

La chimie végétarienne : une chimie au régime ?

L'industrie chimique est à 65 % une chimie carbonée. Les ressources en carbone et leur utilisation mondiale représentent environ dix milliards de tonnes par an, dont plus des trois quarts proviennent du pétrole et du charbon. La production de chaleur et d'électricité en absorbe plus de la moitié (53 %), les transports 17 %, et la chimie n'en consomme, elle, que 9 %. Sur ces 900 millions de tonnes, le carbone transformé représente un peu plus de 400 millions, les 500 millions restant étant utilisés pour les opérations de transformation.

Confronté à la nécessité de réduire les gaz à effet de serre, dont le CO₂, et devant l'horizon rapproché de la pénurie des ressources non renouvelables – pétrole : 40 ans ; gaz : 80 ans ; charbon : 150 ans – et l'augmentation inéluctable des coûts qui la précède, la chimie se doit de trouver des sources alternatives. Cette voie peut être celle de la biomasse, c'est-à-dire une source de carbone renouvelable par la croissance des plantes, des arbres, des végétaux.

Nous en avons vu et en voyons encore un premier exemple avec les biocarburants et les objectifs ambitieux autant aux États-Unis, où un mandat prévoit l'incorporation de 57 millions de m³ d'éthanol de maïs dans les carburants en 2015, qu'en Europe qui a pour objectif d'arriver à 10 % de biocarburants en 2020. La sécurité énergétique des pays et l'emploi rural prévalant sur les impacts négatifs de l'inflation des prix alimentaires et, c'est un paradoxe, les atteintes à l'environnement.

Les ressources en carbone à partir de la biomasse ne sont pas faciles à évaluer [1] car leur disponibilité dépend

beaucoup du type de végétal, des molécules présentes dans les grains et les résidus (tiges et feuilles) et des surfaces cultivées. Des écarts considérables peuvent être notés entre la canne à sucre et le maïs ou le blé par exemple.

On trouve alors plusieurs modèles de chimie du végétal [2] :

- l'oléochimie, qui valorise l'huile par voie chimique (ex. : estérification) ;
- la chimie du sucre, qui transforme les glucoses du végétal par voie souvent biologique (ex. : fermentation) ;
- l'approche mécanique, qui broie et valorise la plante entière (ex. : fibres et composites) ;

- la thermochimie, qui transforme énergétiquement le végétal pour aboutir au mélange CO + H₂ ;

- deux modèles encore non aboutis ou balbutiants : d'une part la biochimie des systèmes complexes ou usine cellulaire qui mimerait au mieux l'appareil digestif des ruminants, et d'autre part, la chimie de la lignine – cette dernière représente 30 % de la biomasse mondiale et mériterait un autre sort que le bûcher...

Ces différentes filières sont plus ou moins matures et ont déjà fait des percées commerciales :

- Pour l'oléochimie : en France, l'industrie fabrique déjà des lubrifiants, des tensioactifs, des encres et peintures avec des taux de pénétration du marché compris entre 1 % (lubrifiants) et 30 % (tensioactifs), sans oublier l'un des premiers bioplastiques, le Rilsan®, produit par Arkema à partir d'huile de ricin, qui est un succès avec une production de l'ordre de 200 mille tonnes (mt) par an.

- Pour la chimie des sucres : de nombreux intermédiaires peuvent être

obtenus par la voie biologique qui permet d'atteindre plus rapidement la cible recherchée en squeezant certaines étapes de chimie classique : le 1,3-propanediol (PDO), l'acide acétique, l'acide polylactique (PLA), l'acide acrylique, l'acide adipique... Ces intermédiaires peuvent concurrencer les « building blocks » de la voie pétrochimique, surtout si on progresse en génie génétique. Pour l'instant, on en est encore loin puisque les quelques 400 mt biosourcées n'en représentent que 1 %, mais de nombreux projets industriels sont en cours.

- L'approche mécanique reste très faible en France : la commercialisation des laines ou feutres isolants à base de fibres de lin ou de chanvre, celle des composites fibres polyéthylène ou PVC souffrent encore d'un surcoût dissuasif. Mais lors du 241^e congrès de l'American Chemical Society (ACS), une équipe du Nebraska a montré qu'elle avait réussi à polymériser la kératine des plumes de poules [3], donc tous les espoirs sont permis !

- La thermochimie revient au devant de la scène avec les appels d'offre sur les biocarburants de deuxième génération. Elle consiste à transformer la biomasse par l'oxygène et l'eau à 1 450 °C pour obtenir un mélange CO + H₂ source d'alcools ou d'hydrocarbures par catalyse Fischer-Tropsch. Les projets en Allemagne, au Canada et en Finlande visent quelques centaines de milliers de tonnes. Le problème ici est d'adapter les procédés à la variété des biomasses (humidité, cendres, impuretés soufrées et métaux lourds).

- La valorisation de la lignine par dépolymérisation sélective et la production d'aromatiques ou la transformation par



De gauche à droite : plant de ricin avec ses fruits (plante utilisée dans la fabrication du polyamide Rilsan® 11 d'Arkema) (© Arkema) ; raccords rapides et tubes pour circuit essence en Rilsan® (© Studio Amazonia/Arkema) ; lunettes solaires et lunettes de sport avec le nouveau polyamide transparent haute performance Rilsan® Clear (© Heximage/Arkema).

voie chimique ou biotechnologique nécessitent encore des recherches et les applications paraissent déboucher à plus long terme.

La question de la réalité économique d'un tel virage de l'industrie chimique se pose alors. C'est en effet le prix des matières agricoles transformables qui pourrait être la clé de la viabilité de cette voie. En 2010, on a vu par exemple le cours du maïs augmenter de plus de 40 % ; la banque mondiale lie le niveau élevé des matières alimentaires à l'augmentation de la production d'éthanol à partir du maïs aux États-Unis et de celle du biodiesel à partir des huiles végétales en Europe. En effet, si seuls 2,5 % du maïs étaient transformés pour produire de l'éthanol en 2000, c'est déjà 13 % aujourd'hui et l'objectif est de 17 % pour 2019 !

Pour la chimie du sucre, alors qu'au Brésil, à 80 €/t, Braskem et Dow Chemical jouent la production de l'éthylène et du polyéthylène biosourcés, en Europe, à 300 €/t, les sociétés y regardent à deux fois, sauf si le prix du baril devait rester durablement autour de 150 \$. Malheureusement cependant, les statistiques 2000-2010 montrent que les produits agricoles suivent globalement le cours du pétrole. La valorisation des co-produits peut jouer un rôle positif. L'exemple de l'augmentation des tonnages de biodiesel, qui laisse après estérification de l'ordre de 10 % en poids de glycérine, conduit à une baisse considérable du prix de cet intermédiaire qui peut induire

un vrai développement de la chimie de la glycérine et de la production de glycol, polyester, acide acrylique, nylon... à des prix compétitifs.

Les experts prévoient dans un scénario de poursuite des tendances actuelles que la biomasse pourrait représenter 20 % des besoins de la chimie et des transports en 2030. Dans un scénario de rupture avec une politique très contraignante des États sur l'émission des gaz à effet de serre et des progrès en catalyse et procédés enzymatiques accompagnés d'améliorations des rendements par génie génétique, la biomasse pourrait représenter 40 % des besoins à cette échéance.

C'est pourquoi se dessinent de nouvelles concurrences ou alliances entre les agro-industries et les industriels de la chimie. En France, l'Association Chimie du Végétal (ACDV) [4] regroupe 28 membres dont des industriels de ces deux secteurs avec l'UIC, où s'ébauchent de nouveaux partenariats (Roquette, Arkema, Solvay) et des recherches pré-compétitives. Au plan mondial, on voit de grands groupes chimiques s'assurer de leurs futurs approvisionnements par convention avec les industries de l'agroalimentaire. Dans la chaîne de production des agroressources – collecte et approvisionnements, transformation du végétal, production des intermédiaires de la chimie de base, production des produits de spécialités –, de nouveaux acteurs apparaissent, les compétences sont partagées entre semenciers, récoltants

collecteurs, biotechnologies industrielles, génie chimique, chimie fine. Quand on voit Toyota investir dans la culture de la patate et la distillation à partir de la canne à sucre, Mazda lancer des développements de bioplastiques à partir de cellulose et de déchets agricoles, il est clair que l'industrie chimique *a fortiori* se pose la question de s'investir et investit déjà en amont des biosources.

Le danger reste évidemment la concurrence avec les ressources alimentaires ; c'est pourquoi tant de précautions et de communications sont faites sur les ressources parallèles non concurrentes. Pour ma part, en tant qu'ancien chimiste alsacien et à mon échelle, si je distille ma prunelle, je me garderais bien d'aller jusqu'au polyéthylène !

Jean-Claude Bernier,
le 8 mai 2011

[1] Mutations économiques dans le domaine de la chimie, *Rapport PIPAME, 2010*.

[2] Dinh-Audouin M.-T., Le végétal, un relais pour le pétrole ? *L'Act. Chim.*, 2011, 351, p. 24.

[3] Équipe de Yiqi Yang (University of Nebraska-Lincoln), 41st ACS National Meeting & Exposition, 27-31 mars 2011, Anaheim (CA, États-Unis).

[4] www.chimieduvegetal.com



Jean-Claude Bernier
est vice-président
de la SCF.



Le CNRS | Annuaires | Mots-Clés CNRS | Autres sites

CNRS Formation Entreprises



Le 17 octobre 2011 Le nouvel étiquetage des produits chimiques dangereux
à GIF SUR YVETTE (91)

du 14 au 18 novembre 2011 Propriétés structurales et thermiques des assemblages formés par les lipides et tensioactifs :
à CHATENAY MALABRY (92) Initiation aux techniques de caractérisation et diagrammes de phases

du 17 au 18 novembre 2011 Le "Web 2.0" dans la pratique
à VANDOEUVRE les Nancy (54)

du 21 au 25 novembre 2011 Cryogénie : niveau technicien
à CENFNOIR F (98)

du 23 au 25 novembre 2011 Métales lourds : enjeux, standards et pratiques
à VANDOEUVRE les Nancy (54)

du 23 au 25 novembre 2011 Le risque chimique : connaissance et prévention niveau II
à GIF SUR YVETTE (91)

du 28 au 30 novembre 2011 Adsorption : application en caractérisation des matériaux et séparation / stockage des gaz
à MERSILLI (13)

Centre de ressources en formation
Un problème de formation particulier ?
N'hésitez pas à nous consulter :
- par mail à ressources@cf.cnrsgif.fr
- par téléphone au 01 69 82 44 98

Catalogue, programmes et inscriptions : CNRS Formation Entreprises Avenue de la Terrasse Bât. 31 91190 - Gif-sur-Yvette Cedex
Tél. : 01 69 82 44 55 - Fax : 01 69 82 44 89 <http://cnrsformation.cnrsgif.fr>