



Ce document est la transcription révisée, chapitrée et illustrée d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots et l'articulation des idées sont propres à l'intervention orale de l'auteur.

Production d'hydrogène par voie biologique

Lucile CHATELLARD

Doctorante – INRA

1. Contexte

Le dihydrogène que l'on appelle plus communément hydrogène est un gaz qui possède un pouvoir énergétique important, supérieur à la majorité des énergies que l'on utilise actuellement, ce qui fait de lui un vecteur énergétique d'intérêt. Sa faible densité a permis de l'utiliser dans les transports aériens comme les dirigeables mais son explosivité lui a valu une mauvaise réputation, cloisonnant son utilisation à la chimie industrielle. Actuellement, il n'est utilisé comme vecteur énergétique que dans l'aérospatiale comme carburant pour propulser les fusées et ponctuellement dans certains sous-marins militaires. Aujourd'hui, grâce à l'évolution des technologies et des outils en matière de sécurité, la filière hydrogène connaît un regain d'intérêt et c'est en tant que carburant pour les piles à combustible que l'hydrogène est voué à être utilisé dans un futur proche, comme par exemple pour les transports automobiles. Mais bien que ces applications tendent à se démocratiser, sa production de masse doit être développée pour répondre aux besoins énergétiques de la population.

2. Biophotolyse de l'eau

Dans cette filière en émergence, des technologies de production d'un hydrogène vert sont particulièrement intéressantes à mettre en œuvre notamment par l'utilisation de micro-

organismes. On distingue trois types de procédés de production de bio hydrogène par voie biologique. Le premier est la biophotolyse de l'eau. Il est réalisé par les micro algues ou des cyanobactéries, des organismes photosynthétiques qui, en présence de lumière, vont lyser les molécules d'eau pour produire et stocker des nutriments nécessaires à leur croissance. Si, après croissance, le milieu est carencé en soufre, ces micro-organismes vont utiliser leurs réserves en produisant par la même occasion du bio hydrogène. Cependant, ce procédé présente certains inconvénients. Tout d'abord il est indispensable d'apporter une source lumineuse et les surfaces de production doivent être maximales pour optimiser le contact entre les photons et les cellules photosynthétiques, ce qui augmente le coût du procédé. De plus, de l'oxygène est produit lors de la photosynthèse et cette molécule inhibe de manière irréversible les hydrogénases qui vont produire l'hydrogène. Enfin, l'hydrogène ne peut être produit qu'en seconde partie de culture, on a donc besoin de deux étapes : une pour la culture et une seconde en carence de soufre ce qui ajoute une forte contrainte au procédé.

3. Photo-fermentation

Le deuxième procédé biologique nécessite également une source lumineuse. Il est réalisé par des bactéries pourpres non sulfureuses du type *Rhodobacter*. En présence de lumière et en carence d'azote cette fois-ci, les bactéries vont dégrader les acides organiques tels que l'acétate et le butyrate pour produire de l'hydrogène, c'est ce que l'on appelle la photo-fermentation. Ce procédé connaît les mêmes contraintes que précédemment : besoin de lumière, de surfaces importantes et c'est un procédé qui doit se dérouler également en deux étapes. Mais le principal avantage est que les bactéries photo-fermentaires présentent des rendements supérieurs car elles utilisent un spectre de longueur d'onde plus important que les micro algues ou les cyanobactéries.

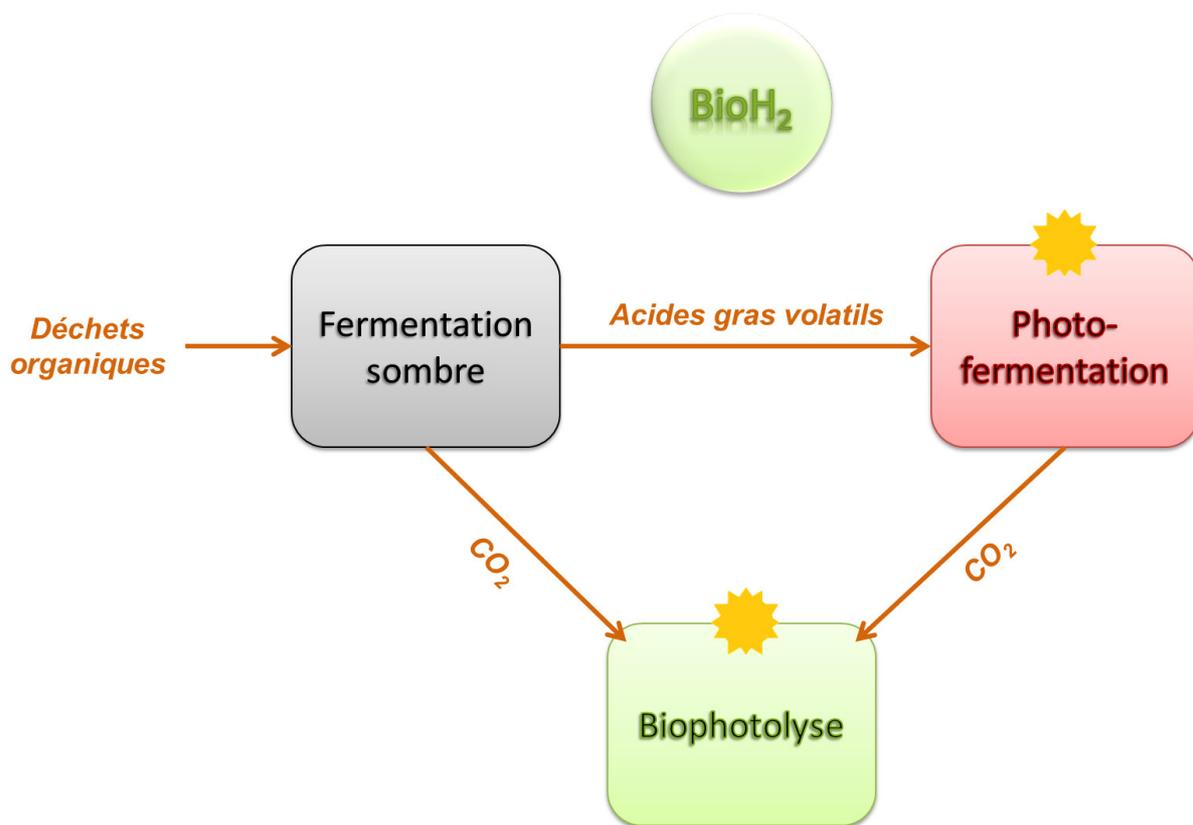
4. Fermentation sombre

Le troisième procédé est la fermentation sombre qui s'oppose aux deux précédents qui avaient besoin de lumière. L'avantage de ce type de production est que les matrices qui vont servir de substrat aux micro-organismes peuvent être complexes. En effet, les biomasses utilisées vont des fractions fermentescibles des ordures ménagères aux effluents industriels en passant par les résidus agricoles. Au cours de la dégradation anaérobie de la matière organique, différents micro-organismes, essentiellement des bactéries du genre *Clostridium*, utilisent un métabolisme pouvant produire de l'hydrogène avec en parallèle une production d'acétate et de butyrate. Les populations microbiennes utilisées pour réaliser la fermentation sombre à partir de substrat complexe doivent être très variées pour augmenter les chances de dégradation de la biomasse ce qui peut générer de l'instabilité dans les procédés. En général, des bactéries non productrices d'hydrogène sont aussi présentes dans le milieu et vont soit reconommer directement l'hydrogène au cours de leur métabolisme, soit utiliser un autre métabolisme pour produire d'autres molécules. L'enjeu

des recherches réalisées actuellement est de contrôler les différentes populations microbiennes en jouant soit sur l'apport de micro-organismes clefs dans le milieu, soit sur les paramètres opératoires des bioréacteurs (température ou pH).

5. Conclusion

Les méthodes biologiques de production d'hydrogène se révèlent être des procédés idéaux car respectueux de l'environnement avec des rendements limités certes mais intéressants. Pour améliorer ces rendements, il est possible d'envisager l'association des procédés biologiques comme le couplage de la fermentation sombre, de la photo-fermentation et de la biophotolyse.



Les procédés biologiques ne peuvent répondre seuls à une production d'hydrogène vert mais constituent une solution intéressante pour des applications locales, notamment à partir de déchets.