



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

LES FOCUS
TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR



CHIMIE VERTE, NOUVEAU SECTEUR D'EXCELLENCE

juin / 2017

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
INTRODUCTION	3
CHIMIE VERTE : COMMENT S'ORGANISE LA FILIÈRE FRANÇAISE ?	4
▪ LA CHIMIE DU VÉGÉTAL S'IMPLANTE DANS TOUS LES SECTEURS	4
▪ EMPLOI : DES COMPÉTENCES TRANSVERSALES DIFFICILES À TROUVER	6
▪ CHIMIE DU VÉGÉTAL : POURQUOI CETTE FILIÈRE PROMETTEUSE NE SE DÉVELOPPE-T-ELLE PAS PLUS VITE ?	8
▪ LA BIOMASSE D'ORIGINE MARINE PEUT TOUT FAIRE	10

INTRODUCTION

Le secteur de la chimie tient une place transversale majeure dans l'écosystème industriel français. Dans ce contexte l'émergence de la chimie verte apparaît comme une opportunité pour les acteurs d'un secteur qui reste très dynamique.

CHIMIE VERTE : COMMENT S'ORGANISE LA FILIÈRE FRANÇAISE ?

LA CHIMIE DU VÉGÉTAL S'IMPLANTE DANS TOUS LES SECTEURS

La chimie du végétal est transversale, elle irradie dans tous les secteurs manufacturiers. Certains s'y intéressent pour améliorer leur bilan carbone, d'autres pour assurer la biodégradabilité de leurs produits et d'autres encore pour rendre leurs procédés plus propres.

Le développement de nouveaux produits issus de la chimie du végétal se fait sous deux impulsions en parallèle. L'une vient de grands groupes industriels, chimistes ou non, l'autre de start-ups qui cherchent des technologies de rupture et assurent tout un pan de l'innovation.

Quelle que soit la voie empruntée, l'enjeu reste de trouver un marché preneur en se montrant compétitif et innovant.

Agro-industriels : piliers et moteurs de la filière

En amont de la filière de la chimie du végétal, on trouve de grands groupes agro-industriels comme **Avril** – ex-Sofiprotéol pour les oléagineux, **Tereos** pour le sucre ou **Roquette** pour les produits amyliques... Ils assurent la transformation de la matière première et sont l'un des moteurs de cette chimie de la **biomasse** car ils investissent massivement dans la recherche tant en interne que via des pôles d'innovation, des fonds de soutien aux start-ups ou des partenariats divers. A titre d'exemple, le groupe familial Roquette, spécialiste des produits amyliques dérivés du maïs, du blé ou de la pomme de terre pour les secteurs de la nutrition, la pharmaceutique, la chimie de base ou le papier-carton, s'intéresse désormais aussi au secteur des **plastiques**, des revêtements ou des peintures biosourcées et ses matières premières se sont élargies au pois pour l'exploitation des protéines. Aujourd'hui, le groupe représente près de 25 à 30 brevets déposés par an, un réseau de recherche mondial auquel participent plus de 300 chercheurs, plus de 10% du chiffre d'affaires (de l'ordre de 3 Md €) sont réinvestis dans la recherche et le développement industriel. Et

la R&D porte tant sur le développement d'intermédiaires biosourcés comme l'**isosorbide** qui présente des propriétés innovantes permettant de créer de nouveaux matériaux moins nocifs ou la recherche de nouvelles voies de production de composés de la chimie classique à l'instar de l'acide succinique **Biosuccinium™**, certifié Ecocert, qui peut entrer dans la composition tant de polyuréthanes que d'émulsifiants.

Chimistes : la biomasse, une ressource comme une autre

Parmi les grands chimistes, plusieurs ont déjà pris le virage de la chimie du végétal en cherchant activement à utiliser des matières premières biosourcées pour leurs productions et leurs innovations. Un développement qui s'est souvent fait par une croissance externe à l'instar de **Solvay** dont la politique en matière de développement durable et de chimie du végétal a réellement bondi avec l'acquisition en 2011 de **Rhodia** (spécialiste par exemple de l'extraction de glycérol à partir de l'huile de colza ou de palme). Pour **Arkema**, la chimie du végétale est à la fois une histoire de croissance externe et à la fois un fait historique. En effet, le français fêtait ainsi début juin 2017, les 70 ans du **Rilsan® PA 11**, un polyamide produit à partir d'huile de ricin. Produit phare, il a depuis été décliné et amélioré pour produire des polyamides résistants aux hautes températures ou un polyamide transparent flexible pour les montures de lunettes, l'électronique ou le médical. L'activité de recherche du groupe de chimie a aussi donné le **Fiabalin**, un composite thermoplastique à base de polymère et fibre de lin et le chimiste travaille par exemple à trouver de nouvelles ressources dans le cadre du projet européen Cosmos sur la **cameline** et le **crambe**, deux plantes oléagineuses méconnues.

Cosmétiques : le très grand marché du biosourcé

Indéniablement, les cosmétiques sont l'un des grands secteurs de la chimie du végétal. Inutile de parler d'**Yves Rocher** dont c'est la marque de fabrique, tous les fabricants aujourd'hui intègrent des ingrédients végétaux. **L'Oréal**, par exemple, annonce que 80% de ses matières premières sont biosourcées. Cependant, dans la cosmétique, la chimie du végétal ne concerne pas seulement l'approvisionnement mais aussi les procédés de fabrication avec des biotechnologies blanches telles que l'extraction sans solvants par catalyse enzymatique ou la bioconversion (transformation de composés chimiques par des systèmes biologiques comme des micro-organismes). L'axe développement durable – santé sans produits chimiques étant devenu un argument de vente central pour le secteur.

Automobile : 40% des composites biosourcés

Le secteur automobile est devenu friand de plastiques et de composites biosourcés qui viennent remplacer métaux et plastiques traditionnels. Pour cette industrie, cela permet d'atteindre plusieurs objectifs : amélioration de l'empreinte carbone et allègement de la structure (et ainsi diminution de la consommation de carburant). D'autant que la recherche de matériaux biosourcés s'est accompagnée de l'amélioration de nombreuses propriétés : meilleures qualités d'absorption des bruits et des vibrations, meilleure résistance à la rupture, aspect et texture plus esthétique ou confortable. C'est ainsi que 40% du marché des **composites biosourcés** est aujourd'hui dédié au secteur automobile principalement par l'utilisation de fibres naturelles (lin, chanvre, cellulose) à la place des fibres de verre. Les pneus sont aussi devenus le siège d'une intense recherche pour s'affranchir de la pétrochimie et sont en train de donner naissance à une filière française sous l'impulsion de **Michelin** et son projet **Bio Butterfly** initié en 2013. Il s'agit d'utiliser des déchets forestiers et agricoles pour produire du **biobutadiène**. La technologie est maintenant validée et une usine préindustrielle expérimentale a été annoncée en 2016 à Bassens (Gironde). Le planning du projet prévoit le lancement d'une unité de production de 150 000 tonnes/an vers 2022 en tablant sur le fait que le prix du pétrole remontera pour permettre d'être compétitif.

Détergents, peintures : des huiles très actives

Pour les détergents et les peintures, la chimie du végétal apporte des ingrédients présentant plusieurs avantages qui ont séduit ces deux secteurs : une plus grande biodégradabilité, beaucoup moins de composés toxiques (**COV** notamment) qui confèrent aux produits qui les utilisent une meilleure adéquation avec la réglementation (Reach par exemple) ou avec les attentes des utilisateurs. Pour les détergents, la chimie du végétal a trouvé un bon débouché sur le segment des tensioactifs dont 40 à 50% sont maintenant biosourcés, principalement par l'emploi d'huile végétale (palme, soja, coco). Les huiles végétales sont aussi une source première pour la fabrication d'ingrédients de peintures moins nocives pour l'environnement et la santé.

Sophie Huguin

28/06/2017

EMPLOI : DES COMPÉTENCES TRANSVERSALES DIFFICILES À TROUVER

En France, la filière de la chimie du végétale commence tout juste à se construire. Elle offre de bonnes perspectives en matière de recrutement et d'embauches mais elle recherche aussi beaucoup de profils hautement qualifiés et transversaux.

La chimie a enregistré une forte baisse de ses emplois directs entre 2000 et 2010 (-54000). Depuis, l'emploi stagne ou augmente légèrement. Dans ce contexte, l'avènement d'une chimie du végétal fait naître de nombreux espoirs de relance des embauches dans le secteur avec, en parallèle, l'apparition de nouveaux métiers, ou plus exactement de nouvelles compétences.

Près de 15% des emplois directs

Dans une étude d'Alcimed pour l'Ademe datant de mai 2012, la chimie du végétal* représente quelques 23000 emplois directs et 63000 indirects. Soit près de 15% des effectifs globaux du secteur de la chimie et une participation de 10% aux emplois directs. L'évolution prospective prévue par cette étude était très favorable puisque à l'horizon 2020, les auteurs estimaient probable une augmentation de 50% des emplois directs (36000) pour le scénario médian. Reste que ces chiffres recouvrent des réalités, des postes et des carrières très hétérogènes car la chimie du végétal touche des secteurs et des marchés très divers : agro-industriels, chimistes, industries des **biotechnologies** travaillant pour la chimie de spécialité, la cosmétique, les **matériaux** ou encore l'énergie. Dans ce cadre, il est toujours délicat de construire et de trouver des statistiques vraiment fiables pour l'emploi ou l'économie et très difficile de prédire avec certitude les évolutions.

Trente-deux métiers stratégiques

Une étude réalisée par l'Apec en 2014 pour le compte du pôle de compétitivité Industries et Agro-ressources (IAR) et l'UIC Picardie Champagne-Ardenne, identifie 32 métiers stratégiques qui représentent donc un rôle clé pour la valeur ajoutée d'une entreprise à l'horizon 3-5 ans. Elle souligne particulièrement le besoin en compétences élevées de cette filière en construction.

Le secteur de la chimie présente déjà la particularité d'avoir un taux d'encadrement supérieur à la moyenne nationale du secteur privé (30% au lieu de 18%), mais la chimie du végétal accentue encore cette demande expliquent les auteurs de cette étude. Les qualifications de haut niveau étant attendues tant pour la R&D que pour le management d'installations industrielles. Quant aux professions non-cadres, on n'attend aussi qu'elles montent en compétences.

Mettre en place la transversalité

Plus que de nouveaux métiers ou de réelles nouvelles compétences, l'enjeu stratégique de la filière en matière d'emploi est celui de l'interdisciplinarité et de la transversalité. Car la chimie du végétale est une filière qui part de l'agricole jusqu'à des produits finis très divers. Il faut donc construire la production via un dialogue de toutes ces parties qui n'ont pas forcément l'habitude de communiquer et qui ont des parcours de formations souvent très distincts. La construction de la filière et de ses compétences repose sur une acculturation des uns et des autres. Un processus qui risque de prendre du temps.

Des compétences systémiques très attendues

L'ancrage de la chimie du végétal dans un souci de développement durable et son inscription dans une filière très complète (de l'agriculture à la gestion de la fin de vie)

nécessite de faire appel à de nombreuses compétences de gestion et d'optimisation des systèmes tels que l'analyse du [cycle de vie](#) à la fois en amont (gestion des ressources primaires et secondaires – coproduits), pendant la production (optimisation des procédés, de la maintenance etc) et en aval (évaluation des impacts, prévision de la fin de vie, recyclage).

Manager l'innovation, anticiper les marchés

Autant les industriels semblent confiants dans la capacité du marché de l'emploi à leur fournir des ingénieurs et cadres compétents pour la R&D autant ils sont plus prudents sur les postes de management : en effet, la chimie en général et la chimie du végétal en particulier nécessite de faire appel à des managers ayant un socle de connaissances scientifiques solide tout en étant capables de piloter des projet, diriger des équipes et suivre l'ingénierie de l'innovation (financement, partenariat public-privé, brevets, licences) ainsi qu'en anticipant le marché (gestion des achats sur les filières parfois très volatiles du végétal, garantie des débouchés). Là encore, une nécessaire formation pluridisciplinaire à la fois scientifique et managériale est nécessaire et pas forcément très disponible.

Par Sophie Huguin

28/06/2017

CHIMIE DU VÉGÉTAL : POURQUOI CETTE FILIÈRE PROMETTEUSE NE SE DÉVELOPPE-T-ELLE PAS PLUS VITE ?

La chimie du végétal présente un potentiel économique évident ne serait-ce que par l'alternative qu'elle propose à des questions environnementales, sanitaires et de durabilité. Mais, elle reste à consolider et à soutenir dans son industrialisation face à la forte compétitivité des filières fossiles.

Pour l'association pour la chimie du végétale (ACDV), la France possède trois atouts essentiels pour créer une filière forte, stable qui embauche et crée de la valeur :

- la disponibilité des matières premières, la France étant la première place agricole de l'Europe
- un tissu industriel riche, la France se plaçant à la deuxième place des industries chimiques en Europe
- des filières agro-industrielles (première transformation) déjà bien structurées

S'ajoute à cela le fait que cette filière offre de nouveaux débouchés à l'agriculture et que le développement durable devient une référence forte en matière de modèle économique. La chimie du végétal s'inscrit donc totalement dans les objectifs de développement d'une chimie verte souhaitée par les industriels du secteur et de manière plus globale dans des objectifs stratégiques d'utilisation renforcée de la biomasse.

Une R&D de pointe, une forte valeur ajoutée

La filière se construit autour d'une très forte R&D, l'innovation étant l'un des principaux moteurs pour devenir compétitif face aux produits d'origine fossile. Cela passe, d'une part, par la recherche de produits présentant de nouvelles fonctionnalités. C'est par exemple le cas de l'isosorbide, une molécule d'origine végétale qui n'existe pas en version fossile mais qui peut se substituer à des composés issus des polycarbonates tout en améliorant les proprié-

tés optiques, la résistance aux UV ou aux hautes températures. Mais l'innovation peut aussi concerner tous les moyens de devenir plus compétitif, à l'instar du développement de nouveaux procédés de fabrication. Pour l'ACDV, cette nécessité d'innover confère à la filière un atout économique non négligeable : « une très forte valeur ajoutée, de l'ordre de 400 000 euros de chiffre d'affaires par emploi, l'un des ratios les plus élevés de la bioéconomie », précise ainsi l'association.

L'agro-industrie française prête à l'emploi

Les industries de premières transformations, qui assurent le lien entre la chimie et les agriculteurs/sylviculteurs qui produisent la biomasse, sont bien établies en France. Elles convertissent les ressources végétales en matières premières de base comme l'amidon, les sucres, les huiles, les fibres etc. Et la nouvelle chimie du végétal et les **matériaux biosourcés** représentent pour ces industries de transformation un débouché non négligeable de l'ordre de 15% en moyenne mais pouvant atteindre 35% pour les produits amylacés par exemple. Depuis 2005, note l'Ademe, le tonnage à destination des matériaux et produits biosourcés (hors secteurs traditionnels comme la papeterie par exemple) n'a cessé d'augmenter et vient même compenser la baisse de demande des secteurs traditionnels. La France produit donc l'essentiel des matières premières nécessaires à la filière de la chimie du végétal, à l'exception des huiles, dont une bonne partie provient de plantes tropicales (notamment ricin, palme, coprah).

Faible impact environnemental ?

De manière général, l'Ademe note que l'impact environnemental des produits biosourcés est moindre, mais l'agence

met en garde contre une approche simpliste : les produits de la chimie du végétal doivent être évalués comme les autres, avec une analyse complète du [cycle de vie](#).

En ce qui concerne d'éventuels conflits d'usage, l'impact aujourd'hui est plutôt faible : selon l'ACDV le secteur emploie 30Mt de matières premières végétales récoltées sur 6 millions d'hectares soit 0,4% des terres arables. A court-moyen terme, même si les tonnages doubleraient la demande ne serait pas suffisamment forte pour être préoccupante. Et dans tous les cas très loin des questions que posent la filière biomasse-énergie, notamment celle des [biocarburants](#).

Quels obstacles se dressent encore ?

La France compte de grandes entreprises qui misent résolument sur le développement de la chimie du végétal et ont entamé une véritable politique pour biosourcer leurs matières premières. Néanmoins, le taux de pénétration sur les marchés restent faible : en 2012 seuls 3,3% des produits simples comme les résines, les solvants ou les tensioactifs consommés en France sont biosourcés et 1,6% des produits formulés (colles, composites, détergents) explique l'Ademe. Même si les scénarios de prospective annoncent que ce taux devraient doubler ou tripler d'ici 2030, cela reste encore modeste. Le potentiel de progression est très variable selon les secteurs. Par exemple, sur le secteur des cosmétiques, le taux de pénétration est déjà de 100%, c'est-à-dire que tous les produits cosmétiques intègrent désormais des composés issus du végétal. Pour autant le potentiel de progression est encore important car en moyenne, dans un produit cosmétique, on trouve 40% d'ingrédients issus de la biomasse. Ce taux présente encore une marge d'augmentation notable, d'autant que la demande de la part des consommateurs est extrêmement forte. Pour améliorer la situation, les professionnels de la filière sont catégoriques : il faut soutenir l'industrialisation de l'innovation, équilibrer la fiscalité avec les concurrents fossiles en prenant en compte leur très grande externalisation et continuer de favoriser l'achat de produits biosourcés.

De la chimie du végétal à la bioéconomie

Depuis quelques années, le gouvernement français a pris la pleine mesure du potentiel de la filière de la chimie du végétal et lui réserve une place de choix à la fois dans des dispositifs d'aide à l'innovation et de soutien économique et dans les grandes stratégies de développement ou les lois encadrant l'avènement d'une économie plus durables. Ainsi, on retrouve des leviers de soutien dans le cadre des plans de la nouvelle France industrielle ou encore des contraintes réglementaires encourageant l'emploi de la biomasse dans la loi de transition énergétique. Depuis janvier 2017, la forte volonté politique de créer des filières complètes autour de la biomasse qu'elle soit d'origine terrestre, marine ou issue de déchets s'est traduite par la publication de la stratégie nationale bioéconomie dans laquelle la chimie du végétale a toute sa place. La fragilité de la filière tient aujourd'hui, comme dans de nombreux secteurs en France, à des facilités pour les entreprises de se développer après la phase d'amorçage ou de recherche, pour passer au stade industriel et commercial.

Par **Sophie Huguin**

28/06/2017

LA BIOMASSE D'ORIGINE MARINE PEUT TOUT FAIRE

Les algues constituent désormais un pan entier du développement de la chimie du végétal. Que ce soit pour des biotechnologies dites bleues, comme ingrédients actifs ou comme matière première pour des matériaux biosourcés. Tour d'horizon.

Les algues contiennent à la fois de la **cellulose**, des **colloïdes**, des **pigments**, des **protéines**, des **minéraux**, et d'autres **molécules actives variées** selon les espèces. Un potentiel énorme pour la chimie du végétal autour duquel émergent nombres de projets et d'applications.

La France : une place de choix pour l'algue

Au niveau géographique et climatique, la France, et notamment la Bretagne, occupe une place de choix pour la culture et l'exploitation des algues. Outre la recherche de solutions pour les marées vertes, le développement d'une économie autour des algues est une opportunité pour assurer l'avenir économique de la région : implantations de structures de recherches et d'innovation autour des biotechnologies, complément / alternative d'activité pour l'aquaculture, la pêche et utilisation des infrastructures déjà existantes : entrepôts de stockage réfrigérés, chaîne logistique, possibilité d'industries autour de la santé/cosmétique naturel, de l'agro-alimentaire et de l'énergie. Et en toute logique, la Bretagne abrite donc depuis 1982, un centre technique unique au monde, le **CEVA**, **centre d'études et de valorisation des algues**, qui soutient les industries et l'innovation depuis l'étude des algues dans leur milieu jusqu'à la construction de pilotes industriels.

Un renouveau pour des secteurs traditionnels

La filière algues s'intègre parfaitement aux filières traditionnelles de la Bretagne et l'un des exemples types est celui du **projet Ulvans**. Lancé en 2012, ce projet a la particularité de s'attaquer à l'ensemble de la filière de la récolte à

la transformation. Il réunit quatre entreprises autour d'**Olmix group**. Il a notamment abouti à la construction de la première bioraffinerie d'algues au monde en septembre 2013 qui traite plusieurs tonnes d'algues vertes (les ulves), brunes ou rouges quelques heures après leur récolte. L'innovation a d'ailleurs aussi touché les modes de récolte pour lesquelles **Agrival** a dû développer des machines spécifiques ([voir cette vidéo de Ouest France](#)). Broyées, pressées, centrifugées, les algues subissent aussi des traitements enzymatiques pour en séparer et extraire les molécules d'intérêt. Sucres et protéines servent à l'alimentation animale et les différents principes actifs sont utilisés pour la santé animale (ce qui permet de diminuer l'appel aux antibiotiques) la santé des plantes (alternative partielle à l'emploi de produits phytosanitaires) ou des applications telles que **gélifiants**, émulsifiants, épaississants ou autres **molécules santé** et fonctionnelles pour l'alimentation humaine.

Pour Olmix, c'était le prolongement naturel après la mise au point de son **Amadéite®**, un nanomatériau naturel breveté à base d'argile intercalée et d'algues qui trouve des utilisations pour des matériaux à destination de l'automobile, de la plasturgie ou du bâtiment (ciment) grâce à des propriétés mécaniques, de tenue au feu, de stabilité thermique et de perméabilité aux gaz ou aux hydrocarbure améliorées.

Peintures et plastiques 100% naturels

Les algues sont à l'origine de plusieurs matériaux 100% naturels, nés eux-aussi en Bretagne. Les peintures Algo par exemple, qui après avoir reçu le grand prix entreprises et environnement français fin 2014 ont reçu l'équivalent européen en novembre 2016. La peinture **Algo** est biosourcée jusqu'à 98%, elle émet moins d'1g/L de COV et les algues lui apportent des propriétés physiques particulières telles que l'anti-coulure ou l'opacité, augmentant le rende-

ment (12 m²/litre). Les algues peuvent aussi être introduites dans l'industrie des plastiques comme le fait depuis 2015 l'entreprise **Algopack**, qui a [mis au point des plastiques tout ou partie composés d'algues](#).

Un débouché pour les macro-algues échouées que souhaite développer le [projet Alguex](#), qui a démarré en avril dernier pour une durée de 2 ans. Il vise à valider des démonstrateurs pré-industriels pour la production de [résine biosourcée](#) à 45% minimum et compostable pour des emballages flexibles et des résines non biodégradables pour plastiques rigides type container à déchets. Le projet prévoit l'utilisation non seulement de macro-algues échouées mais l'utilisation de micro-algues cultivées.

Les algues dopent aussi l'électrochimie

On les attendaient moins à ce niveau, mais les algues inspirent aussi des innovations en électrochimie par exemple. Par biomimétisme tout d'abord. Des [chercheurs de Singapour](#) se sont inspirés de la manière dont les diatomées bâtissent une structure tridimensionnelle poreuse hiérarchisée (des sphères de silice microporeuses, elles-mêmes espacées par des pores plus grands (2-50 nm) qui permettent d'augmenter la surface d'échange). Calquant leur process sur les diatomées, ils ont créé des anodes composées de sphères de carbone dopées à l'azote qui présentent des performances décuplées. De leur côté [une équipe internationale](#) (Chine- Australie-USA) a montré que l'utilisation d'alginate issues d'algues brunes pour provoquer la chélation d'ions cobalt permettait de créer des nanofibres de carbone que l'on peut doper à l'azote. Les anodes fabriquées à partir de ce matériau présentent une capacité presque deux fois plus importante que des anodes en graphite classiques. Un an avant, en 2014, [des chinois](#) avaient présenté des anodes plus performantes fabriquées avec un liant basé sur un hydrogel d'alginate.

Sophie Hoguin

28/06/2017