

**SERVICE DE RECHERCHE AGRICOLE (ARS)
RÉUNIONS TETRAPARTITE 2007
RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT EN BIOÉNERGIE**

Recherche en bioénergie ARS : réalisations passées

Le Service de recherche agricole (Agricultural Research Service, ARS) est la division de recherche interne du Département américain de l'agriculture (U.S. Department of Agriculture, USDA). Au cours des dernières décennies, les chercheurs de l'ARS ont apporté des contributions importantes dans le domaine de la recherche et du développement de biocarburants. Ils ont notamment :

- Été à l'origine de la culture, de la génétique et de la recherche en gestion du panic raide, et dirigé les efforts pour encourager la culture du panic raide, et d'autres plantes vivaces pour l'alimentation biologique du bétail.
- Identifié les gènes régulateurs de la lignine sur la paroi cellulaire, et de la modification de la cellulose
- Déterminé que les principales modifications génétiques des parois cellulaires des végétaux peuvent affecter la santé de ceux-ci
- Fait la promotion du son de maïs (fibre) comme source de biomasse pour la fermentation
- Découvert la première levure capable de fermenter le xylose
- Développé des biocatalyseurs microbiens plus efficaces pour la conversion de la biomasse
- Développé des méthodes de conversion enzymatique des aliments biologiques du bétail
- Développé des prétraitements de la biomasse pour faciliter l'hydrolyse enzymatique
- Évalué comment les stratégies de récolte des aliments pour le bétail affectent les rendements en éthanol
- Mis au point des essais d'analyse rapide pour prédire le rendement en éthanol des aliments biologiques pour animaux
- Produit et caractérisé la pyrolyse du panic raide dans un réacteur à lit fluidisé
- Développé des stratégies de modification des cellules végétales dans un « livre blanc » à la demande du département américain de l'Énergie

Recherches actuelles et futures

Les recherches actuelles de l'ARS en bioénergie sont orientées vers trois domaines :

Développement et production d'aliments celluloseux pour bétail : les chercheurs de l'ARS travaillent au développement des connaissances fondamentales, et des bases scientifiques nécessaires pour identifier et comprendre les obstacles à l'accès et à l'utilisation de la biomasse comme source de bioénergie, de biocarburants et de produits biologiques.

L'Initiative paroi cellulaire de l'ARS (Cell Wall Initiative, CWI) met l'accent sur l'utilisation de la génomique pour comprendre et manipuler tous les gènes qui contrôlent le contenu et la synthèse des parois cellulaires, afin de créer des cultures destinées au biocarburant possédant des caractéristiques de conversion en éthanol optimales. Les chercheurs de l'ARS ont déjà cloné le gène *Corngrass* de plants de maïs mutants, qui peut être utilisé pour créer des plants de maïs à multiples talles, et faible densité de lignine ; un gène de maïs qui contrôle la croissance de feuilles a également été cloné. En outre, les chercheurs de la CWI dirigent les efforts nationaux et internationaux pour créer une gamme d'outils de génomique et de transformation pour les plantes vivaces, et établir un système de plante modèle pour la recherche en bioénergie. Les objectifs de la CWI sont, notamment, de développer et de modifier les aliments pour bétail (y compris la modification de la paroi cellulaire de la plante), pour obtenir un rendement de récolte maximal et une qualité supérieure, et d'offrir un soutien technologique à la production commerciale d'éthanol cellulosique à partir de produits de l'agriculture.

L'amélioration génétique des cultures pour la bioénergie par l'ARS est axée sur la création de cultivars destinés à la production d'énergie, possédant de bonnes caractéristiques agronomiques, un rendement élevé, une valeur énergétique optimale, et un impact minimum sur l'environnement. Les recherches actuelles s'orientent vers des cultures spécifiques pour l'énergie, telles que la luzerne, la canne-énergie, le panic raide, l'alpiste roseau, le *Miscanthus*, l'herbe des Bermudes, l'herbe à éléphant, etc. Ces plantes, caractérisées par des rendements de biomasse élevés, peuvent être cultivées sur des terrains marginaux qui, actuellement, ne conviennent pas et/ou ne sont pas cultivés pour des produits alimentaires, des aliments pour animaux, et/ou des fibres. Les légumineuses pour la production d'énergie, telles que la luzerne, peuvent être cultivées dans des systèmes de culture en combinaison avec le maïs, ce qui non seulement donne des rendements élevés en bioénergie, mais fournit également un engrais azoté gratuit pour le maïs, augmentant ainsi les rendements du maïs également.

Conversion des aliments cellulosiques : les chercheurs de l'ARS étudient également des méthodes pour faciliter l'utilisation efficace et économique des végétaux pour la conversion cellulosique en éthanol. Les recherches futures concernant la technologie de conversion seront orientées vers :

- La conversion biologique et le développement de processus plus efficaces pour décomposer le matériau végétal en sucres pentose et hexose, qui fermentent facilement
- Le développement de micro-organismes, enzymes et voies biochimiques pour la conversion efficace de la biomasse en biocarburants ou en énergie
- La conversion thermo-chimique, y compris le développement de processus de gazéification, et de pyrolyse, à petite échelle, d'efficacité énergétique, fiables, et rentables, qui sont faciles à utiliser dans les fermes.

Un objectif de recherche immédiat, pour la conversion biochimique de matériaux cellulosiques en biocarburant, est de mettre au point des techniques rentables d'accès et de fermentation du glucose stocké dans les matériaux végétaux. Les efforts à court terme

seront orientés vers la science fondamentale nécessaire pour développer des enzymes, plus efficaces pour l'hydrolyse cellulosique et hémicellulosique, en conjonction avec les nouvelles stratégies de prétraitement. Par ailleurs, l'application de nouveaux développements en matière de biocatalyseurs, parallèlement aux nouvelles technologies de conversion, génèrera des méthodes de niveau industriel pour fermenter tous les sucres présents dans ces végétaux.

Des systèmes agricoles de production d'aliments pour animaux : les chercheurs de l'ARS effectuent des recherches en continu pour mettre au point des systèmes agricoles capables de générer des rendements de culture optimaux, avec un investissement minimal, dans une vaste gamme de conditions climatiques présentes à travers les États-Unis. Le succès de l'industrie du biocarburant, et particulièrement de la conversion en éthanol cellulosique, dépendra, en grande partie, du développement de matériaux fiables de biomasse cellulosique dans un rayon de 40 à 48 km des installations de traitement. En outre, le développement de sources d'énergie sur les sites d'installations agricoles accélèrera la création d'un système de production d'aliments biologiques pour le bétail, qui demande un investissement en énergie minimal. Les recherches futures dans le domaine de la production agricole d'aliments pour le bétail s'orienteront vers :

- Le développement d'une technologie améliorant l'efficacité énergétique des systèmes agricoles, et facilitant l'exploitation durable de l'énergie provenant de l'agriculture.
- La production d'aliments pour animaux, y compris le développement de pratiques de gestion pour la production durable et rentable de grandes quantités de matériel de qualité
- La logistique de la culture, y compris des méthodes rentables sur les sites agricoles de récolte, de manipulation, de stockage, et de valeur ajoutée de la biomasse des aliments pour bétail.
- Le développement et la validation de technologies de traitement des eaux usées et de systèmes de production agricole, qui optimisent les masses contaminantes dans les eaux usées avec les exigences de production des végétaux énergétiques, et la capacité naturelle de tamponnage des sols

Défis pour la recherche future

Actuellement, deux défis importants font obstacle au développement de biocarburants adéquats pour suppléer aux sources de combustibles fossiles : les processus et le prix. La décomposition de la coriace lignine végétale et de l'hémicellulose, pour accéder aux sucres à cinq et six atomes de carbone nécessaires pour une conversion efficace en biocarburants, en bio-énergie, et en bio-produits, reste un défi et une opportunité majeurs.

Des recherches probatoires ont été réalisées sur les processus de conversion cellulosique, mais à ce jour, aucune bioraffinerie commerciale de grande dimension n'a validé l'utilisation de ces processus pour la conversion de grandes quantités de cellulose. Avec les méthodes de conversion existantes, les végétaux énergétiques nécessitent des étapes distinctes de pré-traitement, de conversion et de fermentation, qui ont toutes pour effet

d'augmenter l'investissement en temps, en argent, et en énergie. Pour générer des niveaux plus élevés de financement public et privé, pour la poursuite des recherches en matière de production et de conversion cellulosiques, les coûts de production d'éthanol par conversion cellulosique doivent être égaux ou inférieurs aux coûts de production et de conversion du maïs-grain en éthanol. La biotransformation consolidée (Consolidated bioprocessing, CBP) pourrait constituer une alternative de traitement de l'éthanol cellulosique, grâce au développement d'un microorganisme capable de faciliter la conversion enzymatique, l'hydrolyse, et la fermentation de la biomasse prétraitée en un seul réacteur, et, théoriquement, permettant des économies considérables sur les coûts de production d'éthanol par conversion cellulosique. Les chercheurs pensent que le développement d'un microorganisme par CBP est faisable.

Résultats prévus

L'éthanol, disponible actuellement, est dérivé du maïs-grain, mais la culture du maïs requiert un investissement agricole important, et on s'inquiète déjà de savoir si l'utilisation de quantités croissantes de maïs-grain pour la production d'éthanol réduira les stocks de maïs destinés à l'alimentation humaine et animale. Ces facteurs ont pour effet d'augmenter la probabilité, que le soutien financier public et privé, pour la recherche en matière d'éthanol cellulosique, se poursuive.

La première génération d'installation commerciale d'exploitation d'éthanol cellulosique sera probablement construite en adjonction aux installations existantes d'éthanol de maïs, et/ou d'usines de papier; ce qui permettra de réduire les coûts de construction et de traitement, même si les niveaux d'intégration sont limités car les processus de conversion sont différents. Par exemple, la fibre de maïs, provenant des plants de maïs destinés à la production d'éthanol, peut servir d'aliment biologique pour bétail à faible coût, et les bioraffineries, combinées aux usines de papier, pourraient également utiliser des sous-produits à base cellulosique générés par la fabrication du papier, comme aliment biologique pour le bétail.

Bien que les végétaux, adaptés à la production de biodiesel, soient également à l'étude, le biodiesel est beaucoup plus présent en Europe. Cependant, tant l'Europe, que les États-Unis, sont engagés dans le développement de biocarburants permettant de suppléer aux carburants fossiles, et il est tout-à-fait possible d'envisager une coopération, et une collaboration scientifiques pour la recherche, et le développement en matière de biodiesel, biocarburants et bioproduits cellulosiques. Par exemple, de nouveaux catalyseurs durables, à rotation élevée, et à haut niveau de sélectivité pour la conversion des gaz de synthèse en biocarburants et en bioénergie, rendraient la conversion thermochimique beaucoup plus attrayante pour une large gamme d'aliments pour bétail, et de biocarburants.

Domaines de coopération potentielle entre chercheurs internationaux

- Études génétiques de cultures potentielles pour biocarburants, notamment les graines oléagineuses et les graminées
- Recherche et développement d'enzymes et d'organismes microbiens, facilitant le prétraitement, l'hydrolyse, la saccharification, et la fermentation cellulosesiques.
- Développement de bioproduits à valeur ajoutée pour les consommateurs et l'industrie, qui remplacent les produits existants à base de pétrole, et créent des marchés industriels et de consommation pour les nouveaux produits