

**BIOPRODUCTION D'HYDROGENE
 PAR DES MICROORGANISMES PHOTOSYNTHETIQUES**

Sommaire

- 1 – Principe*
- 2 – Stratégie scientifique*
- 3 – Verrous scientifiques*
- 4 – Etat des recherches*
- 5 - Liens*

1 - Principe

Les organismes photosynthétiques, comme certaines algues vertes unicellulaires ou cyanobactéries, possèdent l'avantage de produire de l'hydrogène à partir de l'énergie solaire en utilisant l'eau comme donneur d'électrons et de protons sans le dégagement parallèle de gaz à effet de serre (CO₂) inhérent aux autres organismes hétérotrophes. Dans ce cas, un procédé totalement propre basé sur la photosynthèse peut être envisagé, avec comme source d'énergie les deux plus importantes ressources de notre planète, l'eau et le soleil.

2 - Stratégie scientifique

Afin de mener à bien le développement d'un procédé de production de biohydrogène mettant en œuvre les capacités naturelles des microorganismes photosynthétiques, la démarche scientifique doit intégrer les problématiques biologiques et procédés à chacune des étapes des recherches. C'est en effet en comprenant les phénomènes métaboliques entrant en jeu dans la production de biohydrogène et en définissant le réacteur adéquat fournissant à la culture de microalgues les conditions optimales qu'un tel procédé peut s'avérer comme potentiellement intéressant pour la production future d'énergie renouvelable de façon totalement propre.

3 - Verrous scientifiques

La découverte de la photoproduction d'hydrogène par les microalgues est assez ancienne (Gaffron, 1940). Le problème majeur expliquant le faible développement industriel de ce type de production vient de la nature transitoire du phénomène en conditions naturelles. L'arrêt rapide du processus de dégagement de l'hydrogène est lié au fait que l'hydrogénase, l'enzyme responsable de la

production d'hydrogène, est fortement sensible à l'oxygène dégagé en parallèle par la photosynthèse lors de la biophotolyse de l'eau. Toutefois, les avancées scientifiques récentes ont permis de mieux comprendre les mécanismes métaboliques et bioénergétiques impliqués dans la photoproduction d'hydrogène, et il apparaît ainsi intéressant de proposer des solutions techniques, basées notamment sur la flexibilité métabolique des algues, pour s'affranchir des limitations du processus.

4 - Etat des recherches

Dans le cadre du programme ENERGIE du CNRS sur la production d'hydrogène à partir d'énergies renouvelables, l'utilisation de cultures de microalgues est étudiée dans le cadre d'une collaboration entre les équipes concernées par les différents aspects scientifiques du sujet, et notamment le Laboratoire d'Ecophysiologie de la Photosynthèse (CEA de Cadarache) pour la partie biologie, et le Laboratoire de GENie des Procédés-Environnement-Agroalimentaire (GEPEA – Université de Nantes) pour la partie développement du procédé de production. L'objectif est de développer un procédé de photoproduction biologique d'hydrogène, ce qui va nécessiter dans un premier temps de comprendre et améliorer les processus biologiques impliqués, puis de le mettre en œuvre dans un photobioréacteur dédié.

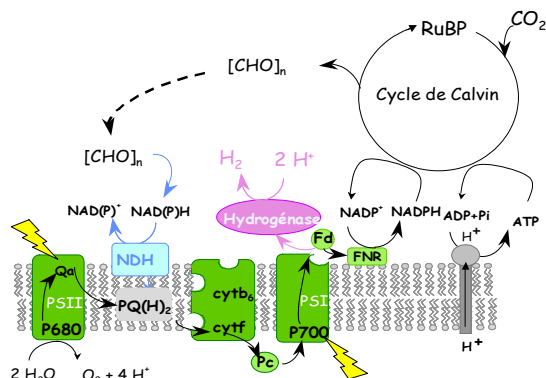
L'algue verte *Chlamydomonas reinhardtii* a été retenue comme espèce d'étude, celle-ci possédant une hydrogénase à fer à forte activité couplée à la chaîne photosynthétique. Lorsqu'elle est placée à la lumière en conditions anaérobies, cette algue produit transitoirement de l'hydrogène, en utilisant l'eau comme donneur d'électrons. Cette réaction s'arrête rapidement du fait de la production d'oxygène parallèle par photosynthèse et de la forte sensibilité de l'hydrogénase à ce gaz. Pour éviter ce problème, il est possible de tirer partie de la

flexibilité métabolique de l'algue en alternant des phases aérobies de constitution de biomasse et des phases anaérobies de production d'hydrogène. Au cours des phases anaérobies, le pouvoir réducteur issu de la dégradation des réserves carbonées permet la bioproduction d'hydrogène. La



production parallèle d'oxygène est empêchée par

l'utilisation de "switchs métaboliques" (dérivateurs métaboliques) telle que la carence minérale en soufre permette de réduire l'activité photosynthétique (les cellules consomment alors, par respiration, plus d'oxygène qu'elles n'en produisent et les conditions d'anaérobiose sont



Voies de bio-production d'hydrogène chez l'algue verte *Chlamydomonas reinhardtii*.

maintenues). D'autres types de "switchs" sont à l'étude.

Les premières études actuellement en cours sont au niveau physiologique et consistent en l'évaluation sur petits volumes des différentes possibilités pouvant amener à une production améliorée d'hydrogène. En effet, le métabolisme anaérobie des algues reste relativement mal connu, et les études menées sur les réactions métaboliques et bioénergétiques impliquées dans la bioproduction d'hydrogène laissent envisager des améliorations importantes en terme de productivité. Il s'agira par ces expériences de sélectionner les protocoles conduisant à une production optimale d'hydrogène et adaptés au fonctionnement d'un bioréacteur.

Les protocoles pertinents vont ensuite être testés sur un photobioréacteur spécialement dédié. Ce

photobioréacteur permet un contrôle poussé des différents paramètres influents sur la culture de microorganismes photosynthétiques et sur la photoproduction d'hydrogène (fourniture de lumière pour la photosynthèse, contrôle du milieu de culture, mélange, gestion des gaz et des cycles anaérobie/aérobie). Sa capacité de 1 litre permet de réaliser à l'échelle pilote des essais de production en continu d'hydrogène, et d'estimer l'efficacité des protocoles les plus intéressants. L'influence des paramètres pourra ensuite être étudiée et optimisée pour un protocole donné. Ces résultats seront utilisés pour une éventuelle extrapolation optimale à un procédé de production plus important. En combinant les recherches en terme de bioprocédés et au niveau cycle métabolique, de réels gains peuvent être attendus.



Photobioréacteur d'étude pour la bioproduction d'hydrogène

5 - Liens

Laboratoire GEPEA :

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/recherche/GEPEA/nsacc.html>

Laboratoire d'Ecophysiologie de la Photosynthèse :

http://www-dsv.cea.fr/content/cea/d_dep/d_devm/d_lep/

Programme ENERGIE du CNRS :

<http://www.cnrs.fr/cw/fr/prog/progsci/Energie.html>

<http://www.imp.cnrs.fr/energie/>