

PROJET STOCKACTIF **ou comment mettre au point un stockage** **adapté à la bioraffinerie des lignocelluloses**

Avant son entrée en usine, peut-on rendre la matière ligneuse plus facile à transformer en accélérant et en contrôlant un processus naturel de décomposition raisonnée pendant le temps de stockage ?

LES QUESTIONS A TRAITER

L'idée qui sous-tend ce projet de «stockage actif» est d'utiliser la période comprise entre la récolte de la biomasse lignocellulosique (paille, tiges, bois, ...) et son utilisation en usine pour mettre en oeuvre des processus biologiques de type lignolytiques permettant de faciliter sa transformation ultérieure.

En effet, cette biomasse qui constitue la structure mécanique et/ou de protection de la plante vivante est de ce fait particulièrement résistante et tous les procédés de transformation commencent par un pré-traitement qui a pour objectif de la « déconstruire ». Ceci est vrai dans les procédés industriels, mais aussi dans la Nature qui a mis au point des processus de « pourriture » par les champignons, qui sont efficaces, mais très lents (plusieurs mois à plusieurs années).

L'enjeu de ce projet était d'identifier un ou des champignon(s) et la façon de les utiliser pour accélérer les phénomènes naturels à l'échelle du temps de stockage (quelques semaines) et sans perdre le potentiel de transformation final de la matière première. La principale question scientifique était de contrôler la balance entre la transformation de la lignine et celle des sucres durant un tel stockage afin de conserver le potentiel de transformation en énergie (bio-éthanol, biogaz) ou en synthons. Pour passer à l'application pratique, il fallait ensuite trouver une solution permettant de faire agir les champignons sélectionnés en milieu non microbiologiquement protégé.



Croissance de cinq souches de champignons sur paille de blé (témoin à gauche)

Toutes proportions gardées, on peut imaginer les retombées de ce projet en faisant une analogie avec les méthodes d'ensilage en élevage : elles se sont développées parce que leur bilan économique est favorable. C'est pourquoi un bilan technique et environnemental a été établi entre le surcoût du prétraitement Stockactif et les économies possibles lors de la transformation ultérieure (énergie, effluents chimiques, etc..).

LA REALISATION DU PROJET

Les recherches ont été réalisées à plusieurs échelles : sur quelques grammes pour sélectionner les champignons les plus efficaces, sur quelques centaines de grammes pour trouver les meilleures conditions et expliciter les mécanismes, puis sur plusieurs kilos pour identifier les difficultés d'extrapolation industrielle et pour pouvoir faire une étude technico-économique et environnementale la plus réaliste possible.

Pour la transformation proprement dite, des méthodes de fermentation en milieu solide (FMS) ont été utilisées. Le degré de transformation a été mesuré par des tests représentatifs de l'usage final (potentiel biogaz, tests d'hydrolyse, potentiel éthanol) et aussi par des mesures mécaniques pour quantifier comment le pré-traitement biologique pouvait diminuer l'énergie de broyage de la matière entrante. Les réactions biochimiques ont été suivies par des méthodes de biologie moléculaire et des méthodes permettant de distinguer la transformation relative de la lignine par rapport aux sucres (spectrofluorométrie 3D, pyrolyse couplée à la chromatographie et à la spectrométrie de masse).



Une configuration industrielle du procédé a été imaginée et ses premières étapes ont été testées par les partenaires industriels du projet. Cette configuration a servi de cadre pour la comparaison technico-économique et environnementale qui a été réalisée par un partenaire spécialisé, en utilisant les données numériques obtenues aux différentes échelles.

LES RESULTATS MAJEURS

Les recherches à l'échelle laboratoire ont permis d'identifier une souche de champignon (parmi environ 175 testées) présentant des caractéristiques particulières et de définir ses conditions optimales d'utilisation. Les essais à plus grande échelle ont montré la possibilité de réaliser le pré-traitement Stockactif en utilisant un « levain » à l'état solide. La souche et le procédé de pré-traitement ont été brevetés. Cette souche a aussi été intégrée dans un programme plus large de collaboration internationale.

Des méthodes innovantes (dans le domaine de la FMS) et des équipements nouveaux (dans le domaine des mesures mécaniques et du broyage) ont été développés et publiés. Ces acquis sont maintenant disponibles pour être utilisés en routine dans les laboratoires participants. Un équipement original de mesure mécanique a notamment été reproduit en quatre exemplaires pour équiper les laboratoires des partenaires du projet.

Les bilans technico-économiques et environnementaux réalisés dans l'hypothèse d'unités de taille industrielles montrent que les surcoûts d'investissement liés à l'installation de la plateforme de pré-traitement Stockactif sont relativement faibles (quelques %) mais ne sont pas compensés par une diminution des frais de fonctionnement puisque ceux-ci sont équivalents dans le cas de l'éthanol et plus élevés dans le cas du biogaz, du fait de la perte de masse. Du point de vue environnemental, les résultats sont contrastés, avec une nette amélioration des critères de l'ACV pour la voie éthanol et une légère dégradation pour la voie biogaz, qui est déjà intrinsèquement performante et qui subit là encore l'effet de la perte de masse liée au pré-traitement.

LES PERSPECTIVES

Dans le domaine scientifique, ce projet a servi de point de départ à au moins deux projets collaboratifs nationaux qui s'intéressent au potentiel des traitements fongiques en milieu solide pour obtenir des molécules particulières. Par ailleurs, la souche brevetée Stockactif a été, avec d'autres, intégrée dans un vaste programme international de génomique fonctionnelle mené par le Joint Genome Institute (JGI) du Département de l'Energie des USA (USA-DOE). Cette opportunité nous a permis de faire séquencer son génome et d'utiliser ces résultats pour l'étude de transcriptomique menée dans le cadre du projet Stockactif.

Les essais de mise au point d'un procédé de production de levain Stockactif à l'échelle de plusieurs centaines de kg ont permis d'identifier les points clés du compromis à trouver. A court terme, les équipements industriels existants ne sont pas adaptés pour gérer ce compromis, mais à moyen terme ce sujet pourrait être réactivé si une utilisation particulière du procédé Stockactif était souhaitée, notamment pour transformer avec un impact environnemental faible des matières premières particulièrement récalcitrantes.

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Le projet a été l'occasion d'accueillir un doctorant et une doctorante, l'un dans les équipes de BBF à Marseille et de FARE à Reims, l'autre dans l'équipe du LBE à Narbonne. Outre leur mémoire de thèse, ces doctorants ont rédigé ou participé à la rédaction de 12 articles scientifiques et présenté plus de 9 communications et posters.

Un brevet associant 3 laboratoires publics a été déposé. Il s'intitule « Prétraitement de biomasses lignocellulosiques par des champignons filamenteux pour la production de bioénergies ».

INFORMATION GENERALE

Le projet STOCKACTIF est un projet de recherche collaboratif impliquant 9 partenaires et coordonné par l'UMR FARE de Reims. Il a associé 4 autres laboratoires publics (UMR BBF Marseille, UMR IATE Montpellier, UR LBE Narbonne, UMR BIEMCO-ECOSYS Grignon) ainsi que 2 PME (Envolure, Solagro) et 2 grands groupes (Ets Soufflet, Vivescia). Le projet a commencé en avril 2012 et a duré 4 ans et 3 mois. Il a bénéficié d'une aide ANR d'environ 900 k€ pour un coût global de l'ordre de 2,7 M€.

