

Les agroressources, de la plante à l'actif

À l'heure où les ressources fossiles sont de plus en plus difficilement accessibles et la législation environnementale de plus en plus contraignante, la valorisation des molécules d'origine photosynthétique prend une nouvelle dimension.

Plus que jamais, des méthodes innovantes doivent être mises au point, tout en restant simples et faciles à mettre en œuvre, offrant des alternatives « vertes » aux méthodes de séparation et de modifications moléculaires conventionnelles. L'équipe « Procédés » de l'Institut de Chimie Organique et Analytique (ICOA – CNRS/Université d'Orléans) étudie la valorisation non alimentaire des produits d'origine végétale. Elle s'est étoffée et adaptée au cours du temps pour répondre aux besoins des industriels tout en apportant sa contribution aux modèles de connaissances. Depuis le 1^{er} janvier 2009, les scientifiques du Laboratoire des Procédés Chimiques, préalablement rattaché à l'équipe de Génie des Procédés pour l'Environnement, l'Énergie et la Santé (GPE2S-EA 21) ont rejoint l'ICOA en créant un nouvel axe de recherche: « Procédés ». Cette équipe privilégie deux thèmes de recherche. La thématique « Séparation » qui consiste à utiliser les techniques du génie des procédés, associées aux outils

analytiques, afin de valoriser diverses phytomolécules. Les molécules cibles peuvent être, soit diluées dans les plantes, soit concentrées dans certains points de la chaîne de transformation du végétal (co-produits intermédiaires, effluents aqueux,...). Des techniques telles que les extractions solide-liquide et liquide-liquide, l'adsorption, la cristallisation, l'échange d'ions, les procédés membranaires ont été ou sont étudiées et adaptées. Par ailleurs, l'optimisation des procédés, utilisant des outils mathématiques, ainsi que l'extrapolation pilote sont réalisées en vue d'une exploitation industrielle. Parallèlement à l'axe « Séparation », la thématique « Réaction » a été initiée afin de valoriser certaines molécules par modification chimique simple (fonctionnalisation, synthèse monoétape, dégradation). Pour contrôler les facteurs influents en vue de l'optimisation du procédé, il est nécessaire de mettre en place des capteurs spécifiques permettant une acquisition et une analyse en

ligne. Par ailleurs, une phase d'automatisation peut être envisagée pour augmenter la fiabilité des résultats, suivre les cinétiques et dimensionner l'unité avant une exploitation industrielle.

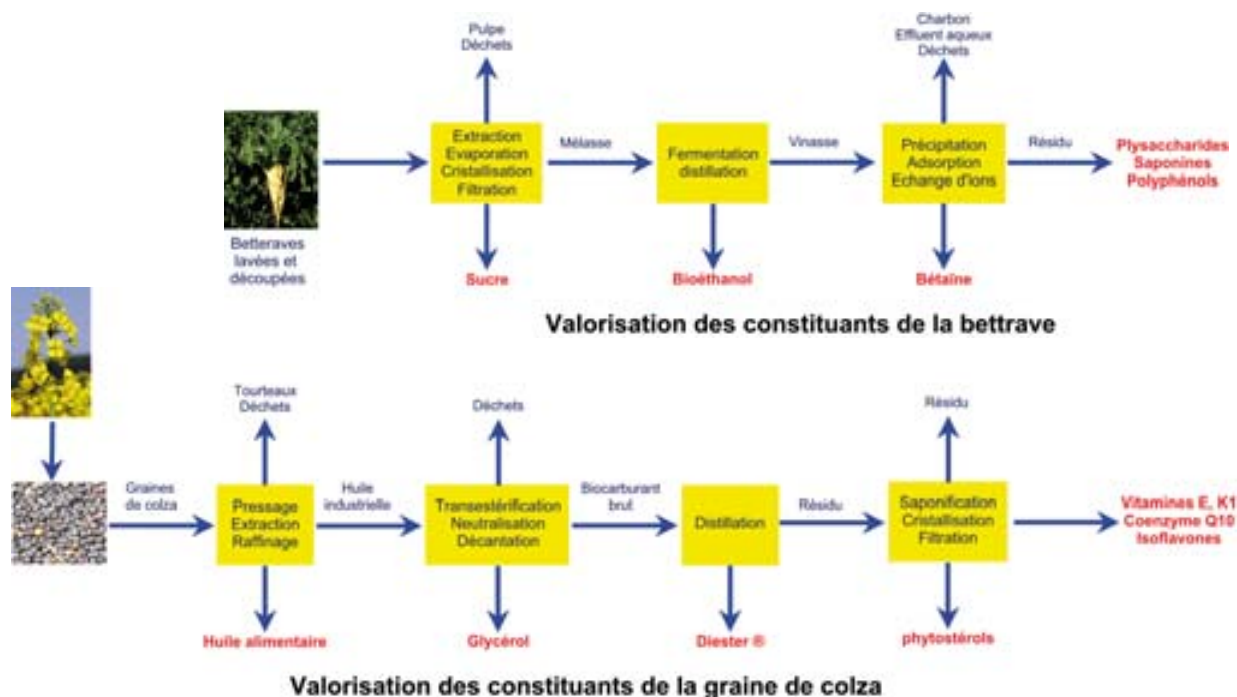
Valorisation des biocarburants

Même si son rendement est très faible (1 % en moyenne sur l'ensemble du globe terrestre), l'activité photosynthétique génère une biomasse riche en molécules plus ou moins complexes dont la teneur et la valeur ajoutée sont variables dans le végétal. Hormis les usages alimentaires et la fumure des champs, la biomasse a de tout temps été utilisée, directement ou après traitement industriel, comme combustibles (matières lignocellulosiques, oléagineuses, hydrocarbonées fermentescibles, etc), matières premières pour les industries chimiques, pharmaceutiques, cosmétiques, etc ou comme matériaux (bois, papiers, plantes textiles, amidon, etc).

Pour bien montrer la richesse des végétaux, il suffit d'analyser la transformation industrielle de deux plantes récoltées en abondance en région Centre: le colza et la betterave sucrière. À l'origine, ces végétaux ont été cultivés à des fins alimentaires pour produire de l'huile (45 % des graines de colza) et du sucre (70 % de la matière sèche de betterave). L'amélioration des techniques agronomiques a conduit, au fil du temps, à une surproduction de ces aliments de base. Par ailleurs, les différentes crises énergétiques et la raréfaction des énergies fossiles ont favorisé l'utilisation de ces bioressources comme biocarburant. En effet, les triglycérides abondants dans l'huile de colza peuvent être facilement estérifiés en ester méthylique de colza



Unité de cristallisation automatisée



(EMC ou Diester®) alors que la fermentation du sucre conduit au bioéthanol. Ces biocarburants doivent être purifiés par distillation pour pouvoir être utilisés dans des moteurs conventionnels et leurs synthèses génèrent, à chaque étape de leur transformation, des déchets contenant des quantités variables de produits à plus ou moins haute valeur ajoutée.

Ainsi, la plupart des composés lipophiles présents dans l'huile de colza se trouvent concentrés dans le résidu de distillation de l'EMC. Celui-ci contient notamment 25 % en masse de phytostérols (brassicastérol, campestérol et β -sitostérol) connus pour leurs propriétés anticholestérolémiantes. La mise en place de procédés simples et couramment utilisés dans l'industrie chimique (saponification, relargage, filtration, recristallisation) permet de produire 244 kg d'un mélange de phytostérols par tonne de résidu jusqu'alors non valorisé.

De la même façon, les composés hydrophiles présents dans la betterave se retrouvent concentrés dans la mélasse, après élimination du saccharose, puis dans la vinasse, après fermentation suivie de la distillation de l'éthanol. Les vinasses contiennent divers produits

(polysaccharides, protéines, saponines, polyphénols) et notamment 18 % de bétaine utilisée comme agent tensio-actif, osmoprotecteur et antiradicalaire. Cette molécule peut être isolée avec un rendement global de 71 % après une précipitation, un passage au noir et une purification sur résine échangeuse d'ions suivie d'une cristallisation.

Développements en chimie verte

Ces deux exemples montrent que le monde végétal constitue une ressource renouvelable de produits de base ou à haute valeur ajoutée. La photosynthèse permet, par réduction du dioxyde de carbone atmosphérique et oxydation de l'eau en présence de nutriments présents dans le sol, de produire, à côté des molécules majoritaires (chimie de base), des molécules déjà élaborées (chimie fine). Le bilan environnemental est très positif puisque ces molécules « vertes », souvent à haute valeur ajoutée (molécules complexes, généralement optiquement actives), sont isolées par des techniques d'extraction et se substituent souvent aux composés de synthèse. De plus, elles peuvent être modifiées chimiquement par des réactions d'hémisynthèse pour améliorer leur activité.

Les molécules mineures de la plante se retrouvent aussi concentrées dans certains points de la chaîne de traitement et peuvent être séparées en utilisant des méthodes simples et des produits courants. Ces valorisations induisent un abaissement du coût de production du produit principal et permet d'envisager des utilisations dans les industries pharmaceutiques, cosmétiques ou nutraceutiques. ■

Contact: Henri FAUDET
henri.fauduet@univ-orleans.fr



Réacteur pilote