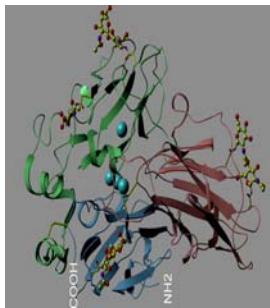


## Les Champignons Filamenteux au service des filières biocarburant et papetière

L'évolution ces dernières années des connaissances à l'interface de la biologie, de la chimie et de l'analyse structurale a permis de mieux comprendre l'organisation des parois végétales de plantes d'application. Dans ces parois, la modification enzymatique des propriétés des composés aromatiques représente un enjeu stratégique émergent, aussi bien pour permettre la valorisation des autres constituants pariétaux dans le domaine de la Chimie Verte (biocarburants et fibres papetières), que pour l'obtention à partir de ces composés aromatiques de molécules-clés entrant dans l'élaboration des aliments.

Les champignons filamenteux lignolytiques, qui représentent la première source du monde microbien d'enzymes performantes dans ce domaine, ont été retenus comme outils au service de ces transformations. Ces travaux s'inscrivent également dans le cadre de travaux réalisés par l'unité de recherche Biotechnologie des Champignons Filamenteux dans le domaine de l'étude de la biodiversité fonctionnelle des ressources fongiques.

Dans ce contexte, les priorités de l'unité consistent à produire des connaissances génériques sur les champignons filamenteux en y associant des méthodologies appropriées, afin d'améliorer leurs potentialités de transformation. La réalisation de ces travaux a exigé :



Structure tridimensionnelle de la laccase de *Pycnoporus cinnabarinus*

- l'identification d'un modèle de basidiomycète d'intérêt technologique : *Pycnoporus cinnabarinus* a été retenu, en raison de l'état dicaryotique de son mycélium végétatif et de sa capacité à fructifier en laboratoire qui permettent de réaliser son amélioration génétique. De plus la présence dans son système lignolytique de métalloenzymes à cuivre et à fer stratégiques pour la réalisation de transformations orientées de composés aromatiques a été observées. La mise en évidence de réseaux métaboliques originaux permettant de fonctionnaliser ces mêmes structures aromatiques font de ce champignon un modèle de premier plan. L'unité a été à l'origine du choix de ce modèle, qui est en passe de devenir l'un des principaux basidiomycète de référence en Europe,
- la mise en place d'une **stratégie de recherche intégrée** grâce à la création d'un réseau de collaborations académiques et industrielles pluridisciplinaires, autour de trois actions complémentaires, qui représentent les fronts de science dans lesquels s'inscrivent la démarche de l'unité.

Trois actions sont actuellement en cours :

- la connaissance et la maîtrise des modes de reproduction des basidiomycètes afin de pouvoir construire par la Génétique Formelle des génotypes stables et performants. Ces travaux couplés à l'étude de l'expression hétérologue ou homologue des gènes d'intérêt nous permettent de comprendre les **mécanismes de régulation** qui gouvernent la synthèse des enzymes-clés impliquées dans les **opérations de transformation**.
- l'amélioration des **performances des enzymes** ciblées grâce à deux approches complémentaires. La première, se situe au niveau de l'étude structurale de ces enzymes, qui vise à une meilleure compréhension des mécanismes catalytiques mis en œuvre. La deuxième approche vise la construction hétérologue de complexes pluri-enzymatiques (nanosomes) associant des enzymes aux propriétés complémentaires, nous permettant de disposer d'outils enzymatiques modulables adaptés à la transformation des parois végétales.
- la compréhension et l'orientation des **mécanismes enzymatiques** *ex situ* ou *in vivo* de transformation des composés aromatiques pariétaux. Cette action permet de répondre aux questions du partenariat industriel mis en place sur cette thématique. Deux grands champs d'applications aux objectifs finalisés différents ont été définis en fonction de la nature des mécanismes enzymatiques mis en œuvre : ils concernent la déstructuration des composés aromatiques polymériques de type lignine dans le domaine des **biocarburants et du secteur papetier** et la fonctionnalisation des composés aromatiques féruloylés à usage alimentaire pour l'obtention d'agropolymères.

### Contact scientifique :

Marcel ASTHER, Unité mixte de recherche Biotechnologie des champignons filamenteux INRA-Univ. Aix-Marseille

I-Univ. Aix-Marseille II, Marseille, Centre INRA d'Avignon

Tél : 04 91 82 86 04 - mél : marcel.asther@esil.univ-mrs.fr

Contact presse : Service de presse INRA, Tél : 01 42 75 91 69

# Les Champignons Filamenteux au service de la filière biocarburants : de nouveaux outils de transformation orientée de la Biomasse



## Enjeux économiques du Bioéthanol à partir de la biomasse lignocellulosique

Le développement de la production d'éthanol à partir de substrats lignocellulosiques répond aux directives européennes qui souhaitent un ajout de biocarburants dans l'essence sans plomb de 5,75 % en 2010. L'éthanol, utilisé directement ou après transformation en ETBE, devrait représenter l'essentiel des biocarburants dans le cas des essences reformulées, avec des volumes qui imposent de diversifier les substrats agricoles de la fermentation éthanolique.

La quantité d'éthanol qui peut être obtenue à partir de paille de blé par exemple est de l'ordre de 235 L/t de matière sèche avec des souches de levure industrielles ne fermentant pas les pentoses.

L'hydrolyse enzymatique par les champignons filamenteux constitue l'un des principaux freins à l'utilisation de cette biomasse pour la production de biocarburants, son coût représente environ 50% du prix de revient de l'éthanol.

## Enjeu du Bioéthanol pour la réduction des émissions des gaz à effet de serre

Le remplacement partiel de carburants d'origine fossile par des composés issus de la biomasse va dans le sens du développement durable et de la diminution des émissions des gaz à effet de serre, notamment du CO<sub>2</sub>. Concernant les moteurs à allumage commandé, les émissions de CO<sub>2</sub> à partir d'essences sont de 216 g/km parcouru et de 183 g/km à partir d'ETBE. La réduction des émissions des gaz à effet de serre sera encore plus importante allant de 60 à 80% quand il s'agit d'éthanol issu de la partie cellulosique du blé par rapport aux émissions à partir d'essences (Sommet Mondial sur l'éthanol, Québec, Canada, 03-04/11/2003).

## Mise en place d'un Programme Intégré Européen "NILE" : du modelage des génomes fongiques aux essais moteurs

L'objectif de ce projet coordonné par l'IFP est de développer un procédé viable de production d'éthanol carburant à partir de matières premières lignocellulosiques, paille de blé et bois tendre. Ce projet vise à améliorer par voie biotechnologique les deux verrous technologiques majeurs de cette voie qui sont le coût de l'hydrolyse enzymatique par les champignons filamenteux de la cellulose en sucres fermentescibles et la mauvaise conversion des pentoses présents dans la fraction hémicellulosique par les souches de levure actuelles. Les lignées fongiques et de levures mises au point seront validées dans un pilote entièrement intégré afin d'obtenir des données fiables pour une évaluation technico-économique de la filière chez la Société suédoise ETEK. Le bio-éthanol produit sera par ailleurs utilisé pour des tests en bancs moteurs et sur véhicules chez Fiat. Le projet inclut une composante formation importante.

Le projet NILE rassemble 21 partenaires (venant de 12 pays), pour l'essentiel de grande notoriété, aux compétences complémentaires :

- 5 centres de recherche : IFP, VTT (FIN), CRFiat (I), INRA...
- 6 universités : Universités de Lund (S), de Francfort et de Lisbonne, ETH Zürich, Weizmann Institute Israël...
- 8 industriels : pétrolier (Enitecnologie), producteurs d'éthanol (Sekab) et d'enzymes fongiques, sociétés de biotechnologie (PME ayant des technologies propriétaires d'amélioration par voie génétique), ou encore ETEK, société suédoise qui possède le pilote intégré dédié à la production d'éthanol à partir de matériaux lignocellulosiques.

## Implication de l'INRA dans le projet NILE (lancement le 06 Octobre 2005) coordonné par l'Institut Français du Pétrole

L'Unité de recherche Biotechnologie des Champignons Filamenteux de Marseille est la seule composante INRA de ce projet, elle a en charge la coordination du WP1 autour de 3 actions prioritaires :

- Le criblage fonctionnel à haut débit des ressources génétiques du Centre Français de Ressources Fongiques de l'UMR et l'amélioration par évolution dirigée des enzymes fongiques ciblées (partenariat avec le VTT en Finlande et la société allemande DERIVO Biotech).
- Le modelage du génome de *Trichoderma reesei* par l'incorporation d'enzymes auxiliaires de Basidiomycètes. La construction moléculaire de nanosomes et d'enzymes chimères sera également réalisée (partenariat avec le Weizmann Institute of Sciences en Israël, le CNRS Marseille et l'IFP).
- La maîtrise et la conduite de bioréacteurs à haute densité fongique en liaison avec l'étude des secretomes des lignées sélectionnées représentera un autre des grands enjeux de ce projet (partenariat avec la société finlandaise Roal Oy et la PME Française SAF-ISIS).

**Contact scientifique :** Marcel ASTHER Tél : 04 91 82 86 04 - mél : marcel.asther@esil.univ-mrs.fr

**Contact presse :** Service de presse INRA, Tél : 01 42 75 91 69