



Le 5<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables  
The 5<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2018



# Production d'Hydrogène par Photo Fermentation via *Rhodobacter sp.*

S. Menia<sup>\*1</sup>, F. Lassouane<sup>1</sup>, Y. Bakouri<sup>1</sup>, I. Nouicer<sup>1</sup>, H. Tebibel<sup>1</sup>, A. Khellaf<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre de Développement des Energies Renouvelables  
BP. 62 Route de l'Observatoire, Bouzareah 16340, Algiers, Algeria

\*s.menia@cder.dz

**Résumé**—La production d'hydrogène photo fermentaire est influencée par plusieurs paramètres, dont le pH et la température. Dans cette étude, les résultats expérimentaux obtenus à partir de cultures discontinues de *Rhodobacter sp. KKU-PS1* en fonction de la température et du pH. A cet effet, un plan factoriel complet a été utilisé, en utilisant des températures de 26, 30 et 34 ° C et des pH de 6,5 ; 7 et 7,5. Les résultats ont confirmé que ces deux paramètres affectent significativement la production d'hydrogène. Les modèles de régression ont révélé une production maximale d'hydrogène de 1623 ml à 25 ° C et pH = 7. Des expériences de validation aux optima calculés ont confirmé ces résultats.

**Mots clés**— Photo fermentation, *Rhodobacter sp. KKU-PS1*, conception factorielle, température, hydrogène

## I. INTRODUCTION

À l'heure actuelle, les combustibles fossiles sont considérés comme la principale source d'approvisionnement en énergie. Cependant, en raison de leur demande croissante et de leur disponibilité limitée, une source d'énergie alternative est nécessaire. L'hydrogène est l'un des carburants les plus prometteurs de l'avenir en raison de sa teneur énergétique élevée (122 kJ.g<sup>-1</sup>), soit 2,72 fois plus élevée que celle de l'essence. En outre, H<sub>2</sub> est un vecteur énergétique important et peut être utilisé dans les piles à combustible pour la production d'électricité. Cependant, l'hydrogène gazeux n'est pas facilement disponible dans la nature, tout comme les combustibles fossiles et le gaz naturel, mais il peut être produit à partir de matériaux renouvelables, tels que la biomasse et l'eau. La production biologique d'hydrogène est écologique. En particulier, ce procédé peut utiliser une variété de substrats organiques comme sources de carbone, y compris les déchets. Par conséquent, il existe un double avantage : la réduction des déchets et la production d'énergie.

La combinaison de bactéries photosynthétiques avec des bactéries fermentatives peut augmenter la quantité d'hydrogène produite par le système, et en même temps, il y a

une réduction de la matière organique résiduelle. La culture de photo fermentation est très prometteuse en raison de la pureté du biogaz produit. Cependant, le potentiel de différents substrats doit être considéré, comme dans le cas quand la fermentation sombre doit être couplée au processus de photo fermentation, où l'acétate, le propionate et le butyrate sont générés. En outre, il peut être intéressant d'évaluer l'utilisation d'un consortium au lieu d'une culture pure car les conditions stériles sont inutiles, ce qui rend le fonctionnement d'un réacteur plus facile à contrôler. En outre, un consortium microbien peut présenter une meilleure robustesse contre les inhibiteurs qui peuvent être produits par des variations du substrat introduit dans le système [1].

Dans cette étude, l'hydrogène est produit par photo fermentation via les bactéries *Rhodobacter sp.*

## II. MATERIEL ET METHODE

### A. Optimisation du pH initial et de la température d'incubation

La méthodologie des surfaces de réponse (RSM) avec la conception composite centrale (CCD) a été appliquée pour déterminer les effets majeurs et interactifs de deux facteurs indépendants, à savoir, le pH initial (6,5-7,5) et la température d'incubation (26-34°C). Les plages de pH initial et de température ont été choisies à la suite d'une recherche dans la littérature. Les rapports précédents indiquaient qu'un pH initial de 7 était optimal pour la croissance cellulaire et la production d'hydrogène alors que l'hydrogène ne peut pas être produit à un pH initial de 5. Par conséquent, le pH initial testé dans cette étude était de l'ordre de 6,5-7,5. Il y avait plusieurs plages de température pour la production de photo-hydrogène. Par exemple, la gamme de température de production d'hydrogène par *Rhodobacter sp* était entre 31-36°C [2] et 27,5-32,5°C pour *Rp. palustris CQK 01* [3]. Ainsi, afin de couvrir la température optimale possible pour la production d'hydrogène par la souche KKU-PS1, la fermentation à 22-38°C a été étudiée. La production cumulative maximale



**Le 5<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 5<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2018



d'hydrogène ( $H_{max}$ ) a été choisie comme réponse souhaitable dans une culture discontinue.

TABLEAU I  
PLAN COMPOSITE CENTRAL

pH	Température (°C)	$H_{max}$ (ml/L)
7	30	1122,4
6,5	26	1232,5
7,5	34	714
6,5	34	916,5
7,5	26	1048
7,5	30	690,5

Un modèle quadratique a été utilisé pour optimiser les facteurs environnementaux clés.

$$Y_i = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \sum \beta_{ii} X_i^2 + \sum \beta_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

Où  $Y_i$  est la réponse prédite ( $H_{max}$ ),  $\beta_0$  est une constante,  $\beta_i$  est le coefficient linéaire,  $\beta_{ii}$  est le coefficient carré,  $\beta_{ij}$  est le coefficient d'interaction, et  $x_i$  est la variable. Les variables de réponse ( $H_{max}$ ) ont été ajustées en utilisant une équation polynomiale quadratique prédictive afin de corrélérer la variable de réponse aux variables indépendantes. Les conditions d'essai ont été conçues avec des données expérimentales. Un calcul de différenciation a ensuite été utilisé pour prédire les valeurs optimales des différents facteurs maximisant  $H_{max}$  du nouvel isolat dans la fermentation par lots.

### III. RESULTATS ET DISCUSSION

#### A. Optimisation du pH initial et de la température d'incubation sur la production de bio-hydrogène par KKU-PS1

Les effets du pH initial ( $X_1$ ) et de la température d'incubation ( $X_2$ ) sur  $H_{max}$  ont été étudiés. Le modèle de régression est montré dans l'équation (2)

$$H_{max} = -51750,62 + 18642,40X_1 - 739,25X_2 - 1340,60X_1^2 + 11,91X_2^2 - 2,25X_1X_2 \quad (2)$$

Les résultats ont indiqué qu'une augmentation du pH initial et de la température d'incubation entraînait une diminution substantielle de  $H_{max}$ . Une valeur maximale de 1623 ml  $H_2/L$  à un pH initial de 7 et une température d'incubation de 25°C a été observée. Le pH est un facteur très important qui influence le métabolisme. Le site actif et les caractéristiques de la réaction biochimique de l'enzyme nitrogénase, l'enzyme responsable de la production d'hydrogène, ont été affectés par sa forme ionique à différentes valeurs de pH dans le milieu de culture [4].

La température a une fonction importante de déplacer les voies métaboliques vers la production de photo-hydrogène. Il affecte la synthèse cellulaire, le taux de production d'hydrogène et l'efficacité de conversion des substrats des bactéries productrices de photo-hydrogène. Le pH initial

optimal de 7,0 dans notre étude s'est avéré cohérent avec les autres rapports [5]. La température optimale dans notre étude était légèrement inférieure à d'autres rapports, où la plage de température optimale de *Rhodobacter sp* était entre 30 et 32°C [6]. En revanche, Wang et al ont trouvé que la température optimale pour *Rp. palustris* CQK 01 se situait entre 27,5 et 32,5°C.

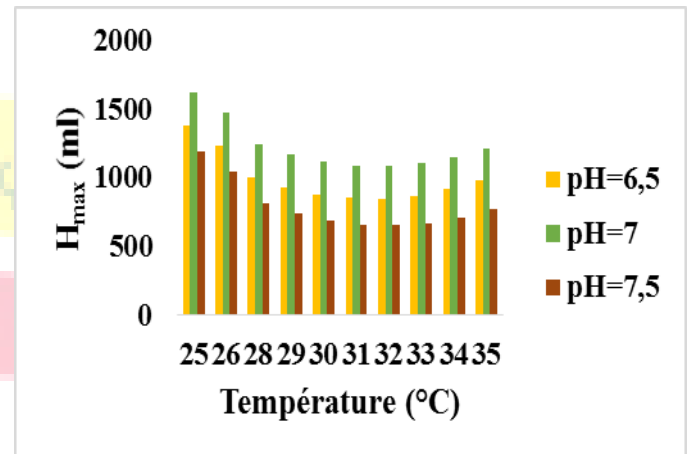


Fig. 1 Effet du pH et de la température sur la production d'hydrogène

TABLEAU II  
CONFIRMATION DES EXPERIENCES DE PRODUCTION DE  
PHOTO-HYDROGENE

Condition	pH	Température (°C)	$H_{max}$ (ml/L)
Optimum	7	25	1623
Bas	6,5	26	1232
Centre	7	30	1122
Haut	7,5	34	714

### IV. CONCLUSIONS

La souche KKU-PS1 utilisait efficacement dix sources de carbone pour la production d'hydrogène. L'acide malique était une source de carbone préférée pour la production d'hydrogène. Le pH initial et la température d'incubation ont eu un effet significatif sur  $H_{max}$ , mais il n'y avait pas d'effets d'interaction entre le pH initial et la température d'incubation. La maximisation de  $H_{max}$  s'est produite au pH initial optimal de 7 à une température d'incubation de 25°C. Dans ces conditions, une valeur maximale de  $H_{max}$  de 1623 ml  $H_2/L$  a été obtenue.

### REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'équipe multi sources et stockage de la division hydrogène-énergies renouvelables d'avoir participé à l'élaboration de ce travail.



## Le 5<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

### The 5<sup>th</sup> International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa - Algérie 24 - 25 Octobre 2018



#### REFERENCES

- [1] R. Cardena, G. Moreno, I. Valdez-Vazquez, G. Buitron, "Optimization of volatile fatty acids concentration for photo fermentative hydrogen production by a consortium", *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 40, pp. 17212-17223, 2015.
- [2] N. Basak N, A. K. Jana, D. Das, "Optimization of molecular hydrogen production by Rhodobacter sphaeroides O.U.001 in the annular photo bioreactor using response surface methodology", *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 39, pp.11889, 2014.
- [3] Y. Z. Wang, Q. Liao, X. Zhu, X. Tian, C. Zhang, "Characteristics of hydrogen production and substrate consumption of Rhodospseudomonas palustris CQK 01 in an immobilized-cell photo bioreactor," *Bio resource Technology*, vol. 101, pp. 4034, 2010.
- [4] T. Assawamongkholsiri, A. Reungsang. "Photo-fermentation hydrogen production of Rhodobacter sp. KKU-PS1 isolated from an UASB reactor", *Electronic Journal of Biotechnology*, vol. 18, pp. 221-230, 2015.
- [5] M. S. Kim, D. H. Kim, J. Cha, "Culture conditions affecting H<sub>2</sub> production by phototrophic bacterium Rhodobacter sphaeroides KD131", *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 37, pp. 14055, 2012.
- [6] A. Pandey, N. Srivastava, P. Sinha, "Optimization of hydrogen production by Rhodobacter sphaeroides NMBL-01", *Biomass Bioenergy*, vol. 37, pp. 251-256, 2012.

