

Les espoirs de la chimie végétale

La chimie organique est la chimie du carbone ; elle dépend à plus de 90 % des ressources fossiles : pétrole, gaz et charbon. La chimie végétale est une chimie organique qui s'attache à produire ses molécules et produits à partir des ressources végétales *a priori* renouvelables et *in fine* à se passer des ressources carbonées non renouvelables. Ses productions sont diverses : biocarburants, lubrifiants, alcools, biogaz, mais aussi produits à plus haute valeur ajoutée pour les cosmétiques, les parfums et les compléments alimentaires.

Les matières premières sont aussi diverses : huiles végétales, amidon, sucre, pour les composés biosourcés de première génération. Nous avons fait en 2011 [1] le point sur l'oléochimie, la chimie du sucre et la thermochimie, en souhaitant que la voie biochimique dite des « technologies blanches » puisse faire des progrès en puisant ses ressources dans la biomasse « lignocellulosique ». Car en effet, les cultures industrielles de la betterave pour le sucre, du blé ou du maïs pour l'amidon, développées pour la production de bioéthanol concurrençaient gravement

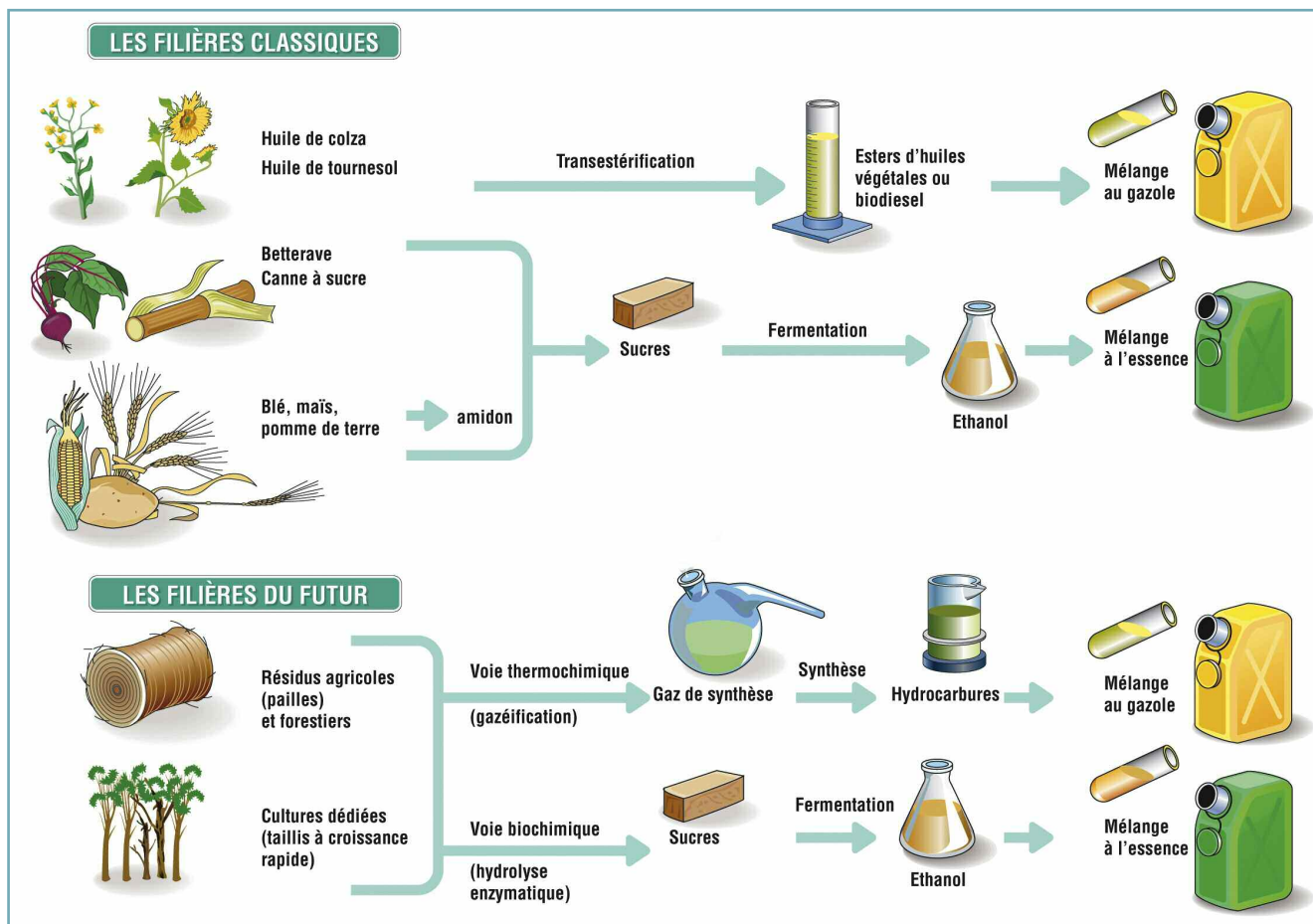
les cultures vivrières et étaient accusées d'être à la base de l'inflation des prix des céréales [2], sans que l'efficacité énergétique et le bilan CO₂ soient au rendez-vous.

Depuis cinq ans, la voie biochimique a fait des progrès ; les enzymes et bactéries sélectionnées par génie génétique peuvent maintenant attaquer le bois, la paille, les tiges et feuilles des végétaux pour transformer la cellulose et l'hémicellulose. Ces progrès ont entraîné des investissements lourds dans plusieurs secteurs par des grands groupes de chimie et de l'agroalimentaire. Les productions ont démarré en souhaitant qu'elles ne s'essouffent pas suite à la chute brutale du prix du pétrole en 2015.

En recherche, le fait principal de ces dernières années a été l'amélioration par génie génétique des enzymes dérivées de *Trichoderma reesei*, un champignon qui lors de la guerre du Pacifique en 1944-45 dévorait allégrement les toiles de tente en coton des marines américains dans la chaleur et l'humidité. Les souches optimisées sont un

cocktail des principales enzymes — exoglucanase, endoglucanase, bêta-glucosidase — capables de « digérer » les fibres végétales composées de cellulose, d'hémicellulose et de lignine. Les carboxyméthylcelluloses sont décomposés en deux sucres : l'un en C5, le xylose, l'autre en C6, le glucose, qui seront transformés en éthanol par fermentation.

Plusieurs équipes et groupes aux États-Unis, en Europe et en France sont en course pour atteindre le meilleur procédé industriel qui produira le bioéthanol de 2^e génération ! Aux États-Unis, DuPont paraît être le premier à se lancer dans la production industrielle. Il vient d'inaugurer dans l'Iowa la plus grande usine d'éthanol cellulosique au monde. Elle produira 115 millions de litres (ML) par an à partir de 375 000 t de tiges et feuilles de maïs collectées par 500 agriculteurs sur leurs terres dans un rayon de 50 km. Le cocktail Accellerase® 1500 que DuPont se prépare à commercialiser permet aussi la fermentation. En bioréacteur, il transforme à 50 °C 80 % de la cellulose en sucres en 80 heures,



La fabrication de biocarburants de 1^{ère} et de 2^e génération. © IFPEN.

et dans le même temps, il donne une solution à 30 g/L d'éthanol.

En France, le projet FUTUROOL lancé en 2008 avec onze partenaires dont l'INRA, l'IFPEN, Total et le Crédit Agricole, est aussi arrivé à un « cocktail enzymatique » d'excellente efficacité mis au point par l'un des partenaires, Lesaffre. La mise au point du procédé, couvert par plus de vingt brevets, s'est faite dans une usine pilote près de Reims de capacité de 180 000 litres/an et son extrapolation dans une unité industrielle de 180 ML/an est prévue d'ici 2018. La société de biotechnologie DEINOVE, avec une souche enzymatique « DEINOL », vient de réussir une étape préindustrielle avec un partenaire finlandais ; sa R & D s'attelle à faire émerger une production industrielle compétitive d'ici 2018.

C'est en effet un point crucial : le prix de revient des produits biosourcés. Si le bioéthanol issu de la canne à sucre revendique un prix de l'ordre de 0,20 €/L, celui issu de la betterave ou du maïs se situe plutôt entre 0,50 et 0,70€/L et le prix du bioéthanol de 2^e génération devrait être du même ordre.

Lorsque le prix du baril oscillait autour de 100 \$ (prix au litre 0,60 €), la compétitivité était jouable, mais à 37 \$ (prix au litre 0,20 €) comme en décembre 2015, il faut parier sur un niveau du baril qui ne durera pas pour investir avec foi sinon confiance.

Il en est de même pour les autres produits de la chimie végétale. Les progrès faits sur les micro-organismes et la maîtrise des fermentations des sucres permettent d'obtenir de l'isobutène pour les kérosènes de l'aviation ou la fabrication de polymères, de l'acide succinique pour les peintures, la pharmacie, le textile. L'acide acrylique, porte d'entrée des acrylates comme absorbants ou plastiques, est produit par la transformation du glycérol, sous-produit de l'estérification des huiles végétales. Global Bioenergies, après le test de son bioréacteur de 500 litres en Allemagne, projette avec sa société filiale IBN-One de produire en France 50 000 t/an d'isobutène par fermentation près de Reims.

Ce sera grâce aux aides des États et de l'Europe que le bioéthanol pourra rester compétitif. Aux États-Unis,

avec plusieurs milliards de dollars, l'État fédéral compte atteindre une production de 126 milliards (Md) de litres en 2022. En France, l'aide directe aux agriculteurs et la TIPP (taxe intérieure sur les produits pétroliers) représentent près de 2 Md€ de subventions.

Après la COP21, la feuille de route de la transition énergétique veut faire passer de 5 à 10 % la part des produits et matériaux biosourcés qui seront forcément aidés. Dans une bioéconomie réaliste et durable, la plupart des experts soutiennent une recherche en chimie végétale qui fasse gagner un facteur 2 à 4 sur les prix afin de lutter efficacement contre les sources fossiles. Gageons que des études serrées d'efficacité énergétique sont au programme.



Jean-Claude Bernier
Décembre 2015



Société Chimique de France
Le réseau des chimistes

Depuis 1857, la SCF fédère et anime
le réseau des chimistes français

De multiples actions

du régional à l'international...

- Animation et consultance scientifiques
- Réseau des jeunes chimistes



Réseau des Jeunes Chimistes
Société Chimique de France

- Réseaux européens



- Prix et distinctions

à son actif

- Sa revue généraliste
« L'Actualité Chimique »



En 2014 : 350 auteurs
sur 750 pages

www.lactualitechimique.org

- La collection de livres
« Chimie et... » (co-édition)
- Son site Internet et sa lettre d'info

