



# Les Biotechnologies Blanches au Service des Bioénergies

TEBBOUCHE Latifa

*Centre de Développement des Energies Renouvelables  
BP. 62 Route de l'Observatoire Bouzaréah - Alger, Algérie I  
Ecole Nationale Polytechnique d'Alger  
10, Avenue Hacène Badi, B.P. 182, El-Harrach 16200, Alger, Algérie*

[latifatebb@yahoo.fr](mailto:latifatebb@yahoo.fr)

[latifatebb@cder.dz](mailto:latifatebb@cder.dz)

## Résumé —

*L'utilisation de la biocatalyse (microbienne et enzymatique) dans la production d'énergies renouvelables et propres, comme le biodiesel, le bioéthanol et biohydrogène, est au cœur des enjeux actuels en matière de biotechnologies et de valorisation de la biomasse. En effet elle consiste en l'application contrôlée des microorganismes vivants et morts ou leurs composants cellulaires dans la production directe des biocarburants, ou dans les piles à combustible pour convertir la matière organique en électricité.*

**Mots clés**— bioénergie, biocatalyse, biocarburant

## I. INTRODUCTION

Les principales applications des biotechnologies blanches incluent la biocatalyse, la fermentation, la valorisation de la biomasse, etc. et leur utilisation s'insère dans les domaines de l'agroalimentaire, de la chimie et de la bioénergie. OÙ ce dernier secteur a connu une certaine considération et un intérêt de très près à ces technologies.

En effet certains biotechnologues définissent la biotechnologie comme « une technologie appliquant les potentiels des êtres vivants et leur possibilité de modification sélective et programmée à l'obtention de produits, de biens et de services ».

Les différentes applications des biotechnologies se répartissent en deux groupes distincts :

- Le remplacement des matières premières fossiles par des matières premières renouvelables (biomasse).
- Le remplacement d'un procédé conventionnel non biologique par un autre procédé fondé sur des systèmes biologiques, comme par exemple des cellules ou des enzymes entières utilisées comme réactifs ou catalyseurs. [1].

## II. LA BIOCATALYSE DANS LA PRODUCTION DES BIOENERGIES

Selon la plate-forme enzymatique et la biomasse utilisée, nous pouvons distinguer trois principaux groupes d'énergies propres. Deux grandes filières sont destinées à la production de biocarburants (le bioéthanol pour les véhicules à essence et les huiles végétales ou biodiesel pour les véhicules diesel), et une voie pour le pille à biocombustible [2].

### 1) Le biodiesel :

La conversion d'huiles végétales à court chaîne méthyle ou d'un autre ester en une seule réaction de transestérification à l'aide de lipases conduit à la production de biodiesel de haute qualité. Cette technologie permet de surmonter les inconvénients de transformations chimiques à base d'acide-base ou des catalyseurs car elle réduit la consommation d'énergie et la nécessité de séparation du catalyseur du mélange réactionnel. Dans ce contexte un nouveau catalyseur enzymatique pour produire du biodiesel été développé. La nouvelle méthode mise au point génère in situ le biocatalyseur hybride alvéolaire au sein d'une colonne de type chromatographique. Cette innovation permet désormais une synthèse en flux unidirectionnel, continu et de façon durable puisque l'activité catalytique et la productivité en ester d'éthyle sont maintenues à des niveaux élevés et quasi-stationnaires sur une période de 2 mois [3].

### 2) Le bioéthanol :

Pour la plupart des déchets de biomasse, la teneur en sucres libres est bien inférieure à la teneur en polysaccharides totaux (cellulose, hémicelluloses et, éventuellement, amidons). Il est



## Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



alors nécessaire de faire subir aux déchets une étape préalable d'hydrolyse permettant de transformer les polysaccharides en sucres libres pouvant être fermentés par les bactéries, les levures et les champignons pour produire de l'éthanol. La technologie actuellement disponible pour la conversion est l'hydrolyse acide de la biomasse en sucres, mais les technologies alternatives, utilisant des enzymes telles que  $\alpha$ -amylases, glucoamylase, les invertases, les lactases, les cellulases et hémicellulases, pour hydrolyser l'amidon, le saccharose, le lactose, la cellulose ou l'hémicellulose en sucres.

Les levures (*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces uvarum*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Kluyveromyces sp*, *Kluyveromyces marxianus* (*Kluyveromyces fragilis*, *Kluyveromyces lactis* *Candida pseudotropicalis*.) et les bactéries, comme *Zymomonas mobilis*, sont les plus utilisées, présentant chacune des avantages et des désavantages, notamment en fonction de la composition du substrat et du procédé employé [4].

Afin d'améliorer les rendements de conversion en éthanol et de réduire les coûts, il est envisagé d'effectuer l'hydrolyse enzymatique et la fermentation en une seule étape, au sein du même réacteur. C'est le principe du procédé SSF (Simultaneous Saccharification and Fermentation) où les enzymes peuvent être présentes dans le produit de base ou apportées directement pour déclencher la réaction.

L'utilisation des formes immobilisées des cellules de microorganismes dans les processus de production de divers biocarburants est une approche innovatrice pour la résolution du problème d'intensification et l'amélioration de rendement économique et environnemental d'installations existantes. En effet la biocatalyse basée sur l'immobilisation des levures et des champignons filamenteuse a donné des degrés élevés de conversion des substrats consommés (variété de déchets industriels et agricole) au produit cible (bioéthanol biobuthanol) [5,6]

### 3) Biohydrogène et les cellules de biocarburants :

La possibilité d'utiliser l'hydrogène moléculaire comme une source d'énergie efficace et sans pollution a attiré beaucoup l'attention.

Les cellules de biocarburant appartiennent à une classe spéciale de piles à combustible où des biocatalyses comme des microorganismes ou des enzymes est employé au lieu des catalyseurs inorganiques métalliques.

Le biocatalyseur dans une cellule de biocarburants peut tout simplement promouvoir la production des carburants simples, comme l'hydrogène ou méthane, à partir des substrats plus complexes, tels que les sucres. Ces combustibles simples sont alors oxydé par des catalyseurs inorganiques à la surface de l'électrode pour produire de l'électricité.

Deux voies s'ouvrent donc pour la biocatalyse dans les piles à combustible :

– la voie enzymatique dans laquelle l'enzyme joue le rôle de catalyseur biologique des réactions cathodique et/ou anodique

– la voie microbiologique qui fait intervenir les bactéries adhérentes qui catalysent directement ou indirectement ces réactions [7].

#### a) La pile à combustible enzymatique (biofuel cells) :

Il s'agit le plus souvent d'enzymes permettant l'oxydation du substrat pris comme combustible dans le compartiment anodique et la réduction de l'oxygène dans le compartiment cathodique.

L'un des points clés concerne la fixation des enzymes sur les électrodes (piégeage dans une matrice de polymères conducteurs, liaison covalente avec le site actif de l'enzyme intégrant un composé médiateur, adsorption couche par couche. La première pile à biocombustible à base d'enzyme était conçue en 1964 en utilisant la glucose-oxydase comme le catalyseur anodique et le glucose comme combustible [7]. Différentes classes d'oxydoréductases sont utilisées telles que les oxydases ou les hydrogénases pour l'oxydation, ou les laccases et peroxydases pour la réduction. Elles nécessitent l'utilisation d'outils moléculaires pour établir un transfert électronique efficace entre les sites actifs des enzymes et les électrodes.

Ces techniques sont généralement relativement sophistiquées, difficiles à mettre en œuvre, et donc coûteuses, surtout pour de grandes surfaces d'électrodes. De plus, les surfaces ainsi modifiées ne restent souvent actives que peu de temps. Les piles enzymatiques sont donc pour l'instant plutôt destinées à des niches spécifiques comme la bioélectronique ou les systèmes médicaux implantables de plus les récentes études ont été orientées vers des applications spéciales [7,8].

#### b) Piles à combustible Microbienne (microbial fuel cell) :

Le concept est de transformer l'énergie chimique en électricité grâce aux activités catalytiques des microorganismes utilisés en cultures pures ou mixtes (*Geobacter sulfurreducens*, *Rhodospira ferriducens* ou *Clostridia sp.*). Ces piles à bactéries sont désignées par l'acronyme MFC (Microbial Fuel Cell). Leur principe repose sur une cathode alimentée en oxygène et une anode constituée d'une électrode placée au sein d'une chambre contenant des bactéries et des éléments nutritifs. Si le potentiel de cette fonctionnalité microbienne est immense, le passage de la paillasse à la réalité industrielle demande encore des travaux afin d'accroître les performances de cette transformation [7].



**Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



### III. CONCLUSIONS

TABLE I  
EXEMPLES DE CULTURES UTILISEES COMME BIOCATALYSEURS  
POUR LES PILES A COMBUSTIBLE MICROBIENNES [9]

Type de culture	Microorganisms	Référence
Culture pure	<i>Shewanella putrefaciens</i> <i>Geobacter sulfurreducens</i> <i>Rhodospirillum rubrum</i>	Kim et al.2002 Bond&lovely.2003 Chaudhuri&lovely.2003
Culture mixte	<i>Clostridium cellulolyticum</i> et <i>Geobacter sulfurreducens</i>  <i>Proteus vulgaris, bacillus subtilise et Escherichia coli</i>	Ren et al.2008  Delaney et al.1984
consortia	Sédiments marins Boues aérobies Boues anaérobies Sol Terreau de jardin Fumier Rumen de vache	Reumers et al.2001 Lee2003 Kim et al.2007 Niessen et al.2006 Parot et al.2007 Scott & murano.2007 Rismani et al.2007

Ces microorganismes ont plusieurs appellations: anodophiles, exoelectrogens, electrogenic, anode-respiring bacteria et electrochemically active bacteria[9]

L'utilisation de plus en plus de matières premières renouvelables, pour favoriser des conditions de développement durable ne pourra qu'accroître les travaux de mise en œuvre de biocatalyseurs qu'on leur attribue les avantages suivants : la biodégradabilité, sélectivité, faible formation des sous produits toxiques, toutefois il est nécessaire de surmonter leur coût élevé et la faible stabilité enzymatique.

### REFERENCES

- [1] Les biotechnologies au service de la durabilité industrielle, OCDE2001
- [2] M. Alcalde, M. Ferrer, F.J. Plou „A.Ballesteros” Environmental biocatalysis: from remediation with enzymes to novelgreen processes” TRENDS in Biotechnology Vol.24 No.6 June 2006.
- [3] <http://www.cnrs.fr>
- [4] M. COT, Etudes physiologiques de l'adaptation et de la résistance de la levure *Saccharomyces cerevisiae* au cours de la production intensive d'éthanol, l'INSA de Toulouse, 2006.
- [5] Efremenko, E. N., Stepanova, N. A., Nikolskaya, A. B., Biocatalysts Based on Immobilized Cells of Microorganisms in the Production of Bioethanol and Biobutanol, Catalysis in Industry, Vol. 3, No. 1, pp. 41–46, 2011.
- [6] J.Szczodrak, Hydrolysis of lactose in whey permeate by immobilized  $\beta$ -galactosidase from *Kluyveromyces fragilis* Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 10 . 631–637, 2000.
- [7] D.Féron, A. Bergel, Piles à combustible utilisant des enzymes et des biofilms comme catalyseurs, Éditions Techniques de l'Ingénieur, France.
- [8] J.Kim, H.Jia, P.Wang, “Challenges in biocatalysis for enzyme-based biofuel” cells, Biotechnology Advances ,24, 2006.
- [9] B.Cercado, Traitement de déchets issus de l'industrie agro-alimentaire par pile a combustible microbienne, thèse Doctorat De L'université De Toulouse, 2009.