Carbone renouvelable et énergie verte

Les recherches de l'INRAE

Publié le 25.05.09 | Par Service de communication de l'INRAE

L'engagement des pouvoirs publics et des acteurs privés en faveur de la "biologie et chimie du végétal" répond à des enjeux considérables : émissions de gaz carbonique, prix et raréfaction du pétrole, demande de biomatériaux dégradables. En France, aujourd'hui, 97% des produits chimiques sont encore d'origine pétrochimique. À l'INRAE, une vingtaine d'unités de recherche se mobilisent sur la production et la transformation du carbone renouvelable.

1. Présentation

Les scientifiques sont impliqués dans des projets européens ou nationaux. L'INRAE favorise également des recrutements dans cette thématique : 10% des 70 postes de scientifiques ouverts au concours en 2007.

L'Institut donne la priorité à 3 filières :

- oléagineux et lignocellulose pour les biocarburants,
- oléagineux et lignocellulose pour la chimie verte,
- fibres pour les biomatériaux.

L'INRAE met l'accent sur le génie métabolique, c'est-à-dire la description des voies de synthèse/dégradation et de leur régulation, notamment pour la lignocellulose, en vue de favoriser sa bioconversion en de nouveaux produits. Pour chaque filière, l'INRAE développe des approches globales prenant en compte l'ensemble des critères techniques, économiques, environnementaux et sociaux.

2. La filière oléagineux pour les biocarburants

Le colza représente en France la culture énergétique la plus importante en surface utilisée. Le colza fournit du biodiesel, incorporé dans le gazole à hauteur de 5% maximum d'après la réglementation. C'est le biocarburant privilégié en France. L'apparition du colza énergétique remonte à la réforme de la PAC de 1993, qui avait autorisé leur mise en culture sur des terres « gelées ». En 2006, la surface de colza énergétique est de 0,68 millions d'ha, contre 0,71 millions d'ha pour les usages alimentaires et les autres usages industriels (source : Agreste-Statistique agricole annuelle).

L'objectif de la directive européenne 2003/30/CE est d'inclure 5,75% de carburants végétaux dans les carburants fossiles en 2010. Plus ambitieuse encore, la France affiche 7% en 2010 et 10% en 2015. Pour augmenter la production de biodiesel, il est nécessaire d'améliorer le rendement énergétique du colza.

Pour cela, l'une des voies consiste à obtenir des variétés à haut rendement dédiées à cet usage. Les recherches coordonnées des scientifiques de l'INRAE et des sélectionneurs se concentrent depuis quelques années sur la production d'hybrides de colza, production grandement facilitée par les progrès scientifiques réalisés en génétique par l'INRAE.

La compétitivité de cette filière dépend aussi de l'amélioration de l'extraction des lipides des graines. Cette extraction nécessite aujourd'hui des étapes de trituration et de raffinage polluantes et coûteuses en énergie. Les chercheurs de l'INRAE s'emploient à renforcer les connaissances de base utiles pour améliorer les procédés d'extraction. Ils étudient en particulier les formes de stockage des lipides dans la graine de colza dans lesquelles interviennent des protéines particulières, les oléosines.

La filière des oléagineux n'est pas compétitive pour l'instant par rapport au pétrole et doit être soutenue par l'Etat. Il en est de même pour l'autre alternative : la production d'éthanol à partir de l'amidon de la graine de blé ou de la betterave à sucre. Ces cultures produisent plus d'énergie par hectare que le colza mais avec un bilan énergétique global moins favorable.

3. La filière lignocellulosique pour les biocarburants

Ethanol et biodiesel issus des grandes cultures (colza, blé, betterave) ont permis d'initier le développement de la filière biocarburant. Cependant, on ne saurait en rester là. Trop d'hectares seraient nécessaires à terme. La phase actuelle apparaît comme une phase de transition vers une deuxième génération de biocarburants.

Ces biocarburants proviennent d'une ressource largement disponible et qui n'entre pas en compétition avec les productions alimentaires : la lignocellulose des plantes, arbres, pailles, qui constitue l'essentiel de la biomasse végétale. Cette biomasse provient de l'accumulation des produits de la photosynthèse dans les végétaux au cours de leur vie.

Les ressources lignocellulosiques disponibles sont :

- les résidus de culture : pailles de céréales, rafles de maïs, tiges de colza
- les forêts (dont 40% de l'accroissement annuel est inexploité)
- les cultures dédiées : espèces pérennes herbacées : miscanthus, switchgrass, ou plantations de ligneux : peuplier, saule, robinier.

Les cultures lignocellulosiques dédiées représentent le potentiel le plus important en biomasse. Les plantes pérennes constituent un enjeu prioritaire compte tenu de leur niveau de production élevé et de leur impact positif sur l'environnement car elles sont moins consommatrices d'intrants que les plantes de grande culture telles que le colza, le blé ou la betterave.

C'est pourquoi, l'INRAE focalise ses efforts :

- d'une part sur les productions ligneuses récoltées tous les 2 à 6 ans (peupliers et robiniers en taillis à courte rotation) ;
- d'autre part sur les plantes herbacées pérennes récoltées tous les ans, notamment celles qui ont un métabolisme photosynthétique « en C4 »: miscanthus, swichgrass. Aujourd'hui ces différentes espèces ont fait l'objet de très peu de travaux de sélection variétale, d'analyse des interactions entre le génotype et son milieu, de mise au point d'itinéraires techniques adaptés et d'analyse de leur insertion dans les systèmes de culture existants.

La nouvelle filière n'utilise pas seulement la graine mais l'ensemble de la biomasse végétale. Pour l'instant, la transformation de la lignocellulose reste problématique : cette seule étape coûte environ la moitié du prix de revient de l'éthanol produit.

Deux voies sont possibles pour transformer la lignocellulose :

- la voie sèche ou thermochimique, dans laquelle la lignocellulose, formée d'hémicellulose, de lignine et de cellulose est chauffée à haute température (plus de 800°C). Le gaz produit (mélange de CO, H_2) appelé gaz de synthèse peut être ensuite transformé en hydrocarbures de synthèse (C_xH_y). Toute plante peut donc fournir du biocarburant par cette voie.
- la voie biologique « froide », dans laquelle les végétaux broyés sont soumis à l'action de microorganismes (champignons) dont les enzymes libèrent la cellulose de la lignine, l'hydrolyse en sucres, eux-mêmes convertis en alcools, dont l'éthanol. Avec cette voie, on n'obtient que de l'éthanol.

Les deux voies sont complémentaires, la voie thermochimique nécessitant l'utilisation de biomasse sèche, alors que la voie humide peut transformer de la biomasse peu déshydratée. L'INRAE privilégie la voie biologique à la voie thermochimique : l'action des enzymes est hautement spécifique et le potentiel biotechnologique permet d'envisager de réduire les coûts. Les recherches approfondissent les connaissances génériques sur les tissus lignocellulosiques : organisation des parois végétales, réactions physico-chimiques et cytochimiques qui caractérisent la matière fibreuse.

4. Perspectives

La voie sèche suppose de grosses unités de fabrication, entraînant des contraintes logistiques pour l'approvisionnement, mais une économie d'échelle. La voie humide permettrait des rééquilibrages territoriaux, grâce à de petites usines situées près des bassins de production. A travers cet exemple, on voit que le développement des nouvelles cultures à vocation énergétique s'accompagne d'une réorganisation territoriale. De nouvelles questions apparaissent pour la recherche :

- quelles sont les conditions de production pour optimiser à la fois les bilans écologiques, agronomiques et économiques ?
- quelle dimension donner aux différents bassins de production et de collecte des matières premières ?

5. Bibliographie et ressources en ligne

1. *La chimie verte*, sous la dir. de Paul Colonna, Éditions Tec et Doc, décembre 2005.
2. Site dédié aux énergies renouvelables.

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S)

Service de communication de l'INRAE

Service de communication

MISE EN LIGNE

Nicolas Lévy

Professeur agrégé de chimie, responsable du Centre de Préparation à l'Agrégation externe de Chimie (École Normale Supérieure de Paris - Sorbonne Université - Université Paris-Saclay), responsable éditorial de CultureSciences-Chimie de 2008 à 2014.

PARTENAIRE(S)

INRAE, l'institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement est né le 1er janvier 2020. Il est issu de la fusion entre l'Inra, Institut national de la recherche agronomique et Irstea, Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture. Cet article provient du service de communication de l'INRAE.
INRAE