoins à la fois économiques, réglementaires, environnementaux et sociétaux, la chimie du végétal est une filière jeune qui mobilise un large panel d'acteurs sur toute la chaîne de valeur (agriculteurs, bioraffineurs, chercheurs, ingénieurs, consommateurs...), et donne aux entreprises une opportunité de se différencier et de se diversifier sur les marchés, et ce, de manière durable.

Premier producteur agricole de l'Union européenne, avec une agriculture structurée, et deuxième industrie chimique

européenne, la France bénéficie d'un double atout qui lui donne toute la capacité pour relever les défis de la transition. Où en sommes-nous concrètement aujourd'hui ?

Une filière bien implantée en France

La France est dotée d'un potentiel solide pour porter la filière chimie du végétal au cœur même de ses territoires, en développant depuis quelques années des pôles agro-industriels, où les activités de R & D sont menées au voisinage des richesses agricoles de nos régions. On peut citer l'Institut européen de la bioraffinerie Reims Champagne-Ardenne (*figure 1*), ou encore le pôle PIVERT [5] sur les oléagineux à Compiègne. Pour la valorisation des matières premières agricoles, la France compte des leaders mondiaux de l'agro-industrie tels que Roquette, Sofiprotéol ou Teros. Pour l'exploitation d'autres matières premières telles que les algues, on peut citer Metabolic Explorer, Deinove, Fermentalg ou Global Bioénergies.

Ce sont ainsi de nombreux emplois et métiers qui se sont ouverts, avec la création de 23 000 emplois directs en France [6], comprenant des chercheurs, des industriels, des agriculteurs et des forestiers, au sein de 32 métiers stratégiques de la chimie du végétal et des biotechnologies industrielles [7]. Un secteur plein de promesses puisque 19 000 emplois supplémentaires sont prévus d'ici 2020.

Un nouveau savoir-faire

Avec une approche résolument interdisciplinaire, l'adaptation à la nouvelle ressource qu'est le monde vivant



Figure 1 - Bioraffinerie de Pomacle-Bazancourt (Champagne-Ardenne). Les bioraffineries (34 en Europe) prennent en charge, sur un même site, la première transformation industrielle qui consiste à isoler, traiter et valoriser chacun des composants de la biomasse, en les transformant en biomolécules (sucres, lipides, protéines, lignines), pour proposer une large gamme de produits biosourcés à des industriels de la chimie, de l'agroalimentaire ou de la pharmacie.

© IAR, www.iar-pole.com

– végétaux, bois et algues – mobilise l'alliance de compétences en chimie et en biologie. La France développe depuis longtemps une recherche fondamentale forte dans ces deux disciplines scientifiques, dont il est inutile de rappeler les progrès considérables en un demi-siècle, que ce soit en chimie organique de synthèse ou en génétique, pour ne pas tout citer. Encore fallait-il allier ces deux champs très riches, et c'est chose faite grâce d'une part à un dialogue favorisé au sein des pôles de compétitivité (Axelera, Fibres-Energie, Matikem, Pass, Xylofutur...), et d'autre part à la création de formations telles que le master « Transformation et valorisation des ressources naturelles » de l'Université Picardie Jules Verne et l'Université de technologie de Compiègne, ou encore la licence professionnelle « Agro-ressources et environnement » de l'Université de Reims Champagne-Ardenne. On compte ainsi aujourd'hui une quarantaine de formations répondant aux attentes de la filière chimie du végétal, qui sont labellisées depuis 2008 par le pôle de compétitivité Industrie & Agro-ressources (IAR) [8].

Nouvelle filière, et par conséquent nouveau savoir-faire. Effectivement, pour transformer cette nouvelle ressource si diverse qu'est la biomasse en intermédiaires chimiques d'intérêt industriel, de multiples compétences sont développées. Par exemple, le secteur de l'oléochimie produit des huiles (esters), des acides, des alcools gras et de la glycérine à partir d'huiles végétales et animales, à destination notamment d'industries des peintures, lubrifiants, vernis et adhésifs. Les compétences en chimie des sucres et en biotechnologie sont mises à profit pour transformer glucose, amidon et cellulose en alcools ou acides organiques. La chimie du bois est également très riche et fait appel à une grande diversité de réactions sur des composés aromatiques fournis par la lignine. Un défi relevé donc ?

La chimie du végétal s'installe dans notre quotidien

Force est de constater que la chimie du végétal ne cesse de s'étendre sur les marchés. En 2014, les matières biosourcées telles que les huiles végétales, les amidons, le glucose ou la biomasse lignocellulosique (bois, paille) représentaient déjà 12 % des approvisionnements pour la fabrication de produits chimiques en France (10 % pour l'Europe). L'Union des Industries Chimiques (UIC) [9]

annonce un objectif de 15 % en 2017, pour atteindre les 20 % en 2020. En 2010, le marché des produits biosourcés représentait 27,7 milliards d'euros, et l'on prévoit un doublement de ce chiffre à l'horizon 2020 [10], avec une croissance annuelle de 20 % pour les plastiques biosourcés.

Aujourd'hui, les produits biosourcés sont utilisés dans de nombreux domaines : l'emballage (sacs plastiques, films étirables, cartons, barquettes alimentaires...), la détergence, les peintures, la cosmétique, le papier, l'automobile, les jouets, les chaussures de sport, les médicaments, les produits agroalimentaires (émulsifiants, fluidifiants...), etc. (figure 2), avec un marché mondial évalué à 130 milliards d'euros. Ils sont transformés en polymères de commodité (polyéthylène, acide polylactique...), en polymères de spécialités et résines (polyamides, polyesters, résines époxy, polyuréthanes...), ou encore en spécialités chimiques telles que peintures, encres, savons, parfums, produits d'entretien, phytopharmacie.



Figure 2 - Les produits biosourcés fabriqués à partir de la biomasse touchent quasiment tous les secteurs industriels.

© Arkema chaussures de ski FLASH PRO utilisant la technologie PEBAX®, Rnew ; www.peinture-algo.fr.

Le 4 mars 2016, au Salon international de l'agriculture, des acteurs de la filière chimie du végétal (BASF, Sofiprotéol, Passion Céréales, Solvay...) ont présenté au grand public ce nouveau monde des produits biosourcés, en particulier aux enfants qui ont profité des animations ludiques. Ils ont pu réaliser l'impressionnante diversité des produits quotidiens biosourcés déjà disponibles (figure 3), témoins de l'aboutissement concret d'importants efforts de R & D en chimie du végétal.



Figure 3 - Animation conviviale proposée par l'Association Chimie du Végétal en mars 2016 au stand Passion Céréales du Salon de l'agriculture. Les participants pouvaient emporter des produits biosourcés en souvenir (ballons en sève d'hévéa, capsules de café, gobelets et assiettes en amidon de maïs...).

Photo M.-T. Dinh-Audouin, DR.

Il s'agissait notamment de faire comprendre que ces produits sont issus d'une alliance entre le monde de l'agriculture et celui de la chimie (figure 4). De quoi



Figure 4 - Des fioles présentées au grand public, contenant des matières premières et des produits biosourcés.

Photo M.-T. Dinh-Audouin, DR.

rassembler les générations, avec cette filière jeune mais combinant un savoir-faire ancien et des connaissances et technologies récentes ! On pouvait voir la curiosité et l'enthousiasme des enfants, acteurs de demain, et déjà pleinement acteurs aujourd'hui.

Il était en effet question de faire prendre conscience aux citoyens de l'intérêt de ces produits biosourcés dans leur quotidien et pour l'avenir de leur planète. Car, rappelons-le, ces produits doivent répondre à des exigences de performances techniques et environnementales tout en apportant des propriétés supplémentaires...

Des bioplastiques compostables

Défi relevé puisque la bonne nouvelle, expliquaient les animateurs du stand, c'est que dorénavant on pourra jeter dans nos jardins nos épluchures de fruits et légumes dans des sacs plastiques biodégradables en quelques semaines (figure 5) !

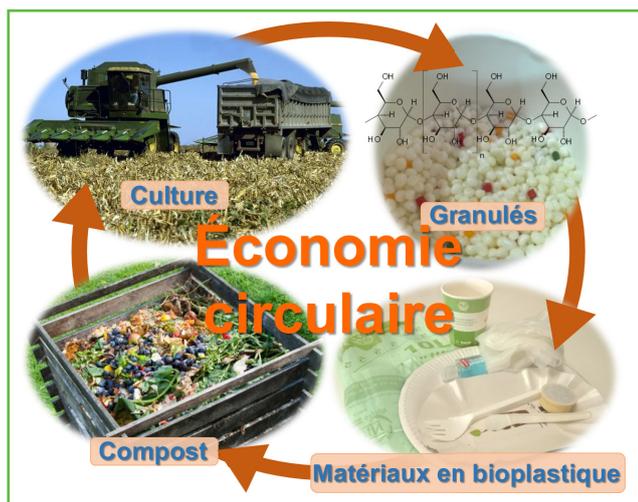


Figure 5 - Des emballages en plastique biodégradable sont fabriqués à partir de l'amidon issu de céréales ou de pommes de terre. Un traitement mécanique permet d'extraire l'amidon de la plante entière ou des grains pour le transformer chimiquement en granulés de bioplastique. Ces derniers sont transformés à chaud à l'aide de moules en bioplastique compostable dans le jardin.

Photo granulés et produits en bioplastique : M.-T. Dinh-Audouin.

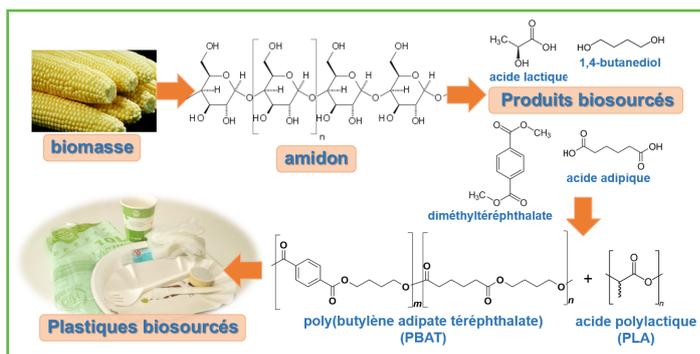


Figure 6 - Un savant mélange pour diminuer l'empreinte environnementale ! Ecovio® de BASF est un mélange de deux polymères issus de l'amidon de maïs, le PLA et le PBAT, 100 % biodégradable et copolymère du 1,4-butanediol, de l'acide adipique et de l'acide téréphthalique.

Cette innovation est le fruit d'un savoir-faire important développé par l'industrie des bioplastiques pour améliorer les propriétés des plastiques en vue de remplacer, au moins en partie, les traditionnels emballages en polyéthylène téréphthalate (PET). La clé réside dans les copolymères, ces mélanges de polymères permettant de combiner des propriétés multiples en un matériau unique.

L'un des produits novateurs, présenté au stand par BASF, s'appelle Ecovio®, qui est un ingénieux mélange de deux polymères issus d'amidon de maïs, l'acide polylactique (PLA) et le poly(butylène adipate téréphthalate) (PBAT) (figure 6). Ce dernier, composant par exemple du bioplastique Ecoflex® BASF, est idéal pour une association avec d'autres polymères et permet de combiner flexibilité, résilience, solidité, et surtout biodégradabilité... Ces propriétés exceptionnelles permettent de répondre à des normes internationales de plus en plus contraignantes (par exemple EN 13432 en Europe).

Les applications de ces nouveaux bioplastiques touchent nos vies quotidiennes, avec la mise à disposition dans les prochains mois dans les supermarchés de sacs poubelles compostables à la maison (figure 7), et non plus seulement en unités professionnelles, ce qui constitue un pas décisif pour l'environnement.



Figure 7 - Le label OK compost Home permet d'identifier les bioplastiques compostables à la maison.

Photo M.-T. Dinh-Audouin, DR. © www.okcompost.be.

Le monde agricole est également concerné puisque ces bioplastiques font déjà l'objet dans le monde entier de films de paillage biodégradables (figure 8) qui accélèrent le réchauffement du sol et maintiennent son taux d'humidité, permettant en outre la maîtrise des mauvaises herbes, le tout contribuant à augmenter les rendements d'au moins 15-20 %.

Une filière au potentiel prometteur

À la question « Le défi de la transition a-t-il été relevé ? », nous pouvons d'emblée répondre qu'un tour de force majeur



Figure 8 - Des films de paillage biodégradables présentés par BASF au Salon de l'agriculture dans le cadre de son partenariat avec l'Association Chimie du Végétal et Passion Céréales (www.passioncereales.fr).

Après la récolte des cultures, les agriculteurs n'ont plus besoin de retirer ces films, qui se décomposent avec les résidus végétaux.

Photos : (à gauche) M.-T. Dinh-Audouin, DR ; (à droite) © Fotolia - celeste clochard.

a été réussi puisque les feux verts sont donnés à la filière chimie du végétal par des acteurs clés, politiques, scientifiques, industriels, agriculteurs, financiers, sans oublier le grand public, sensible à la question environnementale, et qui commence à mesurer l'apport de ces nouveaux produits de consommation. Au niveau européen, l'ACDV a obtenu de la part de la Commission le financement d'un partenariat privé-public appelé « Bio-Based Industries ».

L'autre force de la filière est la conjugaison d'une grande diversité d'acteurs, de compétences, de voies de synthèses industrielles pour transformer une grande diversité de ressources. Une filière adaptative donc, qui représente une solide voie à combiner avec d'autres (secteurs des énergies renouvelables, etc.) pour réussir la transition.

Et c'est sans aucun doute une diversité de sujets qui s'ouvrent aux chimistes, en lien étroit avec les biologistes ; une voie qui ouvre aussi « de grandes portes à tous ces agro-industriels qui étaient des chimistes en devenir et qui le

deviennent de plus en plus », constate Daniel Gronier, président de la société Digital & Green Chemistry [11]. En somme, c'est une grande opportunité d'enrichir les connaissances et de valoriser la recherche et le développement pour renforcer une industrie qui s'adapte aux besoins environnementaux et sociétaux !

Notes et références

- [1] Dinh-Audouin M.-T., Le végétal, un relais pour le pétrole ?, *L'Act. Chim.*, **2011**, 357, p. 24 ; Numéro spécial « Biotechnologies et chimie : nouveaux développements », J. Buendia, J.-M. Paris (coord.), *L'Act. Chim.*, **2013**, 375-376 ; Jacquesy R.A., De la lumière à la transition matière : le végétal pour la chimie, *L'Act. Chim.*, **2015**, 397, p. 1.
- [2] Née en 2007, l'Association Chimie du Végétal (ACDV) rassemble aujourd'hui une cinquantaine d'acteurs : organismes de recherche publics, PME, grands groupes, pôles de compétitivité (www.chimieduvegetal.com).
- [3] Le titre IV de la loi de transition énergétique s'intitule : « Lutter contre les gaspillages et promouvoir l'économie circulaire : de la conception des produits à leur recyclage ».
- [4] Ambition n° 4 : Les protéines végétales et la chimie du végétal : « [...] notre richesse agricole pourra également permettre le développement de nouveaux matériaux. »
- [5] PIVERT : Picardie Innovations Végétales, Enseignement et Recherches Technologiques (www.institut-pivert.com). Source : ADEME, 2012.
- [6] Source : ADEME, 2012.
- [7] Source : IAR/UIC Picardie Champagne-Ardenne, 2014.
- [8] www.iar-pole.com
- [9] www.uic.fr
- [10] Source : Étude Cabinet McKinsey.
- [11] *La chimie et l'habitat* (chapitre de D. Gronier), M.-T. Dinh-Audouin, D. Olivier, P. Rigny (coord.), EDP Sciences, **2011**.



Minh-Thu Dinh-Audouin

est journaliste scientifique à *L'Actualité Chimique**, coordinatrice de la collection de livres « Chimie et... ».

* SCF, 28 rue Saint-Dominique, F-75007 Paris.
Courriel : dinh@lactualitechimique.org

Index des annonceurs

Arkema	4 ^e de couv.	EuCheMS	encart
Chemspec Europe	p. 5	Oril Industrie	p. 53
CultureSciences-Chimie	p. 12	UdPPC	p. 26



Régie publicitaire : EDIF, Le Clemenceau, 102 avenue Georges Clemenceau, 94700 Maisons-Alfort
Tél. : 01 43 53 64 00 - Fax : 01 43 53 48 00 - edition@edif.fr - <http://www.edif.fr>